

УДК 582:581(082)  
ББК 28.59я43  
И73

**Редакционная коллегия:**

д.б.н., чл.-корр. НАН Беларуси *В. В. Титок* (ответственный редактор),  
к.б.н. *П. Н. Белый*; к.б.н. *И. М. Гаранович*; д.б.н. *Н. В. Гетко*;  
к.б.н. *Л. А. Головченко*; *С. М. Кузьменкова*; д.б.н. *Е. Н. Кутас*;  
к.б.н. *Н. М. Лунина*; к.б.н. *О. В. Чижик*; к.б.н. *А. П. Яковлев*

**Рецензенты:**

доктор биологических наук, Ботанический институт  
имени В. Л. Комарова Российской академии наук *К. Г. Ткаченко*;  
кандидат биологических наук, Институт экспериментальной  
ботаники имени В. Ф. Купревича Национальной академии наук Беларуси  
*А. В. Пугачевский*

**Интродукция, сохранение и использование биологического разнообразия флоры** : материалы международной научной конференции, посвященной 90-летию Центрального ботанического сада Национальной академии наук Беларуси (Минск, 28 июня – 1 июля 2022 г.). В 2 ч. Ч. 2 / Нац. акад. наук Беларуси [и др.]. редкол.: В.В. Титок [и др.] – Минск : Белтаможсервис, 2022. – 420 с.

ISBN 978-985-7004-75-1

В сборнике представлены материалы международной научной конференции, посвященной 90-летию Центрального ботанического сада Национальной академии наук Беларуси. Часть 2: секция 3 «Биотехнологические и молекулярно-генетические аспекты изучения и использования биоразнообразия растений», секция 4 «Решение вопросов защиты растений в ботанических садах», секция 5 «Научное, прикладное и просветительское значение ботанических коллекций» и секция 6 «Современные направления ландшафтного дизайна и зеленого строительства».

УДК 582:581(082)  
ББК 28.59я43

ISBN 978-985-7004-75-1 (ч. 2)  
ISBN 978-985-7004-72-0

© ГНУ «Центральный ботанический сад  
Национальной академии наук Беларуси», 2022  
© Оформление. РУП «Белтаможсервис», 2022

## ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ РАЗЛИЧНЫХ СУБСТРАТОВ В ВЕРТИКАЛЬНОМ ОЗЕЛЕНЕНИИ

Шутова А. Г.<sup>1</sup>, Рондак У. А.<sup>2</sup>, Трофимов Ю. В.<sup>3</sup>, Маркевич В. Г.<sup>3</sup>, Челяпин А. Е.<sup>3</sup>,  
Лишик С. И.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Центральный ботанический сад Национальной академии наук Беларуси,  
anna\_shutova@mail.ru

<sup>2</sup> Белорусский государственный университет

<sup>3</sup> Центр светодиодных и оптоэлектронных технологий Национальной академии наук Беларуси

**Резюме.** Проведена оценка возможности использования различных субстратов для выращивания растений в элементах вертикального озеленения карманного типа. Оценены морфологические (количество листьев, средняя длина побега, средняя длина листа, средняя ширина листа) и биохимические показатели (содержание хлорофиллов а, b и каротиноидов) растения *Tradescantia zebrina* Bosse при культивировании в минеральной вате, искусственном войлоке, обработанном плазмой, и вермикулите.

## EVALUATION OF THE EFFECTIVENESS OF VARIOUS SUBSTRATES IN VERTICAL GARDENING

Shutava H., Rondak U., Trofimov Y., Markevich V., Chaliapin A., Lishik S.

**Summary.** An assessment of the possibility of using various substrates for growing plants in pocket-type elements of vertical gardening was made. Morphological (number of leaves, average shoot length, average leaf length, average leaf width) and biochemical parameters (content of chlorophylls a, b and carotenoids) of *Tradescantia zebrina* Bosse plants were evaluated when cultivated in mineral wool, artificial felt treated with plasma, and vermiculite.

В настоящее время вертикальное озеленение активно используется в строительстве и архитектурном оформлении зданий. В зависимости от цели использования и ассортимента выращиваемых растений при проектировании систем вертикального озеленения могут быть использованы различные технологии. Один из вариантов технологии предусматривает выращивание растений беспочвенным методом, часто с использованием разнообразных субстратов, состоящих из смеси разных твёрдых и жидких природных компонентов, и их заменителей [1]. Согласно классификации Й. Ронена [2] различают следующие варианты выращивания растений:

1) выращивание без почвы (в безземельных субстратах) – растения выращивают в контейнерах с твердой корнеобитаемой средой (различные инертные субстраты: минеральная вата, торф, щебень и т. п.);

2) гидропоника – субстрат отсутствует и корни растений погружены в циркулирующий питательный раствор;

3) аэропоника – если твердая и жидкая среды отсутствуют, а растения получают воду и элементы питания при постоянных опрыскиваниях корней раствором минеральных солей.

Для первого варианта выращивания растений в безземельных субстратах иногда применяют термин «агрегатопоника». При таком методе выращивания корневая система растений размещается в гравии, щебне или других заменителях почвы, поглощая минеральные элементы из раствора, подаваемого в субстрат [3]. Среди твёрдых субстратов часто используются вермикулит и перлит. Данные минеральные материалы используются отдельно или совместно. В качестве органических субстратов могут быть использованы кокосовое волокно, опилки и мох сфагнум [4]. Также распространено использование в качестве субстрата войлока полиамидного волокна [5]. Схожа с ней технология гидропоники на минеральной вате, при которой растения высаживаются в кубы или сферы из данного материала. Для такого метода выращивания

выпускаются специальные разновидности ваты, например, “Grodan”, которая отличается высокой гигроскопичностью и химической инертностью [6]. К наиболее современным технологиям можно отнести систему «биобетон», разработанную группой ученых из Политехнического университета Каталонии. Такая система состоит из многослойных бетонных панелей, в составе которых вяжущее вещество (портландцемент) заменено на фосфат магния. Благодаря данному материалу субстрат обладает слабокислой реакцией среды, что способствует развитию и росту водорослей, мхов, грибов и лишайников [7].

Каждый из описанных в литературе субстратов имеет достоинства и недостатки, обусловленные, в том числе, особенностями конкретной использованной системы для культивирования, а также ассортиментом применяемого посадочного материала. Поэтому целью нашей работы являлась оценка перспективности использования различных субстратов для выращивания растений в модульной системе вертикального озеленения, разрабатываемой совместно Центром светодиодных и оптоэлектронных технологий НАН Беларуси и Центральным ботаническим садом НАН Беларуси. Каждый фитомодуль представляет собой тканевое полотно размерами 1000x1100 мм<sup>2</sup>, на поверхности которого сформированы 24 (4x6) ячеек (карманов) для размещения в них субстрата. Система может быть оснащена светодиодной подсветкой и автополивом.

Материалы и методы исследования. В исследовании использованы следующие варианты субстратов:

1 – минеральная вата (Grodan);

2 – капиллярный мат (синтетический войлок), обработанный плазмой. В качестве исходного материала использовалось полиэфирное геотекстильное полотно ЛавсанГео-450 производства ОАО «Могилевхимволокно». Для гидрофилизации поверхности применялась плазменная обработка геотекстильного полотна с использованием установки плазмы атмосферного разряда Gioniz (Изовак Технологии, Беларусь). Мощность плазменного разряда составила 0,15 кВт, частота разряда – 30 кГц. Атмосферная плазма формировалась у перемещающегося со скоростью 10 мм/сек цилиндрического электрода. Перемещение электрода было необходимо для минимизации повреждения ткани горящим стримерным разрядом. Максимальная ширина обрабатываемой поверхности – 180 мм, длина – 600 мм. В результате обработки поверхность нетканого материала стала гидрофильной, что позволило многократно (до 5 раз) увеличить объем впитываемого раствора. При этом стримерный разряд и выделяющийся озон дополнительно обеспечивали антибактериальную обработку полотна;

3 – вермикулит.

Полив и подкормка минеральным удобрением осуществлялась равномерно, вносилось определенное количество воды и раствора минеральных солей, достаточное для полного смачивания субстрата, в каждый карман 2 раза в неделю, для исключения влияния данного фактора на результаты исследования.

Исследования проводились в условиях закрытого грунта, в теплице, отапливаемой в зимний период. Количество повторностей для измерения морфологических параметров – 20-ти кратное.

Спектрофотометрическое определение хлорофиллов а и b и каротиноидов проводили по [8]. В качестве контроля использовали растения *T. zebrina*, культивируемые в торфогрунте без подкормки.

Результаты и их обсуждение. Для закладки эксперимента использовали предварительно укорененные черенки традесканции *Tradescantia zebrina* Bosse с 2-мя междоузлиями и длиной корней около 1 см.

Морфологические параметры были измерены трижды: первый раз спустя 2 недели после посадки, затем 27.08.2021, 23.09.2021 и 25.11.2021. Были оценены количество листьев, средняя длина побега, средняя длина и ширина листа.

**Таблица 1. Морфологические показатели *Tradescantia zebrina* в различных субстратах: m – минеральная вата, p – искусственное волокно, обработанное плазмой, v – вермикулит, 1–27.08.2021, 2–23.09.2021, 3–25.11.2021**

Показатель	Варианты опыта								
	m <sub>1</sub>	m <sub>2</sub>	m <sub>3</sub>	p <sub>1</sub>	p <sub>2</sub>	p <sub>3</sub>	v <sub>1</sub>	v <sub>2</sub>	v <sub>3</sub>
среднее количество листьев на растении, шт	15± 1,5	22,4± 6,9	38,2± 6,2	14,4± 1,1	26± 4,7	36± 11,7	21,0± 4,8	49,5± 5,6	120± 46,0
средняя длина побега, см	7,5± 0,9	9,1± 0,8	14,3± 1,8	8,9± 0,8	12,9± 1,4	21,5± 3,3	11,1± 0,9	15,5± 0,6	24,5± 0,5
средняя длина листа, см	5,8± 0,5	6,5± 0,5	7,0± 0,4	6,2± 0,3	6,4± 0,2	7,2± 0,4	5,8± 0,5	5,8± 0,2	6,9± 0,4
средняя ширина листа, см	2,8± 0,1	3,0± 0,1	3,0± 0,1	2,9± 0,1	3,1± 0,1	3,3± 0,2	2,9± 0,1	3,3± 0,1	3,5± 0,2

Выявлены достоверные различия по среднему количеству листьев уже через 2 месяца после посадки растений. Средняя длина побегов при выращивании традесканции в вермикулите и войлоке, обработанном плазмой, также достоверно увеличивалась в сравнении с растениями, выращенными на минеральной вате. Средняя ширина листа к концу эксперимента увеличивалась у растений на вермикулите в сравнении с теми, которые культивировались на минеральной вате. В других случаях по показателям средней длины и ширины листа достоверных различий не выявлено.

В заключительной фазе эксперимента было проведено определение содержания хлорофиллов a, b и каротиноидов в листьях (20.12.2021.)

Содержание хлорофилла a возрастало в ряду контроль < минвата < обработанный плазмой войлок < вермикулит и достигало в последнем случае 90,7 мг/100 г. Содержание хлорофилла b было наименьшим при культивировании традесканции на минвате и наибольшим – на вермикулите. Количество каротиноидов было наименьшим у контрольных растений, у растений на минвате и войлоке содержание каротиноидов было выше контрольных растений в 1,7–2 раза.

**Выводы.** Проведена оценка возможности использования различных субстратов для выращивания растений в элементах вертикального озеленения карманного типа. Оценены морфологические (количество листьев, средняя длина побега, средняя длина листа, средняя ширина листа) и биохимические показатели (содержание хлорофиллов a, b и каротиноидов) растения *Tradescantia zebrina* Bosse при культивировании в минеральной вате, искусственном войлоке, обработанном плазмой и вермикулите в течение 6 месяцев. Установлено, что субстрат оказывал существенное влияние на показатели общего количества листьев. Средняя длина побегов при выращивании традесканции в вермикулите и войлоке, обработанном плазмой, достоверно увеличивалась в сравнении с растениями, выращенными на минеральной вате. При культивировании в вермикулите наблюдалось достоверное повышение содержания хлорофиллов a и b, что свидетельствовало о наиболее благоприятных условиях для роста традесканции в этом субстрате.

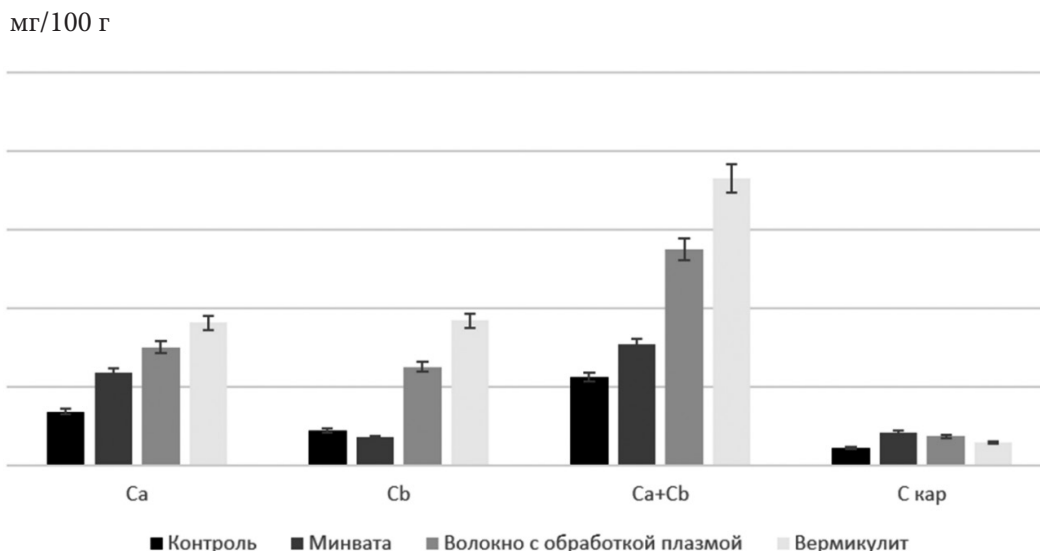


Рис. 2. Содержание хлорофилла а (Ca), хлорофилла б (Cb), суммы хлорофиллов, и каротиноидов (С кар) в листьях *Tradescantia zebrina*, при культивировании в различных субстратах

#### Список литературы

1. Thompson W., Sorvig K. Sustainable landscape construction: a guide to green building outdoors 2nd ed. // Washington, D.C.: Island Press. 2008, 506 p.
2. Ronen E. Important highlights concerning the control over the nutrition of soilless-grown crops. Гавриш. 2006, 3, 14–17.
3. Гиль Л. С., Пашковский А. И., Сулима Л. Т. Современное овощеводство закрытого и открытого грунта. Практическое руководство. Житомир: “Рута”, 2012, 468 с.
4. Иванова Л. А., Иноземцева Е. С. Перспективные субстраты для гидропонного выращивания овощей, Гавриш. 2010, 3, 16–21.
5. Козеева А. А. Технологии вертикального озеленения. Вестник ландшафтной архитектуры. 2016, № 7, с. 32–34
6. Grodan [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.grodan.ru/> (дата обращения 16.04.2022)
7. Ellingsen E., Despommier D. The Vertical Farm – The origin of a 21st century Architectural Typology. СТВУН Journal. 2008, III, 26–34.
8. Ермаков А. И. (ред.) Методы биохимического исследования растений. Изд. 2-е, перераб. и доп. Ленинград: Колос. Ленингр. отд-ние, 1972, с. 107–109.