

УДК 631.589.2:635.49

## Подбор оптимальных условий выращивания руколы при возделывании в условиях гидропонной культуры

Л.А. Пальцев<sup>1</sup>, Е.А. Суслов<sup>2</sup> , С.Ю. Харлап<sup>2</sup>, В.А. Цыбин<sup>2</sup><sup>1</sup>ООО «Зеленин» 620135, ул. Фрезеровщиков, 39Б, г. Екатеринбург, Россия, zelenin-ural@yandex.ru<sup>2</sup>ФГБОУ ВО «Уральский государственный аграрный университет», 620000, ул. Карла Либкнехта, 42, г. Екатеринбург, Россия, priem@urgau.ru

### Аннотация

Выращивание руколы (*Eruca sativa* Mill.) в условиях защищенного грунта – востребованное направление, которое связано с расширением сортимента овощных культур в РФ, развитием здорового образа жизни и увеличением уровня потребления зеленных растений. Ценные органолептические качества листьев и микрозелени руколы все чаще делают ее компонентой пищи, растение актуально в лечебном питании. Поскольку растение потребляется круглогодично именно в свежем виде важно оптимизировать способы возделывания этой культуры с учетом современных технологических возможностей выращивания в защищенном грунте. Цель работы – выяснить оптимальные условия возделывания руколы на многоярусной горизонтальной гидропонной установке периодического затопления, а именно, провести исследование влияния плотности посева и состава питательного раствора на рост и урожайность сорта Виктория. При закладке вегетационного эксперимента использовали разную плотность посева семян: 105, 210 и 315 растений на 1 м<sup>2</sup>. В качестве субстрата применяли смесь из торфа и агроперлита. Полив проводили методом периодического затопления с использованием трех вариантов питательных растворов, отличающихся по концентрации минеральных компонентов (680, 1100 и 1370 ppm). Интенсивность светового потока составляла 160 Вт/м<sup>2</sup>. Сменяемость режима освещения обеспечивали автоматизированной системой контроля в режиме смены дня и ночи каждые 12 часов. Эксперимент длился 50 дней, в течение которых вели учет динамики роста растений путем подсчета количества листьев. По завершении эксперимента провели статистическую обработку полученных данных. Была построена регрессионная модель, учитывающая три параметра: масса урожая, число растений на горшок и концентрация питательных веществ в растворе. В результате установлено, что максимальное количество листьев и наибольшая сырья масса получены при плотности посадки 210 растений на 1 м<sup>2</sup>. Были определены оптимальные условия выращивания руколы сорта Виктория для получения максимального урожая листьев: выход сырой массы сырья на горшок более 80 г при посеве 11 семян на горшок (231 растение на 1 м<sup>2</sup>) и концентрации питательного раствора 1344 ppm с соотношением NPK 14:9:20.

**Ключевые слова:** рукола, плотность посева, питательный раствор, урожайность, сорт Виктория, гидропонное возделывание, беспочвенное выращивание

## Selection of optimal conditions for growing arugula in hydroponic culture

L.A. Paltsev<sup>1</sup>, E.A. Suslov<sup>2</sup> , S.Yu. Kharlap<sup>2</sup>, V.A. Tsybin<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Zelenin LLC, 39B Frezerovschikov St., Ekaterinburg, Russia, 620135, zelenin-ural@yandex.ru

<sup>2</sup>Ural State Agrarian University, Karl Liebknecht str., 42, Ekaterinburg, Russia, 620000, priem@urgau.ru

### Abstract

Growing arugula (*Eruca sativa* Mill.) in greenhouses is a popular trend, driven by the expansion of vegetable crops in Russia, the development of a healthy lifestyle, and increased consumption of leaf vegetables. The valuable organoleptic qualities of rocket leaves and microgreens are increasingly making it an ingredient in a wide variety of dishes, and the plant is also used in therapeutic nutrition. Since the plant is consumed fresh year-round, it is important to optimize cultivation methods for this crop, taking into account modern technological capabilities for growing in green houses. The aim of this study was to determine the optimal conditions for growing arugula in a multistory horizontal hydroponic system with periodic flooding. The study was conducted to examine the influence of seeding density and nutrient solution on the growth and yield of the arugula (cv. Victoria). When setting up the vegetation experiment, different seeding densities were used: 105, 210, and 315 plants per square meter. A mixture of peat and agroperlite was used as a substrate. The irrigation was performed using a periodic flooding method with three nutrient solution variants with different mineral concentrations (680, 1100, and 1370 ppm). The luminous flux intensity was 160 W/m<sup>2</sup>. An automated control system controlled the lighting regime, with day and night cycles occurring every 12 hours. The experiment lasted 50 days and the plant growth dynamics was monitored by counting leaves. The obtained data was statistically processed. A regression model was constructed taking into account three parameters: yield, number of plants per pot, and nutrient concentration in the solution. It was determined that the maximum number of leaves and fresh mass were obtained at a planting density of 210 plants per 1 m<sup>2</sup>. Optimal conditions for cv. Victoria growing to obtain the maximum yield of leaves were determined: a raw material yield per pot of more than 80 g when sowing 11 seeds per pot (231 plants per 1 m<sup>2</sup>) and a nutrient solution concentration of 1344 ppm with an NPK ratio of 14:9:20.

**Key words:** arugula, seeding density, nutrient solution, yield, cv. Victoria, hydroponic cultivation, soilless culture

### Введение

Рукола (*Eruca sativa* Mill.) является популярной овощной культурой (Rana, 2017). Зелень руколы содержит полезные для здоровья биологически активные вещества, антиоксиданты и витамины (А, С и К), тиамин, рибофлавин, ниацин, пантотеновая кислота, пиридоксин, различные макро и микроэлементы (Cu, Fe, K, Ca, Mn, P) и некоторые другие необходимые человеку нутриенты, оказывающие позитивное влияние на здоровье (Chapman-Lopez et al., 2023; Coolong et al., 2013; Kopsell et al., 2023).

Возделывание руколы возможно в открытом и закрытом грунте, в совместных посевах с другими культурами (Lino et al., 2021; Viana et al., 2021; Yang et al., 2021), а также активно выращивается с использованием гидропонных установок, что обосновано высокой урожайностью в таких условиях (Бербеков, Езаов, 2015; Genuncio et al., 2011; Santos et al., 2022). Выращивание зеленных культур на гидропонных установках имеет ряд преимуществ, связанных с экономией воды и площадей, логистических издержек, точной дозировкой удобрений, стабильной урожайностью, которая опирается на технологически отрегулированные циклы возделывания (Киселева и др., 2024; Пальцев, Носков, 2019; Buehler, Junge, 2016), отсутствие или минимизация потерь от болезней и вредителей,

экологичность получаемого фреш-сырья (Benke, Tomkins, 2017; Oliveira et al., 2022). Также использование программного обеспечения и искусственного интеллекта сегодня активно внедряется, что может масштабировать производство, понизить затраты на процесс выращивания и улучшить качество продукции (Asseng, Eichelsbacher, 2024; Kabir et al., 2023; Rajaseger et al., 2017).

Поиск оптимальных условий для выращивания различных сельскохозяйственных культур в защищенном грунте с использованием отечественных гидропонных установок временного затопления – одно из перспективных направлений исследований в связи с импортозамещением (Киселева и др., 2024). Цель настоящей работы – провести изучение влияния плотности посева и состава питательного раствора на рост и урожайность руколы на примере сорта Виктория при культивировании с использованием сити-ферм российского производства.

### **Материалы и методы**

В настоящей работе для исследований был выбран сорт руколы Виктория. Вегетационный опыт был поставлен на базе УрГАУ в условиях горизонтальной гидропонной установки с временным затоплением Vefarm Green со светоизодным освещением (производства ООО «Агроаспект плюс», Екатеринбург, модель 2014 года). Посев был произведен тремя разными способами, а именно, в каждый горшок высевалось разное количество семян согласно таблице 1.

**Таблица 1 – Плотность посадки и обозначения в опыте**

Плотность посева	Количество семян на горшок	Количество растений на м <sup>2</sup>	Количество повторностей
pd5	5	105	5
pd10	10	210	5
pd15	15	315	5

В качестве питательных растворов использовали самостоятельно приготовленные нами смеси согласно таблице 2, так что общее соотношение NPK 14:9:20 оставалось постоянным, однако TDS (Total Dissolved Solids) отличался. Этот показатель, отражает общее количество растворенных в питательном растворе твердых веществ, измеряется в ppm (единица измерения, показывающая концентрацию растворенных веществ в питательном растворе).

**Таблица 2 – Состав питательных растворов**

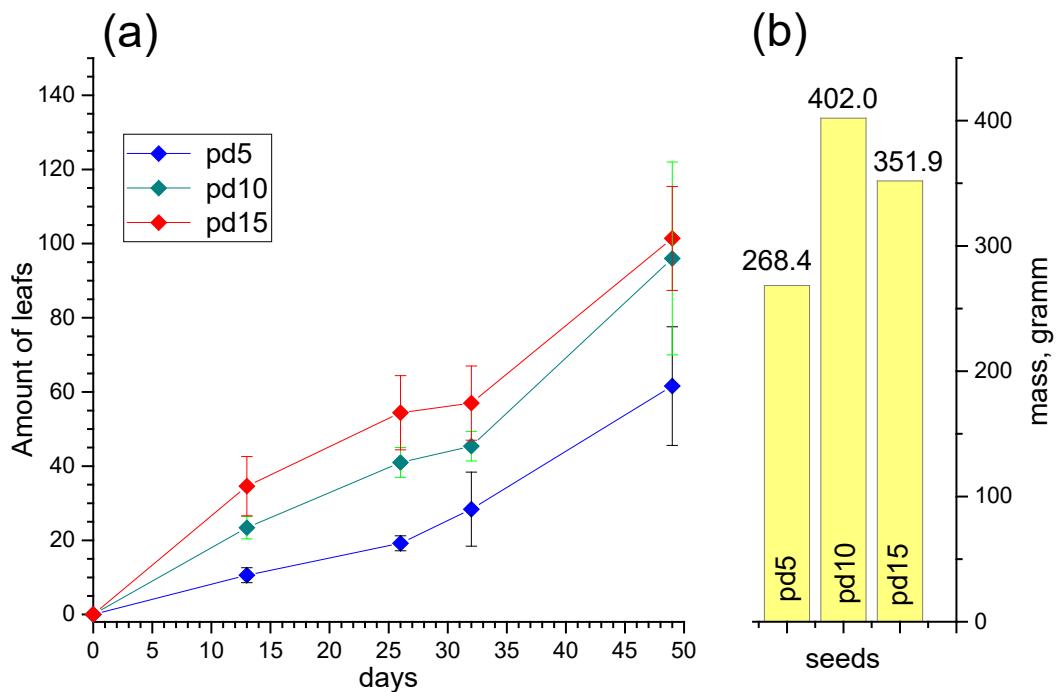
Компоненты	CAS №	TDS, ppm		
		680	1100	1370
Количество солей, г/л				
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> *4H <sub>2</sub> O	13477-34-4	1,1780	1,9056	2,3733
KNO <sub>3</sub>	7757-79-1	0,2300	0,3721	0,4634
NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	6484-52-2	0,0470	0,0760	0,0947
MgSO <sub>4</sub> *7H <sub>2</sub> O	10034-99-8	0,1930	0,3122	0,3888
KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	7778-77-0	0,1800	0,2912	0,3626
Mg(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> *6H <sub>2</sub> O	13446-18-9	0,0310	0,0501	0,0625
EDTA (Fe) 13%	15708-41-5	0,0099	0,0160	0,0199
EDT(Mn) 13%	15375-84-5	0,0015	0,0024	0,0030
H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	10043-35-3	0,0029	0,0047	0,0058
EDTA (Zn) 15%	14025-21-9	0,0015	0,0024	0,0030
EDTA (Cu) 15%	14025-15-1	0,0003	0,0005	0,0006
(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> MoO <sub>4</sub>	13106-76-8	0,0001	0,0002	0,00022

Все семена высевали в технологические горшки (диаметр горшка 62 мм, высота 60 мм). Грунт, использованный в исследовании, представлял собой смесь верхового просеянного торфа 70% и агроперлита 30%. Также в грунт была внесена сенная палочка. Режим освещения: день 12 часов, ночь 12 часов, сменяемость была автоматизирована системой контроля. Режим полива и подачи питательного раствора был реализован системой периодического затопления по 15 минут 2 раза в сутки с интервалом 12 часов и также был автоматизирован. Температура в помещении  $22 \pm 1^\circ\text{C}$ , влажность 62%. Освещение на установке: 160 Вт/м<sup>2</sup>.

Учеты проводили на 14, 28, 32 и 50 день от посева. Измеряли всхожесть, количество листьев, сырую массу листьев. Для обработки результатов воспользовались программами обработки статистических данных Microsoft Excel 2013, OriginLab 2015. Была определена и рассчитана средняя масса урожая на горшок, общая масса на серию при одинаковом количестве семян, а также определена средняя масса листа на 50 день роста. Сделан подсчет среднего значения ( $\bar{X}$ ) и среднеквадратического отклонения ( $\sigma$ ) изученных признаков. На основании полученных данных была построена регрессионная модель, учитывающая три параметра: масса урожая, число растений на горшок и концентрация питательных веществ в растворе.

### Результаты и их обсуждение

Всхожесть семян сорта Виктория и составила 98%. По мере развития растений, количество листьев у сеянцев увеличивалось, что иллюстрирует рисунок 1а. Динамика изменения количества листьев руколы в каждом горшке отличалась, в зависимости от следующих факторов: день посева, плотность посева (pd5, pd10 и pd15), особенности питательного раствора.



(a) – зависимость числа листьев от срока культивации; (b) – зависимость массы урожая от количества посевных семян

Рисунок 1 – Динамика роста листьев и урожайность руколы при концентрации питательного раствора 1100 ppm

В частности, установлено, что прирост количества листьев в горшках pd10 возрастает, и количество листьев приближается к образцам в горшке pd15, начиная с 32 дня. Из этого следует, что 15 растений на горшок является избыточным, так как растения, имея большое количество листьев начинают затенять друг друга, ухудшается фотосинтез и газообмен в следствии чего рост замедляется. На рисунке 1б представлена общая урожайность на растворе с TDS 1100 ppm, выраженная в массе полученного фреш-сырья (зелени) в зависимости от плотности посева. Из данного графика мы видим, что оптимальным количеством семян на горшок является 10 штук так как общий вес зеленой массы на 33% выше, чем в горшках с 5 растениями и на 12,5 % выше в горшках с 15 растениями. Схожая картина наблюдается при выращивании на питательных растворах с показателями TDS 680 и 1370 ppm.

Таблица 3 – Продуктивность руколы при возделывании в условиях гидропонной культуры, грамм

Плотность посадки	Масса одного листа, $\bar{X} \pm \sigma$	Масса фреш-сырья на 1 горшок, $\bar{X} \pm \sigma$	Масса полученного урожая зелени
pd5	0,88±0,08	53,67±13,69	268,37
pd10	0,86±0,21	80,41±14,69	402,03
pd15	0,71±0,24	70,38±18,19	351,9

В таблице 3 представлены объединенные результаты гравиметрического анализа, где не учитывался тип питательного раствора, поскольку оказалось, что этот фактор слабо влияет на массу выращенных растений. Стоит отметить, что удельная масса листа, средняя масса зелени, полученная с одного горшка, и общая масса урожая максимальны для варианта опыта из серии pd10. При этом разброс по массе урожая на 1 горшок и по удельной массе листа для образцов pd15 оказался наибольшим. Согласно полученным данным, наиболее удачный (перспективный, экономически выгодный) вариант посева: 10 семян на 1 горшок.

Рисунок 2 показывает данные, объединенные без учета типа питательного раствора. Динамика увеличения количества листьев до 25 дня роста без принципиальных различий между вариантами опыта с разным количеством семян в горшке.

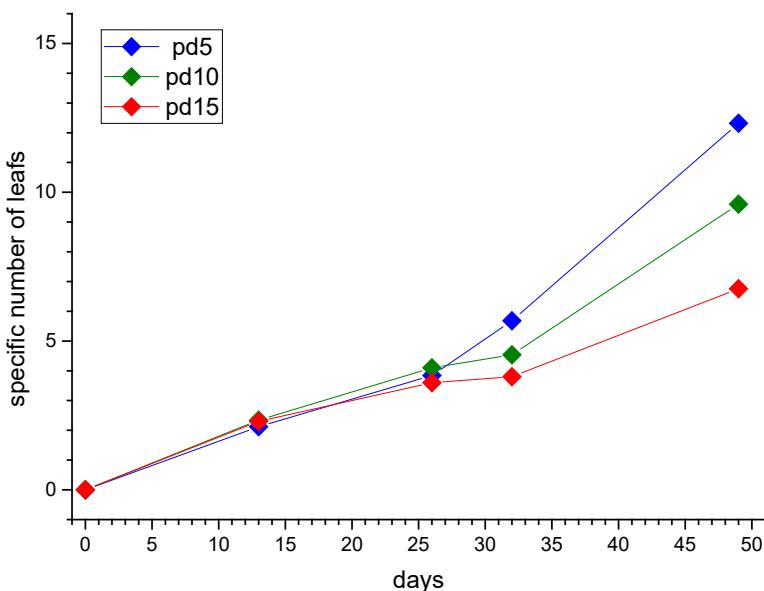


Рисунок 2 – Динамика развития листьев руколы в зависимости от плотности посева

Однако в диапазоне от 25 до 50 дня заметно серьезное расхождение. Примечательным является то, что максимальное удельное значение количества листьев на 1 горшок наблюдалось при высеве 5 семян на горшок, 105 растений на 1 м<sup>2</sup> (pd5). Минимальное удельное значение количества листьев на 1 горшок – при высеве 15 семян на горшок, 315 растений на 1 м<sup>2</sup> (pd15).

Полученные данные были использованы при построении регрессионной модели, описывающей урожайность руколы в заданных условиях, в зависимости от плотности посева (105, 210 и 315 растений на 1 м<sup>2</sup>) и концентраций питательного раствора (680, 1100 и 1370 ppm). На рисунке 3 представлена поверхность средней массы зелени, полученной с 1 горшка по результатам регрессионного анализа. Хорошую достоверность зависимости показывает фактор R<sup>2</sup>=0,91. Анализ поверхности демонстрирует максимум объемной параболы Z<sub>max</sub> (1344, 11). Таким образом, для руколы сорта Виктория оптимальная плотность посева составляет 11 семян на 1 горшок (231 растение на 1 м<sup>2</sup>) при возделывании на питательном растворе с концентрацией 1344 ppm.

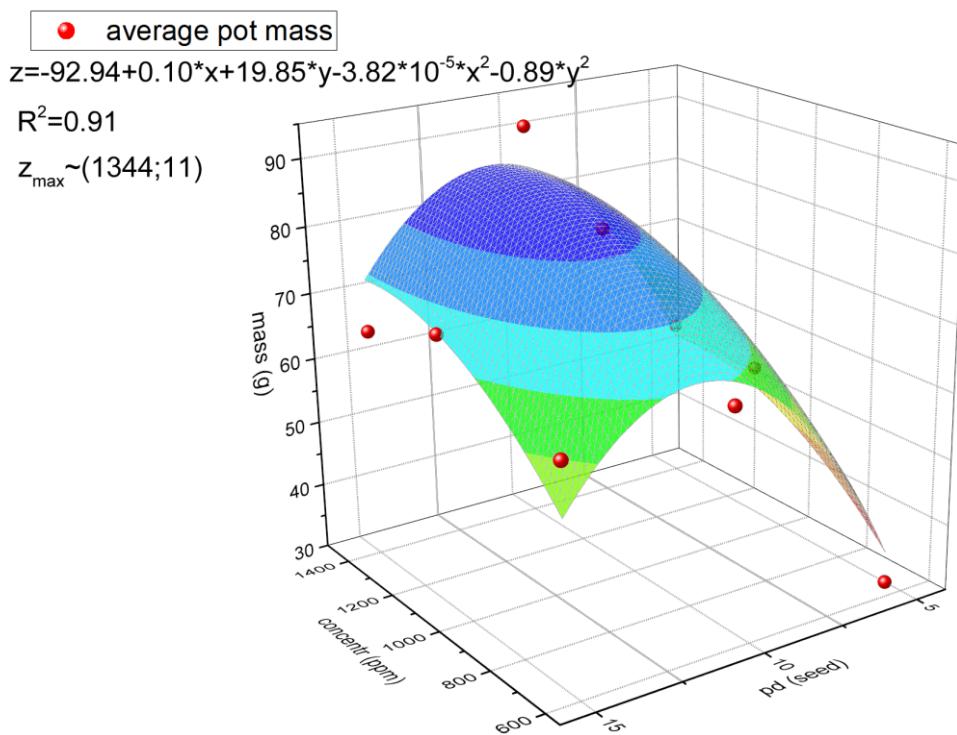


Рисунок 3 – Зависимость средних значений массы зелени руколы с одного горшка от плотности посева и концентрации питательного раствора

### Заключение

В результате работы были установлены оптимальные параметры посадки и возделывания руколы сорта Виктория для получения максимального урожая в условиях гидропонного выращивания на отечественных искусственных вегетационных установках с временным горизонтальным затоплением. Для получения урожайности на горшок более 80 грамм необходимо 7 недель при посеве 11 семян на 1 горшок (231 растение на 1 м<sup>2</sup>), и концентрации питательного раствора 1344 ppm с соотношением NPK 14:9:20.

**Конфликт интересов:** авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

## Литература

- Бербеков К.З., Езаов А.К. Повышение эффективности выращивания руколы в условиях малообъемной гидропоники и грунтовой культуры // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2015. 4. 27-30. <https://bulletin.ssaa.ru/1997-3225/article/view/22853>
  - Киселева О.А., Бахтина В.В., Говоруха Е.А. Сравнительная характеристика трех сортов земляники садовой при возделывании в условиях гидропонной культуры // Современной садоводство. 2024. 2. 24-33. <https://elibrary.ru/mxgvcr>
  - Пальцев Л.А., Носков А.И. Ресурсосберегающие технологии выращивания растений методом роторной гидропоники // Россия – Азия – Африка – Латинская Америка: экономика взаимного доверия: материалы конференции. 2019. 234-236. <https://www.elibrary.ru/gcgbiv>
  - Asseng S., Eichelsbacher S. Advancing vertical farming with automation for sustainable food production // Automatisierungstechnik. 2024. 72. 599-605. <https://doi.org/10.1515/auto-2024-0065>
  - Benke K., Tomkins B. Future food-production systems: vertical farming and controlled environment agriculture // Sustainability: Science, Practice and Policy. 2017. 13, 1. 3-26. <https://doi.org/10.1080/15487733.2017.1394054>
  - Buehler D., Junge R. Global trends and current status of commercial urban rooftop farming // Sustainability. 2016. 8. 1108. <https://doi.org/10.3390/su8111108>
  - Chapman-Lopez T.J., Heileson J.L., Torres R., Richardson K.A., Gallucci A.R., Koutakis P., Funderburk L.K., Forsse J.S. Rocketing to new frontiers: the effects of arugula consumption on cardiovascular health – a call for action // International Journal of Disease Reversal and Prevention. 2023. 5. 1-8. <https://doi.org/10.22230/ijdrp.2023v5n2a375>
  - Coolong T., Law D.M., Snyder J.C., Rowell B., Williams M.A. Organic leafy greens variety trials in Kentucky: identifying superior varieties for small-scale organic farmers // Horttechnology. 2013. 23. 241-246. <https://doi.org/10.21273/HORTTECH.23.2.241>
  - Genuncio G., Silva R., Sá N., Mary W., Zonta E. Produtividade de rúcula hidropônica cultivada em diferentes épocas e vazões de solução nutritiva // Horticultura Brasileira. 2011. 29. 605-608. <https://doi.org/10.1590/S0102-05362011000400027>
  - Kabir M., Reza M., Chowdhury M., Ali M., Samsuzzaman S., Ali M., Lee K., Chung S.-O. Technological trends and engineering issues on vertical farms: a review // Horticulturae. 2023. 9. 1229. <https://doi.org/10.3390/horticulturae9111229>
  - Kopsell D.E., Kopsell D.A., Lefsrud M.G., Curran-Celentano J. Variability in elemental accumulations among leafy *Brassica oleracea* cultivars and selections // Journal of Plant Nutrition. 2005. 27. 1813-1826. <https://doi.org/10.1081/PLN-200026431>
  - Lino V.A., Bezerra Neto F., Lima J.S., Santos E.C., Nunes R.L., Guerra N.M., Lino F.K.K., Sá J.M., Silva J.N. Beet-arugula intercropping under green manuring and planting density induce to agro-economic advantages // Horticultura Brasileira. 2021. 39. 432-443. <https://doi.org/10.1590/s0102-0536-20210413>
  - Oliveira C., Jalal A., Oliveira J., Tamburi K., Teixeira Filho M. Leaf inoculation of *Azospirillum brasiliense* and *Trichoderma harzianum* in hydroponic arugula improve productive components and plant nutrition and reduce leaf nitrate // Pesquisa Agropecuária Tropical. 2022. 52. 1-11. <https://doi.org/10.1590/1983-40632022v5272755>
  - Rajaseger G., Chan K.L., Tan K. Yee, Ramasamy S., Khin M.C., Amaladoss A., Kadamb Haribhai P. Hydroponics: current trends in sustainable crop production // Bioinformation. 2023. 19. 925-938. <https://doi.org/10.6026/97320630019925>

15. Rana M.K. Vegetable crop science. Boca Raton: CRC Press. 2017. 472. <https://doi.org/10.1201/9781315116204>
16. Santos J., Silva A., Lacerda C., Costa R., Silva G., Putti, F. Frequencies of application and dilution of nutrient solution in hydroponic cultivation of arugula // IRRIGA. 2022. 27. 639-652. <https://doi.org/10.15809/irriga.2022v27n3p639-652>
17. Viana C., Guimarães M., Neto H., Neto B., Sampaio Í., Hedges A., Rabelo J. Intercropping arugula with aromatic condiment species affords better yields, biological efficiency and financial return // Research, Society and Development. 2021. 10. e21910313237. <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i3.13237>
18. Yang T., Samarakoon U., Altland J., Ling P. Photosynthesis, biomass production, nutritional quality, and flavor-related phytochemical properties of hydroponic-grown arugula (*Eruca sativa* Mill.) 'Standard' under different electrical conductivities of nutrient solution // Agronomy. 2021. 11. 1340. <https://doi.org/10.3390/agronomy11071340>

### References

1. Berbekov, K.Z., & Ezaov, A.K. (2015). Improving the efficiency of arugula cultivation in the conditions of small-volume hydroponics and soil culture. *Bulletin Samara State Agricultural Academy*, 4, 27-30. <https://bulletin.ssaa.ru/1997-3225/article/view/22853>. (In Russian, English abstract).
2. Kiseleva, O.A., Bahtina, V.V., & Govorukha, E.A. (2024). Comparative characteristics of three strawberry varieties when hydroponic cultivated. *Contemporary Horticulture*, 2, 24-33. <https://elibrary.ru/mxgvcr>. (In Russian, English abstract).
3. Pal'tsev, L.A., & Noskov, A.I. (2019). Resource-saving technologies for growing plants using rotary hydroponics. In *Russia – Asia – Africa – Latin America: Economy of Mutual Trust: conference proceedings* (pp. 234-236). Ural State University of Economics. <https://www.elibrary.ru/gcgbiv>. (In Russian).
4. Asseng, S., & Eichelsbacher, S. (2024). Advancing vertical farming with automation for sustainable food production, *Automatisierungstechnik*. 72, 599-605. <https://doi.org/10.1515/auto-2024-0065>. (In German, English abstract).
5. Benke, K., & Tomkins, B. (2017). Future food-production systems: vertical farming and controlled environment agriculture. *Sustainability: Science, Practice and Policy*, 13(1), 13-26. <https://doi.org/10.1080/15487733.2017.1394054>
6. Buehler, D., & Junge, R. (2016). Global trends and current status of commercial urban rooftop farming. *Sustainability*, 8, 1108. <https://doi.org/10.3390/su8111108>
7. Chapman-Lopez, T.J., Heileson, J.L., Torres, R., Richardson, K.A., Gallucci, A.R., Koutakis, P., Funderburk, L.K., & Forsse, J.S. (2023). Rocketing to new frontiers: the effects of arugula consumption on cardiovascular health – a call for action. *International Journal of Disease Reversal and Prevention*, 5, 1-8. <https://doi.org/10.22230/ijdrp.2023v5n2a375>
8. Coolong, T., Law, D.M., Snyder, J.C., Rowell, B., & Williams, M.A. (2013). Organic leafy greens variety trials in Kentucky: identifying superior varieties for small-scale organic farmers. *HortTechnology*, 23, 241-246. <https://doi.org/10.21273/HORTTECH.23.2.241>
9. Genuncio, G., Silva, R., Sá, N., Mary, W., & Zonta, E. (2011). Produtividade de rúcula hidropônica cultivada em diferentes épocas e vazões de solução nutritiva. *Horticultura Brasileira*, 29, 605-608. <https://doi.org/10.1590/S0102-05362011000400027>. (In Portuguese, English abstract).
10. Kabir M., Reza M., Chowdhury M., Ali M., Samsuzzaman S., Ali M., Lee K., Chung S.-O. (2023) Technological trends and engineering issues on vertical farms: a review. *Horticulturae*, 9, 1229. <https://doi.org/10.3390/horticulturae9111229>

11. Kopsell, D.E., Kopsell, D.A., Lefsrud, M.G., & Curran-Celentano, J. (2025). Variability in elemental accumulations among leafy *Brassica oleracea* cultivars and selections. *Journal of Plant Nutrition*, 27, 1813-1826. <https://doi.org/10.1081/PLN-200026431>
12. Lino, V.A., Bezerra Neto, F., Lima, J.S., Santos, E.C., Nunes, R.L., Guerra, N.M., Lino, F.K.K., Sá, J.M., & Silva, J.N. (2021). Beet-arugula intercropping under green manuring and planting density induce to agro-economic advantages. *Horticultura Brasileira*, 39, 432-443. <https://doi.org/10.1590/s0102-0536-20210413>
13. Oliveira, C., Jalal, A., Oliveira, J., Tamburi, K., & Teixeira Filho, M. (2022). Leaf inoculation of *Azospirillum brasilense* and *Trichoderma harzianum* in hydroponic arugula improve productive components and plant nutrition and reduce leaf nitrate. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 52, 1-11. <https://doi.org/10.1590/1983-40632022v5272755>
14. Rajaseger, G., Chan, K.L., Tan, K.Y., Ramasamy, S., Khin, M.C., Amaladoss, A., & Kadamb Haribhai, P. (2023). Hydroponics: current trends in sustainable crop production. *Bioinformation*, 19, 925-938. <https://doi.org/10.6026/97320630019925>
15. Rana, M.K. (Ed.). (2017). *Vegetable crop science*. CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781315116204>
16. Santos, J., Silva, A., Lacerda, C., Costa, R., Silva, G., & Putti, F. (2022). Frequencies of application and dilution of nutrient solution in hydroponic cultivation of arugula. *IRRIGA*, 27, 639-652. <https://doi.org/10.15809/irriga.2022v27n3p639-652>
17. Viana, C., Guimarães, M., Neto, H., Neto, B., Sampaio, I., Hendges, A., & Rabelo, J. (2021). Intercropping arugula with aromatic condiment species affords better yields, biological efficiency and financial return. *Research, Society and Development*, 10, e21910313237. <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i3.13237>
18. Yang, T., Samarakoon, U., Altland, J., & Ling, P. (2021). Photosynthesis, biomass production, nutritional quality, and flavor-related phytochemical properties of hydroponic-grown arugula (*Eruca sativa* Mill.) 'Standard' under different electrical conductivities of nutrient solution. *Agronomy*, 11, 1340. <https://doi.org/10.3390/agronomy11071340>

Авторы:

**Лев Андреевич Пальцев**, руководитель ООО «Зеленин», [pal.lev97@mail.ru](mailto:pal.lev97@mail.ru)  
ORCID: 0009-0003-3002-3713  
SPIN: 9426-0882

**Евгений Андреевич Суслов**, кандидат химических наук, доцент ФГБОУ ВО «Уральский государственный аграрный университет», [suslov-ea@mail.ru](mailto:suslov-ea@mail.ru)  
ORCID: 0000-0001-9078-7588  
SPIN: 3169-9070

**Светлана Юрьевна Харлап**, кандидат биологических наук, доцент ФГБОУ ВО «Уральский государственный аграрный университет», [kafedra\\_tb@urgau.ru](mailto:kafedra_tb@urgau.ru)  
ORCID: 0000-0002-3651-8835  
SPIN: 5033-1278

**Владимир Андреевич Цыбин**, студент ФГБОУ ВО «Уральский государственный аграрный университет», [davidovWT@yandex.ru](mailto:davidovWT@yandex.ru)  
ORCID: 0009-0002-5116-2045  
SPIN: 5750-4361

Authors:

**Lev A. Paltsev**, Head of «Zelenin» LLC, [pal.lev97@mail.ru](mailto:pal.lev97@mail.ru)

ORCID: 0009-0003-3002-3713

SPIN: 9426-0882

**Evgeny A. Suslov**, Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor in Ural State Agrarian

University, suslov-ea@mail.ru

ORCID: 0000-0001-9078-7588

SPIN: 3169-9070

**Svetlana Yu. Kharlap**, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor in Ural State

Agrarian University, proffuniver@yandex.ru

ORCID: 0000-0002-3651-8835

SPIN: 5033-1278

**Vladimir A. Tsybin**, student at the Ural State Agrarian University, davidovWT@yandex.ru

ORCID: 0009-0002-5116-2045

SPIN: 5750-4361

**Отказ от ответственности:** заявления, мнения и данные, содержащиеся в публикации, принадлежат исключительно авторам и соавторам. ФГБНУ ВНИИСПК и редакция журнала снимают с себя ответственность за любой ущерб людям и/или имуществу в результате использования любых идей, методов, инструкций или продуктов, упомянутых в контенте.