



DOI: 10.22363/2312-797X-2024-19-3-447-458

УДК 631.427.3

EDN BWZLPN

Научная статья / Research article

Влияние составов легких почвогрунтов на вегетацию растений

А.Э. Юницкий^{id}, Н.С. Зыль^{id}, М.И. Цырлин^{id}✉,
А.М. Павлюченко^{id}, М.М. Парфенчик^{id}

Закрытое акционерное общество «Струнные технологии», г. Минск, Беларусь

✉ m.tsirlin@unitsky.com

Аннотация. Снижение плотности растительного субстрата становится важным компонентом для получения качественной продукции. Если данное свойство почвы не имеет существенного значения для выращивания культур на поле, то при использовании специально подготовленного субстрата для культивирования растений при организации различного рода многоярусных теплиц, экопоселений с садами на крышах, частных биодомов оно играет важную роль. Такая особенность обусловлена следующим: чем больше плотность применяемого субстрата, тем большую прочность нужно закладывать при проектировании несущей конструкции объектов и тем больше материалов потребуется, а значит, тем выше будет стоимость постройки. По указанным причинам активно исследуется вопрос создания легкого, но в то же время плодородного субстрата для высадки растений, который позволит получать экологически безопасную растительную продукцию и при этом будет иметь невысокую плотность относительно природной почвы. Рассмотрены возможные варианты состава облегченного субстрата на основе минеральных компонентов (перлита, керамзита) и биогумуса, пригодного для роста и развития растений. Описан эксперимент, касающийся изучения влияния легкого почвогрунта на растительные культуры. В качестве исследуемого легкого почвогрунта выступал перлит с добавлением биогумуса. Для внекорневой подкормки использовалась органическая комплексная подкормка для растений uTerra. В качестве оптимального варианта легкого почвогрунта определен перлит с добавлением 10 % (по объему) рассыпчатого биогумуса uTerra.

Ключевые слова: технологии выращивания растений, минеральные наполнители, перлит, биогумус, урожайность

Вклад авторов: Юницкий А.Э. — концепция и дизайн исследования; Зыль Н.С. — сбор и обработка материалов; Цырлин М.И. и Павлюченко А.М. — анализ полученных данных, написание текста; Парфенчик М.М. — проведение опыта.

© Юницкий А.Э., Зыль Н.С., Цырлин М.И., Павлюченко А.М., Парфенчик М.М., 2024



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/legalcode>

Заявление о конфликте интересов. Автор Юницкий А.Э. является владельцем компании КФХ Юницкого, производящей биогумус uTerra, почвогрунт UniTerra, подкормку для растений uTerra.

Финансирование. За счет собственных средств организации.

История статьи: поступила в редакцию 17.10.2023; принята к печати 11.06.2024.

Для цитирования: Юницкий А.Э., Зиль Н.С., Цырлин М.И., Павлюченко А.М., Парфенчик М.М. Влияние составов легких почвогрунтов на вегетацию растений // Вестник российского университета дружбы народов. Серия: Агронимия и животноводство. 2024. Т. 19. № 3. С. 447–458. (In Russ.). doi: 10.22363/2312-797X-2024-19-3-447-458

Influence of plant soil mixtures on plant vegetation

Anatoly E. Unitsky , Nikifor S. Zyl , Mikhail I. Tsyrlin ✉,
Aleksandr M. Pavliuchenko , Mikhail M. Parfenchik 

Unitsky String Technologies Inc., Minsk, Belarus

✉ m.tsirlin@unitsky.com

Abstract. The study was focused on investigating the effect of composition of light soil on vegetation of lettuce plants. Nowadays, reducing the density of plant substrates is becoming an important component for obtaining quality products. This soil property is not so essential for growing crops in the field. But using a specially prepared substrate for cultivating plants in various types of multi-tier greenhouses, eco-villages with roof gardens, and private bio-domes, it is important. This feature is due to the following: the higher the density of the applied substrate, the greater the strength that needs to be considered when designing the supporting structure of objects and the more materials will be required. This means that the cost of construction will be higher. Therefore, the issue of creating a light, but at the same time fertile substrate for plants, which will allow obtaining environmentally friendly plant products and at the same time will have a low density relative to natural soil, is currently being actively studied. The light soil tested was perlite with addition of biohumus. For foliar feeding, uTerra organic complex was used. It was determined that the best variant for light soil was perlite with addition of 10% (by volume) of uTerra crumbly biohumus. Thus, the article discusses current issues of structure of fertile soil, possible options for composition of a lightweight substrate based on mineral components (perlite, expanded clay) and biohumus suitable for growth and development of plants. In addition, the experiment concerning the study of the influence of light soil on plant crops was described, conclusions are drawn and its results were substantiated. The final part summarizes the work done and outlines its future prospects.

Keywords: plant growing technologies, mineral fillers, perlite, biohumus, yield

Author contributions. Yunitskiy A.E. conceived and designed the experiments; Zyl N.S. collected and processed materials; Tsyrlin M.I. and Pavlyuchenko A.M. analyzed the data, wrote the paper; Parfenchik M.M. performed the experiments.

Conflicts of interest. Yunitskiy A.E. is the owner of 'KFH Yunitskogo' company, which produces uTerra biohumus, UniTerra soil, and uTerra fertilizing.

Funding. The research was supported by own funds.

Article history: Received: 17 October 2023. Accepted: 11 June 2024.

For citation: Unitsky AE, Zyl NS, Tsyrlin MI, Pavliuchenko AM, Parfenchik MM. Influence of plant soil mixtures on plant vegetation. *RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries*. 2024;19(3)19(3):447–458. (In Russ.). doi: 10.22363/2312-797X-2024-19-3-447-458

Введение

Достаточно актуальна проблема создания почвогрунтов, потребность в которых растет с каждым годом [1—3]. Стандартные торфо-песчаные-черноземные смеси в различных соотношениях изначально не подходят некоторым экзотическим растениям, могут содержать вредителей, а также не пригодны для многолетнего выращивания культур, так как в процессе роста и развития растения синтезируют органические вещества и выносят элементы минерального питания из почвы [4]. Следовательно, корнеобитаемый слой культурных растений должен быть богат минеральными элементами и способным поддерживать постоянство состава за счет медленного высвобождения питательных элементов [5]. Однако стоит учитывать то, что чрезмерное насыщение питательными биогенными элементами приводит к замедлению роста и гибели растений. Таким образом, необходимо либо возвращать питательные элементы обратно в почву, либо использовать оптимальные, рассчитанные конкретно под определенную культуру показатели плодородия для постоянного произрастания многолетнего растения [6]. Современный почвогрунт также должен обладать высокой воздухопроницаемостью и определенными физико-механическими свойствами для сохранения почвенной влаги, чтобы вода могла беспрепятственно проходить вглубь почвы, не стекая по поверхности, и удерживаться внутри [7].

Для получения растительной продукции применяют различные технологии: на тяжелом и легком почвогрунте, гидро- и аэропонику [8]. Наиболее распространенным методом выращивания сельскохозяйственных культур, декоративных и лекарственных растений остается выращивание на тяжелом грунте. Однако использование легких почвогрунтов наиболее перспективно в замкнутых космических экосистемах, таких как ЭкоКосмоДом, при озеленении крыш (снижается нагрузка на перекрытия зданий), а также внутри помещений, в оранжереях, многоярусных теплицах благодаря ряду преимуществ — малый удельный вес, высокая аэрация корневой системы растений, высокая влагоемкость, удобство использования [9]. Такие почвогрунты состоят:

- из легких минеральных наполнителей;
- минералов, выступающих источниками макро-, микро- и ультрамикроэлементов;
- органической части, которая включает в себя гуминовые вещества и сообщества агрономически ценных аэробных и анаэробных микроорганизмов.

К недостаткам выращивания в легких почвогрунтах можно отнести необходимость тщательного подбора состава и его контроль, а также несколько большую стоимость, чем у почвогрунтов, не проходящих дополнительную обработку [10].

Наполнителем почвогрунта могут выступать вермикулит, керамзит, шлаки [11]. К недостаткам таких наполнителей относятся высокая стоимость и возможное закисление или защелачивание почвы впоследствии. Наиболее перспективным минеральным наполнителем выступает вспученный перлит. Он обеспечивает низкую плотность субстрата, воздухопроницаемость, высокую влагоемкость. При этом вспученный перлит способен отдавать влагу корням растений через капилляры, которые при поливе ее накапливают [12].

Почвогрунт на основе вспученного перлита позволяет выращивать органическую растительную продукцию, контроль которой можно производить периодически. Такой почвогрунт может использоваться до 20 циклов вегетации растений (с добавлением органических подкормок при необходимости), после чего требуется производить добавление 10...20 % материала. Вспучивание перлита протекает при температурах около 900...1100 °С, что приводит к отсутствию в нем вредителей и сорняков [13].

Анализ открытых научных источников [14—17] свидетельствует о широком поле для исследований влияния состава легкого почвогрунта на урожайность растительных культур и качества растительной продукции.

Цель исследования — усовершенствование состава легкого, но в то же время плодородного субстрата для высадки растений, который позволит получать экологически безопасную одно- и многолетнюю продукцию широкого спектра растений и при этом иметь невысокую плотность относительно природной почвы, установление оптимального соотношения минерального наполнителя и органического компонента в почвогрунте.

Материалы и методы исследования

В эксперименте по выращиванию растительных культур использовали легкие почвогрунты, в качестве минерального наполнителя — вспученный перлит и керамзит, органическими наполнителями в различных опытах выступали биогумус и Terra (производитель: Республика Беларусь, КФХ Юницкого), рассыпчатый органический почвогрунт UniTerra (производитель: Республика Беларусь, КФХ Юницкого), органическая комплексная подкормка для растений и Terra (производитель: Республика Беларусь, КФХ Юницкого, номер государственной регистрации 11-07-0056) [4].

В 2021 г. были проведены предварительные испытания легких почвогрунтов для выращивания растений (однолетних — мята и многолетних — лимон, кумкват, банан). Составы почвогрунтов приведены в табл. 1.

Легкие почвогрунты

№ состава	Объем перлита, %	Объем керамзита, %	Объем биогумуса uTerra, %	Объем почвогрунта UniTerra, %
1	0	100	5*	5
2	50	50	5	5
3	100	0	5	5

Примечание. * Биогумус uTerra и гумус UniTerra имеют мелкую фракцию, которая распределяется между частицами минерального материала. Таким образом, общий объем почвогрунта при добавлении 10 % органической части остается прежним – 100 %.

Table 1

Light soils

No. of soil mix	Perlite, %	Expanded clay, %	uTerra biohumus, %	UniTerra soil, %
1	0	100	5*	5
2	50	50	5	5
3	100	0	5	5

Note. * uTerra Biohumus and UniTerra humus have fine fraction which is distributed between particles of mineral material. Thus, the total volume of soil with addition of 10% of organic part remains the same – 100%.

Многолетние растения, которые выращивались с применением легких почвогрунтов на основе керамзита, перлита и их смеси, продолжают вегетировать (рис. 1). Прирост citrusовых растений за 2 года (с 07.2021 по 07.2023 г.) составляет: кумкват с 40 до 65 см (25 см); лимоны с 45 до 65 см (20 см); прирост банана с 40 до 120 см (80 см). Несмотря на вынос питательных веществ однолетними растениями, лимон и кумкват вышли в стадию плодоношения.



а

б

Рис. 1. Культивирование растений на легких почвогрунтах: а – 2021 г.; б – 2023 г.

Источник: выполнена фотофиксация растений М.М. Парфенчиком

Fig. 1. Cultivation of plants on light soils: a – 2021; б – 2023

Source: created by M.M. Parfenchik

В 2023 г. был поставлен опыт с однолетними растениями: в качестве объекта исследования были использованы растения салата латука (*Lactuca sativa* L.). Данный тест-объект был выбран из-за его хозяйственной ценности, короткого жизненного цикла и средних размеров, которые способствуют лучшей визуализации действия экспериментального почвогрунта.

Варианты эксперимента различались содержанием биогагмуса и Terra: 2,5; 5,0; 7,5; 10,0; 12,5 и 15,0 % от общего объема. Плотность почвогрунтов составила соответственно 380; 386; 392; 398; 404 и 410 кг/м³. Каждый эксперимент с различным содержанием биогагмуса воспроизводили в двенадцатикратной повторности. Семена растения салата-латука высевались в равном количестве в каждый вариант легкого почвогрунта (рис. 2).

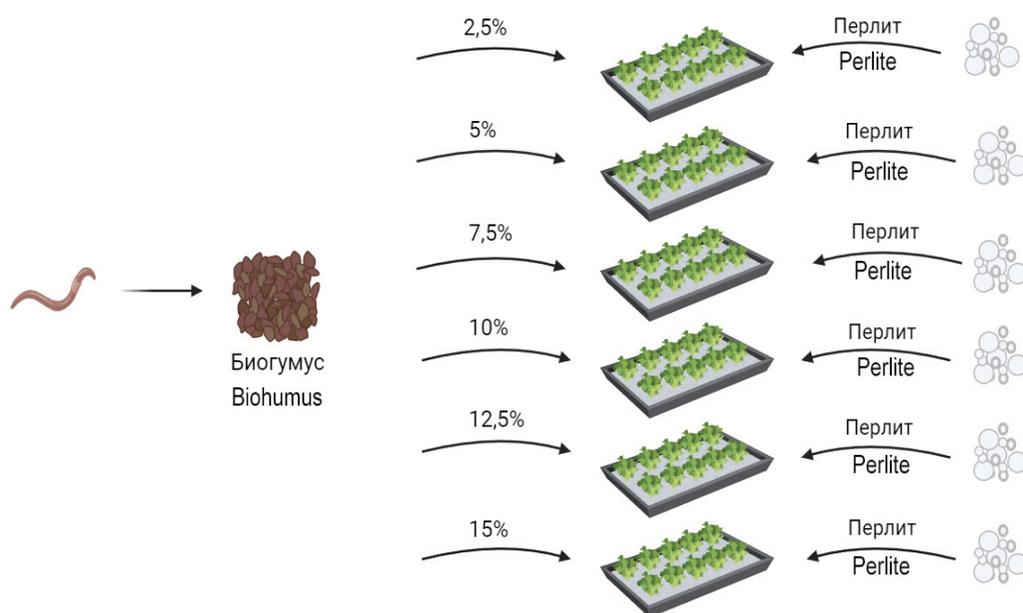


Рис. 2. Схема эксперимента по воздействию легких грунтов на основе перлита с добавлением биогагмуса на ростовые и физиологические показатели *Lactuca sativa* L.

Источник: выполнено составление схемы А.М. Павлюченко в приложении BioRender

Fig. 2. Experimental scheme for the effect of light soils based on perlite with addition of biohumus on growth and physiological parameters of *Lactuca sativa* L.

Source: created by A.M. Pavlyuchenko in BioRender

После посева поддоны с растениями переносили в камеру роста с температурой +25 °С, интенсивностью освещения 5000 люкс и 10-часовым фотопериодом. Полив производили по мере подсыхания субстрата, включая полив органической комплексной подкормкой для растений и Terra [4] раз в 10 дней из расчета 10 мл на 1 л рабочего раствора. Спустя 3 сут. регистрировали первые всходы. Измерения роста листьев проводили каждые 7...10 сут.

Результаты исследования и обсуждение

Растения салата проявляли более активный рост с увеличением концентрации биогадуса uTerra. Бактериальной (патогенной) нагрузки не наблюдалось, рост апикальных меристем без патологий. Все растения быстро развивали розетку листьев, после наступления фазы 4-х настоящих листьев наблюдалась дифференциация роста по вариантам опыта, наилучшие показатели по биомассе были зафиксированы начиная с добавления 10 % биогадуса (рис. 3).

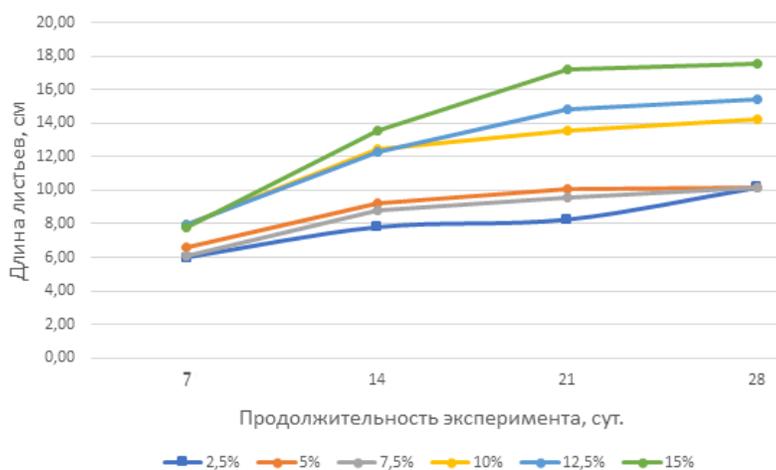


Рис. 3. Рост и развитие растений салата на экспериментальных вариантах легкого грунта с добавлением биогадуса

Источник: выполнено построение MS Excel графиков А.М. Павлюченко

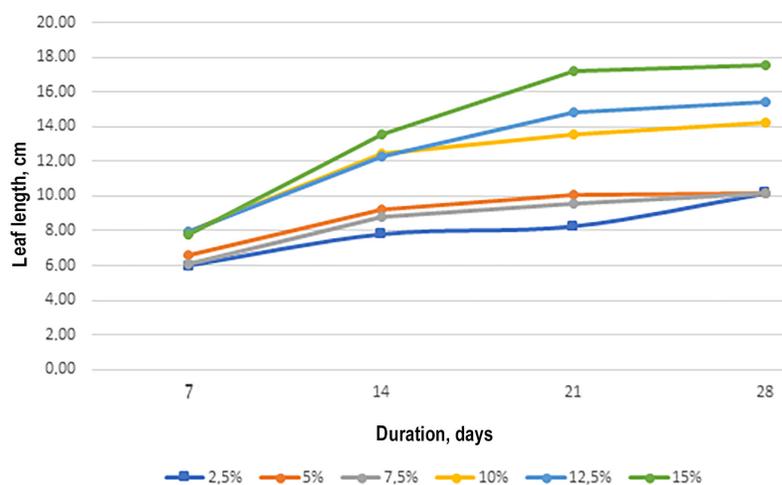


Fig. 3. Growth and development of lettuce plants on experimental variants of light soil with addition of biohumus

Source: created by A.M. Pavlyuchenko using MS Excel

Количество нитратов во всех вариантах находилось в пределах допустимой нормы (допустимый уровень по СанПиН 2000...3000 мг/кг).

При выращивании растений салата латука основные морфометрические показатели развития были значительно выше для вариантов легких почв с концентрацией биогадуса начиная с 10 %. Наблюдалась положительная прогрессия скорости роста, количества междоузлий и итоговой длины растений с увеличением экспериментальной концентрации. Отклонение было зафиксировано для параметра средней биомассы растения. Так, для варианта с 10 % биогадуса биомасса составила 65 г, 12,5 % — 60,8 г, 15 % — 58,6 г, что может являться статистической погрешностью (табл. 2).

Таблица 2

Результаты роста и развития растений салата на легких грунтах

Содержание биогадуса, %	Скорость роста, см/сут.	Средняя сырая масса, г	Нитраты, мг/кг	Среднее количество междоузлий, шт.
2,5	0,36	11,68	171,80	5,60
5,0	0,36	37,77	257,28	7,00
7,5	0,36	54,40	212,00	8,33
10,0	0,51	65,00	448,68	9,33
12,5	0,55	60,80	504,24	9,31
15,0	0,63	58,60	581,04	10,10

Table 2

Results of growth and development of lettuce plants on light soils

Biohumus content, %	Growth rate, cm/day	Average fresh weight, g	Nitrates, mg/kg	Average number of internodes
2.5	0.36	11.68	171.80	5.60
5.0	0.36	37.77	257.28	7.00
7.5	0.36	54.40	212.00	8.33
10.0	0.51	65.00	448.68	9.33
12.5	0.55	60.80	504.24	9.31
15.0	0.63	58.60	581.04	10.10

Визуально более крупные листья и большая площадь покрытия у растений с вариантом концентрации 10 % (рис. 4).

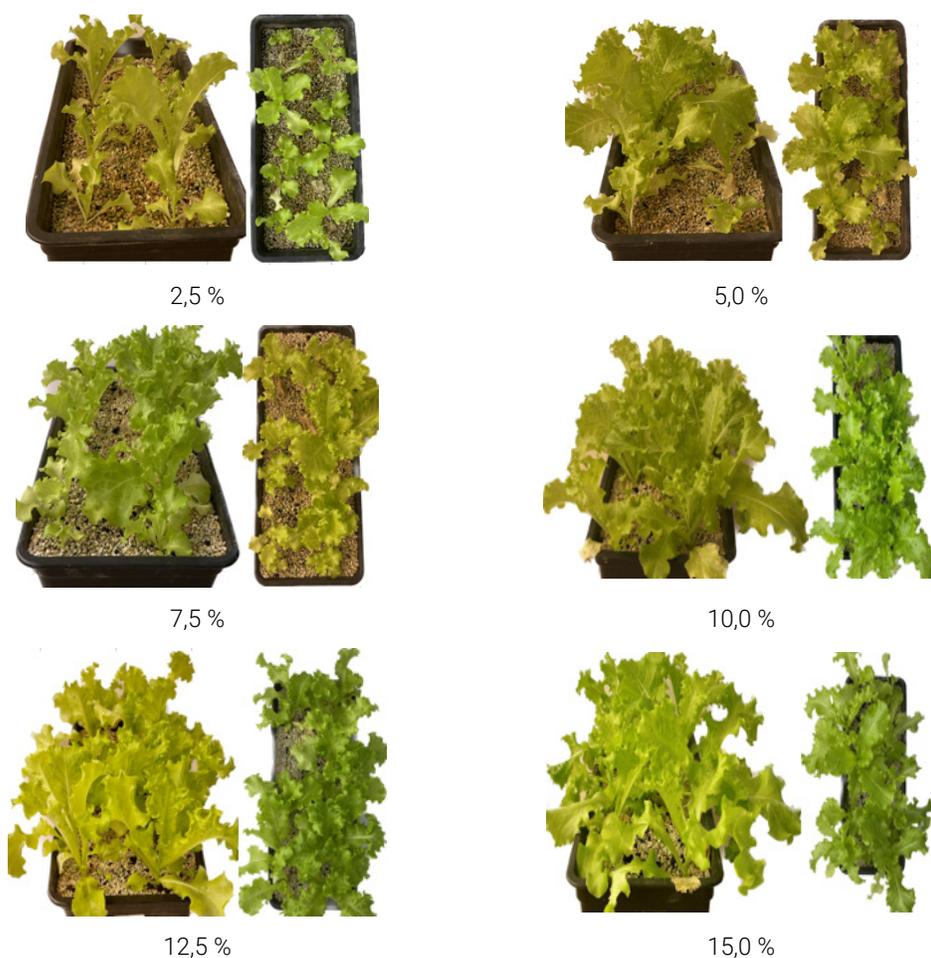


Рис. 4. Рост и развитие растений салата-латука на легком грунте с добавлением биогуруса в разной концентрации

Источник: выполнена фотофиксация М.М. Парфенчиком

Fig. 4. Growth and development of lettuce plants on light soil with addition of biohumus in different concentrations

Source: created by M.M. Parfenchik

Заключение

На основании результатов опыта можно сделать вывод о том, что лучшим вариантом легкого почвогрунта является перлит с добавлением 10 % биогуруса, так как дальнейшее повышение концентрации биогуруса не приводит к серьезному изменению биомассы растений, но при этом может теоретически приводить к избытку питательных элементов. Накопления нитратов в растительной продукции при использовании рассыпчатого биогуруса uTerra и органической комплексной подкормки uTerra не наблюдается. Большая концентрация биогуруса uTerra приводит к увеличению числа междоузлий растений, но растения выглядят вытянутыми с мелкой листовой пластиной. Легкий почвогрунт на основе биогуруса uTerra

при применении почвенного эликсира *uTeга* позволит получать экологически безопасную растительную продукцию и при этом использовать преимущества легкого субстрата относительно природной почвы. В дальнейшем планируется продолжить исследование с целью анализа полученной таким образом продукции на накопление сахаров и витамина С.

Список литературы

1. Якобюк Л.И., Еремин Д.В., Еремин М.Д. Создание искусственного почвогрунта с использованием оптимизационной модели плодородия черноземных почв // АПК России. 2017. Т. 24. № 2. С. 360—365.
2. Davis M.J.M., Tenpierik M.J., Ramírez F.R., Pérez M.E. More than just a Green Facade: The sound absorption properties of a vertical garden with and without plants // Building and Environment. 2017. Vol. 116. P. 64—72. doi: 10.1016/j.buildenv.2017.01.010
3. Li Y., Li Zh., Cui S., Zhang Q. Trade-off between soil pH, bulk density and other soil physical properties under global no-tillage agriculture // Geoderma. 2020. Vol. 361. P. 99—144. doi: 10.1016/j.geoderma.2019.114099
4. Callaway R.M., Thelen G.C., Rodriguez A., Holben W.E. Soil biota and exotic plant invasion // Nature. 2004. Vol. 427. № 6976. P. 731—733. doi: 10.1038/nature02322
5. Шевцов Н.М. Влияние различных природных и антропогенных мероприятий на накопление углерода (и других элементов минерального питания растений) в почвах современного богарного и орошаемого земледелия // Сельскохозяйственные науки и агропромышленный комплекс на рубеже веков. 2015. № 9. С. 27—42.
6. Shah K.K., Modi B., Pandey H.P., Subedi A., Aryal G., Pandey M., Shrestha J. Diversified crop rotation: an approach for sustainable agriculture production // Advances in Agriculture. 2021. Vol. 2021. P. 1—9. doi: 10.1155/2021/8924087
7. Маштаков Д.А., Гольши Е.А., Филатов В.Н., Пищина Е.А. Применение различных субстратов для укоренения черенков древесно-кустарниковых растений при контейнерном выращивании // Инновации в природообустройстве и защите в чрезвычайных ситуациях. 2021. С. 517—519.
8. Srivani P., Manjula S.H. A controlled environment agriculture with hydroponics: variants, parameters, methodologies and challenges for smart farming // 2019 Fifteenth International Conference on Information Processing (ICINPRO). IEEE, 2019. С. 1—8. doi: 10.1109/ICInPro47689.2019.9092043
9. Юницкий А.Э., Костеневич А.А., Парфенчик М.М., Бойко Е.Г. Разработка состава почвогрунта для замкнутой экосистемы в космическом пространстве // Безракетная индустриализация ближнего космоса: проблемы, идеи, проекты : сб. материалов III Межд. науч.-техн. конф. Марьяна Горка, 12 сентября 2020. С. 412—423.
10. Юницкий А.Э., Костеневич А.А., Зыль Н.С., Парфенчик М.М., Конёк Д.А. Плодородие и физико-химические показатели легких «космических» почвогрунтов для ЭкоКосмоДома // Безракетная индустриализация ближнего космоса: проблемы, идеи, проекты : сб. материалов IV Межд. науч.-техн. конф. Марьяна Горка, 18 сентября 2021. С. 313—327.
11. Юницкий А.Э., Зыль Н.С., Парфенчик М.М., Павлюченко А.А. Перспективные составы и способы производства легких почвогрунтов для ЭкоКосмоДома // Безракетная индустриализация ближнего космоса: проблемы, идеи, проекты : сб. материалов V Межд. науч.-техн. конф. Марьяна Горка, 23–24 сентября 2022. С. 250—262.
12. Салахов М.С., Гречкина О.Т., Багманов Б.Т., Вахабова В.Э. Перспективы использования перлита в сельском хозяйстве // Современные тенденции развития науки и технологий. 2005. № 3. С. 60—63.
13. Волохова О.А., Майданников Н.А. Применение перлита в сельском хозяйстве // Наука и молодежь : сб. науч. тр. Вып. 3: Инновации в современном агропромышленном комплексе. Новочеркасск : НИМИ ДГАУ, 2016. С. 9—11.
14. Olle M., Ngouajio M., Siomos A. Vegetable quality and productivity as influenced by growing medium: a review // Agriculture. 2012. Vol. 99. № 4. P. 399—408.
15. Xue A.G. Biological control of pathogens causing root rot complex in field pea using *Clonostachys rosea* strain ACM941 // Phytopathology. 2003. Vol. 93. № 3. P. 329—335.
16. Draghici E.M., Scarlat V., Pele M., Postamentel M., Somăcescu C. Usage of perlite in polluted sandy soils for potato crop // Revista de chimie. 2016. Vol. 67. № 11. P. 2281—2286.

17. Inden H., Torres A. Comparison of four substrates on the growth and quality of tomatoes // International Symposium on Growing Media and Hydroponics 644. 2001. P. 205—210. doi: 10.17660/ActaHortic.2004.644.27

References

1. Yakobyuk LI, Eremina DV, Eremin MD. The development of an artificial soil using an optimization model of black soil fertility. *Agro-industrial Complex of Russia*. 2017;24(2):360—365. (In Russ.).
2. Davis MJM, Tenpierik MJ, Ramírez FR, Perez ME. More than just a Green Facade: The sound absorption properties of a vertical garden with and without plants. *Building and Environment*. 2017;116:64—72. doi: 10.1016/j.buildenv.2017.01.010
3. Li Y, Li Z, Cui S, Zhang Q. Trade-off between soil pH, bulk density and other soil physical properties under global no-tillage agriculture. *Geoderma*. 2020;361:114099. doi: 10.1016/j.geoderma.2019.114099
4. Callaway RM, Thelen GC, Rodriguez A, Holben WE. Soil biota and exotic plant invasion. *Nature*. 2004;427:731—733. doi: 10.1038/nature02322
5. Shevtsov NM. Impact of various natural and anthropogenic activities on carbon accumulation (and other elements of mineral nutrition of plants) in the soils of modern rainfed and irrigated agriculture. *Sel'skokhozyaistvennyye nauki i agropromyshlennyi kompleks na rubezhe vekov*. 2015;(9):27—42. (In Russ.).
6. Shah KK, Modi B, Pandey HP, Subedi A, Aryal G, Pandey M, et al. Diversified crop rotation: an approach for sustainable agriculture production. *Advances in Agriculture*. 2021;2021(1):8924087. doi: 10.1155/2021/8924087
7. Mashtakov DA, Golysh EA, Filatov VN, Pishchina EA. The use of various substrates for rooting cuttings of trees and shrubs during container cultivation. In: *Innovations in environmental management and protection in emergency situations: conference proceedings*. Saratov; 2021. p.517—519. (In Russ.).
8. Srivani P, Manjula SH. A controlled environment agriculture with hydroponics: variants, parameters, methodologies and challenges for smart farming. In: *2019 Fifteenth International Conference on Information Processing (ICINPRO)*. Bengaluru, India: IEEE; 2019. p.1—8. doi: 10.1109/ICInPro47689.2019.9092043
9. Unitsky AE, Kostenevich AA, Parfenchik MM, Bojko EG. Development of soil composition for a closed ecosystem in outer space. In: *Non-Rocket Near Space Industrialization: Problems, Ideas, Projects: conference proceedings*. Minsk; 2021. p.412—423. (In Russ.).
10. Unitsky AE, Kostenevich AA, Zyl NS, Parfenchik MM, Konyok DA. Fertility and physical and chemical indicators of light “cosmic” soils for EcoCosmoHouse. In: *Non-Rocket Near Space Industrialization: Problems, Ideas, Projects: conference proceedings*. Minsk; 2021. p.313—330. (In Russ.).
11. Unitsky AE, Zyl NS, Parfenchik MM, Pavlyuchenko AA. Advanced compositions and methods for production of light soils for EcoCosmoHouse. In: *Non-Rocket Near Space Industrialization: Problems, Ideas, Projects: conference proceedings*. Minsk; 2023. p.250—262. (In Russ.).
12. Salakhov MS. Prospects for using perlite in agriculture. *Sovremennyye tendentsii razvitiya nauki i tekhnologii*. 2005;(3—2):60—63. (In Russ.).
13. Volokhova OA, Majdannikov NA. Use of perlite in agriculture. *Science and youth: conference proceedings*. Novocherkassk; 2016. p.9—11. (In Russ.).
14. Olle M, Ngouajio M, Siomos A. Vegetable quality and productivity as influenced by growing medium: a review. *Agriculture*. 2012;99(4):399—408.
15. Xue AG. Biological control of pathogens causing root rot complex in field pea using *Clonostachys rosea* strain ACM94. *Phytopathology*. 2003;93(3):329—335. doi: 10.1094/PHYTO.2003.93.3.329
16. Draghici EM, Scarlat V, Pele M, Postamentel M, Somacescu C. Usage of perlite in polluted sandy soils for potato crop. *Revista de chimie*. 2016;67(11):2281—2286.
17. Inden H, Torres A. Comparison of four substrates on the growth and quality of tomatoes. In: *International Symposium on Growing Media and Hydroponics 644*. 2001. p.205—210. doi: 10.17660/ActaHortic.2004.644.27

Об авторах:

Юницкий Анатолий Эдуардович — генеральный конструктор ЗАО «Струнные технологии», Республика Беларусь, 220089, г. Минск, ул. Железнодорожная, д. 33; e-mail: a@unitsky.com

ORCID: 0000-0003-1574-3539

Зиль Никифор Сергеевич — начальник отдела биотехнологий, ЗАО «Струнные технологии», Республика Беларусь, 220089, г. Минск, ул. Железнодорожная, д. 33; e-mail: n.zil@unitsky.com

ORCID: 0009-0009-4591-8628

Цырлин Михаил Иосифович — кандидат технических наук, ведущий специалист, ЗАО «Струнные технологии», Республика Беларусь, 220089, г. Минск, ул. Железнодорожная, д. 33; e-mail: m.tsirlin@unitsky.com
ORCID: 0000-0002-2983-3255 SPIN-код: 9548-6321

Павлюченко Александр Михайлович — эколог отдела биотехнологий, ЗАО «Струнные технологии», Республика Беларусь, 220089, г. Минск, ул. Железнодорожная, д. 33; e-mail: a.pavlyuchenko@unitsky.com
ORCID: 0000-0002-7532-7281 SPIN-код: 4824-5428

Парфенчик Михаил Михайлович — агроном отдела биотехнологий, ЗАО «Струнные технологии», Республика Беларусь, 220089, г. Минск, ул. Железнодорожная д. 33; e-mail: m.parfenchik@unitsky.com
ORCID: 0009-0006-7656-463X

About authors:

Unitsky Anatoly Eduardovich — General Designer, Unitsky String Technologies Inc., 33 Zheleznodorozhnaya st., Minsk, 220089, Republic of Belarus; e-mail: a@unitsky.com
ORCID: 0000-0003-1574-3539

Zyl Nikifor Sergeevich — Head of the Biotechnology Department, Unitsky String Technologies Inc., 33 Zheleznodorozhnaya st., Minsk, 220089, Republic of Belarus; e-mail: n.zil@unitsky.com
ORCID: 0009-0009-4591-8628

Tsirlin Mikhail Iosifovich — Candidate of Technical Sciences, Leading specialist, Unitsky String Technologies Inc., 33 Zheleznodorozhnaya st., Minsk, 220089, Republic of Belarus; e-mail: m.tsirlin@unitsky.com
ORCID: 0000-0002-2983-3255 SPIN-code: 9548-6321

Pavlyuchenko Aleksandr Mikhailovich — Ecologist, Biotechnology department, Unitsky String Technologies Inc., 33 Zheleznodorozhnaya st., Minsk, 220089, Republic of Belarus; e-mail: a.pavlyuchenko@unitsky.com
ORCID: 0000-0002-7532-7281 SPIN-code: 4824-5428

Parfenchik Mikhail Mikhailovich — Agronomist, Biotechnology Department, Unitsky String Technologies Inc., 33 Zheleznodorozhnaya st., Minsk, 220089, Republic of Belarus; e-mail: m.parfenchik@unitsky.com
ORCID: 0009-0006-7656-463X