

Научная статья

УДК 635.1/.8

10.34655/bgsha. 2025.78.1.003

Опыт выращивания микрозелени методом гидропоники

**Дмитрий Николаевич Ступницкий¹, Наталья Александровна Мистратова²,
Дмитрий Александрович Марков³**

^{1,2}Красноярский государственный аграрный университет, Красноярск, Россия

³ООО «Норильскникельремонт», Норильск, Россия

1stupdn@mail.ru

2mistratova@mail.ru

3gumaruk2@gmail.ru

Аннотация. Использование в рационе питания человека свежих овощей, зелени и проростков является актуальным направлением, так как доказана их полезность для организма человека. В последние годы спрос на новые функциональные пищевые продукты в виде микрозелени увеличился, она необходима потребителям для восполнения своего организма витаминами, минеральными веществами, аминокислотами, хлорофиллом, нерастворимой клетчаткой. Цель исследований – изучить возможность получения микрозелени из семян чины огородной (синоним – горох посевной), редиса и капусты брокколи листовой на различных субстратах с применением питательного раствора методом гидропоники. Эксперименты по выращиванию микрозелени проводили в 2022 и 2023 гг. Объекты исследований – семена чины огородной (сорт Мадрас), редиса (сорт Чайна Роуз) и капусты брокколи листовой (сорт Рапини). Для выращивания микрозелени использовали метод проточной гидропоники на автономной, вертикальной, многоярусной гидропонной установке. Принцип работы системы: проточная гидропоника с возможностью периодического подтопления. Данная установка обладает автоматическими программируемыми модулями управления режимами вентиляции, полива и освещения. Выращивание проводили на стеллажах в боксах с досвечиванием. Лучшим субстратом для выращивания микрозелени чины огородной, капусты брокколи листовой, редиса является кокосовое волокно, характеризующееся долговечностью и способностью выдерживать множество циклов выращивания. Использование минеральных удобрений способствует повышению урожайности микрозелени – чины огородной (963 г/мл), капусты брокколи листовой (1006 г/мл) и редиса (985 г/мл).

Ключевые слова: микрозелень, чина огородная, редис, капуста брокколи, гидропоника, светокультура, субстрат, урожайность.

Original article

Practice of cultivating microgreens by the hydroponics method

Dmitry N. Stupnitsky¹, Natalya A. Mistratova², Dmitry A. Markov³

^{1,2}Krasnoyarsk State Agrarian University, Krasnoyarsk, Russia

³ООО Norilsknickelremont, Norilsk, Russia

Abstract. The use of fresh vegetables, herbs and sprouts in the human diet is a relevant area, as their benefits for the human body have been proven. In recent years, the demand for new functional food products in the form of microgreens has increased – they are necessary for consumers to satisfy their bodies with vitamins, minerals, amino acids, chlorophyll, and insoluble fiber. The purpose of the research was to study the possibility of obtaining microgreens from the seeds of garden pea (synonymous of green pea), radish and leaf broccoli on various substrates using a nutrient solution by the hydroponic method. Experiments on growing microgreens were carried out in 2022 and 2023. The objects of research were seeds of garden pea (the Madras variety), radish (the China Rose variety) and leaf broccoli (the Rapini variety). To grow microgreens, the flow hydroponics method was used in an autonomous, vertical, multi-tiered hydroponic facility. The operating principle of the system was a flow hydroponics, with the possibility of periodic flooding. This facility has automatic programmable modules to control ventilation, watering and lighting modes. Growing was carried out on racks in boxes, with additional lighting. The best substrate for growing microgreens of garden pea, leaf broccoli and radish was coconut fiber, which is characterized by the durability and the ability to withstand multiple growing cycles. The use of mineral fertilizers helps to increase the yield productivity of microgreens: garden pea (963 g / ml), leaf broccoli (1006 g / ml) and radish (985 g / ml).

Keywords: microgreens, garden pea, radish, broccoli, hydroponics, photoculture, substrate, yield productivity.

Введение. Добавление в рацион питания человека свежих овощей, зелени и проростков, без сомнения, приносит пользу для организма. За последние двадцать лет спрос на новые функциональные пищевые продукты увеличивается – они нужны потребителям, чтобы поддерживать в здоровом состоянии свой организм и частично заменять лекарственные препараты, обеспечивая долгожительство [1]. Овощные культуры можно использовать не только в привычном виде, но и в виде миниатюрных ростков, которые содержат все свойственные растениям питательные вещества в высокой концентрации. Результаты исследований М.Н. Шаклеиной, А.А. Алалыкиной и М.С. Соловьевой [2] свидетельствуют о повышенном содержании витаминов, минеральных веществ в микрозелени, в среднем, в пять раз, по сравнению со зрелыми плодами этих же растений, кроме того, в состав проростков входят незаменимые аминокислоты, хлорофилл, нерастворимая клетчатка, способствующая выведению токсинов и шлаков [3; 4].

В начале 1980-х гг. в Сан-Франциско (США) в меню ресторанов начал появляться новый органический растительный продукт – микрозелень, которую использовали для подчеркивания акцента готовых блюд, проростки растений прида-

вали естественную красоту блюдам, свежесть. Вслед за американскими кулинарами проростки растений начали использоваться и в других странах, среди которых особенно надо выделить страны Азии [5]. В научной литературе под термином микрозелень (microgreens) понимают съедобный класс растений, который определяется как нежная незрелая зелень, культивируемая из семян овощных культур (пряно-ароматических или зерновых культур, в том числе и диких растений), находящаяся в фазе семядоли высотой не более пятнадцати сантиметров и имеющая не более двух настоящих листьев. Т.М. Бабурин, А.А. Кравченко, Д.В. Шкурин [6] отмечают, что наиболее популярными культурами для выращивания микрозелени являются свекла, редис, подсолнечник, чина огородная. Авторы И.В. Дуванова и В.В. Иванищев [7] указывают на высокую продуктивность гороха при получении микрозелени. Использованию семян капусты также отводится значимая роль при производстве проростков [8; 9; 10]. Население, кроме термина «микрозелень», употребляют такие понятия, как «овощное конфетти» или «микропряно-равье». На сегодняшний день популярность производства «здоровой» продукции на территории России стремительно растёт, поэтому изучение особенностей

выращивания миниатюрных ростков является одним из актуальных направлений современности [11, 12, 2].

Цель исследований – изучить возможность получения микрозелени из семян чины огородной (синоним горох посевной), редиса и капусты брокколи листовая на различных субстратах с применением питательного раствора методом

гидропоники.

Объекты и методы исследования.

Эксперимент по выращиванию микрозелени проводили в течение двух лет (2022-2023). Объекты исследований – семена чины огородной (сорт Мадрас), редиса (сорт Чайна Роуз) и капусты брокколи листовой (сорт Рапины) (рис. 1).

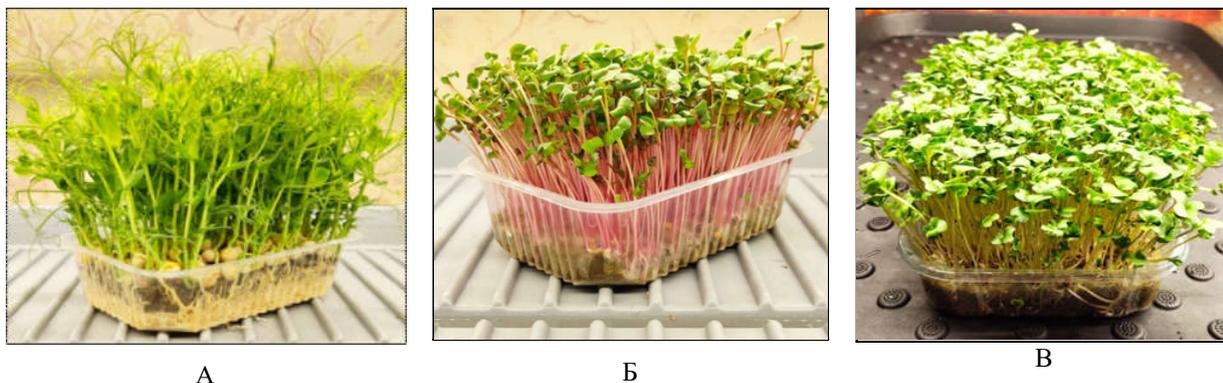


Рисунок 1. Пророщенные семена: А – чина огородная (сорт Мадрас); Б – китайский розовый редис (сорт Чайна Роуз); В – брокколи (сорт Рапины)

Для выращивания микрозелени использовали метод проточной гидропоники на автономной вертикальной многоярусной гидропонной установке (рис. 2). Принцип работы системы: проточная гидропоника с возможностью периодического подтопления. Установка обладает автоматическими программируемыми модулями управления режимами вентиляции, полива и освещения. Выращивание проводили на стеллажах в боксах, с досвечиванием в течение 6 суток по 16 часов. Использовалась лампа люминесцентная мощностью 36 Вт, цветовой температурой 6400 К, световым потоком 1200 Лм. Учётная площадь 0,5 м², повторность четырёхкратная, размещение на стеллажах рандомизированное. В рамках проводимого эксперимента выполнялась оценка влияния комплексного минерального 3-компонентного удобрения для гидропоники и открытого грунта «Еврокомпот мульти» (фирма Green Roots, Россия), состав (%): N – 9,3; P – 2,14; K – 13,68; Ca – 8,16; Mg – 1,54; S – 4,79; B – 0,02;

Fe – 0,122; Mn – 0,02; Zn – 0,004; Cu – 0,005; Mo – 0,001. В исследованиях применялась одна концентрация питательного раствора, рекомендуемая производителем¹ – ЕС: 0,8 мСм/см, что соответствует показателю TDS-метра, равному 600 ppm – единица измерения концентрации и других относительных величин, одна миллионная доля.

При выращивании ростков микрозелени использовали три вида субстрата: минеральная вата (контроль); кокосовое волокно; джутовый коврик (рис. 3), размещенных в боксах. Урожайность определяли с точностью до 1 г, математическая обработка результатов исследований проведена методом дисперсионного анализа с использованием пакета прикладных программ SNEDECOR.

Результаты исследований и их обсуждение. В последние годы достигнуты значительные успехи при выращивании микрозелени на субстратах с различными питательными средами. Используемые субстраты принято разделять на

¹ Инструкция к удобрениям ЕВРОКОМПОТ. <https://greenroots.ru/instrukciya-k-udobreniyam/?ysclid=m50hxuk0t4531534614>



Рисунок 2. Установка для выращивания микрозелени



Рисунок 3. Исследуемые субстраты для выращивания микрозелени: слева направо минеральная вата, джутовый коврик, кокосовое волокно

минеральные и органические, каждый из которых обладает определенными достоинствами и недостатками. К минеральным субстратам относят перлит, вермикулит, минеральную вату, керамзит. К органическим субстратам относят кокосовое волокно, торф, джут и др. При возделывании микрозелени в отдельных случаях используют комбинированные субстраты, состоящие из минерального и органического вида, например, кокосовый субстрат с вермикулитом. Для того чтобы обеспечить хорошую всхожесть и оптимальный рост микрозелени, субстрат должен обладать пористостью 85 % от общего объема, оптимальным соотношением макро- и микроэлементов, хорошей влагоудерживающей способностью (55...70 % от об-

щего объема) и уровнем аэрации корневой системы (20...30 % от общего объема). Он должен быть свободным от тяжелых металлов и загрязняющих веществ, патогенных микроорганизмов, pH от 5,5 до 6,5, электропроводностью менее 500 мСм/см.

В таблице 1 представлены результаты по выращиванию чины огородной сорта Мадрас на различных видах субстратах.

Наибольшая средняя урожайность чины огородной сорта Мадрас получена при выращивании на кокосовом субстрате – 991 г/м². При использовании джутового коврика отмечена наименьшая урожайность, которая в 1,5 раза меньше (660 г/м²) по сравнению с кокосовым субстратом. Урожайность чины огородной при

Таблица 1 – Урожайность микрозелени чины огородной в зависимости от используемого субстрата (среднее за 2022-2023 гг.)

Бокс	Урожайность, г/м ²		
	минеральная вата (контроль)	кокосовое волокно	джутовый коврик
1	856	997	652
2	821	982	663
3	863	989	667
4	854	993	660
5	865	995	658
Среднее	852	991	660
НСР ₀₅	15,6		

выращивании на минеральной вате находилась в диапазоне 821-865 г/м², что, в среднем, в 1,2 раза ниже (852 г/м²) по отношению к кокосовому брикету. Выращивание микрозелени с использованием минерального субстрата в целом формирует благоприятные условия для роста и развития путем обеспечения оптимального уровня минерального питания, поступления кислорода, что благоприятно отразилось на урожайности данной культуры.

Джутовый коврик характеризуется более высокой влагоемкостью, поэтому при полном увлажнении отмечается исчезновение пор, которые заполнены воздухом, что повлекло кислородное голодание семян и проростков и привело к замедлению роста.

Оценка изменения урожайности микрозелени капусты брокколи листовой сорта Рапини в зависимости от вида субстрата отражена в таблице 2.

Таблица 2 – Урожайность микрозелени капусты брокколи листовой в зависимости от используемого субстрата (среднее за 2022-2023 гг.)

Бокс	Урожайность, г/м ²		
	минеральная вата (контроль)	кокосовое волокно	джутовый коврик
1	959	1117	730
2	920	1100	743
3	967	1108	747
4	956	1112	739
5	969	1114	737
Среднее	954	1110	739
НСР ₀₅	17,5		

Наибольшая урожайность отмечена на варианте с использованием в качестве субстрата кокосового волокна, варьирование данного показателя находилось в пределах 1108-1111 г/м². Применение джутовых ковриков негативно отразилось на урожайности микрозелени капусты брокколи листовой, средний параметр составил 739 г/м², что в 1,5 раза меньше

в сравнении с использованием кокосового волокна. Среднее значение продуктивности отмечено на варианте «минеральная вата» и находилось в диапазоне 920-969 г/м².

Результаты урожайности микрозелени редиса сорта Чайна Роуз в зависимости от вида субстрата представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Урожайность микрозелени редиса в зависимости от используемого субстрата (среднее за 2022-2023 гг.)

Бокс	Урожайность, г/м ²		
	минеральная вата (контроль)	кокосовое волокно	джутовый коврик
1	830	977	639
2	796	962	650
3	837	969	654
4	828	973	647
5	839	975	645
Среднее	826	971	647
НСР ₀₅	15,3		

Изменение урожайности проростков редиса сорта Чайна Роуз имело аналогичный характер относительно результатов, полученных с производством микрозелени чины огородной и капусты брокколи. По результатам средней урожайности выделился вариант, где использовали кокосовое волокно – 971 г/м². Наименьшая

урожайность редиса отмечена при выращивании микрозелени на джутовом коврике – 647 г/м². Также проведены исследования по применению воды и минеральных удобрений Green Roots с концентрацией питательного раствора 600 ppm. Результаты исследования представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Влияние минеральных удобрений на урожайность микрозелени чины огородной, капусты брокколи листовой, редиса (среднее за 2022-2023 гг.)

Культура	Урожайность, г/м ²					
	минеральная вата (контроль)		кокосовое волокно		джутовый коврик	
	вода	МУ*	вода	МУ	вода	МУ
Чина огородная	804	833	854	963	522	659
Капуста брокколи листовая	823	961	957	1006	657	742
Редис	796	912	856	985	592	704
*МУ – минеральные удобрения						
НСР: фактор А (субстрат) 9,06, фактор В (питание) 11,13, взаимодействие АВ 19,78						

Учет урожайности показал, что при внесении минеральных удобрений, независимо от вида субстрата, урожайность микрозелени выше по сравнению с вариантами без минеральных удобрений с водой. Урожайность чины огородной при внесении удобрений на варианте с кокосовым волокном составила 963 г/м², что выше варианта с использованием воды на 109 г/м²; капусты брокколи листовой – 1006 г/м², что превышает показатель, полученный на варианте с применением

воды в 1,1 раза. Урожайность редиса на варианте с подложкой из кокосового волокна составила 985 г/м², превысив вариант с водой на 129 г/м².

Проведенные фенологические наблюдения не выявили отличия в наступлении товарной спелости микрозелени в зависимости от используемого субстрата. При этом установлено, что на вариантах с применением удобрений срок сбора урожая у всех изучаемых культур сократился на двое суток. Более раннее наступление

товарной спелости характерно для редиса, по сравнению с капустой брокколи и чинной огородной, что обусловлено биологическими особенностями культур.

Выводы: 1. Для выращивания микрозелени чины огородной (сорт Мадрас), капусты брокколи листовой (сорт Рапини), редиса (сорт Чайна Роуз) в условиях проточной гидропоники наиболее подходящим субстратом является кокосовое волокно – оно значительно увеличивает урожайность микрозелени благодаря своей долговечности и способности выдерживать множество циклов выращивания, что де-

лает его предпочтительным выбором.

2. Максимальная урожайность чины огородной (963 г/м²), капусты брокколи листовой (1006 г/м²) и редиса (985 г/м²) была достигнута на вариантах с использованием микроудобрений. Результаты исследований подтвердили, что применение минеральных удобрений способствует повышению урожайности микрозелени, независимо от типа субстрата, позволяя успешно выращивать микрозелень, обеспечивая растения всеми необходимыми макро- и микроэлементами, влияющими на их рост и качество.

Список источников

1. Пашкевич А.В., Чайковский А.С. Микрозелень – функциональный продукт XXI века // Наука и инновации. 2021. №11 (225). С. 58-63. EDN: PYPUXY
2. Шаклеина М.Н., Алалыкин А.А., Соловьева М.С. Оценка содержания витаминов в микрозелени нескольких видов культурных растений // Химия растительного сырья. 2022. №2. С. 165-171. EDN: OEPLOB. doi: 10.14258/jcprm.2022029988
3. Молибога Е.А., Сухостав Е.В., Козлова О.А., Зинич А.В. Анализ рынка функционального питания: российский и международный аспект // Техника и технология пищевых производств. 2022. № 4. С. 775-786. EDN: DSBTLC. doi: 10.21603/2074-9414-2022-4-2405
4. Бурак Л.Ч., Карбанович В.И. Антиоксидантная активность микрозелени, потенциал использования. Обзор предметного поля // Научное обозрение. Биологические науки. 2023. № 4. С. 58-70. EDN: KBQGMV. doi: 10.17513/srbs.1342
5. Дерюгина И.В. Сельское хозяйство стран Азии: инновации в целях продовольственной безопасности // Инновации и инвестиции. 2019. № 7. С. 3-10. EDN: WBIQJH.
6. Бабурина Т.М., Кравченко А.А., Шурина Д.В. Санитарно-микробиологический контроль микрозелени // Вопросы науки и образования. 2020. № 25 (109). С. 4-9. EDN: WPHXPB
7. Дуванова Ю.М., Иванищев В.В. Продуктивные характеристики микрозелени, выращенной из семян гороха сортов Кузнечик и Медовик // Известия Тульского государственного университета. Естественные науки. 2022. №2. С. 30-38. EDN: MIWXBL. doi: 10.24412/2071-6176-2022-2-30-38
8. Солдатенко А.В., Иванова М.И., Бондарева Л.Л., Тарева М.М. Капустные зеленые овощи. Москва : Федеральное государственное бюджетное научное учреждение “Федеральный научный центр овощеводства”, 2022. 296 с. EDN: UNSAFI
9. Иванова М.И., Кашлева А.И., Михайлов В.В., Разин О.А. Инновационная специфическая продукция: органические ростки (Microgreens) и сеянцы (Baby leafs) // Овощи России. 2016. № 1(30). С. 29-33. EDN: VMJWUP.
10. Кондратенко Е.П., Мирошина Т.А., Витязь С.Н. Опыт выращивания микрозелени семейства *Brassicaceae* // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2022. №7 (213). С. 19-24. EDN: SXJVUM. doi: 10.53083/1996-4277-2022-213-7-19-24
11. Иванова М.И., Кашлева А.И., Разин А.Ф. Проростки – функциональная органическая продукция (обзор) // Вестник Марийского государственного университета. Серия: Сельскохозяйственные науки. Экономические науки. 2016. Т. 2. № 3 (7). С. 19-30. EDN: WNCRGТ
12. Мистратова Н.А., Ступницкий Д.Н., Яшин С.Е. Органическое земледелие в России (обзорная статья) // Вестник КрасГАУ. 2021. № 11(176). С. 100-107. EDN: HMHPZS. doi: 10.36718/1819-4036-2021-11-100-107.

References

1. Pashkevich A.V., Tchaikovsky A.S. Microgreens – a functional product of the 21st century. *Science and Innovation*. 2021;1(225):58-63 (In Russ.)
2. Shakleina M.N., Alalykin A.A., Solovyova M.S. Evaluation of the content of vitamins in microgreens of several species of cultivated plants. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*. 2022;2:165-171 (In Russ.). doi: 10.14258/jcprm.2022029988
3. Moliboga E.A., Sukhostav E.V., Kozlova O.A., Zinich A.V. Analysis of the functional food market:

Russian and international aspects. *Equipment and technology of food production*. 2022;4:775-786 (In Russ.). doi: 10.21603/2074-9414-2022-4-2405

4. Burak L.Ch., Karbanovich V.I. Antioxidant activity of microgreens, potential use. Review of the subject field. *Scientific review. Biological sciences*. 2023;4:58-70. doi: 10.17513/srbs.1342

5. Deryugina I.V. Agriculture of Asian countries: innovations for food security. *Innovations and investments*. 2019;7:3-10.

6. Baburina T.M., Kravchenko A.A., Shkurina D.V. Sanitary and microbiological control of microgreens. *Issues of science and education*. 2020;25(109):4-9.

7. Duvanova Yu.M., Ivanishchev V.V. Productive characteristics of microgreens grown from seeds of pea varieties Kuznechik and Medovik. *Bulletin of Tula State University. Natural sciences*. 2022;2:30-38. doi: 10.24412/2071-6176-2022-2-30-38

8. Soldatenko A.V., Ivanova M.I., Bondareva L.L., Tareeva M.M. Cabbage green vegetables. Moscow: Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Scientific Center for Vegetable Growing". 2022:296.

9. Ivanova M.I., Kashleva A.I., Mikhailov V.V., Razin O.A. Innovative specific products: organic sprouts (Microgreens) and seedlings (Baby leaves). *Vegetables of Russia*. 2016;1(30):29-33.

10. Kondratenko E.P., Miroshina T.A., Vityaz S.N. Experience in growing microgreens of the Brassicaceae family. *Bulletin of the Altai State Agrarian University*. 2022;7(213):19-24. doi: 10.53083/1996-4277-2022-213-7-19-24

11. Ivanova M.I., Kashleva A.I., Razin A.F. Sprouts – functional organic products (review). *Bulletin of the Mari State University. Series: Agricultural sciences. Economic sciences*. 2016;2,3(7):19-30.

12. Mistratova N.A., Stupnitsky D.N., Yashin S.E. Organic farming in Russia (review article). *Bulletin of KrasSAU*. 2021;11(176):100-107. doi: 10.36718/1819-4036-2021-11-100-107

Информация об авторах

Дмитрий Николаевич Ступницкий – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры растениеводства селекции и семеноводства, Институт агроэкологических технологий, stupdn@mail.ru;

Наталья Александровна Мистратова – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры растениеводства селекции и семеноводства, Институт агроэкологических технологий, mistratova@mail.ru;

Дмитрий Александрович Марков – заместитель начальника участка, ООО «Норильскникельремонт».

Information about the authors

Dmitry N. Stupnitsky – Candidate of Science (Agriculture), Associate Professor, Chair of Plant Breeding and Seed Production, Institute of Agroecological Technologies, stupdn@mail.ru;

Natalya A. Mistratova – Candidate of Science (Agriculture), Associate Professor, Chair of Plant Breeding and Seed Production, Institute of Agroecological Technologies, mistratova@mail.ru;

Dmitry A. Markov – deputy site manager, ООО "Norilsknickelremont".

Статья поступила в редакцию 16.12.2024; одобрена после рецензирования 16.01.2025; принята к публикации 28.01.2025.

The article was submitted 16.12.2024; approved after reviewing 16.01.2025; accepted for publication 28.01.2025.