

Научная статья

УДК 5995.8

<https://doi.org/10.24143/2073-5529-2024-4-54-60>

EDN HBDAMG

К вопросу целесообразности использования аквапоники как эффективного ресурса для производства объектов аквакультуры и микрозелени

Ольга Анатольевна Письменная

*Астраханский государственный университет имени В. Н. Татищева,
Астрахань, Россия, olga-pismennaya@mail.ru*

Аннотация. Современные реалии, в частности необходимость расширения импортозамещения, способствуют развитию новых или альтернативных путей в обеспечении продовольственной безопасности Российской Федерации. В этой связи рассматривается целесообразность применения аквапонических систем для выращивания гидробионтов и различных видов микрозелени. Результаты мониторинга гидрохимического режима свидетельствуют о снижении концентрации аммиак-аммония, нитритов, нитратов относительно содержания этих же форм азота в рыбоводных емкостях без применения аквапоники в 1,9; 2,2 и 1,6 раза соответственно, что благотворно отразилось на размерно-весовых показателях выращиваемых рыб. Средняя масса экземпляров тилапии нильской, культивируемой в условиях аквапонической системы, а также абсолютная скорость роста особей превысили аналогичные показатели контрольной группы в 1,5 и 1,7 раза соответственно. Рыбы, входящие в экспериментальную группу, также характеризовались и большей длиной тела относительно экземпляров контрольной совокупности. Продолжительность вегетационного периода микрозелени в зависимости от культуры варьировала от 13 до 25 суток. Наибольшей зеленой массой, количеством листьев, высотой, развитостью корневой системы и более коротким относительно других опытных образцов растений (руколы и кресс-салата) циклом выращивания характеризовались различные виды и гибридные формы базилика. Результаты проведенных исследований свидетельствуют о высокой адаптации данной культуры к существованию в условиях аквапоники, поэтому ее необходимо рассматривать как одну из ключевых для данного типа выращивания. Полученные результаты позволяют рекомендовать применение совместно культивирования микрозелени и гидробионтов в качестве ресурса повышения экономической эффективности деятельности индустриальных систем аквакультурных хозяйств.

Ключевые слова: аквапоника, тилапия нильская, микрозелень, формы азота, средняя масса и длина, абсолютный прирост, вегетационный период, урожайность

Для цитирования: Письменная О. А. К вопросу целесообразности использования аквапоники как эффективного ресурса для производства объектов аквакультуры и микрозелени // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство. 2024. № 4. С. 54–60. <https://doi.org/10.24143/2073-5529-2024-4-54-60>. EDN HBDAMG.

Original article

On the issue of the expediency of using aquaponics as an effective resource for the production of aquaculture and microgreens

Olga A. Pismennaya

*Astrakhan Tatishchev State University,
Astrakhan, Russia, olga-pismennaya@mail.ru*

Abstract. Modern realities, in particular the need to expand import substitution, contribute to the development of new or alternative ways to ensure food security in the Russian Federation. In this regard, the expediency of using aquaponic systems for the cultivation of hydrobionts and various types of micro-plants is being considered. The results of monitoring the hydrochemical regime indicate a decrease in the concentration of ammonia-ammonium, nitrate nitrites relative to the content of the same forms of nitrogen in fish tanks without the use of aquaponics by 1.9; 2.2 and 1.6

times, respectively, which had a beneficial effect on the size and weight indicators of farmed fish. The average mass of tilapia Nile specimens cultivated in the aquaponic system, as well as the absolute growth rate of individuals, exceeded similar indicators of the control group by 1.5 and 1.7 times, respectively. The fish belonging to the experimental group were also characterized by the largest body length relative to the specimens of the control population. The duration of the growing season of microgreens, depending on the culture, ranged from 13 to 25 days. Various types and hybrid forms of basil were characterized by the highest green mass, number of leaves, height, development of the root system and a shorter growing cycle relative to other experimental plant samples (arugula and watercress). The conducted research indicates a high adaptation of this crop to existence in aquaponics conditions, therefore it must be considered as one of the key ones for this type of cultivation. The results obtained allow us to recommend the use of joint cultivation of microgreens and aquatic organisms as a resource for increasing the economic efficiency of industrial systems of aquaculture farms.

Keywords: aquaponics, tilapia Nile, microgreens, nitrogen forms, average weight and length, absolute growth, growing season, yield

For citation: Pismennaya O. A. On the issue of the expediency of using aquaponics as an effective resource for the production of aquaculture and microgreens. *Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Fishing industry.* 2024;4:54-60. (In Russ.). <https://doi.org/10.24143/2073-5529-2024-4-54-60>. EDN HBDAMG.

Введение

Развитие современного общества сопряжено с возрастающей антропогенной нагрузкой на различные составляющие биосферы, что неминуемо приводит к ухудшению экологической ситуации в целом. Уже сейчас остро стоят проблемы нехватки водных ресурсов и деградации земель. Сложившиеся условия диктуют необходимость поиска, разработки и применения новейших инновационных технологий, одной из которых является аквапоника – перспективное направление сельскохозяйственной индустрии [1]. На сегодняшний день это единственный производственный процесс, способный обеспечить продовольственную сферу экологически чистой продукцией, создание которой исключает негативные последствия для окружающей среды [2, 3]. Помимо очевидной положительной роли аквапоники в сохранении природных ресурсов, немаловажное значение эта форма хозяйственной деятельности имеет в повышении экономической эффективности аквакультуры как отрасли. В частности, в качестве дополнительного резерва, способствующего увеличению доходности предприятий и обеспечению их стабильности на рынке, следует рассматривать востребованные потребителем растительные культуры [4]. Экспериментальные исследования свидетельствуют о целесообразности и экономической эффективности применения метода аквапоники для выращивания объектов с коротким вегетационным периодом (45–60 дней), что позволяет получить в течение года до 25–30 урожаев [5, 6]. К категории подобных культур относится микрозелень (Microgreens), обладающая рядом неоспоримых преимуществ и хозяйственно полезных признаков. Интерес к этому виду ресурсных растений активно поддерживается общественностью, многие приравнивают их к суперфудам и считают намного более полезной альтернативой традиционной листовой зелени. В частности, концентрация некоторых витаминов (С, Е и К) и каротиноидов (β-каротин, лютеин и зеаксантин) в двадцати пяти разновидностях микрозелени в сравне-

нии с традиционной растительной продукцией, собранной на стадии коммерческой спелости, оказалась в 10 раз выше (в зависимости от сорта растения и исследуемого вещества) [7–10]. Микрозелень также богата клетчаткой, одной из функций которой является выведение токсинов из организма [11]. Хлорофилл молодых побегов препятствует изменению молекул ДНК, поэтому может рассматриваться в качестве онкопротектора. Он также способствует очищению печени, блокирует радионуклиды, является действенным способом борьбы с малокровием, повышая синтез пигментов крови, нормализует микробиоту кишечника [12]. По мнению ряда ученых, включение ростков в рацион питания позволяет обогатить его ферментами, антиоксидантами и полисахаридами (клетчатка и пектины) и пр. [13], что способствует нормализации обмена веществ, повышению иммунитета, эффективному пищеварению, замедлению процессов старения организма [14].

Современные реалии существования общества диктуют приверженность к правильному питанию как одному из ключевых составляющих здорового образа жизни населения, поэтому разработка и совершенствование технологии совместного выращивания объектов аквакультуры и сельскохозяйственных растений (микрогрин) в условиях аквапонных систем является в настоящее время крайне актуальной задачей.

Цель исследований – анализ результатов совместного культивирования тилапии нильской (*Oreochromis niloticus*) и различных видов микрогрин, выявление на основе проведенных экспериментов наиболее продуктивного типа взаимодействия.

Материалы и методы исследований

Объектами исследования являлись молодь тилапии нильской (*Oreochromis niloticus*) начальной массой 1,68 г и различные виды микрозелени. Кормление рыб осуществлялось комбикормами, произведенными компанией Dibaq Diproteg с применением автоматических кормушек JEBAO WSQ-1. Суточ-

ный рацион составлял в начале выращивания 20 %, постепенно снижаясь до 1,3 % от биомассы рыб при кратности кормления 2 раза в день. Размерно-весовые характеристики, а также абсолютная скорость роста (абсолютный прирост) тилляпии определялись согласно рекомендациям И. Ф. Правдина [15]. Температура, содержание растворенного в воде кислорода, активная реакция среды оценивались при помощи многофункционального портативного прибора ЭКСПЕРТ-001. Концентрация нитритов, нитратов и аммонийного азота определялась тестами JBL ProAquaTest CombiSet Plus. В качестве аэратора использовались поршневые компрессоры Hailea Electrical Magnetic AC ACO-308. Водообмен обеспечивался с помощью погружных насосов Tetra EX 1500 Plus.

Для данной аквапонной установки применялась LED фито панель «Вега» на базе светодиодов SMD5630/5730 (красные, длиной волны 630–660 нм и синие, длиной волны 430–460 нм). Яркость освещения составляла 6 600 лк, продолжительность светового дня – 12 ч. В качестве культивируемых растений были выбраны имеющая небольшой период созревания микрозелень базилик микс сортов Зеленый ароматный, Ред Рубин, Арарат, Коричневый, Бутербродный лист, Гвоздичный; рукола культурная (Индау) сорт Сакраменто селекционно-семеноводческой фирмы ГАВРИШ; кресс-салат сорт Курлед агрофирмы Johnsons Seeds. Проращивание семян, выращивание рассады отдельно (вне системы) не производились, семена сразу помещались в субстрат. Урожайность оценивали по полученной в конце выращивания зеленой массе растений, количеству листьев, высоте, раз-

витости корневой системы. Статистическую обработку результатов проводили с использованием программы Microsoft Excel 2019.

Результаты и обсуждение

Как известно, одним из важнейших условий, определяющих успех рыбоводного процесса, является благоприятный гидрохимический режим, в частности содержание связанных форм азота, не выходящее за пределы установленных нормативных значений. Превышение концентрации нитритов способствует развитию гемической и гистотоксической гипоксии, вызывающей у гидробионтов тяжелейшие сдвиги в метаболизме, подавление систем антиоксидантной защиты организма с последующими деструктивными процессами на уровне ферментативных реакций, гуморальных факторов регуляции и клеточных мембран [16]. Нитратная интоксикация рыб способствует изменению клеточного состава периферической крови [17], поэтому мониторинг концентраций форм азота в процессе выращивания гидробионтов является крайне важным методом, позволяющим оценить эффективность функционирования аквапонной установки.

Содержание растворенного в воде кислорода не опускалось ниже 6,5 мг/л, что соответствует нормативным показателям для рыбоводных хозяйств. Активная реакция среды (pH) в основном была нейтральной, иногда смещаясь в щелочную сторону. Проведенные наблюдения за динамикой содержания нитритов, нитратов, аммония свидетельствуют о том, что их концентрация в аквапонной установке была ниже, чем в рыбоводных емкостях (рис. 1).

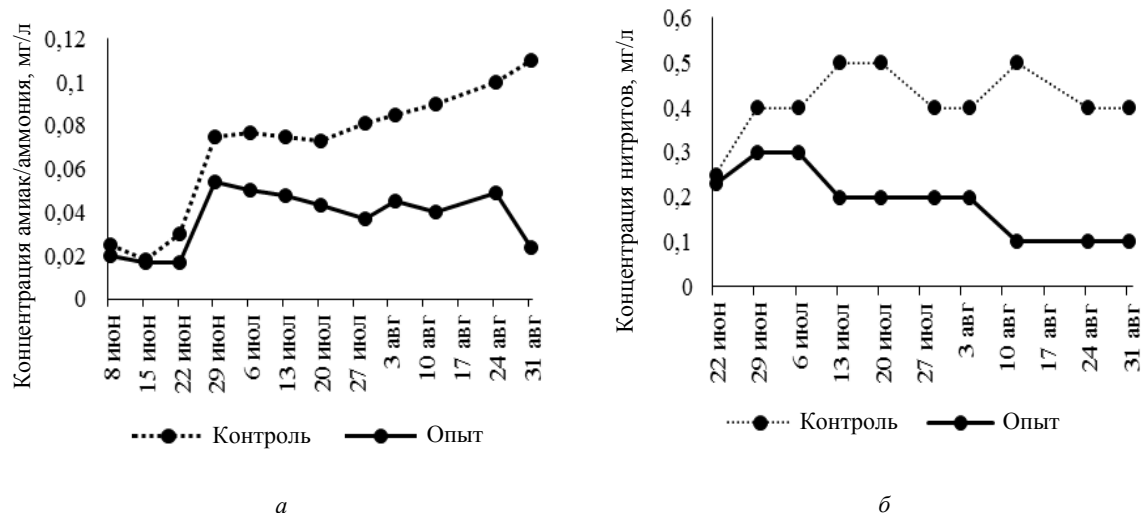
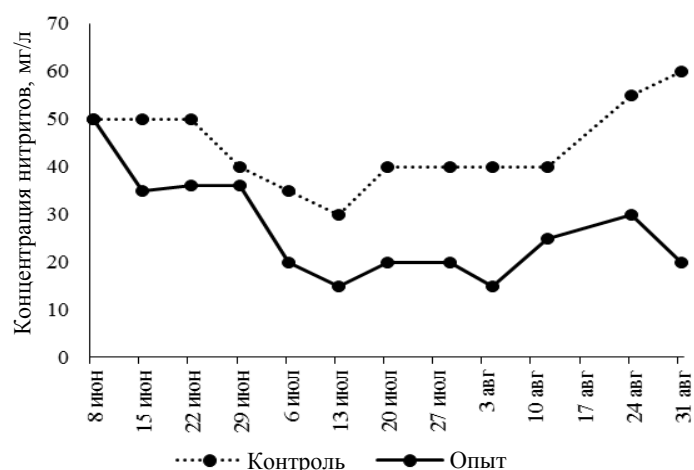


Рис. 1. Динамика концентраций азотсодержащих соединений в рыбоводных емкостях:
 а – NH_3/NH_4 ; б – NO_2

Fig. 1. Dynamics of concentrations of nitrogen-containing compounds in fish tanks:
 а – NH_3/NH_4 ; б – NO_2



6

Рис. 1 (окончание). Динамика концентраций азотсодержащих соединений в рыбоводных емкостях: σ – NO_3

Fig. 1 (ending). Dynamics of concentrations of nitrogen-containing compounds in fish tanks: σ – NO_3

Величина содержания аммиак-аммония в аквапонной установке составила в среднем $-0,04 \pm 0,06$ мг/л, нитритов $-0,193 \pm 0,02$ мг/л, нитратов $-26,83 \pm 0,10$ мг/л, что меньше в 1,9; 2,2 и 1,6 раза соответственно, чем в бассейнах, где рыба выращивалась без применения аквапоники.

Одним из важнейших факторов, позволяющих оценить эффективность функционирования аквапонной установки, является темп линейно-весаго роста гидробионтов. В процессе исследований установлено превышение данного показателя у опытной группы рыб (табл. 1).

Таблица 1

Table 1

Динамика размерно-весаго показателей молоди тилапии нильской, содержащейся в условиях аквапонной системы
 Dynamics of the size and weight parameters of the juvenile tilapia of the Nile contained in the conditions of the aquaponic system

Период экспериментального выращивания, сут	Масса, г		Длина, см	
	Опыт	Контроль	Опыт	Контроль
7	3,04	2,24	3,95	3,60
14	4,99	4,29	4,71	4,39
21	6,33	4,94	5,55	5,02
28	8,81	5,98	6,09	5,36
35	13,68	9,62	7,25	6,41
42	19,67	12,47	8,15	6,98
51	24,33	16,27	8,97	7,70
57	29,45	15,00	9,31	7,41
65	34,98	20,03	10,2	8,34
77	41,07	24,13	10,37	8,94
91	48,46	33,40	11,39	9,56

В возрасте 91 сут средняя масса экземпляров тилапии нильской, содержащейся в условиях аквапонической системы, составила 48,46 г (отдельные экземпляры достигали 63 г), что практически в 1,5 раза выше аналогичного показателя молоди кон-

трольной совокупности. Наибольшей длиной также характеризовались особи экспериментальной группы. Некоторые экземпляры достигали 14 см и более (рис. 2).



Рис. 2. Молодь нильской тилапии в возрасте 3 мес, выращенная в условиях аквапонной установки

Fig. 2. Juveniles of the Nile tilapia at the age of 3 months, grown in an aquaponic installation

Более высокая абсолютная скорость роста (абсолютный прирост) была присуща особям, содержащимся в условиях аквапонической системы. Данная величина, составившая 0,5 г/сут, превыша-

ла аналогичный показатель экземпляров контрольной группы практически в 1,7 раза.

В ходе исследований был изучен режим выращивания микрозелени в условиях аквапоники (рис. 3).



Рис. 3. Микрозелень базилик микс, полученная аквапонным методом

Fig. 3. Microgreens basil mix obtained by the aquaponic method

Продолжительность вегетационного периода варьировала от 13 до 25 дней в зависимости от вида культуры, что позволило получить ранний урожай витаминной зелени, который составил от 195 до 274 г с лотка. Наибольшей биомассой характе-

ризовался микрогрин базилика, что свидетельствует о хорошей приспособляемости данного вида растительных культур к существованию в условиях аквапонических систем. Результаты наблюдений представлены в табл. 2.

Таблица 2

Table 2

Урожайность микрозелени при выращивании в условиях аквапонной установки

The yield of microgreens in growing under conditions of an aquaponic installation

Показатель	Рукола культурная (Индау)	Базилик микс	Кресс-салат
Продолжительность вегетационного периода, дней	25	14	13
Высота растений, см:			
через 5 дней после всходов;	5,2	4,0	4,2
через 13, 14 дней после всходов;	10,0	9,2	8,5
через 25 дней после всходов	20,0	–	–
Урожай микрозелени с лотка 25 × 50 см, г	195	274	219

Проведенные исследования подтверждают высокую эффективность фиточистки как одного из ключевых составляющих аквапонной системы, функциональная роль которой заключается в нивелировании токсического воздействия различных форм азота, являющихся продуктом метаболизма, на гидробионтов. При этом существенную роль в эффективности фиточистки играет объем или площадь корневой системы растений.

Заключение

Результаты экспериментального выращивания тилапии нильской и микрозелени в условиях аква-

понной системы свидетельствуют о несомненных преимуществах данного типа культивирования гидробионтов и растений. В частности, средняя масса рыб, содержащихся в указанных условиях, а также их абсолютная скорость роста превысили аналогичные показатели контрольной группы в 1,5 и 1,7 раза соответственно. Таким образом, рекомендуется применение данного типа культивирования как одного из элементов, способствующих повышению экономической эффективности функционирования аквакультурных хозяйств индустриального типа.

Список источников

1. Григорьев В. А., Ковалева А. В., Сорокина М. Н. Опыт совместного выращивания клариевого сома (*Clarias gariepinus* Burchell, 1822) и салата (*Lactuca sativa* L.) методом аквапоники // Естественные науки. 2015. № 4 (53). С. 96–101.
2. Ивкин М. М. Исследование некоторых методов работы с аквапоники для выращивания растений в емкостях на субстрате // Научно-технический STARTUP 2021: сб. ст. Междунар. науч.-исслед. конкурса (Петрозаводск, 10 января 2022 г.). Петрозаводск: Междунар. центр науч. партнерства «Новая Наука», 2022. С. 65–75.
3. Сулайманова Н. Ч. Аквапоника – рациональный метод выращивания растений и рыб // Студент года 2021: сб. ст. Междунар. учеб.-исслед. конкурса (Петрозаводск, 19 мая 2021 г.). Петрозаводск: Междунар. центр науч. партнерства «Новая Наука», 2021. Ч. 2. С. 382–390.
4. Ромашова Ю. А. Совместное выращивание гидробионтов и растений как перспективное направление развития индустриальной аквакультуры // Интеллектуальный потенциал молодых ученых как драйвер развития АПК: материалы Междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых и обучающихся (Санкт-Петербург, Пушкин, 24–26 марта 2021 г.). СПб.: Изд-во Санкт-Петерб. гос. аграр. ун-та, 2021. Ч. 1. С. 260–262.
5. Гридина Т. С. Инновационная биотехнология выращивания объектов аквакультуры и сельскохозяйственных растений с применением биопрепарата в искусственно сформированной системе этажного типа // Аквакультура осетровых рыб: проблемы и перспективы: материалы докл. Междунар. науч.-практ. конф. (Астрахань, 10–12 октября 2017 г.). Астрахань: Изд-во Астрахан. гос. ун-та, 2017. С. 74–77.
6. Белоус А. В., Мурашев С. В. Микрозелень – продукт питания для людей с современным ритмом жизни // Вестн. Студенч. науч. о-ва. 2018. Т. 9. № 1. С. 234–236.
7. Иванова М. И., Литнецкий А. Ю., Литнецкая О. Л., Кашлева А. И., Разин А. Ф. Микрозелень (Microgreens) и сеянцы (Baby leafs) – новые категории органической овощной продукции // Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования. 2016. № 12. С. 406–415.
8. Xiao Z., Lester G. E., Luo Y., Wang Q. Assessment of vitamin and carotenoid concentrations of emerging food products: edible microgreens // Journal of agricultural and

Food Chemistry. 2012. V. 60. N. 31. P. 7644–7651.

9. Di Gioia F., Santamaria P. The nutritional properties of microgreens Las propiedades nutricionales de las microhortalizas // Microgreens: Novel, fresh and functional food to explore all the value of biodiversity. Publisher: Ecologica. Chapter: 3. P. 41–50.

10. Ivanova M. I., Litnetskii A., Litnetskaya O., Kашлева A. I., Razin A. F. Microgreens and Baby leafs – New Categories of Organic Vegetable Products // New and non-traditional plants and prospects for their use. 2016. N. 12. P. 406–415.

11. Самбуров А. М. Проросток и микрозелень как особый вид нетрадиционного сырья // Конкурентоспособность территорий: XXIII Всерос. эконом. форум молодых ученых и студентов. Екатеринбург, 2020. Т. 1. С. 111–113.

12. Степанова Н. Ю. Производство и пищевая ценность проростков // Научное обеспечение развития АПК в условиях реформирования: материалы Науч.-практ. конф. «АПК России: прошлое, настоящее, будущее» (Санкт-Петербург, 29–31 января 2015 г.). СПб.: Изд-во СПбГАУ, 2015. С. 280–283.

13. Amato M., Caruso M. C., Guzzo F., Commisso M., Bochicchio R., Galgano F. Nutritional quality of seeds and leaf metabolites of Chia (*Salvia hispanica* L.) from Southern Italy // European Food Research Technology. 2015. N. 3. P. 615–625.

14. Adom K. K., Liu R. H. Antioxidant activity of grain // Journal Agricultural Food Chemistry. 2002. N. 50. P. 6182–6187.

15. Правдин И. Ф. Руководство по изучению рыб. М., 1966. 376 с.

16. Черкесова Д. У., Шахназарова А. Б. Токсическое воздействие нитритов на организм рыб. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/toksicheskoe-vozdeystvie-nitritov-na-organizm-ryb> (дата обращения: 26.07.2023).

17. Верголяс М. Р. Определение токсичности нитратов с использованием цитоморфологических параметров разных тканей рыб как биомаркера. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/opredelenie-toksichnosti-nitratov-s-ispolzovaniem-tsitomorfologicheskikh-parametrov-raznyh-tkaney-ryb-kak-biomarkera> (дата обращения: 02.05.2023).

References

1. Grigor'ev V. A., Kovaleva A. V., Sorokina M. N. Opyt sovmestnogo vyrashchivaniia klarievogo soma (*Clarias gariepinus* Burchell, 1822) i salata (*Lactuca sativa* L.) metodom akvaponiki [The experience of joint cultivation of

clarium catfish (*Clarias gariepinus* Burchell, 1822) and lettuce (*Lactuca sativa* L.) by aquaponics]. *Estestvennye nauki*, 2015, no. 4 (53), pp. 96-101.

2. Ivkin M. M. Issledovanie nekotorykh metodov raboty

s akvaponikoi dlia vyrashchivaniia rastenii v emkostiakh na substrate [Investigation of some methods of working with aquaponics for growing plants in containers on a substrate]. *Nauchno-tehnicheskii STARTUP 2021: sbornik statei Mezhdunarodnogo nauchno-issledovatel'skogo konkursa (Petrozavodsk, 10 ianvaria 2022 g.)*. Petrozavodsk, Mezhdunar. tsentr nauch. partnerstva «Novaia Nauka», 2022. Pp. 65-75.

3. Sulaimanova N. Ch. Akvaponika – ratsional'nyi metod vyrashchivaniia rastenii i ryb [Aquaponics is a rational method of growing plants and fish]. *Student goda 2021: sbornik statei Mezhdunarodnogo uchebno-issledovatel'skogo konkursa (Petrozavodsk, 19 maia 2021 g.)*. Petrozavodsk, Mezhdunar. tsentr nauch. partnerstva «Novaia Nauka», 2021. Part 2. Pp. 382-390.

4. Romashova Iu. A. Sovmestnoe vyrashchivanie gidrobiontov i rastenii kak perspektivnoe napravlenie razvitiia industrial'noi akvakul'tury [Joint cultivation of aquatic organisms and plants as a promising direction for the development of industrial aquaculture]. *Intellektual'nyi potentsial molodykh uchenykh kak draiver razvitiia APK: materialy Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii molodykh uchenykh i obuchaiushchikhsia (Sankt-Peterburg, Pushkin, 24–26 marta 2021 g.)*. Saint Petersburg, Izd-vo Sankt-Peterb. gos. agrar. un-ta, 2021. Part 1. Pp. 260-262.

5. Gridina T. S. Innovatsionnaia biotekhnologiia vyrashchivaniia ob'ektov akvakul'tury i sel'skokhoziaistvennykh rastenii s primeneniem biopreparata v iskusstvenno sformirovannoi sisteme etazhnogo tipa [Innovative biotechnology of growing aquaculture facilities and agricultural plants using a biological product in an artificially formed floor-type system]. *Akvakul'tura osetrovyykh ryb: problemy i perspektivy: materialy dokladov Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii (Astrakhan', 10–12 oktiabria 2017 g.)*. Astrakhan', Izd-vo Astrakhan. gos. un-ta, 2017. Pp. 74-77.

6. Belous A. V., Murashev S. V. Mikrozelenn' – produkt pitaniia dlia liudei s sovremennym ritmom zhizni [Microgreens are a food product for people with a modern lifestyle]. *Vestnik Studencheskogo nauchnogo obshchestva*, 2018, vol. 9, no. 1, pp. 234-236.

7. Ivanova M. I., Litnetskii A. Iu., Litnenskaia O. L., Kashleva A. I., Razin A. F. Mikrozelenn' (Microgreens) i seianty (Baby leafs) – novye kategorii organicheskoi ovoshchnoi produktsii [Microgreens and seedlings (Baby leafs) – new categories of organic vegetable products]. *Novyie i netraditsionnye rasteniia i perspektivy ikh ispol'zovaniia*, 2016, no. 12, pp. 406-415.

8. Xiao Z., Lester G. E., Luo Y., Wang Q. Assessment of vitamin and carotenoid concentrations of emerging food

products: edible microgreens. *Journal of agricultural and Food Chemistry*, 2012, vol. 60, no. 31, pp. 7644-7651.

9. Di Gioia F., Santamaria P. The nutritional properties of microgreens Las propiedades nutricionales de las microhortalizas. *Microgreens: Novel, fresh and functional food to explore all the value of biodiversity*. Publisher: Eco-logica. Chapter: 3. Pp. 41-50.

10. Ivanova M. I., Litnetskii A., Litnetskaya O., Kashleva A. I., Razin A. F. Microgreens and Baby leafs – New Categories of Organic Vegetable Products. *New and non-traditional plants and prospects for their use*, 2016, no. 12, pp. 406-415.

11. Samburov A. M. Prorostok i mikrozelenn' kak osobyi vid netraditsionnogo syr'ia [Sprout and microgreens as a special kind of non-traditional raw materials]. *Konkurentosposobnost' territorii: XXIII Vserossiiskii ekonomicheskii forum molodykh uchenykh i studentov*. Ekaterinburg, 2020. Vol. 1. Pp. 111-113.

12. Stepanova N. Iu. Proizvodstvo i pishchevaia tsennost' prianoitei [Production and nutritional value of spices]. *Nauchnoe obespechenie razvitiia APK v usloviakh reformirovaniia: materialy Nauchno-prakticheskoi konferentsii «APK Rossii: proshloe, nastoiashchee, budushchee» (Sankt-Peterburg, 29–31 ianvaria 2015 g.)*. Saint Petersburg, Izd-vo SPbGAU, 2015. Pp. 280-283.

13. Amato M., Caruso M. C., Guzzo F., Commisso M., Bochicchio R., Galgano F. Nutritional quality of seeds and leaf metabolites of Chia (*Salvia hispanica* L.) from Southern Italy. *European Food Research Technology*, 2015, no. 3, pp. 615-625.

14. Adom K. K., Liu R. H. Antioxidant activity of grain. *Journal Agriculture Food Chemistry*, 2002, no. 50, pp. 6182-6187.

15. Pravdin I. F. *Rukovodstvo po izucheniiu ryb* [A guide to the study of fish]. Moscow, 1966. 376 p.

16. Cherkesova D. U., Shakhnazarova A. B. *Toksicheskoe vozdeistvie nitritov na organizm ryb* [Toxic effects of nitrites on the body of fish]. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/toksicheskoe-vozdeystvie-nitritov-na-organizm-ryb> (accessed: 26.07.2023).

17. Vergolias M. R. *Opreделение toksichnosti nitratov s ispol'zovaniem tsitomorfoloicheskikh parametrov raznykh tkanei ryb kak biomarkera* [Determination of nitrate toxicity using cytomorphological parameters of different fish tissues as a bio-marker]. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/opredelenie-toksichnosti-nitratov-s-ispolzovaniem-tsitomorfoloicheskikh-parametrov-raznykh-tkaney-ryb-kak-biomarkera> (accessed: 02.05.2023).

Статья поступила в редакцию 30.01.2024; одобрена после рецензирования 05.03.2024; принята к публикации 19.11.2024
The article was submitted 30.01.2024; approved after reviewing 05.03.2024; accepted for publication 19.11.2024

Информация об авторе / Information about the author

Ольга Анатольевна Письменная – кандидат биологических наук; старший научный сотрудник лаборатории гидробиологии и аквакультуры; Астраханский государственный университет имени В. Н. Татищева; olga-pismennaya@mail.ru

Olga A. Pismennaya – Candidate of Biological Sciences; Senior Researcher of the Laboratory of Hydrobiology and Aquaculture; Astrakhan Tatishchev State University; olga-pismennaya@mail.ru

