

УДК: 639.3.043.2

DOI: 10.52419/issn2072-2419.2024.1.166

ПРОИЗВОДСТВО КОРМА ДЛЯ РЫБ АКВАПОННЫМ МЕТОДОМ

Максим Е.А.² – канд. биол. наук, зав. ИТЦ Аквакультуры (ORCID 0000-0003-1578-0145); **Юрин Д.А.**^{1*} – канд. с.-х. наук, вед. науч. сотр. отд. технологии животноводства (ORCID 0000-0003-1517-4858); **Гнеуш А.Н.**² – канд. с.-х. н., доц., зав. каф. биотехнологии, биохимии и биофизики (ORCID 0000-0003-4931-795X); **Глецерук И.Р.**^{1,3} – д-р с.-х. наук, доц., проф. каф. землеустройства (ORCID 0000-0003-4673-4707); **Скамарохова А.С.**¹ – науч. сотрудник отд. кормления и физиологии сельскохозяйственных животных (ORCID 0000-0001-6821-429X)

¹ ФГБНУ «Краснодарский научный центр по зоотехнии и ветеринарии»

² ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет
имени И.Т. Трубилина»

³ ФГБОУ ВО «Майкопский государственный технологический университет»

*4806144@mail.ru

Ключевые слова: рыбоводство; аквапоника; гидропоника; пророщенное зерно, кормление рыб

Key words: fish farming; aquaponics; hydroponics; germinated grain, fish feeding

Финансирование: Исследование выполнено при финансовой поддержке Кубанского научного фонда в рамках научно-инновационного проекта № НИИП-20.1/22.32.

Поступила: 15.12.2023

Принята к публикации: 25.03.2024

Опубликована онлайн: 02.04.2024



РЕФЕРАТ

Аквапоника – одна из самых эффективных систем сельскохозяйственного производства; однако имеются ограниченные данные об уровне ее эффективности. Целью проведенных исследований было изучение проращивания зерна пшеницы в качестве аквапонного корма для растительноядных рыб в аквапонной установке. Методы: было изучено экспериментальное получение аквапонного корма для растительноядных рыб, выращиваемых в поликультуре (каarp, сазан, белый амур, черный амур, толстолобик), методом проращивания зерна пшеницы. В аквапонном устройстве можно не только выращивать растения, но и проращивать их семена перед посадкой в грунт. Вода за счет непрерывного стекания насыщается кислородом (на 3,5 % больше, чем в бассейне без аквапонного устройства). Это является положительным фактором для роста рыбы и экономии электроэнергии при снижении продолжительности работы оксигенаторов. Помимо этого, использование аквапонного устройства, обеспечивает благоприятные условия для выращивания растений и рыб при значительном снижении стоимости монтажа конструкций и уменьшении затрат на ее эксплуатацию. Установлено повышение всхожести зерна пшеницы при его проращивании в аквапонной установке на 2,0 %; увеличение длины ростков при проращивании – на 27,5 %; длины корней – на 32,2 %; увеличение содержания сырого протеина – на 2,2 %; витамина В₂ – на 6,1 %; каротина – на 4,6 %. Показатели безопасности гидропонного

корма находились в пределах санитарно-гигиенических нормативов. Результаты данного исследования для производства гидропонного корма растительноядным рыбам непосредственно в рыбоводческом хозяйстве показывают, что при производстве ценного витаминизированного растительного экологически безопасного корма целесообразно применение аквапонного метода с использованием воды, насыщенной питательными веществами.

ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION

Аквапоника на сегодняшний день известна как одна из самых эффективных систем сельскохозяйственного производства; однако имеются ограниченные данные об уровне ее эффективности. Анализ работ зарубежных авторов продемонстрировал, что аквапоника более эффективна, чем гидропоника. Более высокие потери азота и фосфора в гидропонике происходят в основном из-за более высоких поступлений азота и фосфора, вызывая в 2 раза более высокие потери азота из-за выброса газа и до 3 раз более высокие потери фосфора через неорганический фосфат в сточных водах по сравнению с аквапоникой [2, 4].

Аквапоника представляет собой интеграцию гидропоники с аквакультурой, процесс, который может производить два вида продукции одновременно, используя преимущества обеих систем. Что еще более важно, это могло бы сократить потребление воды и сброс отходов в окружающую среду за счет рециркуляции отработанных питательных веществ. Хорошо управляемая аквапоника может повысить эффективность использования питательных веществ, снизить потребление воды и повысить продуктивность рыб и растений. Таким образом, она становится экологически безопасным способом производства продуктов питания и широко применяется для выращивания высококачественной рыбы и растениеводческой продукции [1, 6].

Чтобы прокормить растущее население мира возникнет острая потребность в высокопроизводительных и устойчивых системах производства продуктов питания, при максимальном увеличении повторного использования воды и питательных веществ и уменьшении воздействия на окружающую среду, особенно в райо-

нах с ограниченными водными ресурсами. Гидропоника, выращивание растений в воде, обогащенной питательными веществами, была интегрирована с системами аквакультуры, чтобы сформировать аквапонические системы. В аквапонике продукты жизнедеятельности рыб преобразуются биофильтром в растворимые питательные вещества, которые усваиваются растениями и позволяют «чистой» воде возвращаться обратно рыбам. Аквапоника, как система с замкнутым контуром, способна стать важным фактором развития интегрированных систем производства пищевых продуктов и представляет собой форму интегрированной мульти-трофической системы, которая приобрела популярность в последние несколько лет. Хорошо управляемая аквапоника может повысить эффективность удержания питательных веществ, сократить потребление воды и сброс отходов (в основном, питательных веществ) в окружающую среду, максимально использовать площади культивирования и повысить прибыльность за счет одновременного выращивания двух товарных культур. За последние десятилетия использовалось много видов гидропонных растений, включая листовые овощи, водяной шпинат, салат, мяту, базилик и шпинат [3, 5].

К подбору объектов культивирования аквапонным способом следует относиться как к наиболее важному определяющему звену технологии и бизнеса в целом. Именно от выбора объекта выращивания во многом зависит не только получение прибыли, но и основные технологические моменты и подбор оборудования, расходных материалов и квалификация рабочего персонала. Но не следует забывать и такое понятие, как рыночная стоимость готовой растительной продукции, если она несопоставимо мала даже при мини-

мальных затратах, то следует выбрать другой объект выращивания, который приведет к рентабельности внедрения проекта [4, 7].

При выборе культуры для проращивания в целях скармливания растительноядным рыбам аквапонным методом следует руководствоваться следующими принципами: рентабельность проращивания, рынок сбыта, его заполняемость и заинтересованность; возможности совмещения бассейнового осетроводства и прудового товарного рыбоводства (культивирование растительноядных рыб); наличие рабочей силы и близость расположения населенных пунктов, дорог, коммуникаций к водному объекту; возможности дальнейшей реализации и расширения производственной базы; срок проращивания зерна, которое очень важно для недопущения развития патогенной микрофлоры; отсутствие у объекта проращивания признаков или возможностей для оказания негативного влияния на водный объект; особенно актуально применение циклического проращивания зерна.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ / MATERIALS AND METHODS

Целью исследований было изучение проращивания зерна пшеницы в качестве аквапонного корма для растительноядных рыб в аквапонной установке. В ходе опыта решены следующие задачи: определить скорость прорастания, всхожесть зерна пшеницы при использовании аквапонной установки; изучить влияние аквапонного способа проращивания на длину ростков зерна пшеницы, количество и длину корней; проанализировать химический состав пророщенного зерна и содержание в нем витамина B₂ и каротина.

В условиях ООО «Албаши», располо-

женном в Ленинградском районе Краснодарского края было изучено экспериментальное проращивание зерна пшеницы методом аквапоники для получения подкормки для растительноядных рыб, выращиваемых в поликультуре (каarp, сазан, белый амур, черный амур, толстолобик).

Рынок сбыта в северной части Краснодарского края обеспечивает полностью реализацию полученной товарной продукции аквапоники.

Условия выращивания в полной мере соответствуют выбранным культурам.

Применение в кормовых целях пророщенных зерен растительноядным рыбам безопасно.

Выращивание дополнительной растениеводческой продукции в условиях аквакультуры не привнесло значительных изменений в устоявшийся технологический цикл производства.

Дополнительных рабочих единиц не понадобилось, выращивание аквапонного корма производилось силами рабочих предприятия, занятых процессами рыбо-разведения;

Проращивание аквапонной подкормки возможно с конца марта – начала апреля до октября-ноября.

В хозяйстве ООО «Албаши» имеются бассейны и садки для выращивания осетровых, а также пруды для культивирования поликультуры (каarp, сазан, белый амур, черный амур, толстолобик).

В таблице 1 представлена схема эксперимента.

Таблица 1 – Схема опыта

Группа	Условия опыта
1 (контроль)	Проращивание зерна пшеницы в водопроводной воде в условиях помещения в стаканчиках
2 (опыт)	Проращивание зерна пшеницы в условиях аквапонной установки в стаканчиках

Аквапонное устройство имеет в составе емкость для содержания рыбы, а также систему для выращивания растений. В системе для выращивания растений имеются модули, расположенные по ярусам, труба с выходными патрубками, насос для циркуляции воды и устройство для выпуска воды из системы для выращивания растений в емкость для рыб.

В таком аквапонном устройстве можно не только выращивать растения, но и проращивать семена перед посадкой в грунт. Вода за счет непрерывного стекания насыщается кислородом (на 3,5 % выше, чем в бассейне без аквапонного устройства), что является положительным моментом для роста рыбы и экономии электроэнергии для снижения продолжительности работы оксигенатора.

РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS

Всхожесть семян при проращивании зерна пшеницы в первой (контрольной) группе составила 97,0 %, а во второй (опытной) группе, в аквапонной установке, – 99,0 %.

Наибольшая всхожесть выявлена при применении аквапонного способа, что

вполне объяснимо повышенной концентрацией в воде биогенных веществ, выделяемых рыбой, которые усиливают рост вегетативных частей зерна.

Масса 100 штук зерен пшеницы в сухом виде была равна 4,2 г в обеих группах, а после замачивания через 12 часов в контрольной группе была равна $11,2 \pm 0,21$ г, а во второй (опытной) группе – $13,8 \pm 0,31$ г ($P < 0,001$), что оказалось выше на 23,2 %.

Длина ростков зерен пшеницы на 3-й день проращивания достоверно повысилась во 2 (опытной) группе, по сравнению с первой (контрольной) – на 27,5 % ($P < 0,01$).

На 6-й день культивирования зерна длина ростков увеличилась во 2 (опытной) группе на 27,4 % ($P < 0,05$), при этом длина корней повысилась на 32,2 %, относительно первой группы ($P < 0,01$).

Химический состав пшеницы при проращивании разными способами представлен в таблице 2.

Таблица 2 – Химический состав пшеницы при проращивании разными способами

Группа	Показатели					
	Сырой протеин	Сырой жир	Сырая клетчатка	Сырая зола	Витамин В ₂ , мкг/г	Каротин, мкг/г
1 (контроль)	10,89 $\pm 0,75$	2,68 $\pm 0,05$	11,02 $\pm 0,54$	3,06 $\pm 0,02$	6,40 $\pm 0,07$	189,5 $\pm 3,7$
2 (опыт)	13,11 $\pm 0,88^*$	2,70 $\pm 0,04$	11,00 $\pm 0,38$	2,98 $\pm 0,03$	6,80 $\pm 0,05^{***}$	198,3 $\pm 3,5^*$

Примечание: * – $P < 0,05$; *** – $P < 0,001$.

В ходе проведения эксперимента установлено достоверное увеличение содержания сырого протеина в пророщенной пшенице второй (опытной) группы на 20,4 % ($P < 0,05$), витамина В₂ – на 6,3 % ($P < 0,001$). Накопление каротина в пророщенном зерне в контроле составило $189,5 \pm 3,7$ мкг/г и в 2 (опытной) группе – $198,3 \pm 3,5$ мкг/г, или выше на 4,6 % ($P < 0,05$). Объем продукции зависит от размеров аквапонической установки и

выхода товарной продукции.

ВЫВОДЫ / CONCLUSION

Всхожесть семян при проращивании зерна пшеницы в первой (контрольной) группе составила 97,0 %, а во второй (опытной) группе, в аквапонной установке, – 99,0 %. Длина ростков зерен пшеницы на 3-й день проращивания достоверно повысилась во 2 (опытной) группе, по сравнению с первой (контрольной) – на 27,5 % ($P < 0,01$).

Установлено достоверное увеличение содержания сырого протеина в пророщенной пшенице второй (опытной) группы на 20,4 % ($P<0,05$), витамина В2 – на 6,3 % ($P<0,001$). Накопление каротина в пророщенном зерне в контроле составило $189,5\pm3,7$ мкг/г и в 2 (опытной) группе – $198,3\pm3,5$ мкг/г, или выше на 4,6 % ($P<0,05$). Результаты данного исследования производства гидропонного корма для растительноядных рыб непосредственно в рыбноводном хозяйстве, свидетельствуют о том, что с целью получения растительного целесообразно применение аквапонного метода.

PRODUCTION OF FISH FOOD BY AQUAPONIC METHOD

Maxim E.A.² – Candidate of Biological Sciences, Head of ITC Aquaculture (ORCID 0000-0003-1578-0145), **Yurin D. A.**^{1*} – Candidate of Agricultural Sciences, Leading Researcher of the department livestock technologies (ORCID 0000-0003-1517-4858), **Gneush A.N.**² – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Head. department biotechnology, biochemistry and biophysics (ORCID 0000-0003-4931-795X), **Tletseruk I.R.**^{1,3} – Doctor of Agricultural Sciences., associate professor, professor of the department land management (ORCID 0000-0003-4673-4707), **Skamarokhova A.S.**¹ – Researcher of the department feeding and physiology of farm animals (ORCID 0000-0001-6821-429X)

¹ Krasnodar Research Centre for Animal Husbandry and Veterinary Medicine 350055, Krasnodar, village. Znamensky, Pervomayskaya str. 4

² Federal State Budgetary Educational institution of Higher Education "Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin", 350044, Krasnodar, Kalinina str., 13

³ Maikop State Technological University

*4806144@mail.ru

Financing: The research is carried out with the financial support of the Kuban Science Foundation in the framework of the scientific and innovative project Num. NIP-

20.1/22.32.

ABSTRACT

Aquaponics is one of the most efficient agricultural production systems; however, there is limited data on its level of effectiveness. The purpose of the research was to study the germination of wheat grain as aquaponic food for herbivorous fish in an aquaponic installation. The experimental production of aquaponic food for herbivorous fish grown in polyculture (carp, grass carp, black carp, silver carp) was studied by the method of wheat grain germination. In an aquaponic device, you can not only grow plants, but also germinate their seeds before planting in the ground. Water is saturated with oxygen due to continuous flow (3.5% more than in a pool without an aquaponic device). This is a positive factor for the growth of fish and energy savings while reducing the duration of the oxygen generators. In addition, the use of an aquaponic device provides favorable conditions for growing plants and fish with a significant reduction in the cost of installation of structures and a decrease in the cost of its operation. An increase in the germination of wheat grain during its germination in an aquaponic installation by 2.0% was established; increase in the length of sprouts during germination - by 27.5%; root length - by 32.2%; increase in the content of crude protein - by 2.2%; vitamin B₂ - by 6.1%; carotene - by 4.6%. Hydroponic feed safety indicators were within the limits of sanitary and hygienic standards. The results of this study for the production of hydroponic feed for herbivorous fish directly in the fish farm show that in the production of valuable fortified vegetable environmentally safe feed, it is advisable to use the aquaponic method using water saturated with nutrients.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Щербатов, С.А. Садковое выращивание молоди русского осетра от активной личинки до массы 1 грамм / С.А. Щербатов, А.З. Юсупова, Л.М. Васильева // Вестник рыбохозяйственной науки. - 2014. - Т. 1. - № 4. - С. 91-96.

- 2.Юрина Н.А. Использование нетрадиционного компонента в качестве кормовой добавки / Н.А. Юрина, Н.Л. Мачнева, М.С. Козлова, Ю.Н. Колесник // Аграрный научный журнал. - 2019. - № 2. - С. 53-56.
- 3.Abouelezz K.F.M., Sayed M.A.M., Abdelnabi M.A. Evaluation of hydroponic barley sprouts as a feed supplement for laying Japanese quail: Effects on egg production, egg quality, fertility, blood constituents, and internal organs // Animal Feed Science and Technology. - 2019. - Vol. 252. - pp 126-135. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2019.04.011>
- 4.Cohen A., Malone S., Morris Z., Weissburg M., Bras B. Combined Fish and Lettuce Cultivation: An Aquaponics Life Cycle Assessment // Procedia CIRP. - 2018. - Vol. 69. - pp 551-556 <https://doi.org/10.1016/j.procir.2017.11.029>.
- 5.Delaide B., Delhay G., Dermience M. et al. Plant and fish production performance, nutrient mass balances, energy and water use of the PAFF Box, a small-scale aquaponic system // Aquacultural Engineering. - 2017. - Vol. 78. - pp 130-139. <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2017.06.002>
- 6.Fang Y., Hu Z., Zou Y., Fan J. Increasing economic and environmental benefits of media-based aquaponics through optimizing aeration pattern // Journal of Cleaner Production - 2017. - 162. - pp 1111-1117. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.06.158>
- 7.Greenfeld A., Becker N., Bornman J.F., Santos M.J., Ange D. Consumer preferences for aquaponics: A comparative analysis of Australia and Israel // Journal of Environmental Management. - 2020. - Vol. 257. - 109979. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.109979>
- 8.Suhl J., Dannehl D., Kloas W., Baganz D. et al. Advanced aquaponics: Evaluation of intensive tomato production in aquaponics vs. conventional hydroponics // Agricultural Water Management. - 2016. - Vol. 178. - pp 335-344. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2016.10.013>. (In Russ.)
- 1.Shcherbatov, S.A. Cage rearing of Russian sturgeon fry from active larva to 1 gram weight / S.A. Shcherbatov, A.Z. Yusupova, L.M. Vasilyeva // Bulletin of fishery science. - 2014. - V. 1. - No. 4. - S. 91-96.
- 2.Yurina N.A. The use of an unconventional component as a feed additive / N.A. Yurina, N.L. Machneva, M.S. Kozlova, Yu.N. Kolesnik // Agrarian scientific journal. - 2019. - No. 2. - S. 53-56.
- 3.Abouelezz K.F.M., Sayed M.A.M., Abdelnabi M.A. Evaluation of hydroponic barley sprouts as a feed supplement for laying Japanese quail: Effects on egg production, egg quality, fertility, blood constituents, and internal organs // Animal Feed Science and Technology. - 2019. - Vol. 252. - pp 126-135. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2019.04.011>
- 4.Cohen A., Malone S., Morris Z., Weissburg M., Bras B. Combined Fish and Lettuce Cultivation: An Aquaponics Life Cycle Assessment // Procedia CIRP. - 2018. - Vol. 69. - pp 551-556 <https://doi.org/10.1016/j.procir.2017.11.029>.
- 5.Delaide B., Delhay G., Dermience M. et al. Plant and fish production performance, nutrient mass balances, energy and water use of the PAFF Box, a small-scale aquaponic system // Aquacultural Engineering. - 2017. - Vol. 78. - pp 130-139. <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2017.06.002>
- 6.Fang Y., Hu Z., Zou Y., Fan J. Increasing economic and environmental benefits of media-based aquaponics through optimizing aeration pattern // Journal of Cleaner Production - 2017. - 162. - pp 1111-1117. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.06.158>
- 7.Greenfeld A., Becker N., Bornman J.F., Santos M.J., Ange D. Consumer preferences for aquaponics: A comparative analysis of Australia and Israel // Journal of Environmental Management. - 2020. - Vol. 257. - 109979. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.109979>
- 8.Suhl J., Dannehl D., Kloas W., Baganz D. et al. Advanced aquaponics: Evaluation of intensive tomato production in aquaponics vs. conventional hydroponics // Agricultural Water Management. - 2016. - Vol. 178. - pp 335-344. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2016.10.013>. (In Russ.)

REFERENCES