

# ЛЕСОВОССТАНОВЛЕНИЕ И ЛЕСОРАЗВЕДЕНИЕ

## FOREST REGENERATION AND FOREST GROWING

---

УДК 630\*232.329.6

**В. В. Носников, А. М. Граник, А. В. Юрениа, О. А. Селищева**  
Белорусский государственный технологический университет

### **ИЗМЕНЕНИЕ КАЧЕСТВЕННЫХ ПАРАМЕТРОВ ТОРФЯНЫХ СУБСТРАТОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРИЕМОМ И УСЛОВИЙ КОМПЛЕКСОВ ПО ВЫРАЩИВАНИЮ КОНТЕЙНЕРИЗИРОВАННЫХ СЕЯНЦЕВ**

В статье изложены результаты исследований влияния поливной воды на кислотность и содержание солей в субстратах, используемых для выращивания посадочного материала древесных видов с закрытой корневой системой. Кислотность поливной воды на лесохозяйственных предприятиях имеет нейтральную или слабощелочную реакцию среды (6,77–8,19 рН). При выполнении поливов рН субстрата увеличивается, значительно отклоняясь от оптимальных значений (за 6 месяцев в лабораторных условиях рН субстрата выросло на 1,7–1,8 единицы). Методами регулирования данного процесса являются подкисление поливных вод или подкисление самого субстрата в процессе выращивания посадочного материала. Внесение азотной или серной кислоты позволяет эффективно снизить кислотность воды до необходимого уровня 5,5 рН. Однако следует учитывать, что при этом происходит значительное увеличение содержания солей. Использование гранулированной серы как регулятора кислотности является более целесообразным, так как она действует медленнее, чем кислоты. Также приведена информация по перерасчету количества субстрата из биг-бейла с торфом в ячейку кассеты. Из-за различий технологических процессов набивки кассет коэффициент пересчета варьирует от 1,08 до 1,95. Исходя из обеспечения скелетных функций субстрата и необходимого уровня аэрации корневых систем его можно принять оптимальным 1,3–1,4.

**Ключевые слова:** субстрат торфяной, влажность субстрата, активная кислотность, плотность, коэффициент пересчета.

**Для цитирования:** Носников В. В., Граник А. М., Юрениа А. В., Селищева О. А. Изменение качественных параметров торфяных субстратов в зависимости от технологических приемов и условий комплексов по выращиванию контейнеризированных сеянцев // Труды БГТУ. Сер. 1, Лесное хоз-во, природопользование и перераб. возобновляемых ресурсов. 2023. № 2 (270). С. 28–35. DOI: 10.52065/2519-402X-2023-270-2-4.

**V. V. Nosnikov, A. M. Granik, A. V. Yurenia, O. A. Selishcheva**  
Belarusian State Technological University

### **CHANGES IN THE QUALITY PARAMETERS OF PEAT SUBSTRATES DEPENDING ON THE TECHNOLOGICAL METHODS AND CONDITIONS OF COMPLEXES FOR GROWING CONTAINERIZED SEEDLINGS**

The article presents the results of studies of the effect of irrigation water on the acidity and salt content in the substrates used for growing planting material of tree species with a closed root system. The acidity of irrigation water at forestry enterprises has a neutral or slightly alkaline reaction of the environment (6.77–8.19 pH). When irrigating, the pH of the substrate increases, significantly deviating from the optimal values (for 6 months under laboratory conditions, the pH of the substrate increased by 1.7–1.8 units). Methods for regulating this phenomenon are acidification of irrigation water or acidification of the substrate itself in the process of growing planting material. The introduction of nitric or sulfuric acid can effectively reduce the acidity of water to the required level of 5.5 pH. However, it should be borne in mind that in this case there is a significant increase in the content of salts. The use of granulated sulfur as an acidity regulator is more appropriate. Its action is slower compared to acids. It also provides information on recalculating the amount of substrate from a big-bale with peat into a

cassette cell. Due to the differences in the technological processes of stuffing cassettes, the conversion factor varies from 1.08 to 1.95. Based on the provision of the skeletal functions of the substrate and the required level of aeration of the root systems, it can be taken as optimal 1.3–1.4.

**Keywords:** peat substrate, substrate moisture, active acidity, density, conversion factor.

**For citation:** Nosnikov V. V., Granik A. M., Yurenin A. V., Selishcheva O. A. Changes in the quality parameters of peat substrates depending on the technological methods and conditions of complexes for growing containerized seedlings. *Proceedings of BSTU, issue 1, Forestry. Nature Management. Processing of Renewable Resource*, 2023, no. 2 (270), pp. 28–35. DOI: 10.52065/2519-402X-2023-270-2-4 (In Russian).

**Введение.** Субстраты на основе верхового торфа являются наиболее распространенными средами для выращивания посадочного материала с закрытой корневой системой (ЗКС) [1, 2]. Для получения качественного посадочного материала необходим субстрат, обеспечивающий питание растений и нормальное развитие корневой системы [3–5]. Клеточная структура сфагнового торфа обеспечивает высокую влагоемкость и воздухоемкость [6–8]. Благоприятное соотношение воздух/вода, низкая скорость разложения в контейнерах при частых поливах обуславливаются сочетанием различных свойств верхового торфа [8]. Субстрат для семян древесных видов должен обладать определенными физическими свойствами (плотность, высокая влагоемкость, буферность, оптимальная пористость, высокая сорбционная и водоудерживающая способность), поскольку их невозможно будет изменить в процессе выращивания [9–11]. Важным агрофизическим свойством субстрата является также насыпная плотность [12].

**Основная часть.** Одной из важных составляющих планирования технологического процесса выращивания посадочного материала с ЗКС является расчет необходимого для заполнения кассет субстрата. Заказ недостаточного количества торфа может привести к простоям линии наполнения кассет и срыву графика высева, а в дальнейшем – к смещению графика ротаций на менее благоприятное время. Заказ излишнего торфа приведет к формированию остатков, использование которых в следующем году нежелательно вследствие протекающих в биг-бейле реакций.

Основная проблема при расчете необходимого количества торфа возникает в особенностях определения объемного веса на торфопредприятии и при расчете необходимого количества торфа для нужд специализированного центра. В первом случае используется насыпной торф, во втором же случае необходимо рассчитать объем уплотненного торфа, степень уплотнения которого зависит от применяемого на линии оборудования и параметров его настройки.

Наиболее существенное влияние на динамику показателей качества субстрата среди различных

проводимых агротехнических мероприятий оказывает проведение поливов. При выращивании посадочного материала с ЗКС в теплицы и на поля доращивания вносится значительное количество воды. Так, за один полив в теплицу площадью 1000 м<sup>2</sup> вносится от 1,5 до 5 т воды.

Существенным вопросом при поливе является качество воды, а ключевыми параметрами при этом ее кислотность и содержание солей. Поскольку субстрат обладает определенной исходной кислотностью, то использование для полива воды с нейтральной или щелочной реакцией среды будет приводить к изменению значения pH субстрата. Содержание солей воздействует на качественные параметры несколькими путями. С одной стороны, наличие в воде солей кальция и магния, а также гидрокарбонатов приводит к запуску процессов нейтрализации реакции среды субстрата. С другой стороны, постоянное добавление солей с водой будет способствовать их накоплению, в результате чего могут наблюдаться процессы угнетения роста и даже гибели растений в связи с высокой концентрацией солей в почвенном растворе.

Для расчета данных показателей были отобраны образцы поливной воды в лесхозах республики. В табл. 1 представлены результаты определения кислотности pH и удельной электропроводности (ЕС).

Таблица 1  
Кислотность и удельная электропроводность поливной воды

Лесхоз	pH	ЕС, мкСм/см
Ивацевичский	6,84	218,7
Поставский	7,08	562,5
Россонский	7,06	432,6
Бегомльский	7,15	349,0
Лепельский	6,80	402,7
Городокский	8,10	194,5
Глубокский	8,15	574,0
Логойский	7,52	1152,0
Воложинский	7,85	372,3
Смолевичский	6,77	195,9
Ивьевский	7,07	356,0
Островецкий	7,06	438,0
РЛССЦ	8,19	443,7

Как видно из таблицы, кислотность поливной воды имеет нейтральную или слабощелочную реакцию. Для изучения влияния поливной воды на изменение кислотности верхового торфа в лабораторных условиях был поставлен эксперимент. В исходном торфе была определена кислотность рН в вытяжке раствора 1 н КСl [13] в трехкратной повторности, которая в среднем составила 2,47. Величина электропроводности торфа [14], определяемая в водной вытяжке, составила в среднем 5 мкСм/см.

Исходный торф помещен в увлажненном состоянии в кассеты с уплотнением, соответствующим плотности набивки кассет при производственном процессе. При проведении эксперимента торф в кассетах регулярно увлажнялся: дистиллированной водой до влажности из расчета на влажную навеску 60% [15]; водопроводной водой до влажности – 50 и 60% соответственно по вариантам. Периодический анализ величины рН водопроводной воды показал, что динамика этого показателя была в пределах от 7,61 до 7,87. Величина электропроводности воды составила в среднем 457 мкСм/см. Свежеприготовленная дистиллированная вода имела величину рН в пределах 6,9–7,0 и электропроводность 4 мкСм/см. С заданной очередностью определялась величина рН в торфе при добавлении воды (табл. 2).

На основании лабораторного моделирования было установлено, что регулярные поливы водой с кислотностью более 7,5 рН и высокой степенью содержания солей приводят к увеличению значения рН субстрата на 1,7–1,8 единицы.

Наиболее простым способом регулирования кислотности воды является использование кислот. Нами были проведены эксперименты по снижению величины рН воды с использованием серной и азотной кислот. Выявлено, что серная кислота – наиболее эффективный подкислитель, а азотная обеспечивает растения дополнительным азотом.

Внесение как азотной, так и серной кислоты позволяет эффективно снизить кислотность воды до необходимого уровня, составляющего 5,5 рН. Однако следует учитывать, что при подкислении воды неорганическими кислотами происходит значительное увеличение показателя ЕС, что требует постоянного контроля об-

щего засоления почвенного раствора путем изменения его ЕС. Использование данного метода мало перспективно еще и по причине неблагоприятного влияния кислоты на детали поливных систем.

Более целесообразным является применение в качестве регулятора кислоты гранулированной серы. Ее действие более медленное по сравнению с воздействием минеральных кислот. Процесс подкисления на 1,0 рН достигает промежутка двух недель, однако сера имеет заметный пролонгированный эффект. При анализе субстратов, используемых в течение вегетационного периода в Глубокском опытном лесхозе, Ивацевичском и Могилевском лесхозах и РЛССЦ, установлено, что за вегетационный период значение кислотности субстрата практически нигде не изменилось, за исключением РЛССЦ. Там произошло увеличение рН на 0,6–1,6, в то время как на участках без применения серы повышение рН составляло 2,3–2,8.

Поставка торфяного субстрата на различные лесохозяйственные предприятия по приготовлению кассет для выращивания посадочного материала с ЗКС производится в специализированных биг-бейлах различного насыпного объема. Их параметры по ширине и длине составляют в среднем 120×100 см, а высота около 200 см. В табл. 3 представлены основные параметры биг-бейлов субстрата различных партий, поставляемых на специализированные центры по выращиванию посадочного материала ЗКС.

Как видно из приведенной таблицы, насыпные объемы в разных партиях варьируют от 4,5 до 5,5 кг/м<sup>3</sup>. При этом насыпная плотность остается фактически на одном уровне (около 170 кг/м<sup>3</sup>). Влажность отобранных образцов составляет в среднем 46,7–62,0%, варьируя в пределах 10%.

При заполнении кассет субстратом необходимо определять его расход в зависимости от наполняемости и уплотнения. На эти показатели оказывает влияние особенность процесса наполнения кассет, их параметры и режим их увлажнения. Предприятия обеспечены оборудованием различных производителей, которое применяется для заполнения кассет торфяным субстратом и имеет различную конструкцию и технологию набивки и уплотнения субстрата.

Таблица 2

Изменение реакции среды верхового торфа при поливе

Варианты добавления воды при различной влажности торфа	Величина рН в КСl				
	исходная	через 1 месяц	через 2 месяца	через 4 месяца	через 6 месяцев
Дистиллированная, влажность на влажную навеску торфа 60%	2,47	2,50	2,54	2,53	2,57
Водопроводная, влажность на влажную навеску торфа 50%	2,47	3,04	3,83	4,03	4,15
Водопроводная, влажность на влажную навеску торфа 60%	2,47	3,18	4,01	4,17	4,26

Таблица 3

## Основные параметры биг-бейло субстрата различных партий

№ варианта	Параметры биг-бейла			Размер фракции торфа	Насыпная плотность, кг/м <sup>3</sup>	Дата выпуска
	номер	насыпной объем, м <sup>3</sup>	масса, кг			
Республиканский лесной селекционно-семеноводческий центр						
1	2291	4,5	765	0–15	170,0	14.05.2022
2	2268	4,5	746	0–15	165,8	14.05.2022
3	2288	4,5	794	0–15	176,4	14.05.2022
4	2286	4,5	814	0–15	180,9	14.05.2022
5	2290	4,5	781	0–15	173,6	14.05.2022
6	2257	4,5	764	0–15	169,8	14.05.2022
7	2296	4,5	759	0–15	168,7	14.05.2022
8	2267	4,5	857	0–15	190,4	14.05.2022
9	2263	4,5	793	0–15	176,2	14.05.2022
10	2223	4,5	671	0–15	149,1	14.05.2022
Среднее по РЛССЦ		4,5	774,4	–	172,1	–
Могилевский лесхоз						
1	8	5,3	852	–	160,8	06.07.2022
Ивацевичский лесхоз						
1	2854	5,5	974	0–15	177,1	23.05.2022
2	2852	5,5	944	0–15	171,6	23.05.2022
3	2856	5,5	975	0–15	177,3	23.05.2022
4	2858	5,5	984	0–15	178,9	23.05.2022
Среднее по лесхозам		5,5	969,3	–	176,2	–

На РЛССЦ оборудование для набивки кассет произведено итальянской фирмой MossaGreen. Уплотнение субстрата на нем осуществляется вибрацией и пластиковыми толкателями. В Глубокском опытном лесхозе оборудование выпущено шведской фирмой ВСС и имеет аналогичную конструкцию. В Могилевском лесхозе установлено оборудование итальянской фирмы MossaGreen, имеющее вибропресс и щетки, с помощью которых происходит уплотнение.

Ивацевичский лесхоз оснащен оборудованием фирмы Urbinatti (Италия), уплотнение на котором достигается только вибрацией. В результате возникла необходимость сравнить на различных предприятиях равномерность и од-

нородность заполнения кассет для выращивания посадочного материала с ЗКС на различных предприятиях и рассчитать коэффициенты пересчета субстрата для использования на различных линиях.

Наиболее доступным для определения параметром наполнения кассет субстратом является их масса. Плотность субстрата при использовании различного оборудования и процесса наполнения может меняться. Для определения параметров кассет, применяемых при выращивании посадочного материала с ЗКС, изначально были определены объемы ячеек в кассетах различных марок и ее общий объем для заполнения торфяным субстратом (табл. 4).

Таблица 4

## Массы субстрата в ячейках кассет в зависимости от используемого оборудования

Марка кассеты	Объем, см <sup>3</sup>		Масса субстрата в кассете, г		Масса субстрата в ячейке, г	
	ячейки	кассеты	влажного	на абсолютно сухую массу	влажного	на абсолютно сухую массу
Глубокский опытный лесхоз						
F35	275	9625	2863	985	84,21	28,13
Республиканский лесной селекционно-семеноводческий центр						
FD64	128	8192	2480	737	38,75	11,50
F64	115	7360	2831	867	44,23	13,55
Могилевский опытный лесхоз						
FD64	128	8192	3225	1416	50,39	22,13
F100	81	8100	2784	1246	27,84	12,45
Ивацевичский лесхоз						
F64	115	7360	3476	884	54,31	13,83

Таблица 5

**Плотность абсолютно сухого субстрата в зависимости от марки кассеты и слоя в ячейке**

Марка кассеты	Наименование слоя	Средняя плотность, кг/м <sup>3</sup>	Минимальная плотность, кг/м <sup>3</sup>	Максимальная плотность, кг/м <sup>3</sup>
F35	Верхний	71,40	58,93	85,65
	Средний	117,12	109,38	123,23
	Нижний	146,48	128,57	181,04
	Средний по ячейке	111,67	–	–
F64	Верхний	127,17	98,85	148,27
	Средний	112,11	77,44	161,82
	Нижний	131,37	88,89	181,39
	Средний по ячейке	123,55	–	–

Масса торфяного субстрата, помещающегося в кассеты, составляет от 737 до 1416 г на абсолютно сухую навеску. При этом сравнительный анализ одинаковых кассет FD64 показал, что их заполнение субстратом на РЛССЦ и в Могилевском опытном лесхозе отличается в 1,92 раза, на что оказывают влияние разные технологические процессы наполнения кассет. Сравнение одинаковых кассет F64 показало, что их заполнение на РЛССЦ и в Ивацевичском лесхозе имеет незначительные различия в 1,02 раза, и технологические процессы наполнения практически не оказывают на это влияние.

Также было проведено изучение плотности субстрата в ячейке. Для этого каждую ячейку разделили на три слоя: верхний, средний и нижний. Исследование проводилось для двух типов кассет. С каждого слоя отбирался субстрат и высушивался до абсолютно сухого состояния для исключения влияния влажности при сравнении масс. Результаты исследования представлены в табл. 5.

Кассета F35 была отобрана в Глубокском опытном лесхозе, где кассеты набиваются на линии ВСС (Швеция). Уплотнение нижнего и частично среднего слоя осуществляется пластиковым толкателем, что вызывает достаточно сильное уплотнение субстрата в нижнем слое

ячейки и более слабое в среднем. После уплотнения верхняя часть ячейки заполняется сыпучим торфом, уплотнение которого осуществляется только за счет вибрации. В результате плотность субстрата в верхней части ячейки практически в два раза отличается от плотности субстрата в нижней ее части.

Кассета F64 была отобрана в Ивацевичском лесхозе. Заполнение кассет осуществлялось на итальянской линии Urbinatti с уплотнением только за счет вибрации. В результате наблюдалось более интенсивное уплотнение ячейки, но меньшая плотность субстрата в среднем слое.

В процессе наполнения кассет торфяным субстратом с частичным увлажнением его плотность увеличивается по сравнению с поставляемым в биг-бейлах на предприятия. Для этого был проведен анализ торфяного субстрата в заполняемых кассетах на линии высева с учетом влажности субстрата. На основании полученных данных определены коэффициенты пересчета (табл. 6).

Довольно рыхлый субстрат с плотностью на абсолютно сухую массу в пределах 0,1 г/см<sup>3</sup> формируется в кассетах F35 с самой большой по объему ячейкой, которую используют в Глубокском опытном лесхозе.

Таблица 6

**Коэффициенты пересчета объемов поставляемого субстрата в зависимости от применяемого оборудования и параметров кассет**

Марка кассеты	Объем, см <sup>3</sup>		Масса абсолютно сухого субстрата, г		Плотность абсолютно сухого субстрата, г/см <sup>3</sup>		Коэффициент пересчета объемов субстрата
	ячейки	кассеты	ячейки	кассеты	ячейки	биг-бейла	
Глубокский опытный лесхоз							
F35	275	9625	28,13	985	0,102	0,081	1,26
Республиканский лесной селекционно-семеноводческий центр							
FD64	128	8192	11,50	737	0,090	0,083	1,08
F64	115	7360	13,55	867	0,118	0,083	1,42
Могилевский лесхоз							
FD64	128	8192	22,13	1416	0,173	0,079	2,19
F100	81	8100	12,45	1246	0,154	0,079	1,95
Ивацевичский лесхоз							
F64	115	7360	13,83	884	0,120	0,077	1,56

Более плотно, в пределах  $0,12 \text{ г/см}^3$ , субстрат заполняет кассеты F64. При этом нет значительных различий показателей в РЛССЦ и Ивацевичском опытном лесхозе. Наполнение кассет FD64 имеет значительные различия в РЛССЦ и Могилевском опытном лесхозе за счет разных технологических процессов. Плотность набивки во втором учреждении в 1,92 раза больше, а коэффициент пересчета составляет 2,19. Субстрат в кассетах F100 в Могилевском опытном лесхозе имеет плотность  $0,154 \text{ г/см}^3$ , что также больше по сравнению с другими предприятиями как по плотности, так и по коэффициенту пересчета.

Такая дифференциация в коэффициентах пересчета не позволяет установить единый коэффициент, применимый для всех без исключения центров при условии сохранения текущей настройки линий. Однако исходя из обеспечения скелетных функций субстрата и необходимого уровня аэрации корневых систем можно принять оптимальным коэффициент пересчета 1,3–1,4. Именно к обеспечению этого коэффициента следует приводить настройки линий по заполнению кассет.

Для определения коэффициента пересчета можно использовать следующую формулу:

$$K = \frac{m_{\text{тк}} \cdot v_{\text{тб}} \cdot 1000 \cdot 0,7}{m_{\text{тб}} \cdot v_{\text{к}}},$$

где  $m_{\text{тк}}$  – масса торфа в кассете после набивки на линии (до посева), г;  $v_{\text{к}}$  – объем ячеек в кассете,  $\text{см}^3$ ; 1000 – переводной коэффициент,  $\text{кг/м}^3$ ; 0,7 – переводной коэффициент на влажность 70%;  $m_{\text{тб}}$  – масса нетто торфа в биг-бейле, кг;  $v_{\text{тб}}$  – насыпной объем торфа в биг-бейле,  $\text{м}^3$ .

**Заключение.** Наиболее простым способом регулирования кислотности воды для полива субстрата является использование кислот. Внешение как азотной, так и серной кислоты позволяет эффективно снизить кислотность воды до необходимого уровня 5,5 pH. Однако следует

учитывать, что при подкислении воды неорганическими кислотами происходит значительное увеличение показателя ЕС.

Использование гранулированной серы в качестве регулятора кислотности является более целесообразным по сравнению с азотной кислотой из-за более медленного действия серы.

При анализе субстратов, используемых в течение вегетационного периода в Глубокском опытном лесхозе, Ивацевичском, Могилевском лесхозах и РЛССЦ установлено, что за вегетационный период значение кислотности субстрата практически нигде не изменилось, за исключением РЛССЦ. Там произошло увеличение pH на 0,6–1,6.

Сравнительный анализ одинаковых кассет FD64 показал, что плотность их заполнения субстратом на РЛССЦ и в Могилевском опытном лесхозе имеет различия в 1,92 раза, на что оказывают влияние разные технологические процессы наполнения кассет. Сравнение одинаковых кассет F64 меньшей высоты показало, что способы их заполнения субстратом на РЛССЦ и в Ивацевичском лесхозе с использованием толкателей и вибрации соответственно имеют незначительные различия в 1,02 раза.

Определение коэффициентов пересчета показало, что соотношение плотности субстрата в биг-бейлах и кассетах при размере ячейки  $275 \text{ см}^3$  составило 1,26. При размерах ячейки  $115 \text{ см}^3$  коэффициент пересчета находился в пределах от 1,42 до 1,56. Высокий коэффициент (1,95) наблюдался в кассетах F100. Уплотнение субстрата напрямую зависело от применяемого на предприятии оборудования. Исходя из обеспечения скелетных функций субстрата и необходимого уровня аэрации корневых систем можно принять оптимальным коэффициент пересчета 1,3–1,4. Именно к достижению этого коэффициента следует приводить настройки линий по заполнению кассет.

### Список литературы

1. Кузнецова Л. М., Михайлов А. В., Селеннов В. Г. Искусственные почвенные грунты // Вестн. Томск. гос. пед ун-та. 2009. № 3 (81). С. 145–150.
2. Куропатина Н. Д. Субстраты для тепличных хозяйств: качество и эффективность // Гавриш. 2011. № 1. С. 28–32.
3. Landis T. D., Tinus R. W. Containers and growing media // Container Tree Nursery Manual / McDonald S. E. [et al.] Washington, DC, USA, 1990. P. 1–67.
4. Родин А. Р., Родин С. А. Повышение результативности выращивания лесных культур посадочным материалом с закрытой корневой системой // Вестн. МГУЛ. 2010. № 5. С. 54–58.
5. Козловская И. П. Экологическая оценка субстратов и анализ расхода элементов питания при малообъемном выращивании томата в зимних теплицах // Живые и биокосные системы. URL: <http://www.jbks.ru/archive/issue-6/article-7> (дата обращения: 04.12.2022).
6. Schmilewski G. The role of peat in assuring the quality of growing media // Mires and Peat. 2008. Vol. 3, no. 2. P. 1–8.
7. Костюк Н. С. Физика торфа. Минск: Выш. шк., 1967. 213 с.
8. Bragg N. C. Peat and its Alternatives. Horticultural Development Council. Petersfield: Hampshire, 1990. 109 p.

9. Allaire-Leung S. E. Changes in physical properties of peat substrates during plant growth // *J. Can Soil Sci.* 1999. Vol. 79. P. 137–139.
10. Best management practices: Guide for producing container-grown plants / Т. Н. Yeager [et al.] // *Southern Nurserymen's Assoc.* 2007. No. 3. P. 200–203.
11. Effects of the maturity of wood waste compost on the structural features of humic acids / Fukushima M. [et al.] // *Bioresource Technology.* 2009. Vol. 100, no. 2. P. 791–797.
12. Выращивание сеянцев сосны обыкновенной и березы повислой с закрытой корневой системой на субстратах с различной насыпной плотностью / Д. И. Мухортов [и др.] // *Вестн. Поволж. гос. техн. ун-та. Сер. Лес. Экология. Природопользование.* 2022. № 1 (53). С. 47–59.
13. Торф и продукты его переработки для сельского хозяйства. Методы определения обменной и активной кислотности: ГОСТ 11623–89. М.: Изд-во стандартов, 1990. 6 с.
14. Торф и продукты его переработки для сельского хозяйства. Методы определения содержания водорастворимых солей: ГОСТ 27894.9–88. М.: Изд-во стандартов, 1990. 4 с.
15. Торф. Методы определения влаги: ГОСТ 11305–85. М.: Изд-во стандартов, 1985. 8 с.

### References

1. Kuznecova L. M., Mihajlov A. V., Selenov V. G. Artificial soils. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta* [Bulletin of Tomsk State Pedagogical University], 2009, no. 3 (81), pp. 145–150 (In Russian).
2. Kuropatina N. D. Greenhouse substrates: quality and efficiency. *Gavrish* [Gavrish], 2011, no. 1, pp. 28–31 (In Russian).
3. Landis T. D., Tinus R. W., McDonald S. E. Containers and growing media. *Container Tree Nursery Manual.* Washington, DC, USA, 1990. 67 p.
4. Rodin A. R., Rodin S. A. Improving the efficiency of growing forest crops with planting material with a closed root system. *Vestnik MGUL* [Bulletin of MGUL], 2010, no. 5, pp. 54–58 (In Russian).
5. Kozlovskaja I. P. Ecological assessment of substrates and analysis of the consumption of batteries in low-volume tomato cultivation in winter greenhouses. Available at: <http://www.jbks.ru/archive/issue-6/article-7> (accessed 04.12.2022) (In Russian).
6. Shmylevski G. The role of peat in assuring the quality of growing media. *Mires and Peat*, 2008, vol. 3, no. 2, pp. 1–8.
7. Kostjuk N. S. *Fizika torfa* [Physics of peat]. Minsk, Vysheyshaya shkola Publ., 1967. 213 p. (In Russian).
8. Bragg N. C. Peat and its Alternatives. Horticultural Development Council. Petersfield, Hampshire, 1990. 109 p.
9. Allaire-Leung S. E. Changes in physical properties of peat substrates during plant growth. *Journal Can Soil Science*, 1999, vol. 79, pp. 137–139.
10. Yeager T. H., Bilderback T., Fare D., Gilliam C., Lea-Cox J., Niemiera A., Ruter J., Tilt K., Warren S., Whitwell T., Wright R. Best management practices: Guide for producing container-grown plants. *Southern Nurserymen's Assoc.* 2007, no. 3. pp. 200–203.
11. Fukushima M., Yamamoto K., Ootsuka K., Komai T., Aramaki T., Ueda S., Horiya S. Effects of the maturity of wood waste compost on the structural features of humic acids. *Bioresource Technology.* 2009, vol. 100, no. 2, pp. 791–797.
12. Mухортов Д. И., Антропова А. В., Окач М. А., Мажоров Н. Д. Growing seedlings of Scots pine and silver birch with a closed root system on substrates with different bulk density. *Vestnik Povolzhskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta* [Bulletin of the Volga State Technological University], issue Forest. Ecology. Nature. Management, 2022, no. 1 (53), pp. 47–59 (In Russian).
13. GOST 11623–89. Peat and products of its processing for agriculture. Methods for determining exchange and active acidity. Moscow, Standartinform Publ., 1990. 6 p. (In Russian).
14. GOST 27894.9–88. Peat and products of its processing for agriculture. Methods for determining the content of water-soluble salts. Moscow, Standartinform Publ., 1990. 4 p. (In Russian).
15. GOST 11305–85. Peat. Methods for determining moisture. Moscow, Standartinform Publ., 1985. 8 p. (In Russian).

### Информация об авторах

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

**Граник Александр Михайлович** – магистр сельскохозяйственных наук, ассистент кафедры лесных культур и почвоведения. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: granik@belstu.by

**Юрения Андрей Владимирович** – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, доцент кафедры лесных культур и почвоведения. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: urenya@belstu.by

**Селищева Оксана Александровна** – кандидат сельскохозяйственных наук, старший преподаватель кафедры лесных культур и почвоведения. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: oksana\_selishchava@mail.ru

#### **Information about the authors**

**Nosnikov Vadim Valer'evich** – PhD (Agriculture), Associate Professor, Assistant Professor, 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

**Granik Aleksandr Mikhaylovich** – Master of Agriculture, assistant lecturer, the Department of Forest Plantations and Soil Science. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: granik@belstu.by

**Yurenya Andrey Vladimirovich** – PhD (Agriculture), Associate Professor, Assistant Professor, the Department of Forest Plantations and Soil Science. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: urenya@belstu.by

**Selishcheva Oksana Aleksandrovna** – PhD (Agriculture), Senior Lecturer, the Department of Forest Plantations and Soil Science. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: oksana\_selishchava@mail.ru

*Поступила 15.03.2023*