СРАВНЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ГИДРОПОННОЙ И АКВАПОННОЙ ТЕХНОЛОГИЙ НА УСТАНОВКАХ ЗАМКНУТОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

COMPARISON OF THE EFFECTIVENESS OF HYDROPONIC AND AQUAPONIC TECHNOLOGIES IN CLOSED WATER SUPPLY INSTALLATIONS

УДК 002.304

Яценко Валентин Николаевич, кандидат химико-биологических наук, доцент, доцент кафедры водоснабжения, Воронежский государственный технический университет, Россия, г. Воронеж

Семёнов Алексей Львович, старший преподаватель кафедры технологии, организации строительства, экспертизы и управления недвижимостью

Степанова Татьяна Викторовна, ассистент кафедры водоснабжения и водоотведения, Воронежский государственный технический университет Россия, г. Воронеж

Медведев Егор Васильевич, студент, 3 курс, Дорожно-транспортный факультет, Воронежский государственный технический университет Россия, г. Воронеж

Шведов Александр Викторович, студент, 3 курс, Дорожно-транспортный факультет, Воронежский государственный технический университет Россия, г. Воронеж

Yatsenko Valentin Nikolaevich, Candidate of Chemical and Biological Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Water Supply, Voronezh State Technical University, Russia, Voronezh

Semyonov Alexey Lvovich, Senior Lecturer, Department of Technology, Organization of Construction, Expertise and Real Estate Management

Stepanova Tatyana Viktorovna, Assistant, Department of Water Supply and Wastewater Disposal, Voronezh State Technical University, Russia, Voronezh

Medvedev Egor Vasilievich, 3rd year student, Faculty of Road Transport, Voronezh State Technical University, Russia, Voronezh

Shvedov Alexander Viktorovich, 3rd year student, Faculty of Road Transport, Voronezh State Technical University, Russia, Voronezh

Аннотация

Статья посвящена разработке действующих установок гидро- и аквапоники на базе имеющейся установки замкнутого водоснабжения для выращивания аквакультуры и гидробионтов; изучению влияние симбионтных растений, выращиваемых в аквапонной и гидропонной установке на баланс азотистых веществ в установке замкнутого водоснабжения.

На основании проведённых исследований определяется технология, которая наиболее полно подходит под критерии экономичности, экологичности и производительности.

Annotation

The article is devoted to the development of existing hydro-and aquaponics installations based on the existing closed water supply installation for growing aquaculture and hydrobionts; to study the influence of symbiotic plants grown in aquaponic and hydroponic installations on the balance of nitrogenous substances in a closed water supply installation.

Based on the conducted research, the technology that best fits the criteria of economy, environmental friendliness and productivity is determined.

Ключевые слова: аквапоника, гидропоника, замкнутая система водоснабжения, аквакультура, гидробионты, современные методы ведения сельского хозяйства, растениеводство.

Keywords: aquaponics, hydroponics, closed water supply system, aquaculture, hydrobionts, modern methods of farming, crop production.

Проблематика. Население нашей планеты растёт огромными темпами, но вместе с этим растёт и количество голодающих людей. Согласно последнему докладу Продовольственной и сельскохозяйственной организации Объединенных Наций (ФАО), в 2017 году недоедали, а то и голодали 821 миллион человек – это каждый девятый житель планеты. Чтобы обеспечить населению необходимое питание приходится использовать всё большее количество химических удобрений и пестицидов, но вместе с этим происходит интенсивное загрязнение почвы и воды, которое приводит к тому, что некоторые районы нашей планеты теперь непригодны для выращивания продуктов. Такая ситуация вынуждает человечество искать новые способы ведения экологичного сельского хозяйства с минимальными затратами, которое сможет если не покрыть нужды планеты, то хотя бы внести свой вклад в решение данной проблемы. В нашей лаборатории мы рассмотрели способы ведения сельского хозяйства, такие как гидропоника и аквапоника, так как они подходят под критерии экологичности и экономичности.

Исследуемые нами технологии имеют как положительные, так и отрицательные стороны. При выращивании растений подобными способами исключается необходимость использования любых сельскохозяйственных машин, которые необходимы в традиционном сельском хозяйстве для обработки почвы. Необходимость чередования культур исчезает, также пропадает проблема защиты растений от сорняков. Выращивать гидробионтов и аквакультуру можно в закрытых помещения, где легче поддерживать необходимый уровень температуры, влажности и освещения. Множество необходимых процедур для ухода за растениями, например, полив и окучивание, исчезает в виду особенностей технологии. Благодаря внедрению автоматизации можно уменьшить количество операций, проводимых человеком, что приведёт к уменьшению трудоёмкости производства и увеличению эффективность производства.

К сожалению, у данной технологии есть и свои минусы. Площадь, которую можно использовать для выращивания гидробионтов ограничена, поэтому с традиционным видом сельского хозяйства гидропоника и аквапоника в количественном сравнении соперничать не может. К тому же, данными способами нельзя выращивать многие виды растений, которые массово выращиваются на полях. Важно отметить, что гидропоника и аквапоника серьёзно зависят от качества воды, поэтому данным системам необходимо постоянное обновление воды, потому что растворы, питающие растения, со временем теряют свои качества. Также использование данных технологий затруднительно и нецелесообразно на естественных водоёмах незамкнутого типа.

Литературный обзор. Гидропоника представляет собой метод выращивания растений без использования почвы, на искусственных средах. Принято считать, что эта технология является новшеством нашего времени, но это не так. Данный способ выращивания растений известен людям уже тысячи лет. Одно из семи чудес света Висячие сады «Семирамиды» были обеспечены системой водоснабжения, которая позволяла выращивать растения без почвы. Первым упоминанием данной технологии в России было в 1896 году на Всероссийской промышленной и художественной выставке в Нижнем Новгороде. К.А. Тимирязев демонстрировал растения, которые росли в сосудах, заполненных раствором минеральных солей. К сожалению, данный метод не только не понравился комиссии, но и был назван «кощунственным», поэтому дальнейших исследований не получил. Первое промышленное производство с использованием данной технологии осуществил в 1927 году У.Ф.Геррике. При Калифорнийском университете он внедрил технологию малообъёмной гидропоники, и с помощью неё сумел вырастить овощные культуры в минеральном растворе. У.Ф Геррике заменил почву инертным субстратом, например, минеральная вата, керамзит и так далее. Субстрат служит лишь опорой, в нем размещаются корни растений, а питание они получают из водного раствора, в котором содержатся все необходимые соли.

Своим опытом учёный доказал, что увеличить производительность установок можно только с постоянным увеличением автоматизированных процессов и внедрением новых технологий.

Лидерами и новаторами в данной технологии являются Скандинавские страны. Восемьдесят процентов площади имеющихся теплиц в этих странах занимают растения, которые выращиваются именно по гидропонной технологией. Даже в Нидерландах, в которой преобладает традиционный вид ведения сельского хозяйства, пятьдесят процентов овощей выращивается по этой технологии. Основными причинами для использования данной технологии можно считать:

- повышение урожайности и улучшение качества продукции по сравнению с традиционными методами;
- более экономичное производство достигается за счёт рационального использования тепловой энергии и сокращение затрат энергии на пропаривание;
- отсутствие необходимости в завозе и обрабатывании почвенных грунтов в теплице;
- существенная экономия воды за счет применения капельного полива и обратного контура для сбора ее излишков;
- экономия энергии за счет снижения испарения воды благодаря покрытию поверхности субстрата пленкой;
- экономия количества минеральных удобрений (до 40%);
- сокращение расходов пестицидов на дезинфекцию теплиц, улучшение фитосанитарных условий;
- возможность более точного и быстрого регулирования параметров корнеобитаемой среды (кислотности питательного раствора, содержания элементов питания, влажности, температуры и т.д.) за счет малого ее объема и применения систем управления всеми процессами на базе микропроцессорной техники, что обеспечивает существенное повышение урожайности (этот фактор сыграл основную роль в распространении технологии за рубежом);

- отсутствие сезонного характера производство, что позволяет предоставлять большее количество рабочих мест, а также предоставляет постоянную занятость для работников;
- постоянное повышение организации труда, внедрение новейших технологий.

Аквапоника – это способ ведения сельского хозяйства, который объединяет в себе разведение аквакультуры и выращивания гидробионтов Термин аквапоника происходит от латинского слова aqua (вода) и греческого πόνος (работа). Технология представляет собой искусственную экосистему, ключевыми элементами которой являются три типа живых существ: водные животные (рыбы, креветки), растения и бактерии. Аквапоника не требует химических добавок и пестицидов, поэтому продукты данного способа выращивания являются и экологически чистыми. Суть метода — в использовании отходов жизнедеятельности пресноводных животных (рыб, креветок) в качестве питательной среды для растений, которые в свою очередь очищают воду и производят кислород необходимый для рыб. Аквапоника решает проблему отчистки воды вредных соединений, которые накапливаются в замкнутой системе. Азотистые, калийные, фосфорные соединения, углекислый газ крайне негативно влияют на рыб, но для растений являются прекрасным удобрением. Основным продуктом разложения отходом жизнедеятельности рыб является аммиак, которые они выделяют в воду. Благодаря аэробным бактериями он окисляется и его газообразные производные превращаются в нитриты и нитраты, но для данного процесса бактериям необходим кислород, который поставляют растения. В свою очередь, растения поглощают данные соединения, тем самым снижая токсичность воды. Хотя растения могут в некоторой степени поглощать аммиак непосредственно из воды, нитраты они усваивают легче.

Данный процесс схож с биоремедиацией. Растворением токсичных веществ занимаются бактерии, которые находятся в субстрате растений и биофильтра, а также в корневых системах. Благодаря этим бактериям растения

поглают нитриты, нитраты, азот, фосфор и углекислый газ, и благодаря внутренним процессам обогащают воду кислород, который нужен для дыхания водным животным.

При использовании данной технологии нужно строго следить за дозировками питательных добавок, ведь неосторожное их применение может привести к болезням растений и рыб, или даже к смерти. Именно поэтому в данной технологии не применяются пестициды.

Аквапоника сочетает в себе качества экологичности и экономности. Для данной технологии не требуется закупка фосфорных и азотных удобрений. Стоит отметить, что данный метод позволяет существенно экономить воду, особенно в системах с рециркуляцией воды.

Методы и результаты исследования. Для нашего исследования производительности гидропонной и аквапонной технологии мы подготовили два резервуара с замкнутым водоснабжением. В первом резервуаре нами было решено использовать технологию аквапоники, а во втором гидропоники. В аквапонной установке выращивали клариевого сома, тилапию и зеленую массу растений салата. В гидропонной системе выращивалась только зелёная масса салата. Обе установки в качестве субстрата для растений использовали минеральную вату. В ходе испытания в обоих резервуарах было одинаковое количество мест для выращивания гидробионтов, а также поддерживалась одинаковая температура, влажность и степень освещения, единственным различием являлось то, что для гидропонной установки также использовались органические добавки. Продолжительность освещения растений составляла 12 часов, при освещённости в 6000 люкс. Полный срок исследования составил 60 дней. В ходе испытания измерялись:

- гидрохимические показатели опытных бассейнов;
- сравнение зелёной массы салата выращенной на аквапонной установке и гидропонной установке;
- среднесуточный прирост живой массы клариевого сома и тилапии на протяжении всего исследования, выращенного в аквапонной установке.

Гидрохимические показатели опытных бассейнов соответствовали технологическим нормам. При этом существенных отличий по химическому составу в обеих группах бассейнов не наблюдалось, за исключением уменьшения pH среды и азотистых соединений, и увеличение количества кислорода в аквапонной установке.

Изменение гидрохимических показателей опытных бассейнов за 60 суток представлены в таблице 1, по результатам которой построены графики зависимостей (рисунки 1 – 2).

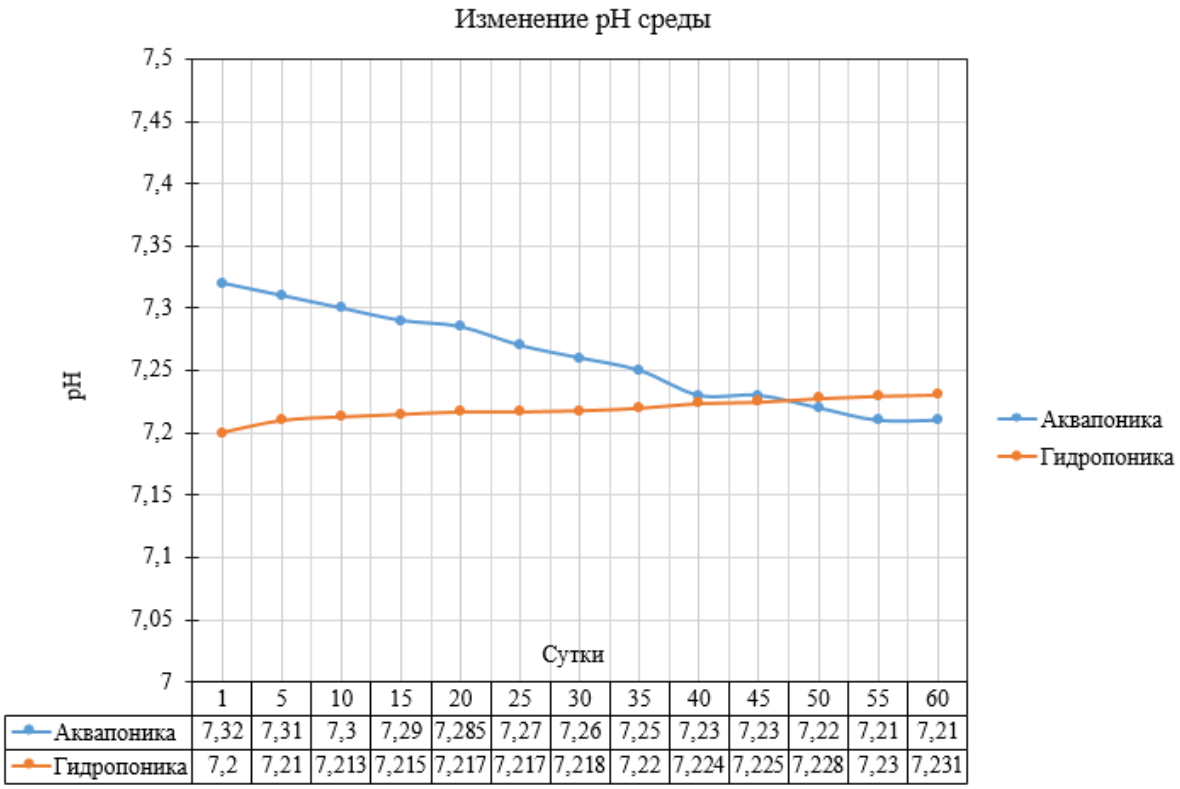
Таблица 1 – Изменение гидрохимических показателей опытных бассейнов за 60 суток

Сутки	Изменение pH среды		Изменение концентрации растворённого кислорода	
	Гидропоника	Аквапоника	Гидропоника	Аквапоника
1	7,2	7,32	4,38	4,19
5	7,21	7,31	4,37	4,21
10	7,213	7,3	4,37	4,22
15	7,215	7,29	4,367	4,23
20	7,217	7,285	4,364	4,248
25	7,217	7,27	4,36	4,257
30	7,218	7,26	4,358	4,26

Продолжение таблицы 1

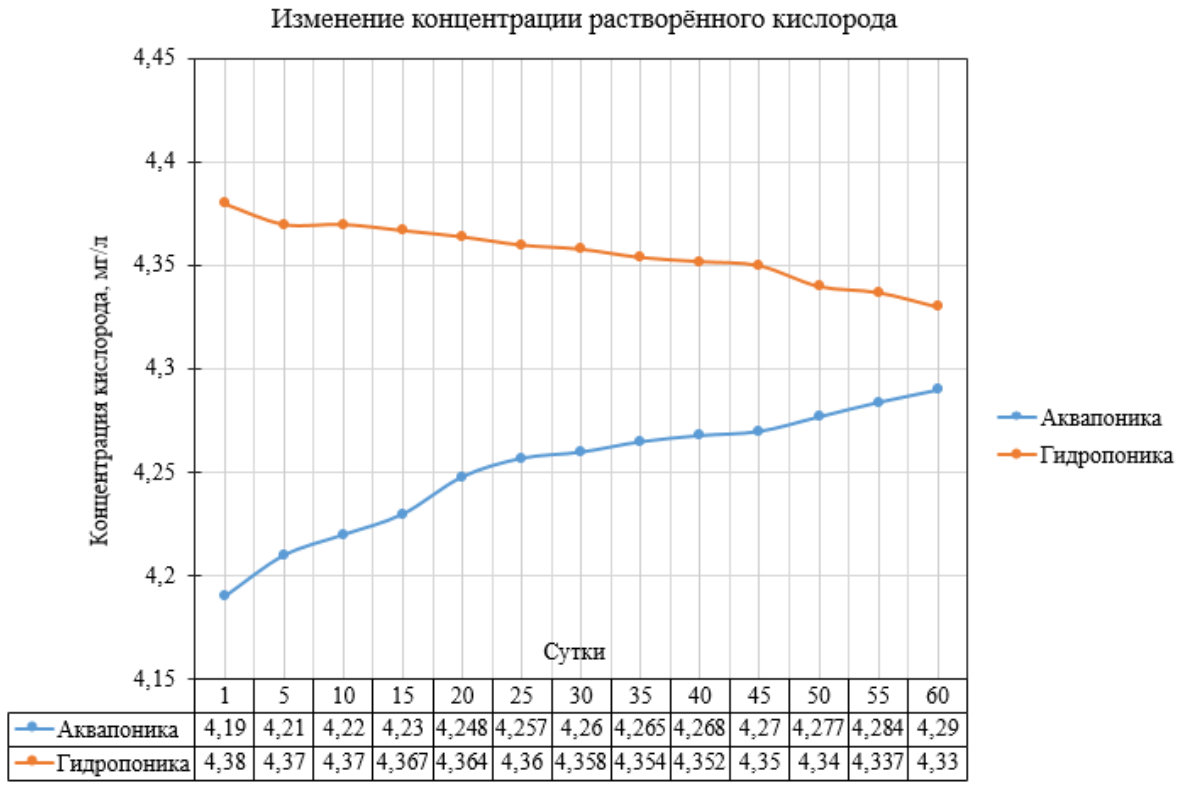
Сутки	Изменение pH среды		Изменение концентрации растворённого кислорода	
	Гидропоника	Аквапоника	Гидропоника	Аквапоника
35	7,22	7,25	4,354	4,625
40	7,224	7,23	4,352	4,268
45	7,225	7,23	4,35	4,27

50	7,228	7,22	4,34	4,277
55	7,23	7,21	4,337	4,284
60	7,231	7,21	4,33	4,29



	1	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
Аквапоника	7,32	7,31	7,3	7,29	7,285	7,27	7,26	7,25	7,23	7,23	7,22	7,21	7,21
Гидропоника	7,2	7,21	7,213	7,215	7,217	7,217	7,218	7,22	7,224	7,225	7,228	7,23	7,231

Рисунок 1 – Изменение pH среды в опытных бассейнах за 60 суток



	1	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
Аквапоника	4,19	4,21	4,22	4,23	4,248	4,257	4,26	4,265	4,268	4,27	4,277	4,284	4,29
Гидропоника	4,38	4,37	4,37	4,367	4,364	4,36	4,358	4,354	4,352	4,35	4,34	4,337	4,33

Рисунок 2 – Изменение концентрации растворённого кислорода в опытных бассейнах за 60 суток

В ходе нашего исследования общая масса выращенного салата с обоих участков составила 13,248 кг. Нами было выявлено, что средняя масса салата с одного посадочного места была выше на первом участке, где использовалась аквапонная система выращивания растений. Данный показатель превысил аналогичный на втором участке (где использовался только гидропонный метод выращивания) на 12%. Аквапонный режим, таким образом, позволил получить с 1 м² площади установки 7,450 кг вегетативной массы растений салата, что на 1,652 кг больше, чем при традиционном режиме гидропоники (второй участок). Стоит отметить, что товарные качества растений с обоих бассейнов крайне высокие. Процентное соотношение вегетативной массы салата, выращенного по аквапонной и гидропонной технологиям, представлено на круговой диаграмме на рисунке 3.



Рисунок 3 – Соотношение вегетативной массы растений салата, выращенного по аквапонной и гидропонной технологиям

Среднесуточный прирост живой массы клариевого сома и тилапии на протяжении всего эксперимента в бассейне составил 4,72 г/сут и 3,32 г/сут.

Данные по изменению живой массы клариевого сома и тилапии представлены в таблице 2, по значениям которой построен график зависимости изменения массы рыб на протяжении 60 суток (рисунок 4).

Таблица 2 – Изменение живой массы рыб на протяжении 60 суток

Сутки	Изменение массы	
	клариевого сома	тилапии
1	200	50
5	218,8	63,28
10	242,48	79,7
15	266,36	96,48
20	289,87	113,46
25	312,32	129,68

Продолжение таблицы 2

Сутки	Изменение массы	
	клариевого сома	тилапии
30	336,88	147,15
35	360,14	162,88
40	384,08	178,31
45	409,44	196,08
50	431,28	212,68
55	454,88	228,2
60	478,48	247,06

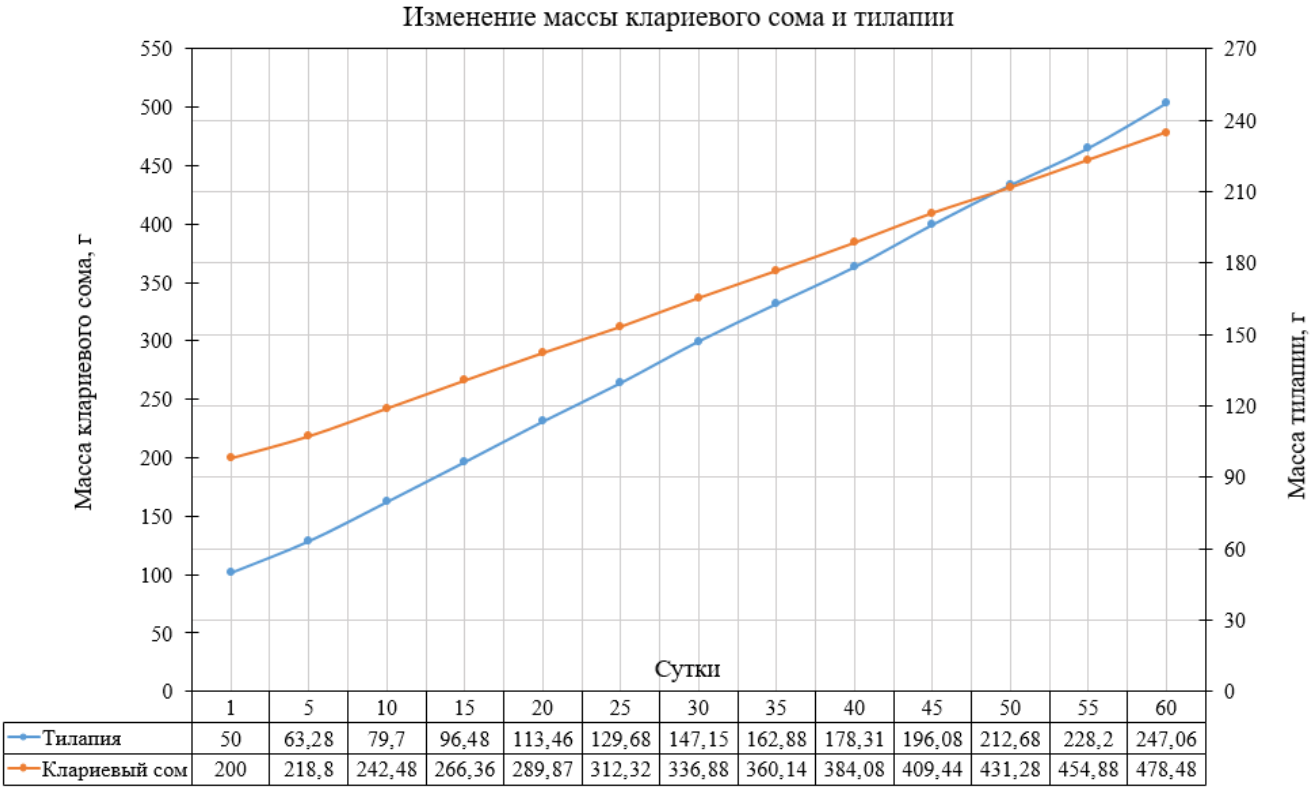


Рисунок 4 – Изменение массы клариевого сома и тилапии за 60 суток

Расход воды в обоих установках лимитировался только необходимостью очистки фильтров от загрязнения и составил 0,48 – 1,2 м³/сут.

Выводы. Таким образом, в ходе эксперимента нами не были выявлены серьёзные гидрохимические различия между аквапонным и гидропонным способами выращивания, но стоить отметить тот факт, что в аквапонной установке имелась тенденция к уменьшению pH среды и азотистых соединений, а также к увеличению уровня растворенного кислорода. В результате исследования, на двух резервуарах была выращена масса зелёного салата равная 13,248 кг, но количество салата, выращенного на аквапонной установке больше на 12%. Также, тилапии и клариевые сомы в аквапонной установке показали устойчивый рост суточный массы.

Результаты нашего исследования продемонстрировали, что аквапонный способ выращивания растений показал большую эффективность по сравнению с гидропонным при приблизительно равных расходах воды. Мы рекомендуем использовать аквапонный метод выращивания растений для установок замкнутого водоснабжения, либо комбинировать данные методы для получения дополнительного продукции и увеличения эффективности производства.

Литература

1. Брайнбалле Я Руководство по аквакультуре в установках замкнутого водоснабжения Копенгаген, 2010 г.
2. Зеленый гидропонный корм в рационах хряков-производителей Г.С. Походня,
3. А.И. Гришин, Р.А. Стрельников [и др.]. - Белгород: Изд-во БелГСХА,
4. 2011.-19 с.
5. Кулаченко В.П. «Аквакультура»: Учебное пособие. - Белгород: Изд-во БелГСХА, 2011.- 96 с.
6. Разработка элементов инновационной автоматизированной аквапонной технологии производства сельскохозяйственной продукции / А.В. Ковригин, В.П. Кулаченко, Р.А. Исаев [и др.]. //Белгородский агромир. – 2015.-№3. С.8-10

7. Рекомендации по использованию проращенного зерна ячменя в рационах свиней на откорме Г.С. Походня, А.И. Гришин, А.Н. Ивченко [и др.] - Белгород: Изд-во БелГСХА, 2011.-22 с.
8. Стратегия развития аквакультуры в Российской Федерации на период до 2020 года// «КонсультантПлюс» [Электронный ресурс]. – 2007.-10 сент.- Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_98465/

Literature

1. Brainball I Guide on aquaculture in recirculation aquaculture systems Copenhagen, 2010
2. Hydroponic green fodder in the rations of breeding boars pokhodnya G. S., A. I. Grishin, R. A. Strelnikov [and others]. - Belgorod: publishing house of BSAA, 2011.-19 C.
3. Kulachenko, V. P. "Aquaculture": a tutorial. - Belgorod: publishing house of BSAA, 2011.- 96 p
4. The development of an innovative automated aquaponic technology in agricultural production / V. A. Kovrigin, V. P., Kulachenko, R. A. Isayev [etc.]. //Belgorod Agromir. – 2015.- No. 3. S. 8-10
5. Recommendations for the use of germinated grains of barley in the diets of pigs for fattening pokhodnya G. S., A. I. Grishin, A. N. Ivchenko [et al]. - Belgorod: publishing house of BSAA, 2011.-22 C.
6. The strategy of aquaculture development in the Russian Federation for the period till 2020// "Consultant plus" [Electronic resource]. – 2007.- 10 Sept.- Mode of access: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_98465/