

УДК 635.914

ПРИМЕНЕНИЕ НОВЫХ ПИТАТЕЛЬНЫХ СУБСТРАТОВ НА ОСНОВЕ ОТХОДОВ ДЛЯ ВЫРАЩИВАНИЯ КОМНАТНЫХ РАСТЕНИЙ

Е.Н. Басалай

Полесский аграрно-экологический институт НАН Беларуси, г. Брест, Беларусь

*Приведены результаты разработки составов и способов производства новых питательных субстратов на основе местных отходов, рассмотрено их влияние на рост и развитие хлорофитума хохлатого (*Chlorophytum comosum* (Thunb.) Jacques). Применение экспериментальных питательных субстратов оказало положительное влияние на изменение морфометрических параметров (длина и ширина листовой пластинки, количество листьев) хлорофитума хохлатого по отношению к обоим контрольным вариантам в лабораторных условиях. Использование полученных питательных субстратов позволит улучшить приживаемость растений в условиях вертикального размещения и снизить себестоимость фитостен за счет отсутствия необходимости периодической замены субстрата и пересадки растений.*

Ключевые слова: питательный субстрат, отходы, торф, биогенные элементы, хлорофитум хохлатый, вертикальное озеленение

Введение

Одной из основных экологических проблем в мире является обращение с отходами производства и потребления, для складирования которых заняты обширные площади, а экологически безопасное хранение и переработка требуют привлечения значительных материально-технических ресурсов [1].

Проблемам накопления отходов жилищно-коммунального хозяйства, в частности, осадков городских сточных вод, отходов пищевых и перерабатывающих предприятий, в частности, осадков производственных сточных вод, посвящены работы многих отечественных и зарубежных ученых [2–4].

Одним из наиболее перспективных и модных направлений зеленого строительства является вертикальное озеленение. Кроме оригинального декоративного вида, функционирование фитостен внутри помещений способствует сохранению полезных площадей за счет использования нефункционального пространства, улучшению микроклимата и качества воздуха помещений (снижению в нем концентрации загрязняющих веществ и повышению содержания кислорода, оптимизации влажности), снижению шумовой нагрузки извне. Идеи вертикального озеленения внутренних помещений успешно реализуются в разных странах мира, однако в Беларуси вертикальное размещение растений не получило широкого распространения [5–10].

В этой связи в работе показаны результаты разработки составов и обоснование способа производства новых питательных субстратов на основе местных отходов и торфа, не уступающих импортным аналогам по питательным свойствам, что позволит существенно понизить себестоимость вертикального озеленения. Последнее неминуемо скажется на популяризации новейших трендов зеленого строительства и позволит активно внедрять новые приемы вертикального озеленения помещений (офисы, торговые и развлекательные центры, выставочные пространства, рестораны, гостиницы) в условиях Беларуси.

Цель работы – разработать составы и обосновать способы производства новых питательных субстратов на основе местных отходов для вертикального озеленения помещений, а также оценить их влияние на рост и развитие комнатных растений.

Методика и объекты исследований

Отбор проб отходов проводился в соответствии с ГОСТ Р 56226-2014 и РД РБ 0212.6-2002. Изучение проб выполнялось по комплексу агрохимических показателей по стандартным методикам: рНКС1 (ГОСТ 27979-88), содержание влаги и сухого остатка (ГОСТ 26713-85), содержание органического вещества и золы (ГОСТ 27980-88), массовая доля общих азота (ГОСТ 26715-85), фосфора (ГОСТ 26717-85) и калия (ГОСТ 26718-85).

Основным способом обработки отходов и торфа в данной работе являлось компостирование. Компост на основе торфа и отходов готовился методом послойной закладки его компонентов с толщиной каждого слоя около 0,15–0,20 м. Для предотвращения потерь аммонийного азота сверху компост завершён слоем торфа. Ежедневно осуществлялся контроль за созреванием компоста (контролировались влажность и температура), систематически осуществлялось его увлажнение и перемешивание. Закладку компоста осуществляли в специальных контейнерах для компостирования.

Для проведения опытов по влиянию экспериментальных питательных субстратов на рост и развитие комнатных растений в лабораторных условиях использовали три варианта полученного компоста. Для сравнения эффективности применения полученных компостов применяли два контрольных варианта – грунт питательный торговой марки «Флора» (далее – грунт) и лесную дерново-подзолистую почву (отбор осуществлен в парке Воинов-интернационалистов, г. Брест; далее – почва).

В качестве экспериментального растения использовали хлорофитум хохлатый (*Chlorophytum comosum* (Thunb.) Jacques), который является неприхотливым по отношению к субстрату и его питательным свойствам

(в том числе отлично растет и развивается на гидропонике), температуре, поливу, пересадкам, внесению удобрений и т.п., быстрорастущим, просто и быстро размножается.

Результаты и их обсуждение

В качестве компонентов для производства питательных субстратов выбраны отходы предприятия жилищно-коммунального хозяйства, грибопроизводящего предприятия, а также торф.

Отход грибопроизводящего предприятия (ОГП). На крупнейшем в Республике Беларусь предприятии по производству шампиньонов СООО «Бонше» в год образуется более 10.000 т отработанного субстрата, состоящего из торфа, птичьего помёта и ржаной соломы, и 1.800 т грибных корешков, обогащенных комплексом питательных веществ. По окончании производственного цикла после сбора урожая грибов осуществляется обработка отходов горячим паром.

Для выполнения работы отобраны пробы отработанного субстрата, характеризующаяся коричневым цветом с видимыми кусками птичьего помёта, соломы и остатков грибниц и влажностью 69,9 %. Отход характеризуется нейтральной реакцией среды (7,0 ед. рН) и высоким содержанием органического вещества (66,7 %). Содержание биогенных элементов в ОГП показано на рисунке 1.

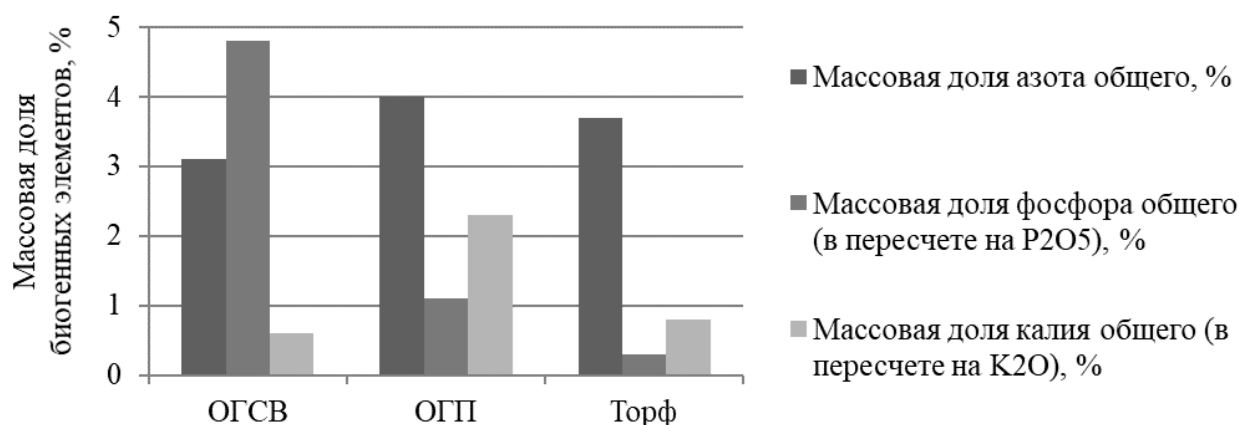


Рисунок 1 – Содержание биогенных элементов в торфе и отходах

Отход (осадок) городских сточных вод (ОГСВ). КПУП «Брестский мусороперерабатывающий завод» функционирует с 2011 г. и не имеет аналогов в странах СНГ. На заводе применяются технологии механико-биологической переработки жидких (КПУП «Брестводоканал») и твердых коммунальных отходов: жидкофазное анаэробное сбраживание смеси сырого осадка в количестве около 500,0 м³/сут. (3,5 % сухого вещества) и избыточного активного ила объемом около 200,0 м³/сут. (5,5 % сухого вещества) в метантенках и механико-биологическая переработка ТКО с твердофазным сбраживанием пищевых отходов в ферментерах [11, 12]. Полученный в результате сбраживания и обезвоживания (влажность проанализированных проб составила, в среднем, 85,0 %) отход характеризовался темно-серым цветом с несильным запахом канализации, слабощелочной реакцией среды (7,2 ед. рН) и высоким содержанием органического вещества (65,7 %). Содержание биогенных элементов в ОГСВ показано на рисунке 1.

Торф. Одним из компонентов питательных субстратов является «торф для компостирования», отобранный на ОАО «Торфобрикетный завод «Гатча-Осовский». Он представляет собой субстанцию черного цвета с землистым запахом, влажностью 47,4 %, содержанием органического вещества 67,9 % и нейтральной реакцией среды (6,7 ед. рН). Содержание биогенных элементов в торфе показано на рисунке 1.

Таким образом, в качестве компонентов экспериментальных питательных субстратов для наполнения модулей фитостен на основе результатов физико-химических испытаний были выбраны «торф для компостирования» (ОАО «Торфобрикетный завод «Гатча-Осовский»), ОГП (СООО «Бонше») и ОГСВ г. Бреста (КПУП «Брестский мусороперерабатывающий завод»). Необходимо отметить, что выбранные отходы, ОГП и ОГСВ, перед отбором проб прошли предварительную обработку на предприятиях с целью обеззараживания (в первом случае – обработка горячим паром, во втором – анаэробное сбраживание в мезофильных условиях).

Массовые доли биогенных элементов (общих азота, фосфора (на P₂O₅) и калия (на K₂O) в отходах составляют, соответственно, 3,1–4,0 %, 1,1–4,8 % и 0,6–2,3 %, однако их соотношение несбалансировано: ОГП характеризуется низкой массовой долей общего фосфора (на P₂O₅) по сравнению с массовой долей общих азота и калия (на K₂O), ОГСВ – низкой массовой долей общего калия (на K₂O) по отношению к общему азоту и фосфору (на P₂O₅). Поэтому основным способом создания экспериментальных питательных субстратов в работе является компостирование – лучший прием среди аналогов, поскольку сочетает в себе сохранение полезных биологических свойств отходов, экологическую безопасность, увеличение органической массы и, за счет инертного

наполнителя (в нашем случае торфа), улучшения физических свойств компоста [13]. Литературные данные свидетельствуют о том, что компостирование органических отходов происходит в две стадии (таблица 1).

Таблица 1 – Стадии компостирования и процессы, происходящие на них

Параметр	Первая стадия	Вторая стадия
Длительность	Несколько суток – 5 недель	Несколько месяцев
Происходящие процессы	Разложение органического вещества и аминокислот, увеличение содержания аммония, повышение температуры компостируемой массы до 66–70 °С, увеличение биомассы микроорганизмов и аккумуляция аммония, повышение рН (переход процесса в щелочной интервал), гибель патогенных микроорганизмов	Созревание компоста, образование гумусоподобных веществ, снижение фитотоксичности, снижение активности микроорганизмов, сокращение потерь аммония и увеличение образования нитратов в компостируемой массе
Потери азота	Газообразные потери аммония в атмосферу от 5 % (при применении анаэробно сброженного ОГСВ) до 50 % (при высокотемпературном компостировании) [14]	Потери азота не превышают 7–16 % [13]

Чрезмерное повышение температуры приводит к потере органического вещества и азота (потери азота составляют 5–20 %) из компоста, что связано с денитрификацией и улетучиванием аммиака в атмосферу. Принудительная аэрация компоста увеличивает потери азота примерно на 20 %, что связано с повышением скорости минерализации органического вещества, дальнейшего увеличения температуры вследствие саморазогрева компостируемой массы и возрастания газообразных потерь азота [14]. Уменьшение потерь азота может быть достигнуто путем использования наполнителей (в нашем случае торфа), контролем и регулированием температуры разогрева, уменьшением аэрации в ходе компостирования. В летнее время срок созревания компоста составляет около двух месяцев, в осенне-весеннее – три-четыре месяца [13].

Летом 2021 г. на модельном объекте в соответствии с приведенной в начале статьи методикой были заложены три варианта компоста в лабораторных условиях: с преобладанием (по объему) торфа (далее в работе – компост 1), с преобладанием ОГП (компост 2) и с преобладанием ОГСВ (компост 3). Поскольку скорость компостирования зависит от гидротермических условий сезона и в связи с тем, что закладка компоста происходила в летний период, для сохранения оптимальной температуры разогрева в компосты вносили не более 40 % торфа. Полученные компосты с периодом созревания пять месяцев в течение летне-осенне-зимнего периода по структуре напоминают однородную мелкокомковатую рыхлую рассыпчатую почву с легким земляным запахом. Содержание органического вещества в проанализированных пробах является высоким и колеблется от 47,9 % (компост 3) до 59,5 % (компост 1); компосты характеризуются близкой к нейтральной реакции среды со значениями от 6,0 (компост 1) до 6,5 ед. рН (компост 2). Отмечено, что пробы характеризуются значительной массовой долей общих азота (3,7–4,5 %), фосфора (1,1–2,6 %) и калия (0,5–0,6 %), что показано на рисунке 2. Таким образом, полученные компосты содержат достаточное количество органического вещества, необходимое количество биогенных веществ и микроэлементов для питания и развития растений.

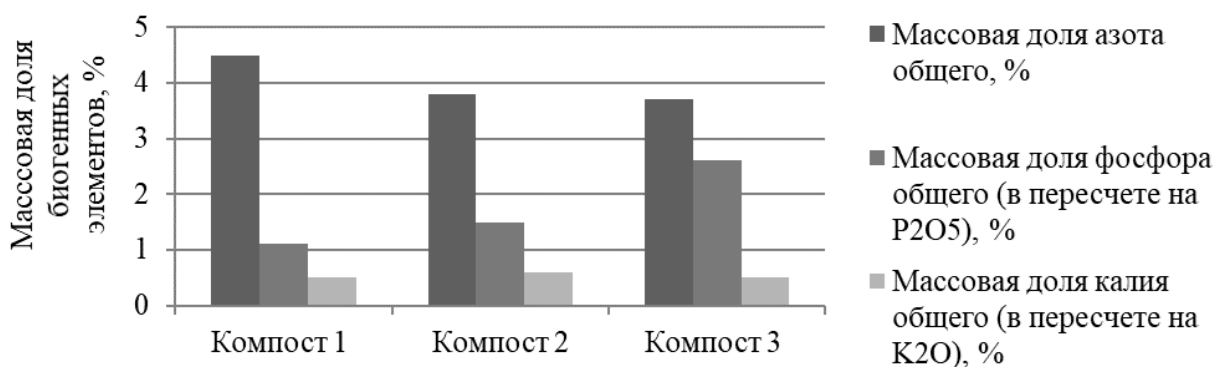


Рисунок 2 – Содержание биогенных элементов в компостах на основе торфа и отходов через пять месяцев компостирования

Для закладки опытов по влиянию экспериментальных питательных субстратов на рост и развитие комнатных растений в лабораторных условиях использовали три разновидности компоста, полученного на основе отходов, с периодом созревания в течение пяти месяцев (11.08.2021–21.01.2022 гг.): компост 1, компост 2 и компост 3 и два контрольных варианта. В качестве экспериментального растения выбран хлорофитум хохлатый, который, как было показано выше, является неприхотливым растением и, согласно литературным данным [7], успешно используется в вертикальном озеленении.

Для оценки влияния экспериментальных питательных субстратов на рост и развитие хлорофитума хохлатого определяли морфометрические параметры каждого растения: количество листьев, длину каждого листа и ширину каждой листовой пластинки в самой широкой ее части через 1,5 месяца (48 дней) и 3,5 месяца (110 дней) проведения исследований. Усредненные результаты показаны на рисунке 3.

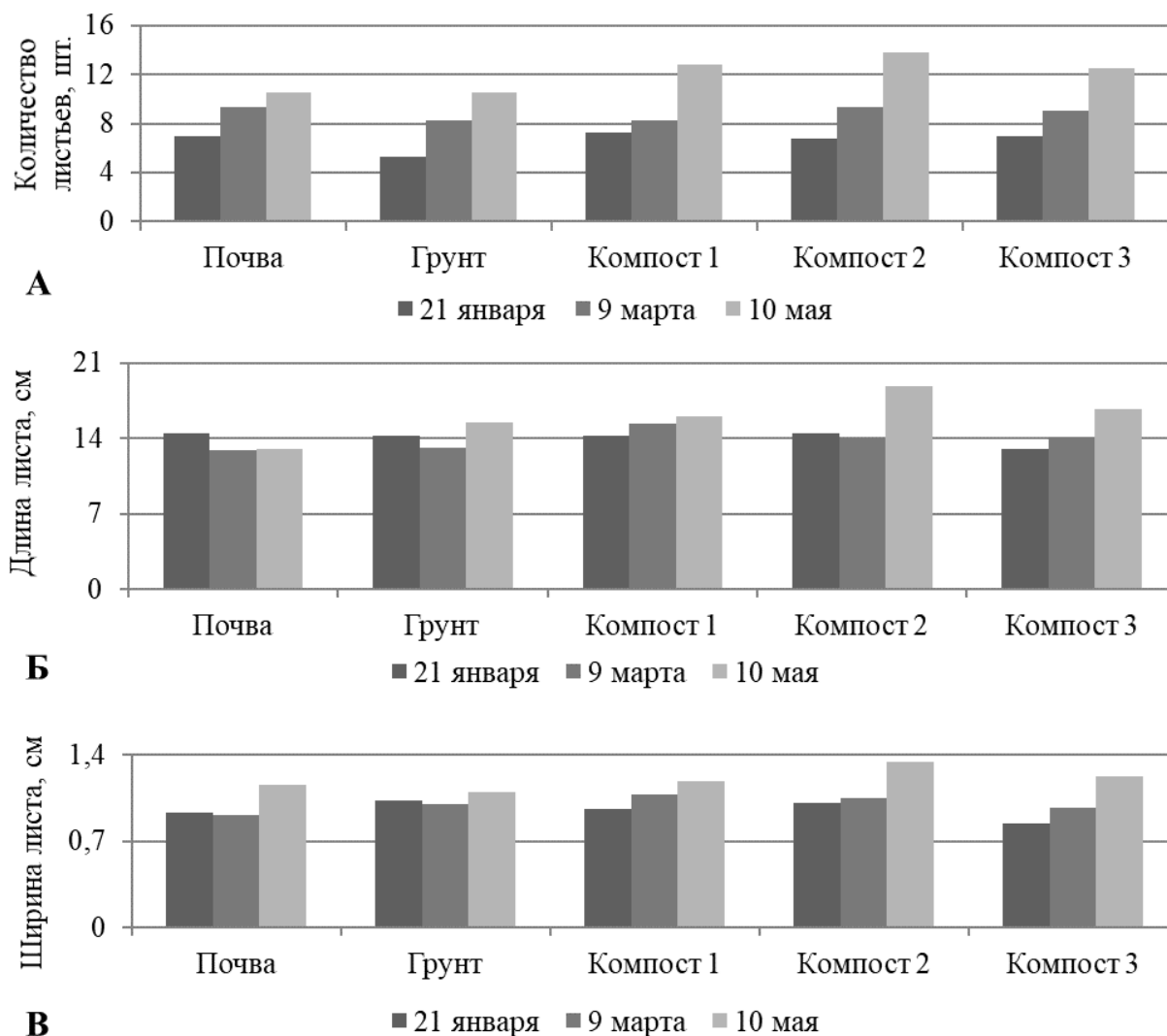


Рисунок 3 – Изменение морфометрических параметров хлорофитума хохлатого при проведении лабораторных опытов: А – количество листьев, шт.; Б – длина листа, см; В – ширина листовой пластинки, см

Анализ полученных результатов свидетельствует об увеличении количества листьев хлорофитума хохлатого через 48 дней проведения исследований на 12,0–36,1 % (см. рисунок 3 А). Средняя длина листьев увеличилась в двух вариантах: при применении компоста 1 на 7,1 % и компоста 3 – на 7,8 % (см. рисунок 3 Б). Уменьшение длины в остальных вариантах связана с формированием новых листьев и в этой связи уменьшением средней длины всех листьев растения (см. рисунок 3 А). Анализ полученных данных показал увеличение средней ширины листовой пластинки при применении всех вариантов компоста на 3,8–14,3 % несмотря на появление новых листьев (рисунок 3 В).

Через 110 дней количество листьев хлорофитума хохлатого увеличилось на 75–103 % по отношению к началу эксперимента; наибольшее увеличение отмечено при использовании компоста 2. Средняя длина листьев

увеличилась на 13–28 %; наибольшее увеличение отмечено при использовании компоста 2 (см. рисунок 3 Б). Увеличение длины составило 24–46 %; наибольшее увеличение отмечено при использовании компоста 3 (см. рисунок 3 А).

По отношению к контролю (почва) через 110 дней проведения исследований количество листьев увеличилось на 25–53 % (наибольшее увеличение – при использовании компоста 2), длина листа – на 23–40 % (наибольшее увеличение – при использовании компоста 2), ширина листа – на 8–21 % (наибольшее увеличение – при использовании компоста 3). При этом при использовании компоста 1 ширина листа уменьшилась на 1 %.

По отношению к контролю (грунт) через 110 дней проведения исследований количество листьев увеличилось на 5 % при использовании компоста 2. В остальных вариантах отмечено уменьшение количества листьев по отношению к контролю на 19–23 %. Длина листа увеличилась на 5–22 % (наибольшее увеличение – при использовании компоста 2), ширина листа – на 17–39 % (наибольшее увеличение – при использовании компоста 3).

Заключение

Применение полученных питательных субстратов на основе отходов и торфа оказало положительно влияние на изменение морфометрических параметров (длина и ширина листовой пластинки, количество листьев) хлорофитума хохлатого (*Chlorophytum comosum* (Thunb.) Jacques) по отношению к контрольным вариантам при проведении опытов в лабораторных условиях. Разработанные составы питательных субстратов будут использованы в ходе дальнейшей реализации проекта для вертикального озеленения помещений. Их применение позволит улучшить приживаемость растений в условиях вертикального их размещения и снизить себестоимость фитостен за счет отсутствия необходимости периодической замены субстрата и пересадки растений.

Работа выполнена в рамках проекта БРФФИ X21M-043 «Научное обоснование составов, способов производства и применения питательных субстратов и органических удобрений на основе местных отходов в вертикальном и горизонтальном озеленении городских территорий», № ГР 20213165.

Список использованных источников

1. Марцуль, В.Н. Нормативное правовое регулирование обращения с осадками очистных сооружений канализации / В.Н. Марцуль // Современные тенденции в развитии водоснабжения и водоотведения : материалы Международной конференции, посвященной 145-летию УП «Минскводоканал», Минск, 13–14 февраля 2019 г. : в 2 ч. – Минск, 2019. – Ч. 2. – С. 195–200.
2. Басалай, Е.Н. Геоэкологическая оценка пригодности осадков городских сточных вод для различных видов использования (на примере Брестской области) / Е.Н. Басалай // Природопользование. – 2021. – № 1. – С. 93–117.
3. Коновалова, С.В. Разработка состава и возможности применения альтернативных органических удобрений на основе грибных и растительных отходов / С.В. Коновалова, Е.Н. Басалай, Е.И. Манчак // Краеведение в учебно-воспитательном процессе школ и вузов: сб. материалов V Респ. (с междунар. участием) науч.-практ. конф., посвящ. 85-летию со дня рождения М. Л. Голуб, Брест, 18 дек.2020 г. / Брест. гос. ун-т им. А. С. Пушкина ; редкол.: И.В. Абрамова [и др.]. – Брест, 2021. – С. 186–187.
4. Лицкевич, А.Н. Использование осадков сточных вод рыбоперерабатывающего предприятия СП «Санта Бремор» ООО в качестве удобрения / А.Н. Лицкевич, Е.Н. Басалай // Природопользование. – 2018. – № 1. – С. 238–245.
5. Гессе, Д.Д. Современные агротехнологии выращивания декоративных растений в вертикальных конструкциях / Д.Д. Гессе, Ю.А. Кукуджанов // Проблемы агрохимии и экологии. – 2016. – № 1. – С. 52–62.
6. Шутова, А. Вертикальное озеленение – инновационное будущее экологической биотехнологии / А. Шутова, С. Шиш, Н. Гетко // Наука и инновации. – 2021. – № 5 (219). – С. 69–74.
7. Шутова, А.Г. Морфологические и биохимические параметры растений в вертикальном озеленении / А.Г. Шутова [и др.] // Вестник Фонда фундаментальных исследований. – 2021. – № 4 (98). – С. 78–86.
8. Simonich, S.L. Organic pollutant accumulation in vegetation / S.L. Simonich, R.A. Hites // Environmental Science & Technology. – 1995. – V. 29. – P. 2905–2914.
9. Ugrekhelidze, D. Uptake and Transformation of benzene and toluene by plant leaves/ D. Ugrekhelidze, F. Korte, G. Kvesitadze // Ecotoxicology and Environmental Safety. – 1997. – V. 37. – P. 24–29.
10. Vertical Greening Systems and Sustainable Cities / L. Perez-Urrestarazu [et. al.] // Journal of Urban Technology. – 2015. – V. 22. – № 4. – P. 65–85.
11. Басалай, Е.Н. Анаэробное сбраживание как перспективный способ обработки осадков городских сточных вод в Беларуси / Е.Н. Басалай // XXIII республиканская науч.-практ. конф. молодых ученых, Брест, 14 мая 2021 г. : сб. материалов : в 2 ч. / М-во образования Респ. Беларусь, Брест. гос. ун-т им. А. С. Пушкина ; под общ. ред. А. Е. Будько. – Брест, 2021. – Ч. 1. – С. 3–5.
12. Басалай, Е.Н. Производство биогаза на основе осадков городских сточных вод в Брестской области (Республика Беларусь) / Е.Н. Басалай // Проблемы трансформации естественных ландшафтов в результате антропогенной деятельности и пути их решения : сб. науч. тр. / КубГАУ ; ред.: И.С. Белюченко [и др.]. – Краснодар, 2021. – С. 186–190.

13. Пахненко, Е.П. Осадки сточных вод и другие нетрадиционные органические удобрения : учебное пособие / Е.П. Пахненко. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2009. – 311 с.

14. Witter, E. The potential role of sewage sludge and composting in a nitrogen recycling strategy for agriculture / E. Witter, J.M. Lopper-Real // Biological Agriculture and Horticulture. – Vol. 5. – 1987. – P. 1–23.

THE USE OF NEW NUTRIENT SUBSTRATES BASED ON WASTE FOR CULTIVATION OF INDOOR PLANTS K.M. BASALAI

The work develops and substantiates the compositions and methods of production of new nutrient substrates based on local waste, their influence on the growth and development of *Chlorophytum comosum* (Thunb.) Jacques) is considered. The use of experimental nutrient substrates had a positive effect on the change in morphometric parameters (length and width of the leaf blade, number of leaves) of the crested *Chlorophytum comosum* (Thunb.) Jacques) in relation to both control variants in laboratory conditions. The use of obtained nutrient substrates will improve the survival of plants in conditions of vertical placement and reduce the cost of phytosten due to the absence of the need for periodic replacement of substrate and plant transplantation.