

ТОВАРНАЯ АКВАКУЛЬТУРА И ИСКУССТВЕННОЕ ВОСПРОИЗВОДСТВО ГИДРОБИОНТОВ

DOI: 10.24143/2073-5529-2020-1-96-102
УДК 63 9.3.05

ИЗУЧЕНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ВЫРАЩИВАНИЯ ОБЪЕКТОВ АКВАКУЛЬТУРЫ В АКВАПОНИЧЕСКОЙ УСТАНОВКЕ СОВМЕСТНО С РАСТЕНИЯМИ И БАКТЕРИАЛЬНЫМ ШТАММОМ

Т. С. Гридина^{1, 2}, У. С. Александрова^{1, 2}

¹*Астраханский государственный технический университет,
Астрахань, Российская Федерация*

²*Федеральный исследовательский центр Южный научный центр Российской академии наук,
Ростов-на-Дону, Российская Федерация*

В настоящее время остро обозначились проблемы экологизации сельского хозяйства и тенденция к уменьшению в крупных городах количества и качества продукции здорового питания. Решением главной задачи сельского хозяйства – повышения выхода биологической продукции – должно стать применение новых технологий, использование современных методов выращивания рыбной и сельскохозяйственной продукции. Совместное выращивание в установке этажного типа различных видов рыб, сельскохозяйственных растений и бактериальных штаммов открывает огромные возможности, позволяет сделать производство более эффективным, сократить сроки выращивания растений, получать безопасную продукцию. При культивации продукты жизнедеятельности выращиваемых рыб являются питательным источником для выращивания сельскохозяйственных культур гидропонным методом. Приведены данные об особенностях выращивания в аквапониической установке тилляпии и клубники при добавлении бактериального штамма. В ходе эксперимента проанализировано физиологическое состояние тилляпии: показатели прироста массы, коэффициента упитанности. Совместное выращивание в установке рыб и растений приводит к накоплению в растениях высоких концентраций азотных соединений, что не только придает продукции неприятные вкусовые качества, но и может привести к ухудшению здоровья потребителя. Накопление нитратов в растениях приводит к сокращению разнообразия выращиваемой сельскохозяйственной продукции. Проведен эксперимент по использованию бактериального изолята (бактериального штамма) для уменьшения доли нитратов в системе и ускорения развития растений. Добавление в установку бактериального штамма позволило снизить уровень нитратов. Кроме того, обладая рядом хозяйственно полезных свойств (стимуляция роста и развития растений), бактериальный штамм подавлял развитие патогенов. Практическую ценность работы представляет возможность получать безопасную и экологически чистую рыбную и растительную продукцию в более короткие сроки.

Ключевые слова: аквапоника, тилляпия, установка замкнутого водоснабжения, нитраты, бактериальный штамм, клубника.

Для цитирования: *Гридина Т. С., Александрова У. С.* Изучение особенностей выращивания объектов аквакультуры в аквапониической установке совместно с растениями и бактериальным штаммом // *Вестник Астраханского государственного технического университета.* Серия: Рыбное хозяйство. 2020. № 1. С. 96–102. DOI: 10.24143/2073-5529-2020-1-96-102.

Введение

Процесс сельскохозяйственного производства, основанный на совмещении двух направлений – гидропоники и аквасистемы – носит название *аквапоника*. Аквапоника – высокоэффективная

технология, сочетающая производство растительной продукции и различных объектов аквакультуры в единой системе. Естественные отходы жизнедеятельности рыб служат питательным субстратом для растений [1–4]. Сосуществование рыбы и растений создает единую замкнутую безотходную систему, находящуюся в экологическом равновесии и по уровню экономических затрат соперничающую с традиционными сельскохозяйственными агротехнологиями. Клубника является наиболее выгодной для выращивания в условиях аквапоники культурой, т. к. ее выращивание обеспечивает более высокую прибыль по сравнению с другими сельскохозяйственными культурами. Кроме того, на подобную сельскохозяйственную продукцию спрос населения круглогодичный.

Установки замкнутого водоснабжения обеспечивают высокий темп роста объектов аквакультуры, а также позволяют сохранять и рационально использовать водные ресурсы.

Интерес к разведению тилапии, распространенной в странах с тропическим и субтропическим климатом, связан с ее полезными свойствами: она быстро размножается, обладает широким спектром питания, легко переносит неблагоприятные факторы среды; мясо рыбы отличается высокими пищевыми качествами [5, 6]. В последнее время этот объект стал широко использоваться для выращивания и в странах с умеренным климатом.

Цель работы – изучение особенностей микрофлоры тилапии в аквапониической установке при добавлении в систему бактериального изолята, оценка роста и развития клубники.

Материалы и методы исследования

В модульных системах объемом по 500 л, с температурой воды 28 ± 1 °С, содержанием кислорода 5 ± 1 мг/л, рН – 7 ± 1 , нитритов – 0,1–0,2 мг/л, аммиака-аммония – 0,5–1 мг/л, выращивали тилапию. Плотность посадки тилапии в бассейны для выращивания составила 35 экз. на 1 м³ в опыте и контроле. Совместно с тилапией методом аквапоники выращивали клубнику сорта «Машенька». Эксперимент проводился в двух вариантах: с добавлением бактериального штамма (опыт) и без внесения бактериального штамма (контроль).

В опыте для ускорения роста растений и снижения в продукции доли нитратов применялся микробиологический биопрепарат на основе штамма бактерий. Культуральная жидкость изолята была ранее протестирована и представляет собой безопасный для рыб и окружающей среды раствор. Для приготовления суспензии изолята *Serratia ficaria* TP3 его культивировали на картофельном агаре при непрерывном перемешивании на качалке (120 об/мин) при температуре 28,0 °С [7, 8].

Стерильным скальпелем делали соскоб с поверхности тела рыб, полученный материал помещали на твердые питательные среды и растирали шпателем. Одновременно или по окончании посевов делали мазки из слизи поверхности тела, участков жабр, а также мазки-отпечатки из внутренних органов, окрашивая их метиленовой синью Леффлера, по Грамму.

Для статистической обработки данных использовали программу Microsoft Office Excel. Статистическую обработку результатов исследования проводили, используя критерий Стьюдента. Достоверно значимыми считались изменения при $p \leq 0,95$.

Результаты исследования

Тилапия. При выращивании тилапии (рис. 1) большое значение уделяется ее адаптации к условиям содержания.



Рис. 1. Объект исследования – тилапия

При совместном выращивании тилляпии и различных сельскохозяйственных растений были проведены исследования по изучению микрофлоры биофильтров. Бактериальный состав биофильтра имеет огромное значение в круговороте веществ в установке. Он представляет собой каскад проточных емкостей, заполненных камешками, полимерной крошкой или другими материалами, поверхность которых обсеменена микроорганизмами. Бактерии поглощают растворенные в воде органические вещества и связанные нитраты, попадающие в нее от продуктов жизнедеятельности рыб.

При выращивании тилляпии для оптимального и интенсивного развития растений в аквапоническую систему добавляли бактериальный штамм, обладающий ростостимулирующим действием на растения. Данная бактерия обладает фитостимулирующей способностью, подавляет развитие патогенной флоры, стимулирует увеличение содержания витамина С в плодах, снижение количества нитратов.

Микрофлора тела рыб непостоянна, ее состав зависит от условий жизни и окружающей среды: от типа рыбоводных водоемов, состава воды, иловых отложений. Согласно литературным данным микрофлорой тела здоровых рыб являются шаровидные формы: стрептококки, диплококки, стафилококки. Место их обитания – слизь, жабры. При повреждении кожных покровов они вызывают абсцессы, фурункулы. Из палочковидных форм обнаруживают кишечную палочку, синегнойную бактерию, сенную бациллу. Встречаются спорообразующие микробы, а также плесневые и лучистые грибы.

В модальных системах эксперимент был поставлен в двух вариантах: с применением бактериального штамма и без. При микроскопировании результатов исследования *с применением бактериальной культуры* были выделены грамотрицательные и грамположительные кокки и палочки, характерные для нормальной микрофлоры рыб. Численность клеток из посева в чистой пробе составила $4,2 \times 10^7$ КОЕ/мл. В пробе *без добавления бактериального штамма* наблюдалось развитие схожей микрофлоры. Численность клеток составила $5,3 \times 10^7$ КОЕ/мл. Патогенной микрофлоры не было выявлено. В результате исследования можно сделать вывод, что исследуемый бактериальный штамм снижает развитие микрофлоры.

В табл. 1 приведены данные по выращиванию тилляпии в аквапонической установке в течение 30 суток в опыте.

Таблица 1

Динамика массовых характеристик тилляпии в аквапонической установке в опыте

Показатель	Исходное состояние	Через 30 сут
Масса, г	246,35 ± 11,07	389,81 ± 11,73
Абсолютный прирост, г	–	143,46
Среднесуточный прирост, г/сут	–	4,74
Среднесуточная скорость роста, %	–	1,52
Коэффициент массонакопления, ед.	–	0,10
Коэффициент упитанности по Фульгону, ед.	0,56 ± 0,02	0,68 ± 0,01

По окончании эксперимента было проведено исследование физиологических показателей тилляпии в обоих вариантах эксперимента (табл. 2).

Таблица 2

Динамика физиолого-биохимических показателей крови тилляпии при выращивании в аквапонической установке

Показатель	Опыт	Контроль
СОЭ, мм/ч	3,83 ± 0,14	3,82 ± 0,15
Гемоглобин, г/л	41,92 ± 4,271	43,51 ± 1,210
Общий белок, г/л	45,30 ± 0,86	46,70 ± 0,34

Значения гемоглобина, СОЭ, общего белка были стабильны в обоих вариантах эксперимента, существенно не изменились. В контроле, по сравнению с опытом, показатель гемоглобина тилляпии был выше на 3,7 %.

Таким образом, можно сделать вывод, что культуральная жидкость *Serratia ficaria* TP3 не оказывает существенного воздействия на показатели крови тилляпии.

Клубника. Обработку клубники проводили этим же раствором бактериального штамма. Предварительно перед посадкой растений в систему осуществляли замачивание клубней в растворе бактериального штамма. Затем в течение всего эксперимента в опыте вели обработку растений путем опрыскивания каждые 10 дней (рис. 2).



Рис. 2. Выращивание клубники в аквапонической установке

Длина стебля по окончании эксперимента в опыте составляет 69 мм, а в контроле 46,2 мм (рис. 3).

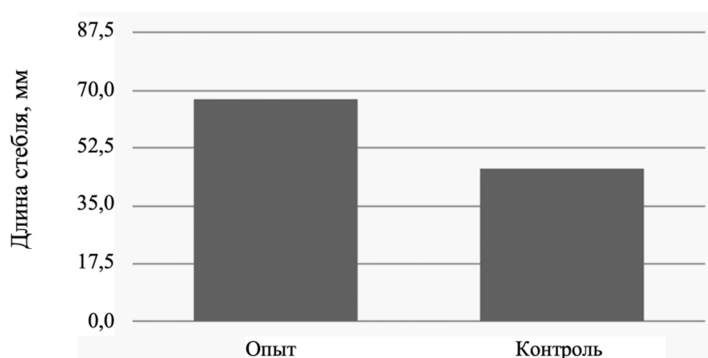


Рис. 3. Длина стебля клубники

В опыте высота растений варьировала от 19 до 67 мм, а количество листьев от 3 до 5 шт. В контроле высота растений достигла 49 мм, а количество листьев варьировало от 3 до 4 шт. Урожайность клубники в опыте составила 5,2 кг/м³, а в контроле 3,8 кг/м³. В опыте с первых дней происходило более интенсивное развитие семян по сравнению с контролем, и данная тенденция сохранялась на всех этапах вегетации. Рабочий раствор изолята *Serratia ficaria* TP3 активизировал физиологические процессы развития клубники.

Из анализа данных об урожайности клубники сорта «Машенька» (из расчета общего веса собранных плодов на количество урожайных кустов) следует, что обработка рабочим раствором изолята *Serratia ficaria* TP3 не оказывала влияния на данный показатель.

Также важным было определить количество нитратов в плодах клубники по окончании эксперимента.

В аквапонических установках чаще всего выращивают зеленые овощи (салат, шпинат, петрушку), которые накапливают нитраты в наибольшей степени и в короткие сроки. Чуть медленнее накапливают нитраты капуста, огурцы, тыква, кабачки. Превышение значения данного показателя не позволяет выращивать любую сельскохозяйственную продукцию в аквапонической

установке. Повышение доли нитратов в овощах происходит за счет избыточного азотного питания продуктами жизнедеятельности рыб. Условия в установке также оказывают положительное действие на процесс быстрого накопления нитратов, в результате чего продукция становится полностью непригодной к употреблению. Поэтому при совместном выращивании растений и рыб возникает необходимость в использовании биопрепаратов, направленных на уменьшение содержания нитратов в овощах, и постоянном мониторинге выращиваемой продукции.

Из рис. 4 можно заключить, что при сборе урожая уровень нитратов в клубнике был намного меньше в опыте, чем в контроле, что доказывает эффективность биопрепарата.

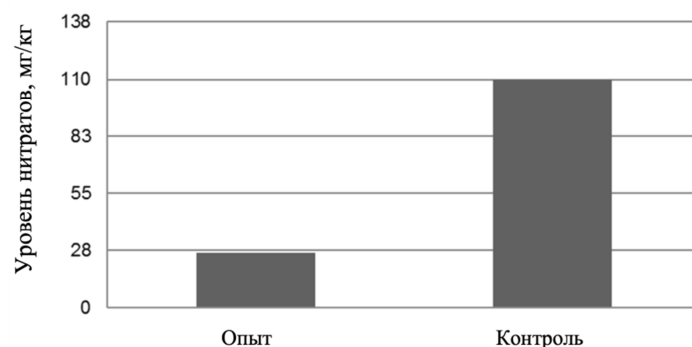


Рис. 4. Уровень нитратов в клубнике

Таким образом, обработка клубники раствором бактериального штамма путем опрыскивания растений на этапе образования первой цветочной кисти оказывала наибольшее положительное влияние на ростовые показатели клубники в фазу цветения и в фазу плодоношения. Накопление нитратов клубнике было существенно ниже уровня предельно допустимой концентрации.

Заключение

Проведены исследования по изучению микрофлоры поверхности тилляпии при совместном выращивании тилляпии и различных сельскохозяйственных растений в аквапонической установке. Численность клеток с поверхности тилляпии в чистой пробе составила $4,2 \cdot 10^7$ КОЕ/мл. В пробе без добавления бактериального штамма наблюдалось развитие схожей микрофлоры, но менее интенсивное. Численность клеток составила $5,3 \cdot 10^7$ КОЕ/мл. Рабочий раствор изолята *Serratia ficaria* TP3 активизировал физиологические процессы клубники сорта «Машенька», благоприятно воздействовал на развитие растений, способствовал снижению уровня нитратов и увеличению урожайности: урожайность клубники в опыте с культуральной жидкостью *Serratia ficaria* TP3 составила $5,2 \text{ кг/м}^3$, а в контроле – $3,8 \text{ кг/м}^3$. Воздействие культуральной жидкости *Serratia ficaria* TP3 на тилляпию не было отмечено.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Воронина М. В. Использование методов гидропонии в сельском хозяйстве // Научное обеспечение агропромышленного комплекса: сб. ст. по материалам XII Всерос. конф. молодых ученых (Краснодар, 05–08 февраля 2019 г.). Краснодар: Изд-во Куб. ГАУ им. И. Т. Трубилина, 2019. С. 219–220.
2. Евграфова Е. М., Лагуткина Л. Ю., Кузьмина Е. Г. Перспектива использования линя и австралийского рака в суперэффективных системах – аквапонике // Рыбоводство и рыбное хозяйство. 2019. № 9 (164). С. 62–71.
3. Данилова А. А., Юрина Н. А., Юрин Д. А., Максим Е. А. Аквапоника как перспективное направление сельского хозяйства // Современное состояние, проблемы и перспективы развития аграрной науки: материалы IV Междунар. науч.-практ. конф. (Ялта, 9–13 сентября 2019 г.). Симферополь: Изд-во НИИСХ Крыма, 2019. С. 36–37.
4. Дончуков Р. А., Лефанова И. В., Антонович О. А. Разработка системы автоматического управления и регулирования микроклимата в рамках проекта «Аквапоника» // Сахаровские чтения 2019 года: экологические проблемы XXI века: материалы 19-й Междунар. науч. конф. (Минск, 23–24 мая 2019 г.). Минск: ИВЦ Минфина, 2019. Ч. 3. С. 307–311.

5. Пономарева Е. Н., Ильина Л. П., Соколова Т. А., Польшина Т. Н. Аквапоника в биотехнологии в модульной установке замкнутого водоснабжения // Окружающая среда и человек. Современные проблемы генетики, селекции и биотехнологии: материалы Междунар. науч. конф. памяти Д. Г. Матишова (Ростов-на-Дону, 5–8 сентября 2016 г.). Ростов н/Д.: Изд-во ЮНЦ РАН, 2016. С. 443–447.

6. Правдин И. Ф. Руководство по изучению рыб. М.: Пищ. пром-сть, 1966. 376 с.

7. Пат. РФ № 2545398. Штамм бактерий *Serratia ficaria* для стимуляции роста сельскохозяйственных растений и защиты от фитопатогенных грибов / Гридина Т. С., Держинская И. С.; опубл. 27.03.2015.

8. Гридина Т. С. Обработка томатов суспензией *Serratia*ГРЗ для увеличения витамина С в плодах // Биологические науки. 2017. Вып. 33 (57). С. 6–8.

Статья поступила в редакцию 02.10.2019

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Гридина Татьяна Сергеевна — Россия, 414056, Астрахань; Астраханский государственный технический университет; младший научный сотрудник лаборатории «Осетроводство и перспективные объекты аквакультуры»; Россия, 344006, Ростов-на-Дону; Федеральный исследовательский центр Южный научный центр Российской академии наук; младший научный сотрудник лаборатории ихтиологии; Tania-p@list.ru.

Александрова Ульяна Сергеевна — Россия, 414056, Астрахань; Астраханский государственный технический университет; аспирант кафедры гидробиологии и общей экологии; Россия, 344006, Ростов-на-Дону; Федеральный исследовательский центр Южный научный центр Российской академии наук; младший научный сотрудник лаборатории водных биоресурсов и аквакультуры; layno4ka3112@mail.ru.



STUDYING SPECIFIC FEATURES OF GROWING AQUATIC ANIMALS TOGETHER WITH PLANTS AND BACTERIAL STRAINS IN AQUAPONIC UNIT

T. S. Gridina^{1,2}, U. S. Aleksandrova^{1,2}

¹ *Astrakhan State Technical University,
Astrakhan, Russian Federation*

² *Federal Research Center of Southern Scientific Center of the Russian Academy of Sciences,
Rostov-on-Don, Russian Federation*

Abstract. The article touches upon the acute problems of eco-agriculture and decreasing quantity and quality of food products in large cities. The solution to the main problem of agriculture at present – namely, increasing the yield of biological products - should be obtained through the use of new technologies and modern methods of growing fish and agricultural products. Joint cultivation of different types of fish, agricultural plants and bacterial strains in a modular installation opens up enormous opportunities to make the production more efficient, to reduce the time for growing plants, and to obtain safe products. In cultivation process the waste products of farmed fish become the fertilizers for growing crops by the hydroponic method. The data on growing tilapia and strawberries in the aquaponic unit with addition of a bacterial strain are presented. In the course of the experiment there was analyzed the physiological state of tilapia: indicators of weight gain, fatness ratio. Joint cultivation of fish and plants in the unit leads to accumulating high concentrations of nitrogen compounds in plants, which not only gives the product unpleasant taste, but can also result in health problems of the end user. The accumulation of nitrates in plants reduces the diversity of farmed agricultural products. There was carried out an experiment on using bacterial isolate (bacterial strain) to reduce the proportion of nitrates in the system and accelerate the development of plants. Adding a bacterial strain to the plant reduced the level of nitrates. Besides, possessing the economically useful properties (stimulation of plant growth and development), the bacterial strain inhibited the development of pathogens. The practical value is the opportunity to get safe and environmentally friendly fish and vegetable products in a shorter time.

Key words: aquaponics, tilapia, recirculating aquaculture system, nitrates, bacterial strain, strawberry.

For citation: Gridina T. S., Aleksandrova U. S. Studying specific features of growing aquatic animals together with plants and bacterial strains in aquaponic unit. *Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Fishing Industry*. 2020;1:96-102. (In Russ.) DOI: 10.24143/2073-5529-2020-1-96-102.

REFERENCES

1. Voronina M. V. Ispol'zovanie metodov gidroponiki v sel'skom khoziaistve [Use of hydroponic methods in agriculture]. *Nauchnoe obespechenie agropromyshlennogo kompleksa: sbornik statei po materialam XII Vserossiiskoi konferentsii molodykh uchenykh (Krasnodar, 05–08 fevralia 2019 g.)*. Krasnodar, Izd-vo Kub. GAU im. I. T. Trubilina, 2019. Pp. 219-220.
2. Evgrafova E. M., Lagutkina L. Iu., Kuz'mina E. G. Perspektiva ispol'zovaniia linia i avstraliiskogo raka v supereffektivnykh sistemakh – akvaponike [Prospect of using tench and Australian crayfish in superefficient aquaponic systems]. *Rybovodstvo i rybnoe khoziaistvo*, 2019, no. 9 (164), pp. 62-71.
3. Danilova A. A., Iurina N. A., Iurin D. A., Maksim E. A. Akvaponika kak perspektivnoe napravlenie sel'skogo khoziaistva [Aquaponics as promising trend in agriculture]. *Sovremennoe sostoianie, problemy i perspektivy razvitiia agrarnoi nauki: materialy IV Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii (Ialta, 9–13 sentiabria 2019 g.)*. Simferopol', Izd-vo NIISKh Kryma, 2019. Pp. 36-37.
4. Donchukov R. A., Lefanova I. V., Antonovich O. A. Razrabotka sistemy avtomaticheskogo upravleniia i regulirovaniia mikroklimata v ramkakh proekta «Akvaponika» [Developing system of automatic control and microclimate regulation in terms of Aquaponics project]. *Sakharovskie chteniia 2019 goda: ekologicheskie problemy XXI veka: materialy 19-i Mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii (Minsk, 23–24 maia 2019 g.)*. Minsk, IVTs Minfina, 2019. Part 3. Pp. 307-311.
5. Ponomareva E. N., Il'ina L. P., Sokolova T. A., Pol'shina T. N. Akvaponika v biotekhnologii v modul'noi ustanovke zamknutogo vodosnabzheniia [Aquaponics in biotechnology in modular circulating aquaculture unit]. *Okruzhaiushchaia sreda i chelovek. Sovremennye problemy genetiki, seleksii i biotekhnologii: materialy Mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii pamiati chlena-korrespondenta RAN D. G. Matishova (Rostov-na-Donu, 5–8 sentiabria 2016 g.)*. Rostov-na-Donu, Izd-vo IuNTs RAN, 2016. Pp. 443-447.
6. Pravdin I. F. *Rukovodstvo po izucheniiu ryb* [Fish study guide]. Moscow, Pishchevaia promyshlennost' Publ., 1966. 376 p.
7. Gridina T. S., Dzerzhinskaia I. S. *Shtamm bakterii Serratia ficaria dlia stimulatsii rosta sel'skokhoziaistvennykh rastenii i zashchity ot fitopatogennykh gribov* [Bacterial strain Serratia ficaria to stimulate growth of agricultural plants and protect against phytopathogenic fungi]. Patent RF no. 2545398, 27.03.2015.
8. Gridina T. S. Obrabotka tomatov suspenziei SerratiaTP3 dlia uvelicheniia vitamina C v plodakh [Processing tomatoes with SerratiaTP3 suspension to increase proportion of vitamin C in fruits]. *Biologicheskie nauki*, 2017, iss. 33 (57), pp. 6-8.

The article submitted to the editors 02.10.2019

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Gridina Tatyana Sergeevna – Russia, 414056, Astrakhan; Astrakhan State Technical University; Junior Researcher of Laboratory of Promising Aquaculture Objects; Russia, 344006, Rostov-on-Don; Federal Research Center Southern Scientific Center of the Russian Academy of Sciences; Junior Researcher of Laboratory of Ichthyology; Tania-p@list.ru.

Aleksandrova Ulyana Sergeevna – Russia, 414056, Astrakhan; Astrakhan State Technical University; Postgraduate Student of the Department of Hydrobiology and General Ecology; Russia, 344006, Rostov-on-Don; Federal Research Centre The Southern Scientific Center of the Russian Academy of Science; Junior Researcher of the Laboratory of Aquatic Bioresources and Aquaculture; layno4ka3112@mail.ru.

