

С.Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университетінің Ғылым жаршысы (пәнаралық) = Вестник науки Казахского агротехнического университета им. С.Сейфуллина (междисциплинарный). - 2017. - №3 (94). - С. 59-65

## РОСТ И РАЗВИТИЕ РАСТЕНИЙ В АКВАПОННОЙ УСТАНОВКЕ

*К.Н.Сызжыков, Ж.К. Куржыкаев, С.Н. Нарбаев,  
Ж.Б. Куанчалеев, Э.Б. Марленов*

### **Аннотация**

Актуальность работы обусловлена необходимостью освоения и внедрения современных технологических процессов в рыбоводстве и растениеводстве и в частности в выращивании рыб в установках замкнутого водоснабжения (УЗВ) с использованием инновационных технологий.

Научная новизна проекта заключается в том, что впервые в Казахстане будут изучены вопросы роста и развития растений в условиях выращивания в аквапонике.

Объекты исследования – установки замкнутого водоснабжения, различные объекты растениеводства (томаты, огурцы, салаты и т.д.), фитофильтры.

Цель работы – изучение вопросов роста и развития растений в аквапонной установке.

Сбор и обработка материалов проводились по общепринятым в методикам с последующим их анализом на ПК. Результаты будут рекомендованы в рыбоводные хозяйства, применяющие технологии с применением установок замкнутого водоснабжения.

В ходе исследований были определены основные виды растений подходящие для совместного выращивания с рыбами по различным критериям (выделение в воду необходимого количества химических соединений, необходимых для тех или иных видов растений, качество рыбной продукции при кормлении комбикормами с различными химическими составами, гидрохимический анализ воды, рыночная стоимость товарной рыбы и др.). Установлены виды растений наиболее приемлемые для совместного выращивания с рыбами в условиях аквапонных установок.

### **Ключевые слова:**

Рыбы, растения, биофильтр, фитофильтр, гидрохимия, томаты, салаты, огурцы, завязи.

### **Введение**

Хотя термин «аквапоника» появился не так давно, очевидные преимущества совместного выращивания растительности и пресноводных животных были замечены древними и

использовались сотни десятков лет: ценный пищевой продукт - водный обитатель, не только удобряет воду процессом своей жизнедеятельности, но и помогает бороться с вредителями и сорняками. В Вавилоне траншеи для разведения рыбы, наполненные богатой питательными веществами водой, питали растения, которые свисали и ниспадали на землю под ними [1,2,3].

Более двух тысячелетий существует практика выращивания рыб на рисовых полях в Юго-Восточной Азии, это так называемое рисо-рыбное хозяйство – комбинированное хозяйство, в котором залитое водой рисовое поле одновременно используется для выращивания риса и рыбы. Рисовые поля (чеки) в период вегетации растений представляют собой мелководные (глубина 10-30 см) водоёмы, в которых могут обитать теплолюбивые рыбы: карп, сазан и др [4,5,6].

Карпы в поисках пищи разрыхляют почву, поедают личинок рисового комара и других вредителей риса, семена сорняков, удобряют почву своими экскрементами; в результате повышается урожай риса. При кормлении карпа и удобрении чеков возрастает также рыбопродуктивность с 1 га водной площади.

При современной агротехнике метод совместного выращивания риса и рыбы стал уступать более эффективному методу отдельного выращивания, при котором зарыбляют рисовые поля, находящиеся под водным паром.

На таких полях выращивают обычно рис совместно с карпом, белым амуром, толстолобиком. Рисовые чеки удобряют, заливают водой на глубину 60-70 см.

Выход рыбы возрастает, снижается засорённость рисовых полей. В последующий год на чеках, где предшественником был зарыбленный водный пар, урожай риса увеличивается [7,8,9].

Комплексный метод использования земли с древнейших времён применяется в Китае, Японии, Индии, Индонезии, Вьетнаме, на острове Тайвань, а также в странах Южной Америки. В 20 веке, в связи с расширением площадей под посевами риса, этот метод получил распространение в Италии, Испании, Венгрии и других странах Европы. Большинство зарубежных стран для зарыбления рисовых чеков используют карпа и сазана. В странах Юго-Восточной Азии выращивают также серебряного карася, ханос, теляпию, мозамбика, гурами, сома, змееголова, в Южной Америке - большеротого буффало, сома и большеротого окуня. Используются методы совместного и отдельного выращивания риса и рыбы.

Современную аквапонику справедливо считают разновидностью гидропоники, история которой начинается с опытов голландца Иоганна Ван Гельмонта в первом десятилетии семнадцатого века, который доказал, что растения можно выращивать и без грунта, правильно готовя воду.

Многочисленные наблюдения показали, что вода, используемая для выращивания растений методом гидропоники, самоочищается, то есть вещества, растворенные в ней, усваиваются корневой системой.

Первыми, кто извлек из этого факта практическую пользу, были любители декоративных рыбок. Именно для них появились аквариумные фитофильтры авторства Николая Федоровича Золотницкого. В 1885 году в книге «Аквариум любителя» он привел их краткое описание и пояснил механизм работы. Им было замечено, что растения, украшающие аквариумы, корни

которых были опущены в воду, растут не с меньшей эффективностью, чем на грунте с интенсивным ОГАУ «ИКЦ АПК» удобрением. А рыбы, плавающие в такой воде, хорошо развиваются и не болеют [7,8,10].

Правда, в то время этот научный факт имел ограниченное применение.

В настоящее время, в эпоху энергосбережения и экологических приоритетов, аквапоника получила новое развитие. На западе имеется немало ферм, в которых выращиваются экологически чистые продукты методом аквапоники, и даже сняты фильмы, популяризирующий этот бизнес.

### **Материалы и методика исследования**

Экспериментальная работа проводилась на базе научно-исследовательского центра "Рыбное хозяйство" Казахского агротехнического университета им. С. Сейфуллина, г. Астана. Материалом для исследования послужили следующие объекты - томаты, огурцы, салат, клубника и перец сладкий.

Для проведения экспериментальной работы было сконструировано установки для комбинированного выращивания рыб и растений в аквапонике: аквапонная установка в теплице и аквапонная установка в помещении (лаборатории НИЦ РК).

В ходе проведения экспериментальной работы были сконструированы 4 установки замкнутого водоснабжения с интегрированными модулями

аквапоники. Первые две установки были сооружены в теплице для проведения экспериментов с использованием преимущественно солнечного света. Каждая состоит из одного круглого рыбоводного бассейна из полипропилена диаметром 0,9 м. Аквапонный модуль состоит из коробов изготовленных из полипропилена. Высота бортов порядка 20 см. Растения размещаются на плотках, изготовленных из ..... В качестве гидродинамической силы выступал прудовый насос Hailea мощностью 50 ватт и проточностью 1750 л/час. В качестве механического фильтра использовалась канистра от внешнего фильтра объемом 5 литров с наполнителем из синтепона, который промывался раз в день. В качестве субстрата

для растений использовался керамзит фракцией 5 - 40 мм.

Последние две установки были сооружены в лаборатории НИЦ «Рыбное хозяйство». Данные аквапонные системы были сооружены для проведения экспериментов с использованием искусственных источников света (фитолампы, диоды, люминесцентные лампы), для чего целенаправленно были сооружены специализированные осветительные платформы с регулирующейся высотой.

Принцип конструкции был идентичен тепличной системе с разницей формы и объема рыбоводных бассейнов (продольной овальной формы) и мощностью насоса (22 ватт и 1500 л/час).

Для эффективной и экономичной работы установки замкнутого водоснабжения, определялись самые оптимальные параметры его основных компонентов. Аквапонный модуль экспериментальной установки замкнутого водоснабжения был спроектирован в соответствии с требованиями к среде обитания растений, высаживание которых предусмотрено в рамках данного эксперимента.

После высадки рыбы через 7 дней были посажены семена томатов, огурцов, салата в специальные торфяные таблетки используемые в гидропонике.

Первые всходы были зарегистрированы через 2,5 дня после посадки. Время от посадки до появления двух полноценных листов составил 3 дня, что в среднем 1,5 раза короче традиционных методов выращивания в земле.

Как показывает опыт, механическая фильтрация воды, вытекающей из рыбоводных бассейнов, является единственным практичным методом удаления органических отходов в аквапонике.

Для характеристики гидрохимического режима в бассейнах аквапонных установок обирались пробы воды. Исследования проводились по стандартным методикам. Контроль гидрохимического режима проводился по следующим основным показателям (параметрам) - содержания кислорода ( $O_2$ ), углекислого газа ( $CO_2$ ), pH - среда, температура воды ( $t^0C$ ), а также содержание нитратов ( $NO_3$ ) и нитритов ( $NO_2$ ) [11].

Биологические исследования, фенологические наблюдения и биометрические учеты, динамики накопления сырой и сухой биомассы по фазам развития растений, а также скорость роста растений осуществлялись по методике Минеева В.Г. и Юдину Ф.А. [12 - 13].

### **Основные результаты исследования**

На сегодняшний день, более 150 различных видов овощей, трав,

цветов и небольших деревьев успешно выращивают в системах

аквапоники, как в бытовых и коммерческих масштабах. В общем, листовые зеленые растения очень хорошо растут и являются одними из самых плодоносных овощей, среди них помидоры, огурцы и перец. Плоды овощей удовлетворяют всем требованиям по содержанию питательных веществ, при условии, что система не будет перегружена рыбными ресурсами. Тем не менее, некоторые корнеплоды и некоторые чувствительные растения плохо растут в системах аквапоники. Корнеплоды требуют особого внимания, и они успешно могут произрастать только на субстрате, который удовлетворяет всем требованиям для успешного роста корнеплодов. К растениям, не требующим высокого содержания питательных веществ относятся зелень и травы, такие как салат, базилик, мята, петрушка, кинза, зеленый лук и другие. Многие из бобовых культур, такие как горох и бобы так же не требуют высокого содержания питательных веществ. Но есть и растения, которые нуждаются в высоком содержании питательных веществ в воде. К ним относятся овощи, такие как помидоры, баклажаны, огурцы, кабачки, клубника и перец.

Листья салата хорошо растут особенно в аквапонике благодаря оптимальной концентрации питательных веществ. Многие сорта салата можно выращивать в аквапонике. Как показывает опыт, для хорошего роста салата температура воздуха должна быть ночью 3-12<sup>0</sup>С, днем 17-28<sup>0</sup>С. Рост зависит от фотопериода и

температуры. Высокая концентрация калия в воде помогает предотвратить ожоги кончиков листьев. Идеальная рН для салата 5.8-6.2, но до сих пор салат хорошо растет в воде с рН выше 7.

Технология по выращиванию: высаживать рассаду в аквапонику можно на третьей неделе, когда у растений имеется по крайней мере 2-3 листа.

Огурцы наряду с другими членами семейства тыквенных, включая сквош, кабачки и арбузы, отлично растут в аквапонике. Они являются идеальными растениями для выращивания в фильтрационных слоях, поскольку они имеют развитую корневую структуру. Огурцы так же можно выращивать на плавучих плотках, хотя при росте в керамзите снижается риск засорения системы из-за чрезмерного роста корней. Огурцы требуют большого количества азота и калия, поэтому при выборе числа растений следует учитывать эти решающие факторы.

Как показывает эксперимент, огурцы лучше всего растут в долгие жаркие влажные дни с обильным солнечным светом и теплыми ночами. Оптимальная температура роста 24-27<sup>0</sup>С в течении дня и относительной влажностью воздуха 70-90 %. Растения прекращают расти при температуре 10-13<sup>0</sup>С. Рекомендуется поддерживать уровень калия в воде для того чтобы плоды имели высокие параметры.

Саженьцы огурцов пересаживают на 2-3 неделе, когда

имеется 4-5 настоящих листа. Огурцы растут очень быстро, это позволяет регулировать длину стебля и направлять все питательные вещества к плодам, обрезая лишние концы. Наличие насекомых опылителей необходимо для хорошего оплодотворения и завязывания плодов. Стебли огурцов нуждаются в поддержке для их хорошего роста, что так же обеспечит достаточную аэрацию для предотвращения болезней листьев. Из-за высокого уровня заболеваемости и вредителей встречающихся у огурцов важно планировать соответствующие комплексные стратегии по борьбе с вредителями.

После того как высадили огурцы в систему аквапоники сбор урожая начинается через 2-3 недели. В оптимальных условиях с растения можно собрать урожай в объеме 3 - 6 кг в зависимости от сорта. Урожай собирают каждые несколько дней что бы предотвратить перерастание плодов.

Данные виды растений полностью удовлетворяют необходимым критериям: количество усваиваемых органических соединений от продуктов метаболизма рыб, которые хорошо перерабатываются корневой системой, скорость роста при тех или иных концентрациях химических элементов в воде (выносливость при временном недостатке), необходимые параметры внешней среды, температурный и световой режимы (пластичность растений в зависимости от внешних факторов).

Базилик является одним из самых популярных трав, которые выращиваются в аквапонике, особенно в крупных промышленных монокультурных системах. Для высокой всхожести семян базилика нужна стабильная температура 20-25<sup>0</sup>С. После того как растения пересадили, для базилика нужны теплые условия и воздействие прямых солнечных лучей. Если средняя суточная температура превышает 27<sup>0</sup>С, то растения должны хорошо проветриваться или зона затенения должна быть не менее 20% от всей площади посадки базилика, что бы предотвратить ожоги листьев.

Пересадка новых саженцев в систему аквапоники производится только когда саженцы имеют 4-5 настоящих листьев. При высокой влажности и неоптимальной температуре базилик часто болеет различными грибковыми заболеваниями, в том числе увядание, серая гниль и черное пятно. Вентиляция воздуха при температуре воды выше чем 21<sup>0</sup>С помогают уменьшить стресс растений и частоту заболеваний.

Сбор урожая начинается, когда растения достигают в высоту 15 см и продолжается в течении 30-50 дней.

Перец является летним плодоносным овощем, который предпочитает теплые условия выращивания и полное воздействие солнца. Температура прорастания высокая 22-34<sup>0</sup>С. Семена не прорастают при температуре ниже 15<sup>0</sup>С. Дневная температура должна быть в пределах 22-28<sup>0</sup>С и 14-16<sup>0</sup>С в ночное время, при относительной

влажности воздуха 60-65%. Оптимальная температура у основания корней 15-20<sup>0</sup>С.

Как показывает опыт, пересадку саженцев в аквапонный модуль лучше всего производить, когда у растения появляются 6-8 настоящих листьев, и как только ночные температуры достигают температуры 10<sup>0</sup>С и выше. Так же необходима вертикальная поддержка растений, так как плоды перца слишком тяжелы. Необходимо оставлять только те цветы, которые будут плодоносить. Если образовалось слишком много завязей, то необходимо контролировать их количество что бы собрать качественный здоровый урожай.

Сбор урожая начинается, когда плоды перца достигают товарного размера. Урожай собирают в течении всего сезона цветения непрерывно.

Томаты являются хорошим объектом для выращивания в аквапонике. Учитывая то что томаты нуждаются в высоком содержании питательных веществ в воде, следует рассчитать число растений в соответствии с биомассой рыбы, для того что бы избежать истощения воды питательными веществами. Более высокая концентрация азота на ранних стадиях выращивания благоприятствует вегетативному росту растений, тем не мене, калий должен присутствовать в достаточном количестве для того что бы растения нормально цвели и давали плоды.

Как показывает опыт, томаты предпочитают теплые температуры

с полным воздействием солнца. При температуре ниже 8-10<sup>0</sup>С растения перестают расти, при ночной температуре 13-14<sup>0</sup>С начинается завязывание плодов. При температуре выше 40<sup>0</sup>С начинают отпадывать и перестают завязываться цветки. Растения можно выращивать оставляя 3-4 основных ветви, удаляя лишние, тем самым направляя все питательные вещества к плодам.

При выращивании томатов в аквапонике необходимо установить опорные компоненты перед высадкой растений что бы избежать повреждение корневой системы. Пересадка рассады начинается через 3-6 недель после прорастания, когда рассада достигает высоты 10-15 см, когда температура воздуха в ночное время стабильно держится на отметке выше 10<sup>0</sup>С. После того как растение достигло в высоту 60 см следует выбрать одну ветвь для которая будет плодоносить, удаляя ненужные верхние ветви. Необходимо удалять листья на высоте до 30 см от основного ствола улучшая тем самым циркуляцию воздуха и уменьшая риск заражения растений грибковыми заболеваниями. Так же необходимо удалять листья охватывающие плоды что бы направить поток питательных веществ к плоду тем самым ускоряя его созревание.

Сбор урожая начинается, когда плоды плотные и полностью окрашены. Так же плоды могут дозревать если их хранить в темном закрытом помещении.

Таким образом, учитывая биологические особенности рыб, относительно пластичности температурного режима и условий содержания, были определены оптимальные симбиотические комбинации рыб и растений для совместного выращивания, способные производить наибольшее количество растительной и рыбной продукции. Что касается аквапонной системы в тепличном комплексе, наилучший результат из объектов аквакультуры показала тилapia выращенная совместно с помидорами, огурцами и перцем. Другие объекты растениеводства имели плохую скорость роста, по сравнению с аквапонной установкой в помещении. Это

обусловлено высоким температурным режимом при возникновении парникового эффекта. Что касается аквапонного модуля в помещении, то наилучший симбиотический результат был получен при выращивании салата и базилика совместно с карпами, хотя разница в фитомассе при выращивании с осетровыми была не слишком существенна. Тем не менее этот факт можно объяснить стабильным температурным режимом и наличием специализированных фитоламп. Однако, как показывает опыт, даже различные типы освещенности не способны заменить солнечный свет, необходимый для томата, огурца и перца.

### **Обсуждение полученных данных и заключение**

При проведении исследований по вопросам выращивания растений с применением технологий аквапоники нами установлено, что данные технологические процессы и методы применительны к Центральному и Северному Казахстану. Были определены технологические процессы аквапонной установки при моделировании на открытом грунте в теплицах и в помещении в системе замкнутого водоснабжения, кроме того определили симбиотическую характеристику растений и рыб и гидрохимический режим.

Установлены морфо-биологические аспекты скорости роста и развития их при

выращивании в аквапонной установке, установлены виды растений, наиболее приемлемые к совместному выращиванию с рыбами. Определены симбиотические показатели растений и рыб.

Для достижения поставленных задач проводилось переоборудование установок замкнутого водоснабжения. В аквапонной системе установки замкнутого водоснабжения с целью улучшения гидрохимического режима вместо традиционного биологического фильтра с загрузкой бишарами применен фитофильтр. Свойство фитофильтра - поглощение продуктов метаболизма рыб корнями высаженных растений. В

данном случае эффективность фитофилтра отражается в качественном изменении гидрохимического режима. Надо отметить, что при увеличении массы корневой системы растений наблюдается тенденция к снижению концентрации нитратов и нитритов в воде, улучшается кислородный режим. Это благоприятно сказывается на темпе роста и развития рыб. Наши исследования свидетельствуют о том, что симбиотическая характеристика рыб и растений зависит от конструктивных особенностей аквапонной установки.

Изучены вопросы эффективности и продуктивные качества установок замкнутого водоснабжения с применением фитофилтра. Исследования отражают технические характеристики двух типов аквапонных установок. Установлены характерные параметрические данные данных установок, такие, как мощность водяных насосов, площадь фитофилтра, тип освещения, плотность посадки растений. Определен объем получаемой продукции на примере исследованных площадей под выращивание растений по видам.

Полученные результаты были сравнены с результатами исследований других авторов. Так

технологические процессы по применению аквапоники апробированы американскими учеными Университет Виргинских островов [James Rakocy]. Эти методы совместного выращивания рыб и растений достаточно приемлемы для суровых климатических условий Северного и Центрального Казахстана.

Проведенные исследования подтверждают высокую эффективность фитофилтра, которую играет корневая система растений в аквапонной установке, при обезвреживании продуктов метаболизма рыб. При этом существенную роль в эффективности фитофилтра будет играть объем или площадь фитофилтра и масса корневой системы. Как показали наши исследования и исследования других ученых [ ], при оптимальной площади фитофилтра к поголовью рыб, а так же по мере развития и роста корневой системы концентрация нитратов и нитритов снижалась до допустимых норм, а уровень рН и концентрация кислорода увеличивалась. Тем самым стабилизировался гидрохимический режим в бассейнах с рыбами, а это в свою очередь благоприятно влияло на темпы роста и развития рыб.

## Список литературы

- 1 Сборник информационных материалов по теме: «Аквапоника – технология сельского хозяйства будущего». - Белгород, ОГАУ «ИКЦ АПК», 2015. – 4 с.
- 2 Сивцова А.М. Физиология растений. /ГОУВПО «Тобольский государственный педагогический институт имени Д. И. Менделеева». - Тобольск, 2006.
- 3 Geoff Wilson Greenhouse aquaponics proves superior to inorganic hydroponics// Aquaponics Journal. — 2005.—№ 39.—С. 14-17.
- 4 James E. Rakocy, Michael P. Masser, Thomas M. Losordo Recirculating aquaculture tank production systems: Aquaponics — integrating fish and plant culture // Southern Regional Aquaculture Center. — November 2006, SRAC Publication No. 454
- 5 Steve Diver Aquaponics — integration of hydroponics with aquaculture // ATTRA — National Sustainable Agriculture Information Service. — National Center for Appropriate Technology, 2006.
- 6 Wilson A. Lennard, Brian V. Leonard A. Comparison of Three Different Hydroponic Sub-systems (gravel bed, floating and nutrient film technique) in an Aquaponic Test System // Aquaculture International. — December 2006. — Vol. 14. — Issue. 6. — P. 539–550. — DOI:10.1007/s10499-006-9053-2.
- 7 Rakocy, J.E. 2002. Aquaponics: vegetable hydroponics in recirculating systems. p 631- 672. In: M.B. Timmons, J.M. Ebeling, F.W. Wheaton, S.T. Summerfelt and B.J. Vinci, Recirculating Aquaculture Systems, 2<sup>nd</sup> Ed. Cayuga Aqua Ventures, Ithaca, New York. Tables Table 1. Tilapia
8. Ako, H., and Baker, A. 2009. Small-scale lettuce production with hydroponics or aquaponics. College of Tropical Agriculture and Human Resources (CTAHR), University of Hawai‘i at Mānoa. [www.ctahr.hawaii.edu/oc/freepubs/pdf/SA-2.pdf](http://www.ctahr.hawaii.edu/oc/freepubs/pdf/SA-2.pdf).
9. Hollyer, J., et al. 2009. On-farm food safety: aquaponics. CTAHR. [www.ctahr.hawaii.edu/oc/freepubs/pdf/FST-38.pdf](http://www.ctahr.hawaii.edu/oc/freepubs/pdf/FST-38.pdf).
- 10 Andreas Graber, Ranka Junge. Aquaponic Systems: Nutrient recycling from fish wastewater by vegetable production. Desalination 246 (2009) 147–156
- 11 Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши /д-р хим. наук проф. А.Д. Семенов. – Л.: Гидрометеиздат, 1977. – 542 с.
- 12 Юдин Ф.А. Методика агрохимических исследований. - М.: Колос, 1980.
- 13 Минеев В.Г. Практикум по агрохимии. - М.: МГУ, 2001.

## Түйін

Определены симбиотические виды растений и рыб, которые будут давать наибольший выход продукции при совместном выращивании с минимальным внешним воздействием. Была дана оценка закономерности скорости роста растений в различных климатических, гидрохимических и

фитологических условиях. Была переоборудована установка замкнутого водоснабжения, путем конструктивной замены биологического фильтра, использующий денитрифицирующие бактерии, на фиточувствительный, поглощающий продукты метаболизма корнями растений.

### **Summary**

Symbiotic species of plants and fish are identified, which will give the greatest yield of production when co-cultivated with minimal external impact. An estimation was made of the regularity of the growth rate of plants in various climatic, hydrochemical and phytological conditions. The installation of closed water supply was re-equipped, by constructive replacement of the biological filter, using denitrifying bacteria, on a phytofilter that absorbs metabolic products by plant roots.