

ОПЫТ ВЫРАЩИВАНИЯ ДАФНИИ МАГНА НА ОСНОВЕ ХЛОРЕЛЛЫ В ЕМКОСТЯХ С МАЛЫМ ОБЪЕМОМ СТОЯЧЕЙ ВОДЫ

Г.И. ПРОНИНА, А.В. ЖИГИН, И.М. ЖОГИН, И.А. КОРОЧЕНСКИЙ

(Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева)

Индустриальное рыбоводство является наиболее динамично развивающимся направлением отечественной аквакультуры. Поэтому проблема получения живых кормов для выращивания в искусственных условиях молоди рыб занимает одно из центральных мест в индустриальном рыбоводстве, поскольку такие корма характеризуются высокой пищевой ценностью, высоким содержанием белка, жира, незаменимых аминокислот, витаминов, ферментов и других, особенно важных компонентов. Одним из часто используемых для кормления молоди рыб зоопланктонных видов является *Daphnia magna*, которая характеризуется высокой плодовитостью, быстрым ростом, приспособленностью к широкому диапазону и изменениям абиотических факторов среды. Однако устойчиво высокие результаты культивирования этих организмов требуют в каждом конкретном случае создания специфического комплекса условий. Представлены результаты выращивания дафний для кормовых целей в емкостях с малым объемом стоячей воды. При этом в эксперименте осуществляли подбор оптимального из возможных вариантов их кормления. Использовались стеклянные емкости объемом по 3 л воды, плотность посадки дафний составляла 2000 шт/л. Температура воды поддерживалась на уровне +19...+21°C, искусственное освещение – в течение 14 ч в сутки. Смена воды осуществлялась один раз в два дня на 70% от первоначального объема. Длительность опыта составляла 14 суток. Во всех вариантах опыта содержание аммиака нитритов и нитратов не превышало ПДК. Наилучшие показатели культивирования достигнуты при кормлении дафний культурой хлореллы по сравнению с кормлением дрожжами или смесью дрожжей и хлореллы. Применение рациона только из хлореллы позволило снизить мутность воды и увеличить выживаемость дафний на 17–25%, а выход кормовых организмов – на 23,6–39,1% по сравнению с другими вариантами опыта.

Ключевые слова: дафния магна, *Daphnia magna*, кормовые организмы, хлорелла, выращивание живых кормов.

Введение

Зоопланктон является необходимым элементом естественной кормовой базы водоемов [12]. Он содержит высококонцентрированные полноценные и легкоусвояемые белки и богат жиром [5, 10, 7]. Было доказано, что на личиночной стадии естественные корма по эффективности значительно превосходят искусственные, даже дорогостоящие стартовые комбикорма [1, 13]. В частности, выявлено, что замена рыбной муки на дафнию в рационе личинок кефали (*Mugil cephalus*) повышает эффективность использования корма и ускоряет рост. Гистоморфометрические исследования показали, что при этом у рыбы увеличивается количество бокаловидных клеток, выделяющих муцин и выполняющих в пищеварительной системе антиабразивную и антисептическую функции [11].

В естественной пище рыб содержится большое количество каротиноидов [3]. Недостаточное поступление с кормом этого природного антиокислителя делает рыб более уязвимыми к экстремальным воздействиям: инфекциям, загрязнению воды, дефициту кислорода, приводит к бледной окраске покровов, мышц, икры, снижает качество производителей и выживаемость молоди [4].

В лабораторном эксперименте на трех видах зоопланктона (*Moina micrura*, *Scapholeberis kingi*, *Brachionus calyciflorus*) было показано, что культивирование с использованием отходов: жмыха и коровьего навоза – позволяет получить живой корм для рыб при низких затратах [14].

В своей естественной среде обитания ветвистоусые рачки питаются различными видами фитопланктона, детрита, бактерий и биопленок. Чтобы предотвратить снижение их плотности при снижении доступности корма, часто дают обогащенный корм соответствующей концентрации. Микроводоросли – такие, как *Chorella vulgaris*, *Nannochloropsis oculata*, *Haematococcus pluvialis* и *Dunaliella salina*, часто используются в качестве обогащающего корма [15].

Современный уровень развития индустриальной аквакультуры остро ставит вопрос полноценного кормления выращиваемой молоди рыб, при этом наряду с разработкой рецептур искусственных комбикормов специалисты продолжают проявлять интерес и к использованию различных видов живых кормов. Естественные живые корма имеют высокое содержание белка, жира, незаменимых аминокислот, витаминов, ферментов и других компонентов, особенно важных для молоди рыб. Одним из часто используемых для кормления молоди рыб зоопланктонных видов является *Daphnia magna*, которая характеризуется высокой плодовитостью, быстрым ростом, приспособленностью к широкому диапазону и изменениям абиотических факторов среды. Однако сравнивая многочисленные приемы культивирования дафний, И.В. Ивлева [2] отмечала, что разработка способа культивирования, дающего устойчиво высокие результаты, едва ли возможна без учета целого ряда специфических факторов: различия условий, в которых осуществляется выращивание, многообразия видов и рас, отличающихся чертами биологии, что требует в каждом конкретном случае создания специфического комплекса условий.

Проблемы возникают на разных этапах процесса. Например, стоячая вода (независимо от типа кормления), замедляет развитие и снижает продуктивность дафний [9]. Это происходит ввиду динамических изменений физико-химических условий в системе культивирования, которые обычно смещают пути размножения с партеногенетического на половой, что приводит к откладке яиц и снижению общего выхода живого корма. Плотность этих живых кормовых организмов может изменяться в ответ на условия окружающей среды – такие, как эвтрофикация по причине избытка питательных веществ, подкисление, загрязнение, проникновение солености и другие факторы, которые происходят внутри системы. Качество воды и обеспеченность кормом в системе оказывают большое влияние на динамику популяции зоопланктона, особенно в искусственной среде [15].

Задача кормления молоди рыб в условиях аквариальной РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева потребовала организовать стабильное культивирование *Daphnia magna* в сравнительно небольшом, но устойчивом количестве. При этом целью работы являлся подбор оптимального из возможных вариантов кормления дафний в малых объемах стоячей воды.

Цель исследований: подбор оптимального из возможных вариантов кормления дафний в малых объемах стоячей воды.

Материал и методы исследований

Объектом исследований являлись ветвистоусые рачки дафния magna (*Daphnia magna* Straus, 1820) от маточной культуры, содержащейся в искусственных условиях. В эксперименте по выращиванию зоопланктона отрабатывались разные варианты кормления рачков. Для каждого варианта использовались стеклянные емкости с 3 л воды, плотность посадки составляла 2000 шт/л. Температура воды поддерживалась на уровне +19...+21°C. Искусственное освещение – в течение 14 ч в сутки. Смена воды осуществлялась один раз в два дня на 70% от первоначального объема. Длительность опыта составляла 14 суток.

Гидрохимические показатели определялись через день. Контролировался уровень свободного аммиака, который, по мнению большинства авторов, не должен превышать 0,05 мг/л. В наших исследованиях во всех вариантах опыта содержание аммиака составляло не выше 0,01 мг/л. Значения нитритов и нитратов не превышали ПДК и находились в пределах 0,1–0,2 и 2–3 мг/л соответственно.

В первом варианте опыта рацион дафний состоял из пекарских дрожжей (*Saccharomyces cerevisiae* Meyen ex E.C. Hansen 1883), во втором – из хлореллы (*Chlorella vulgaris* Beijerinck 1890), а в третьем варианте применяли комбинированное кормление, при котором рацион состоял из двух вышеназванных компонентов (табл. 1). В опытах использовалась суспензия хлореллы, произведенная по собственной эксклюзивной технологии. Хлорелла представляет собой одноклеточную микроводоросль с размером клеток от 5 до 10 микрон. Известно, что внесение суспензии хлореллы улучшает гидрохимический и гидробиологический режимы водоемов, способствуя повышению продуктивности аквакультуры за счет увеличения кормовой базы; метаболиты водорослей также служат кормом для зоопланктона [6, 8]. Определение плотности культуры хлореллы выполняли микроскопически подсчетом клеток в камере Горяева.

Выживаемость рачков оценивали методом подсчета в камере Богорова под бинокулярной лупой через 5 дней и в конце эксперимента. Подвижность рачков определяли визуально по скорости их движения.

Таблица 1

Схема опыта по выращиванию дафнии magna (*Daphnia magna*)

Показатели	Варианты опыта		
	Опыт 1	Опыт 2	Опыт 3
Кратность внесения	1 раз в 3 дня		
Доза	Дрожжи 0,30 г/л	Хлорелла 20 млн кл/л	Дрожжи 0,15 г/л + Хлорелла 10 млн кл/л

Результаты и их обсуждение

Результаты показали, что наилучшие показатели выживаемости и концентрации дафний в конце опыта, а соответственно и биомасса продукции, достигнуты во втором варианте при использовании суспензии хлореллы без добавления дрожжей (табл. 2).

В процессе эксперимента дафнии были распределены равномерно по вариантам опыта, кроме опыта 1 с внесением чистой культуры дрожжей. В опыте 1 дафнии были наиболее подвижными и активно потребляли корм, но находились у дна емкости (рис.).

Таблица 2

Показатели выращивания дафнии magna (*Daphnia magna*) по вариантам опыта

Показатели	Опыт 1	Опыт 2	Опыт 3
Распределение в емкости			
через 7 дней	У дна скученно	Равномерно	Равномерно
через 14 дней	У дна скученно	Равномерно	Равномерно
Подвижность, баллы (от 1 до 10)			
через 7 дней	10	8	7
через 14 дней	9	7	5
Концентрация дафнии magna, шт/л			
через 7 дней	1750	1920	1840
через 14 дней	1280	1780	1440
Выживаемость, %			
через 7 дней	89	96	92
через 14 дней	64	89	72
Биомасса дафний, г/л			
через 7 дней	0,525	0,576	0,552
через 14 дней	0,384	0,534	0,432

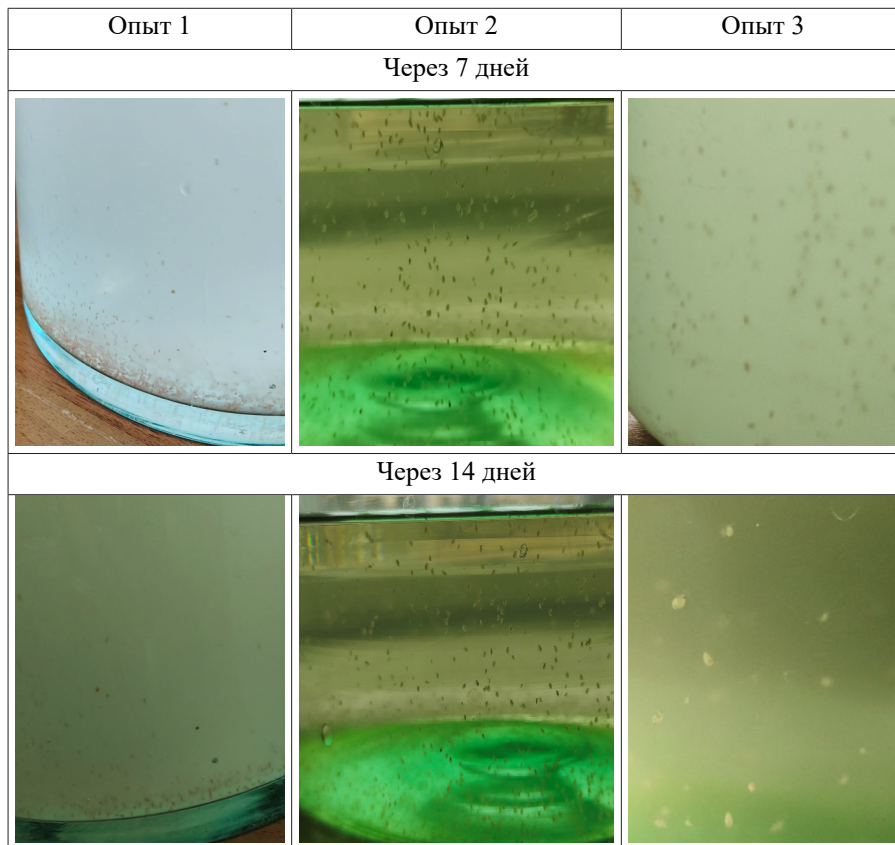


Рис. Распределение дафний

Возможно, создаваемая дрожжами мутность препятствовала полноценному дыханию дафний на фоне выращивания в стоячей воде и накопления продуктов обмена. Кроме того, доза дрожжей была близка к верхней границе, рекомендуемой большинством авторов [16]. В случае кормления дрожжами очень размыта грань между недокормом и перекормом. Недокорм отрицательно влияет на рост, а перекорм приводит к интоксикации зоопланктона, являющегося крайне чувствительным к содержанию биогенов в воде [15].

Выводы

На основании проведенных исследований можно сделать вывод о том, что в конкретно сложившихся условиях культивирования дафнии магна наиболее предпочтительным вариантом ее кормления является применение рациона только из хлореллы. Это позволяет снизить мутность воды и увеличить выживаемость дафний на 17–25%, а выход кормовых организмов – на 23,6–39,1% по сравнению с другими вариантами опыта.

Библиографический список

1. Богданов Н.И., Асанов А.Ю. Прудовое рыбоводство: Учебное пособие. – Изд. 3-е, доп. – Пенза, 2011. – 89 с.
2. Ивлева И.В. Биологические основы и методы массового культивирования кормовых беспозвоночных: Монография. – М.: Наука, 1969. – 171 с.

3. *Калайда М.Л.* Биологические основы рыбоводства: Учебное пособие. – Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2017. – 148 с.
4. *Камилов Б.Г., Юлдашов М.А.* Аквакультура: Учебник. – Ташкент: Lesson Press, 2020. – 412 с.
5. *Кожокару Т.Т., Ульянов В.Н., Дерменжи П.* К вопросу направленного формирования естественной кормовой базы выростных прудов // Рыбоводство и рыбное хозяйство. – 2012. – № 3. – С. 59–63.
6. *Митишев А.В., Преснякова Е.В., Семенова Е.Ф., Гурина М.А.* Сравнительный анализ штаммов продуцента и инновационного продукта как основных элементов биотехнологии резиноида хлореллы // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Естественные науки. – 2014. – № 4 (8). – С. 19–28.
7. *Руткин Н.М., Лагуткина Л.Ю., Лагуткин О.Ю.* Урбанизированное агропроизводство (сити-фермерство) как перспективное направление развития мирового агропроизводства и способ повышения продовольственной безопасности городов // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия «Рыбное хозяйство». – 2017. – № 4 – С. 95–103.
8. *Фролова М.В., Московец М.В., Птицына Л.А., Торопов А.Ю.* Особенности влияния штамма *Chlorella vulgaris* ИФР № С-111 на качество воды в прудовом рыбоводстве // Орошаемое земледелие. – 2019. – № 3. – С. 46–49.
9. *Шаропова Ш.Р.* Определение и разведение доминантных видов фито- и зоопланктона, рекомендации по биотехнологии // Интеллектуальный потенциал молодых ученых как драйвер развития АПК: мат-лы Междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых и обучающихся (Санкт-Петербург – Пушкин, 16–18 марта 2022 г.). – СПб.: СПбГАУ, 2022. – Ч. I. – С. 317–320.
10. *Шейхгасанов К.Г., Лагуткина Л.Ю., Пономарев С.В.* Использование органической экологически чистой биотехнологии выращивания рыбы и сельскохозяйственных культур // Вестник Астраханского государственного технического университета. Сер.: Рыбное хозяйство. – 2014. – № 3. – С. 97–103.
11. *Abo-Taleb H.A., Ashour M., Elokaby M.A., Mabrouk M.M., El-feky M.M.M., Abdelzaher O.F., Gaber A., Alsanie W.F., Mansour A.T.* Effect of a New Feed *Daphnia magna* (Straus, 1820), as a Fish Meal Substitute on Growth, Feed Utilization, Histological Status, and Economic Revenue of Grey Mullet, *Mugil cephalus* (Linnaeus 1758) // Sustainability. 2021. – Vol. 13. – Art. 7093. <https://doi.org/10.3390/su13137093>
12. *Begum M., Noor P., Ahmed K.N., Mohanta L.C., Sultana N., Hasan M.R., Uddin M.N.* Assessment of four different media for the mass culture of *Ceriodaphnia reticulata* (Jurine) as a live fish feed. Journal of the Asiatic Society of Bangladesh, Science 2013. 39(2):129–138.
13. *Din W M.U.D., Altaff K.* Culture of zooplankton for rearing fish larvae // Poll Res. 2010. 29 (2): 91–93.
14. *Kar S., Das P., Das U., Bimola M., Kar D., Aditya G.* Culture of the zooplankton as fish food: observations on three freshwater species from Assam, India. AACL Bioflux. – 2017. – № 10 (5). – Pp. 1210–1220.
15. *Rahman H., Azani N., Suhaimi H., Yatim S.R., Yuslan A. and Rasdi N.W.A* Review on Different Zooplankton Culturing Techniques and Common Problems Associated with Declining Density // IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. – 2023. – Vol. 1147, No. 1. – Art. 012012. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1147/1/012012>
16. *Rottmann R.W., Graves J.S., Yanong R.P.E.* Culture Techniques of Moina: The Ideal *Daphnia* for Feeding to Freshwater Fish Fry // Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida. – 1992. – № 1–6.

EXPERIENCE OF GROWING *DAPHNIA MAGNA* ON THE BASIS OF CHLORELLA IN SMALL CONTAINERS WITH STANDING WATER

G.I. PRONINA, A.V. ZHIGIN, I.M. ZHOGIN, I.A. KOROCHENSKY

(Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy)

Industrial fish farming is the most dynamically developing area of domestic aquaculture. Therefore, the problem of obtaining live feeds for growing juvenile fish under artificial conditions is of utmost importance, since such feeds are characterized by high nutritional value, high content of protein, fat, essential amino acids, vitamins, enzymes and other important components. One of the most commonly used zooplanktonic species for feeding juvenile fish is Daphnia magna, which is characterized by high fertility, rapid growth, adaptability to a wide range and changes in abiotic environmental factors. However, in order to obtain consistently high results from the cultivation of these organisms, it is necessary to create a specific set of conditions in each individual case. The results of growing Daphnia magna for food purposes in small containers with standing water are presented. At the same time, an experiment was carried out to select the best possible feeding option. Glass containers with three liters of water were used; the density of the Daphnia planting was 2000 pcs/l. The water temperature was maintained at +19 to +21°C. Artificial lighting was provided for 14 hours per day. The water was changed once every two days for 70% of the initial volume. The duration of the test was 14 days. In all experimental variants, the ammonia content of nitrites and nitrates did not exceed the MPC. The best growth rates were obtained when the Daphnia were fed with chlorella culture compared to feeding with yeast or a mixture of yeast and chlorella. The use of a chlorella-only diet reduced water turbidity and increased Daphnia survival rate of by 17–25%, and feed yield by 23.6–39.1% compared to other experimental options.

Keywords: *Daphnia magna*, forage organisms, chlorella, growing live feeds

References

1. Bogdanov N.I., Asanov A.Yu. *Pond fish farming: a textbook*. 3rd ed., updat. Penza, Russia: Penza State Agrarian University, 2011:89. (In Russ.)
2. Ivleva I.V. *Biological bases and methods of mass cultivation of forage invertebrates: a monograph*. Moscow, USSR: Nauka, 1969:171. (In Russ.)
3. Kalayda M.L. *Biological foundations of fish farming: a textbook*. Kazan, Russia: Kazan State Energy University, 2017:148. (In Russ.)
4. Kamilov B.G., Yuldashov M.A. *Aquaculture: a textbook*. Tashkent, Uzbekistan: Lesson Press, 2020:412. (In Russ.)
5. Kozhokaru T.T., Ulyanov V.N., Dermenzhi P. To a question about is described method of increasing the natural food supply. *Fish Breeding and Fisheries*. 2012;3:59–63. (In Russ.)
6. Mityaev A.V., Presnyakova E.V., Semenova E.F., Gurina M.A. Comparative analysis of producer strains and innovative products as the main elements of the biotechnology of chlorella resinoid. *University Proceedings. Volga Region. Natural Sciences*. 2014;4(8):19–28. (In Russ.)
7. Rutkin N.M., Lagutkina L.Yu., Lagutkin O.Yu. Urban agrotechnologies (city farming) as a perspective branch of development of world agribusiness and the way to improve the cities food security. *Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Fishing Industry*. 2017;4:95–103. (In Russ.)

8. Frolova M.V., Moskovec M.V., Pticyna L.A., Toropov A.Yu. Features of the influence of the strain *Chlorella vulgaris* IGF number c-111 water quality in pond farming. *Irrigated Agriculture*. 2019;3:46–49. (In Russ.) <https://doi.org/10.35809/2618-8279-2019-3-12>
9. Sharopova Sh.R. Determination and breeding of dominant phyto- and zooplankton species, recommendations on biotechnology. *Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya molodykh uchenykh i obuchayushchikhsya 'Intellectual'niy potentsial molodykh uchenykh kak drayver razvitiya APK*. St. Petersburg – Pushkin, March 16–18, 2022. St. Petersburg, Russia: St. Petersburg State Agrarian University, 2022:317–320. (In Russ.)
10. Sheykhgasanov K.G., Lagutkina L.Yu., Ponomarev S.V. Application of organic environmentally appropriate biotechnology of fish breeding and crops farming. *Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Fishing Industry*. 2014;3:97–103. (In Russ.)
11. Abo-Taleb H.A., Ashour M., Elokaby M.A., Mabrouk M.M. et al. Effect of a New Feed *Daphnia magna* (Straus, 1820), as a Fish Meal Substitute on Growth, Feed Utilization, Histological Status, and Economic Revenue of Grey Mullet, *Mugil cephalus* (Linnaeus 1758). *Sustainability*. 2021;13:7093. <https://doi.org/10.3390/su13137093>
12. Begum M., Noor P., Ahmed K.N., Mohanta L.C. et al. Assessment of four different media for the mass culture of *Ceriodaphnia reticulata* (Jurine) as a live fish feed. *Journal of the Asiatic Society of Bangladesh, Science*. 2013;39(2):129–138. <https://doi.org/10.3329/jasbs.v39i2.17849>
13. Din W M.U., Altaff K. Culture of zooplankton for rearing fish larvae. *Poll Res*. 2010;29(2):91–93.
14. Kar S., Das P., Das U., Bimola M. et al. Culture of the zooplankton as fish food: observations on three freshwater species from Assam, India. *AACL Bioflux*. 2017;10(5):1210–1220.
15. Rahman H., Azani N., Suhaimi H., Yatim S.R. et al. Review on Different Zooplankton Culturing Techniques and Common Problems Associated with Declining Density. *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci*. 2023;1147:012012. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1147/1/012012>
16. Rottmann R.W., Graves J.S., Yanong R.P.E. *Culture Techniques of Moina: The Ideal Daphnia for Feeding to Freshwater Fish Fry*. Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida, 1992:1–6.

Сведения об авторах

Пронина Галина Иозеповна, д-р биол. наук, доцент, профессор кафедры аквакультуры и пчеловодства, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»; 127550, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: gidrobiont4@yandex.ru; тел.: (499) 977–64–76

Жигин Алексей Васильевич, д-р с.-х. наук, профессор, профессор кафедры аквакультуры и пчеловодства, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»; 127550, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: azhigin@gmail.com; тел.: (499) 977–64–76

Жогин Иван Михайлович, заведующий Полевой опытной станцией, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»; 127550, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: zhogin.ivan@yandex.ru; тел.: (499) 976–11–82

Короченский Иван Александрович, аспирант кафедры аквакультуры и пчеловодства, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»; 127550, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: tatr-next@mail.ru

Information about the authors

Galina I. Pronina, DSc (Bio), Associate Professor, Professor at the Department of Aquaculture and Beekeeping, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127550, Russian Federation); phone: (499) 977–64–76; e-mail: gidrobiont4@yandex.ru

Aleksey V. Zhigin, DSc (Ag), Professor, Professor at the Department of Aquaculture and Beekeeping, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127550, Russian Federation); phone: (499) 977–64–76; e-mail: azhigin@gmail.com

Ivan M. Zhogin, Head of the Field Experimental Station, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127550, Russian Federation); phone: (499) 976–11–82; e-mail: zhogin.ivan@yandex.ru

Ivan A. Korochenskiy, postgraduate student, Department of Aquaculture and Beekeeping, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127550, Russian Federation); e-mail: tatr-next@mail.ru