

## ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОЛИЗНЫХ ПРОЦЕССОВ НА КОНЦЕНТРАЦИЮ АЗОТИСТЫХ СОЕДИНЕНИЙ И ПРОДУКТИВНОСТЬ ФИТОМОДУЛЯ АКВАПОННОЙ СИСТЕМЫ

Козырь А.В., аспирант, Штепа В.Н. д.т.н., доцент<sup>1</sup>,  
Таразевич Е.В. д.с-х.н., доцент<sup>2</sup>

*(<sup>1</sup>Полесский государственный университет,*

*<sup>2</sup>Белорусский государственный аграрный технический университет)*

*В работе представлены материалы исследования физической модели аквапонной системы с применением бездиафрагменных электролизных блоков, позволяющих улучшить гидрохимический режим установки и повысить производительность фитомодуля.*

**Ключевые слова.** аквапонная система, фитомодуль, электролизные процессы, клариевый сом, микрозелень горчицы.

Высокие концентрации азотистых соединений в технологических водах установок замкнутого водоснабжения (УЗВ) оказывают пагубное влияние на выращиваемых гидробионтов. При значениях близким к предельно-допустимым концентрациям (ПДК) ухудшается общее самочувствие гидробионтов, ослабляется иммунитет, наблюдается вялость, возникают проблемы с поеданием и усвоением кормов.

Несъеденный корм приводит к чрезмерным нагрузкам на систему механической и биологической фильтрации, а также к дополнительным экономическим расходам. Повышенная концентрация азотистых соединений уменьшает оплату корма и снижает темпы массонакопления гидробионтов. Одним из способов улучшения продуктивности УЗВ, путём снижения концентрации азотистых и фосфорных соединений, выступает аквапоника. Аквапоника – комбинированный симбиотический высокотехнологичный способ ведения сельскохозяйственных работ, интегрирующий получение растительных продуктов питания на гидропонной основе в сочетании с индустриальным рыбоводством, технологические воды которого обеспечивают растения органическими выделениями в качестве естественных удобрений. Проведенные ранее исследования показали, что использование фитомодулей в УЗВ позволяет снизить концентрацию  $NH_3/NH_4^+$  с  $3,69 \pm 0,10$  до  $1,10 \pm 0,06$ ,  $NO_2$  с  $0,46 \pm 0,02$  до  $0,13 \pm 0,01$  и  $NO_3$  с  $45,13 \pm 1,92$  до  $21,87 \pm 0,99$  [1]. Стабилизация гидрохимического режима привела к улучшению физического состояния гидробионтов, тем самым повысив поедаемость корма и общую продуктивность системы.

На основе анализа литературных данных можно прийти к выводу, что целесообразно использовать, с целью повышения эффективности работы аквапонной системы, электролизные установки. Проходя обработку в таком агрегате технологические воды УЗВ насыщаются кислородом, происходит изменение окислительно-восстановительного потенциала (ОВП), что может

оказывать влияние на продуктивность фитомодуля. Также происходит воздействие на поллютанты путем прямого анодного окисления и/или образованными окислителями: атомарным кислородом, перекисью водорода ( $H_2O_2$ ), озоном ( $O_3$ ) и другими [2, 3].

Для проверки влияния электролиза на продуктивность аквапонной системы была собрана физическая модель, состоящая из:

- рыбоводной емкости объемом 100 литров;
- фильтра механической очистки;
- фитомодуля площадью 1 м<sup>2</sup>.

В качестве объекта культивирования был использован перспективный объект индустриальной тепловодной аквакультуры – Клариевый сом (*Clarias gariepinus*). Средняя масса посадочного материала сома составляла 35 г. В систему была зарыблено 272 экз., общей массой 9520 г, плотность посадки составила 95,2 кг/м<sup>3</sup> или 2720 экз/м<sup>3</sup>. Кормление сома в установке проводили комбикормом марки К-115.2, производства ОАО «Жабинковский комбикормовый завод». Массовая доля сырого протеина в комбикорме составляла 45 %, сырого жира – 12 %, сырой клетчатки – 3 %. Кормление проводили дробными порциями каждые 8 часов, суточная норма задаваемого корма составила 290 грамм, что составляет 3 % от биомассы культивируемого сома. К системе был подключен фитомодуль площадью 1 м<sup>2</sup> работающий по технологии NFT (*Nutrient Film Technique*), субстратом для растений выступал геотекстиль из нетканого полотна, дополнительно в системе был предусмотрен дренажный слой из керамзита. В фитомодуле производилось выращивание микрозелени горчицы, плотность высадки составила 100 г/1м<sup>2</sup>. Также был собран электролизный блок, состоящий из 2-х бездиафрагменных электролизеров с графитовой загрузкой как анодной, так и катодной зон. Высота каждого из электролизеров – 1,5 метра, диаметр 110 мм, плотность загрузки графитом 75 %. Проточность системы составляла 25,92 л в час или 622 л в сутки.

В ходе проведения эксперимента контролировались следующие показатели: концентрация TAN ( $NH_3/NH_4^+$ ,  $NO_2$ ,  $NO_3$ ), с помощью капельных тестов НИЛПА согласно методике производителя; водородный показатель pH, с помощью портативного pH-метра для измерений с погружением *Thermo Scientific* с погрешностью измерений  $\pm (0.01 \text{ ед. pH} + 1 \text{ дискрета})$ ; TDS – *total dissolved solids* с помощью HM *Digital* TDS-3 с диапазоном измерения минерализации воды: 0~9990 ppm (мг/л); ОВП – окислительно-восстановительный потенциал, с помощью портативного измерителя ОВП *Thermo Scientific* серии *ELITEORP* с погрешностью измерений  $\pm 2 \text{ мВ}$ ; светопроницаемость исследуемой воды измерялась с помощью спектрофотометра ПЭ-5400 по методике производителя. Также производились контрольные взвешивания растений и рыб на весах PCE-WS 30 с рабочим диапазоном до 30 кг и дискретностью 0,5 гр.

На первом этапе эксперимента, на протяжении 9 дней система работала без электролизного блока, проводился контроль всех основных гидрохимических показателей, после чего были произведены контрольные взвешивания рыбы и микрозелени. Полученные данные в ходе проведения первого этапа позволяют

оценить влияние электролизного блока на продуктивность системы. Далее была произведена замена всей технической воды и промывка фильтров от загрязнений, после чего к системе был подключен электролизный блок, и заново был высажен посадочный материал горчицы в фитомодуль. Вторым этапом эксперимента также длился 9 дней, так как это срок выращивания микрозелени горчицы в гидропонной системе. В ходе проведения второго этапа также контролировались гидрохимические и весовые показатели. Данные по накоплению азотистых соединений представлены в таблице.

Таблица – Гидрохимические показатели в тестируемых аквапонных системах

| День   | Аммиак-аммоний (NH <sub>3</sub> /NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ), мг/л | Нитрит (NO <sub>2</sub> ), мг/л | Нитрат (NO <sub>3</sub> ), мг/л | Водородный показатель рН | ОВП, мВ | TDS, ppm | Светопроницаемость, % | Сила тока, А |
|--|---|---------------------------------|---------------------------------|--------------------------|---------|----------|-----------------------|--------------|
| 1  | 2   | 3                               | 4                               | 5                        | 6       | 7        | 8                     | 9            |
| <i>Аквапонная система без электролизного блока</i>           |   |                                 |                                 |                          |         |          |                       |              |
| 1  | 0   | 0                               | 0                               | 7,61                     | 31      | 211      | 84,6                  |              |
| 2  | 4   | 0,1                             | 3                               | 7,77                     | 37      | 381      | 72,8                  |              |
| 3  | 3   | 0,2                             | 4                               | 7,74                     | 21      | 331      | 70,6                  |              |
| 4  | 5   | 0,1                             | 2                               | 7,66                     | 22      | 271      | 69,3                  |              |
| 5  | 4   | 0,2                             | 2                               | 7,75                     | 23      | 395      | 69,1                  |              |
| 6  | 5   | 0,1                             | 1                               | 7,74                     | 11      | 432      | 52,7                  |              |
| 7  | 6   | 0                               | 0                               | 7,71                     | -4      | 476      | 42,4                  |              |
| 8  | 6   | 0                               | 0                               | 7,75                     | -10     | 573      | 35,1                  |              |
| 9  | 7   | 0                               | 0                               | 7,73                     | -17     | 584      | 33,2                  |              |
| <i>Аквапонная система с применением электролизного блока</i> |   |                                 |                                 |                          |         |          |                       |              |
| 1  | 0   | 0                               | 0                               | 7,14                     | 82      | 73       | 85,6                  | 2            |
| 1  | 2   | 3                               | 4                               | 5                        | 6       | 7        | 8                     | 9            |
| 2  | 0   | 0                               | 0                               | 7,09                     | 75      | 115      | 83,1                  | 2            |
| 1  | 2   | 3                               | 4                               | 5                        | 6       | 7        | 8                     | 9            |
| 3  | 2   | 0,2                             | 0                               | 6,77                     | 44      | 141      | 83,4                  | 2            |
| 4  | 2   | 0,2                             | 0                               | 6,44                     | 40      | 78       | 82,9                  | 1            |
| 5  | 3   | 0,3                             | 0                               | 6,3                      | 40      | 80       | 80,1                  | 1            |
| 6  | 2   | 0,2                             | 0                               | 6,51                     | -24     | 69       | 78,3                  | 1            |
| 7  | 2   | 0,2                             | 0                               | 6,92                     | 31      | 121      | 77,5                  | 2            |
| 8  | 2   | 0,2                             | 0                               | 6,71                     | 42      | 130      | 77,8                  | 3            |
| 9  | 2   | 0,2                             | 0                               | 6,91                     | 52      | 73       | 77,7                  | 1            |

Анализ полученных результатов, представленных в таблице, показал, что использование электролизного блока в аквапонной системе позволило: существенно обеспечить снижение концентрации азотистых соединений TAN и держать этот показатель в рамках нижней границы технологической нормы, также существенно снизилась концентрация солей TDS и стабилизировался рН в более кислотную сторону, что оказало благоприятное воздействие на работу фитомодуля. Окисление органических соединений, производимое в электролизере, позволило существенно улучшить значения показателя

светопропускаемости, среднее значение составило 80,6 %, а в системе без электролизера – 62,3 %.

Урожайность полученной в фитомодуле микрорзелени горчицы в системе без электролизного блока составила 206,3 г с 1 м<sup>2</sup>, растения были здоровыми, корневой гнили не наблюдалось. Урожайность системы с электролизным блоком составила 308,3 г с 1 м<sup>2</sup>, что на 14,9 % выше, чем в системе без применения электролиза. Среднее значение ОВП в системе с электролизным блоком составило – 42,44 мВ, а в системе без – 12,67 мВ, что оказало благотворное влияние на рост и развитие растений.

Проведённые исследования на физической модели аквапонной системы с применением бездиафрагменных электролизных блоков показали, что их использование позволяет существенно улучшить гидрохимический режим и повысить производительность фитомодуля, а также целесообразность проведения исследований на производственной аквапонной системе малой производительности.

## Список литературы

1. Козырь, А. В. Влияние аквапонного модуля на содержание азотистых соединений в тепловодных установках замкнутого водоснабжения при выращивании клариевого сома (*Clarias Gariepinus*) / А. В. Козырь, Л. С. Цвирко // Веснік Палескага дзяржаўнага ўніверсітэта. Серыя прыродазнаўчых навук : научно-практический журнал. – 2019. – № 1. – С. 87 – 94.

2. Томеди, Э.М. Африканский сом / Э.М. Томеди, А.М. Тихомиров // Рыбоводство и рыболовство. – 2000. – № 4. – 14 с.

3. Проскуренко, И.В. Замкнутые рыбоводные установки / И.В. Проскуренко – Москва: ВНИРО, 2003. – 152 с.

УДК 631.363

## РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ПОДРІБНЮВАЧА СІНА БОБОВИХ ТРАВ

**Яцко С.А., наук. співроб.**

*(Національний науковий центр «Інститут механізації та електрифікації  
сільського господарства»)*

*В результаті експериментальних досліджень встановлено вплив основних конструкційно-режимних параметрів подрібнювача кормів на критерії оптимізації.*

**Ключові слова:** грубі корми, експериментальний зразок, подрібнювач, фактори.

Зниження питомих витрат кормів і підвищення продуктивності тварин забезпечуються тільки на основі приготування збалансованих сумішей. Сіно