

УДК 630*232.329.6

Е. В. Татун, В. В. Носников

Белорусский государственный технологический университет

ИЗМЕНЧИВОСТЬ БИОМЕТРИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СЕЯНЦЕВ БЕРЕЗЫ ПОВИСЛОЙ, ВЫРАЩЕННЫХ В КАССЕТАХ С РАЗНЫМ ОБЪЕМОМ ЯЧЕЕК

Широкий диапазон используемых объемов ячеек в разных странах и факт лимитирующего влияния объема ячейки на параметры сеянцев березы повислой актуализируют вопросы применимости кассет, наиболее часто используемых в нашей республике, для производства сеянцев этой породы. Цель нашего исследования – установить степень влияния на биометрические показатели однолетних сеянцев березы повислой с закрытой корневой системой объема ячеек кассет, используемых для выращивания.

По результатам проведенного исследования было установлено, что объемы ячеек кассет оказывают влияние на высоту надземной части, толщину стволика у корневой шейки, сухую массу сеянцев, выход стандартных сеянцев, сохранность сеянцев, темпы роста. Наибольшими биометрическими показателями обладали сеянцы, полученные в кассетах с объемом ячейки 275 см³. Средняя высота надземной части составила 441,5 мм, средняя толщина стволика у корневой шейки 5,3 мм, средняя сухая масса 4,25 г, что больше, чем у сеянцев, полученных в кассетах с объемом ячейки 128 и 115 см³ по средней высоте надземной части сеянцев на 19 и 28%, по средней толщине стволика у корневой шейки на 19,6 и 23,5%, по средней сухой массе сеянцев на 47 и 55% соответственно. Соотношение сухой массы стволик : корень находилось в диапазоне 1,25–1,44, что считается оптимальным для всех вариантов опыта. Наибольший выход стандартных сеянцев был в кассетах с объемом ячейки 275 см³ – 69%, самый низкий в варианте опыта с объемом ячейки 115 см³ – 27%.

При измерении средней высоты сеянцев березы повислой на разных этапах роста была выявлена прямо пропорциональная зависимость темпов роста от объема ячеек, но прекращение ростовых процессов от объема ячеек не зависело.

Ключевые слова: береза повислая, сеянцы, кассеты, объем ячеек, биометрические показатели.

Для цитирования: Татун Е. В., Носников В. В. Изменчивость биометрических показателей сеянцев березы повислой, выращенных в кассетах с разным объемом ячеек // Труды БГТУ. Сер. 1, Лесное хоз-во, природопользование и перераб. возобновляемых ресурсов. 2024. № 2 (282). С. 76–81. DOI: 10.52065/2519-402X-2024-282-9.

Ya. U. Tatun, V. V. Nosnikov

Belarusian State Technological University

VARIABILITY OF BIOMETRIC CHARACTERISTICS OF SILVER BIRCH SEEDLINGS GROWN IN CONTAINERS WITH DIFFERENT VOLUME

The wide range of cell volumes used in different countries and the fact of the limiting influence of cell volume on the parameters of silver birch seedlings raise questions about the applicability of the containers most widely used in our republic for the production of seedlings of this species. The purpose of our study is to establish the degree of influence on the biometric parameters of silver birch seedlings grown in containers by the volume of containers cells used for cultivation.

Based on the results of the study, it was established that the cell volumes of the containers affect the height of seedlings, root-collar diameter, the dry weight of seedlings, the yield of standard seedlings, the safety of seedlings, the growth rate. The seedlings obtained in containers with a volume of 275 cm³ had the greatest biometric characteristics, average height of seedlings was 441.5 mm, average root-collar diameter was 5.3 mm, average dry weight of seedlings was 4.25 g, which was higher than the seedlings obtained in containers with a volume of 128 and 115 cm³ in average height of seedlings by 19 and 28%, in average root-collar diameter by 19.6 and 23.5%, in average dry weight of seedlings by 47 and 55%, respectively. The shoot : root dry mass ratio was in the range of 1.25–1.44, which is optimal for all experimental variants. The highest yield of standard seedlings was in containers with a volume of 275 cm³ – 69%, while the lowest yield was in the experimental type of containers with a volume of 115 cm³ – 27%.

When measuring the height of silver birch seedlings at different stages of growth, direct dependency of growth rates on the volume of containers was revealed, but the cessation of growth processes did not depend on the volume of containers.

Keywords: silver birch, seedlings, containers, cell volume, biometric characteristics.

For citation: Tatun Ya. U., Nosnikov V. V. Variability of biometric characteristics of silver birch seedlings grown in containers with different volume. *Proceedings of BSTU, issue 1, Forestry. Nature Management. Processing of Renewable Resources*, 2024, no. 2 (282), pp. 76–81 (In Russian). DOI: 10.52065/2519-402X-2024-282-9.

Введение. Постоянный поиск новых агротехнических и технологических решений позволяет повышать эффективность производства и улучшать качество посадочного материала с закрытой корневой системой (ЗКС). Это может включать в себя внедрение новых методов и технологий, исследование и адаптацию опыта других стран, а также научные исследования для определения факторов, влияющих на качество выращиваемых лесных растений.

Выбору критериев оценки качества посадочного материала посвящен ряд зарубежных исследований [1, 2]. Так, исследования, проведенные с однолетними сеянцами березы повислой с ЗКС, высаженными в условия естественного произрастания, показали, что на приживаемость и рост наибольшее влияние имеет изначальная сухая масса стволика. Из «неразрушающих» показателей толщина корневой шейки лучше всего прогнозирует выживаемость, тогда как рост побегов, как правило, больше зависит от начальной высоты сеянцев [1]. Отношение сухой массы побега к сухой массе корня менее 2,5 считается наиболее оптимальным [2, с. 24]. Соотношение более чем 2,5 говорит о недостаточности хорошо развитой корневой системы сеянцев, что может сказаться на приживаемости посадочного материала, особенно в условиях продолжительного засушливого периода [2, с. 25]. Применение данных критериев позволяет оценивать качество получаемого посадочного материала, а значит, и степень воздействия на него различных факторов.

Объем ячеек является одним из основных факторов, оказывающих влияние на качество и конечную стоимость производства сеянцев с ЗКС [1, 3–8].

Увеличение объема ячеек обеспечивает лучший рост сеянцев, развитие корневой системы, соотношение ее надземной и подземной частей, но приводит к уменьшению выхода посадочного материала с единицы площади, что в свою очередь увеличивает затраты на производство [2, 8, 9]. Рекомендованный объем ячеек в кассетах для выращивания березы повислой различается в странах, где сеянцы этого вида используются в лесовосстановлении и лесоразведении. Более половины питомников в Финляндии применяют кассеты Plantek с объемом ячейки 380 см³ [5]. Для лесных питомников в Польше рекомендовано использовать кассеты с объемом ячейки 250–300 см³ [4, с. 165]. Для Российской Федерации есть указание на рекомендо-

ванный объем 128–230 см³ [10]. Исследования, проведенные в Беларуси, показывают, что объем субстрата является лимитирующим фактором для развития корневой системы однолетних сеянцев березы повислой, а использование кассет с объемом ячейки 115 см³ значительно уменьшает высоту сеянцев [3]. Широкий диапазон используемых объемов ячеек в разных странах и факт лимитирующего влияния объема ячейки на биометрические параметры березы повислой актуализируют вопросы применимости кассет, наиболее часто используемых в нашей республике, для производства сеянцев этой породы.

Целью нашей опытной работы являлось установить степень влияния на биометрические показатели однолетних сеянцев березы повислой с ЗКС объема ячеек кассет, используемых для выращивания.

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, подвергшиеся хранению в холодильнике (при $t = 4^{\circ}\text{C}$). В каждую ячейку были помещены от 3 до 5 семян. Использовались кассеты Plantek 35F, Plantek 64FD, Plantek 64F с объемом ячейки 275, 128 и 115 см³ соответственно. Кассеты были заполнены тщательно перемешанным субстратом на основе верхового торфа фракцией 0–15, кислотностью 2,5–3,5 рН, с добавлением доломитовой муки (в количестве 2 кг/м³) и комплексного минерального удобрения для приготовления субстрата Yara PGMix NPK + Mg + micro (в количестве 1 кг/м³).

Для создания оптимальных условий прорастания семян и произрастания сеянцев все кассеты были размещены в теплице. 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), 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 закалывания.

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 толщины стволика у корневой шейки электронным штангенциркулем с точностью до 0,1 мм, измерения массы в абсолютно сухом состоянии сеянцев электронными весами с точностью до 0,02 г.

Обработка полученных данных проводилась в программе STATISTICA 10. Для каждого параметра вычислялись предельные значения min; max, среднее арифметическое \bar{X} , стандартное квадратическое отклонение σ , ошибка среднего $\pm m$, коэффициент вариации V . Варьирование признака считалось слабым при коэффициенте вариации 0–10%, средним – при 10–20%, высоким при – 20% и более [11, с. 41–42]. Варьирование признака на высоком уровне говорит о малой представительности, соответствующей средней арифметической [12, 13, с. 17]. Сохранность сеянцев определялась как соотношение количества выживших на конец вегетации сеянцев к количеству ячеек в кассете. Стандартные сеянцы определялись согласно параметрам, указанным в ТУ ВУ 60022689.001–2020 [14].

Из приведенных в табл. 1 данных видно, что увеличение объема ячеек при одинаковых условиях произрастания приводит к увеличению биометрических показателей однолетних сеянцев березы повислой. Наибольшими биометрическими показателями обладали сеянцы, полученные в контрольном варианте опыта 1 (объем ячейки 275 см³), средняя высота надземной части сеянцев составила 441,5 мм, средняя толщина стволика у корневой шейки 5,3 мм, что больше, чем у сеянцев, полученных в варианте опыта 2 (объем ячейки 128 см³) и 3 (объем ячейки 115 см³), по средней высоте надземной части сеянцев на 19 и 28%, по толщине стволика у корневой шейки на 19,6 и 23,5%. Эти данные соответствуют ранее проведенным исследова-

ниям о лимитирующем влиянии объема ячеек на рост сеянцев березы повислой [1, 3].

Сохранность сеянцев в вариантах опыта 1 и 2 составляла 97 и 91% соответственно. Самую низкую заполненность кассет показал вариант опыта 3 – 73% (табл. 1). Низкий показатель, вероятно, связан с небольшим объемом субстрата в ячейках кассет Plantek 64F и склонности к более быстрому его высыханию. Уровень увлажнения является критически важным фактором для березы повислой на ранних этапах развития [15]. Наибольший выход стандартных сеянцев показал опыт 1 – 69%, самый низкий в варианте опыта 3 – 27%.

Изученные параметры во всех вариантах опыта изменялись на среднем и высоком уровне, что указывает на неоднородный рост сеянцев. Коэффициент вариации находился в диапазоне 12,5–19,3% для значений высоты надземной части, 15,3–19,9% для толщины стволика у корневой шейки, 19,4–20,0% для сухой массы сеянцев. Разница в значениях не более чем в 7,8%, показывают незначительное влияние объема кассет на уровень изменчивости сеянцев (табл. 1, 2).

Средняя сухая масса сеянцев в опыте 1 составила 4,25 г, что больше, чем у сеянцев, полученных в варианте опыта 2, на 47% и варианте опыта 3 на 55%. Соотношение сухой массы стволик : корень находилось в диапазоне 1,25–1,44 (табл. 2). Во всех вариантах этот показатель ниже 2,5, что является оптимальным. В варианте опыта 3 наблюдалось более значительное преобладание массы стволика над массой корневой системы, чем в других вариантах опыта (рис. 1).

При измерении надземной части сеянцев березы повислой на разных этапах роста была выявлена прямо пропорциональная зависимость темпов роста от объема ячеек, но прекращение ростовых процессов от объема ячеек не зависело. Основной прирост надземной части происходил с третьей декады июня во всех вариантах опыта, но наблюдалось некоторое снижение темпов роста в вариантах опыта 2 и 3 с первой декады августа.

Таблица 1

Высота надземной части и толщина стволика у корневой шейки однолетних сеянцев березы повислой, выращенных в кассетах с разным объемом ячейки

Вариант опыта	Средние значения высоты надземной части, мм					Средние значения толщины стволика у корневой шейки, мм					Сохранность сеянцев, %	Доля стандартных сеянцев, %
	$\bar{X} \pm m$	min	max	σ	$V, \%$	$\bar{X} \pm m$	min	max	σ	$V, \%$		
1к	441,5 ± 13,0	367	540	55,2	12,5	5,3 ± 0,2	3,2	6,7	1,1	19,9	97	69
2	321,8 ± 11,0	215	422	58,1	18,1	4,3 ± 0,1	3,0	5,3	0,7	15,3	91	47
3	309,9 ± 10,1	207	409	62,9	19,3	3,8 ± 0,1	2,2	4,8	0,7	19,0	73	27

Примечание. к – контрольный опыт. Результаты двухвыборочного t -теста: высота надземной части $t_{\text{стат.1к;2}} = 7,03 > t_{\text{крит}} = 2,02$; $t_{\text{стат.1к;3}} = 7,99 > t_{\text{крит}} = 2,02$; толщина стволика у корневой шейки $t_{\text{стат.1к;2}} = 3,98 > t_{\text{крит}} = 2,02$; $t_{\text{стат.1к;3}} = 6,03 > t_{\text{крит}} = 2,02$.

Таблица 2

Сухая масса однолетних сеянцев березы повислой, выращенных в кассетах с разным объемом ячейки

Вариант опыта	Средние значения сухой массы сеянцев											Соотношение сухой массы стволлик : корень
	Всего					Стволлик			Корень			
	$X \pm m, \text{ г}$	min	max	σ	$V, \%$	$X \pm m, \text{ г}$	σ	$V, \%$	$X \pm m, \text{ г}$	σ	$V, \%$	
1к	4,25 ± 0,26	3,1	5,4	0,8	19,4	2,37 ± 0,19	0,6	25,7	1,89 ± 0,17	0,3	17,7	1,25
2	2,26 ± 0,14	1,6	3,1	0,5	19,7	1,28 ± 0,06	0,2	16,9	0,97 ± 0,08	0,3	29,8	1,32
3	1,91 ± 0,16	1,3	2,4	0,4	20,0	1,13 ± 0,05	0,2	16,5	0,78 ± 0,06	0,2	30,7	1,44

Примечание. к – контрольный опыт. Результаты двухвыборочного *t*-теста сухой массы сеянцев: $t_{\text{стат. 1к;2}} = 6,65 > t_{\text{крит}} = 2,17$; $t_{\text{стат. 1к;3}} = 7,97 > t_{\text{крит}} = 2,20$.

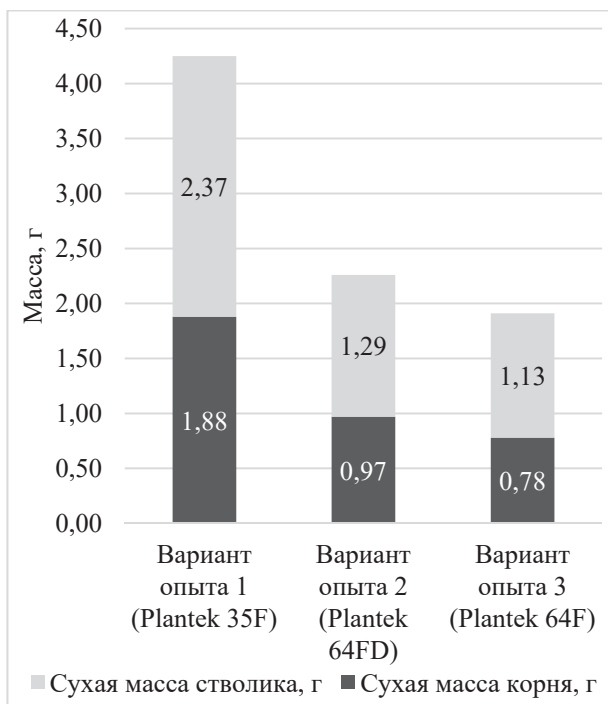


Рис. 1. Средняя сухая масса однолетних сеянцев березы повислой при выращивании в кассетах с разным объемом ячеек.

Вариант опыта 1 сохранял высокие темпы роста до третьей декады августа, что соответствовало наибольшей средней высоте надземной части у сеянцев этого варианта опыта в конце вегетации. Во всех вариантах опыта средняя высота надземной части сеянцев достигла 99% от конечной в первой декаде сентября (рис. 2).

Полученные различия в сравниваемых биометрических показателях сеянцев, выращенных в разных объемах ячеек, являются достоверными и подтверждаются статистическими значениями *t*-критерия Стьюдента (табл. 1, 2).

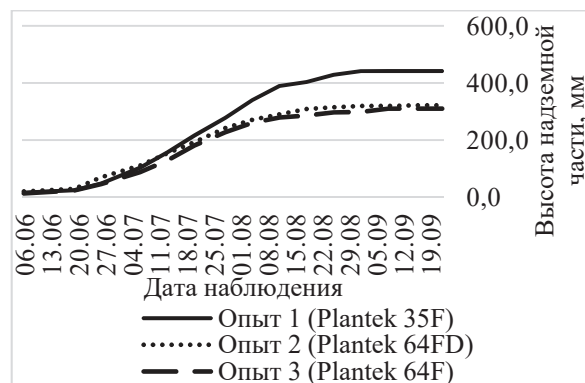


Рис. 2. Среднее значение высоты надземной части при выращивании однолетних сеянцев березы повислой в кассетах с разным объемом ячеек в разное время произрастания

Выводы. Биометрические показатели однолетних сеянцев березы повислой находятся в зависимости от объема ячеек в кассетах. Сеянцы, выращенные в кассетах с большим объемом ячеек, обладают преимуществами в высоте надземной части, толщине стволика у корневой шейки, сухой массе сеянцев, выходе стандартных сеянцев, сохранности сеянцев, темпах роста. Наши выводы согласуются с устоявшейся практикой в Финляндии и рекомендациями для питомников в Польше об использовании в производстве однолетних сеянцев березы повислой кассет с объемом ячейки от 250 см³ [4, с. 165, 5] и исследованиями, которые показали лимитирующее влияние объема ячеек на рост растения [1, 3]. Соотношение сухой массы стволлик : корень во всех вариантах опытов был ниже 2,5, что является оптимальным. Было установлено, что объем кассет незначительно влияет на уровень изменчивости изученных биометрических показателей сеянцев.

Список литературы

1. Aphalo P., Rikala R. Field performance of silver-birch planting-stock grown at different spacing and in containers of different volume // *New Forests*. 2003. Vol. 25. P. 93–108. DOI: 10.1023/A:1022618810937.
2. Landis D. T., Dumroese R. K., Haase D. L. *The Container Tree Nursery Manual: Seedling processing, storage, and outplanting*. Washington, DC, 2010. Vol. 7. 199 p.

3. 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 Нац. акад. наук Беларуси. Гомель, 2019. Вып. 79. С. 62–67.
4. Szabla K., Pabian R. Szkołkarstwo kontenerowe. Nowe technologie i technik w szkołkarstwie leśnym. Wyd. II. Warszawa, Centrum Informacyjne Lasów Państwowych, 2009. 251 s.
5. 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.
6. Luoranen J., Rikala R., Smolander H. Root egress and field performance of actively growing betula pendula container seedlings // *Scandinavian Journal of Forest Research*. 2003. Vol. 18, no. 2. P. 133–144.
7. Мочалов Б. А., Бобушкина С. В. Влияние вида кассет на размеры сеянцев сосны с закрытыми корнями и их рост в культурах на Севере // *Известия вузов. Лесной журнал*. 2013. № 5 (335). С. 65–70.
8. Container characteristics influence *Pinus pinea* seedling development in the nursery and field / S. Dominguez-Lerena [et al.] // *Forest Ecology and Management*. 2006. Vol. 221, issue 1–3. P. 63–71. DOI: 10.1016/j.foreco.2005.08.031.
9. Aphalo P. J., Rikala R. Spacing of silver birch seedlings grown in containers of equal size affects their morphology and its variability // *Tree Physiology*. 2006. Vol. 26, issue 9. P. 1227–1237.
10. Жигунов А. В., Соколов А. И., Харитонов В. А. Выращивание посадочного материала с закрытой корневой системой в Устьянском тепличном комплексе: практические рекомендации. Петрозаводск: Ин-т леса КарНЦ РАН, 2016. 43 с.
11. Зайцев Г. Н. Методика биометрических расчетов. Математическая статистика в экспериментальной ботанике. М.: Наука, 1973. 256 с.
12. Patel J. K., Patel N. M., Shiyani R. L. Coefficient of variation in field experiments and yardstick thereof – An empirical study // *Current science*. 2001. Vol. 81, no. 9. P. 1163–1164.
13. Gomez K. A., Gomez A. A. Statistical procedures for agricultural research. 2nd edit. New York: John Wiley and Sons, 1984. 680 p.
14. Материал лесной посадочный хвойных и лиственных пород с закрытой корневой системой. Технические условия: ТУ ВУ 60022689.001–2020. Минск: Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2021. 10 с.
15. 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.

References

1. Aphalo P., Rikala R. Field performance of silver-birch planting-stock grown at different spacing and in containers of different volume. *New Forests*, 2003, vol. 25, pp. 93–108. DOI: 10.1023/A:1022618810937.
2. Landis D. T., Dumroese R. K., Haase D. L. The Container Tree Nursery Manual: Seedling processing, storage, and outplanting. Washington, DC, 2010. Vol. 7, 199 p.
3. 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. *Problemy lesovedeniya i lesovodstva: sbornik nauchnykh trudov Instituta lesa Natsional'noy akademii nauk Belarusi* [Problems of forestry and silviculture: collection of scientific works of the Forests Institute of the National Academy of Sciences of Belarus]. Gomel, 2019, issue 79, pp. 62–67 (In Russian).
4. Szabla K., Pabian R. Container nursery. New technologies and techniques in forest nursery. Ed. II. Warsaw, Centrum Informacyjne Lasow Panstrowych Publ., 2009. 251 p. (In Poland).
5. 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.
6. Luoranen J., Rikala R., Smolander H. Root egress and field performance of actively growing betula pendula container seedlings. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 2003, vol. 18, no. 2, pp. 133–144.
7. Mochalov B. A., Bobushkina S. V. The influence of the type of cassettes on the size of pine container seedlings and their growth in crops in the North. *Izvestiya vuzov. Lesnoy zhurnal* [News of higher educational institutions. Forest Journal], 2013, no. 5 (335), pp. 65–70 (In Russian).
8. Dominguez-Lerena S., Herrero Sierra N., Carrasco Manzano I., Ocaña Bueno L., Peñuelas Rubira J. L. Container characteristics influence *Pinus pinea* seedling development in the nursery and field. *Forest Ecology and Management*, 2006, vol. 221, issue 1–3, pp. 63–71. DOI: 10.1016/j.foreco.2005.08.031.
9. Aphalo P. J., Rikala R. Spacing of silver birch seedlings grown in containers of equal size affects their morphology and its variability. *Tree Physiology*, 2006, vol. 26, issue 9, pp. 1227–1237.
10. Zhigunov A. V., Sokolov A. I., Kharitonov V. A. *Vyrashchivaniye posadochnogo materiala s zakrytoy kornevoy sistemoy v Ustyanskom teplichnom komplekse: prakticheskiye rekomendatsii* [Growing planting material in containers in the Ustyansky greenhouse complex: practical recommendations] Petrozavodsk, Institute of Forest Karelian Research Center RAS Publ., 2016. 43 p. (In Russian).

11. 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).
12. Patel J. K., Patel N. M., Shiyani R. L. Coefficient of variation in field experiments and yardstick thereof – An empirical study. *Current science*, 2001, vol. 81, no. 9, pp. 1163–1164.
13. Gomez K. A., Gomez A. A. *Statistical procedures for agricultural research*. 2nd edit. New York, John Wiley and Sons Publ., 1984. 680 p.
14. TU BY 60022689.001–2020. Forest planting material of coniferous and deciduous species grown in containers. Technical specifications. Minsk, Belarusian state Institute of Standardization and Certification Publ., 2021. 10 p. (In Russian).
15. 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.

Информация об авторах

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

Носников Вадим Валерьевич – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры лесных культур и почвоведения. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, 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 15.03.2024