

/ Y. Yuan, J. Zhang, J. Fan, J. Clark, P. Shen, Y. Li, C. Zhang //Food Research International. – 2018. – Т. 113. – С. 288-297.

8. Климук, А. А. Действие водного экстракта *Laminariocolax aecidioides* на биохимические показатели крови африканского клариевого сома *Clarias gariepinus* / А. А. Климук, Т. Л. Калита, Л. Л. Брежнев // Вопросы рыбного хозяйства Беларуси. – 2023. – № 39. – С. 418-433.

УДК 636:39.087.7

УСТАНОВЛЕНИЕ ПДК И ЛД₅₀ ФУЛЬВОВЫХ КИСЛОТ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ В АКВАКУЛЬТУРЕ РАДУЖНОЙ ФОРЕЛИ

Жарикова Анастасия Олеговна, аспирант, УО БГСХА

Барулин Николай Валерьевич, д.с.-х.н., научный сотрудник Центра Великих озер при Исследовательском фонде SUNY, Государственный университет Буффало

Аннотация. Исследования установили, что токсичность фульвовых кислот, полученных из лигнита и кукурузного сырья, различна. Однако, по результатам оценки ЛД₅₀ обе фульвовые кислоты, можно отнести к категории «Малая токсичность» ($500 \text{ мг/л} < \text{ЛД}_{50} \leq 5000 \text{ мг/л}$). ЛД₅₀ фульвовой кислоты из лигнита составила 1018,70 мг/л, из кукурузного сырья – 706,97 мг/л.

Ключевые слова: фульвовая кислота, радужная форель, лигнит, кукурузное сырье, предельно допустимые концентрации, полуметальная доза.

Введение. В современных научных исследованиях в области животноводства и аквакультуры активное внимание уделяется фульвовой кислоте (ФК) как эффективной добавке в корма. Её использование способствует улучшению качества производимой продукции и здоровья сельскохозяйственных животных [1–3].

Фульвовая кислота может быть получена из различных источников, включая лигнит – древесный материал, претерпевший угольный процесс под воздействием времени, давления и температуры [4]. Также современные технологии позволяют синтезировать ее из растительного сырья, например, из кукурузы [5].

В связи с чем вызывает интерес потенциальная возможность различных источников сырья, из которых изготавливают фульвовую кислоту, оказывать разный физиологический эффект. В наших предыдущих исследованиях было установлено, что между токсичностью фульвовых кислот, полученных из лигнита и кукурузного сырья, существует достоверная разница [6].

Цель наших исследований заключалась в определении полуметальной дозы (ЛД₅₀) фульвовых кислот из различного сырья, как перспективных кормовых добавок, на примере аквакультурного объекта радужной форели.

В исследованиях использовали фульвовые кислоты различного происхождения, полученные из лигнита (производство Китай), а также из кукурузного сырья (производство Российская Федерация).

Для исследований использовались эмбрионы и личинки радужной форели. Икра радужной форели на стадии глазка была приобретена у польского производителя Dabie Hatchery. Эмбрионы транспортировались в термоконтейнерах со льдом воздушным транспортом. Предварительную адаптацию эмбрионов после перевозки проводили в инкубационном цехе рыбоводного индустриального комплекса ОАО «Форелевое хозяйство «Лохва».

Инкубационный цех оснащен инкубаторами лоткового типа. Цех работает по принципу УЗВ. Система водоподготовки включает в себя механическую и биологическую фильтрацию, оксигенацию и обеззараживание воды.

Далее эмбрионы переносились в лабораторные условия кафедры ихтиологии и рыбоводства Белорусской государственной сельскохозяйственной академии.

Для доинкубации эмбрионы в чашках Петри объемом 90 мл были помещены в воздушный термостат ХТ-3/70.

Эмбрионы инкубировались при температуре 10,0 °С. Объем инкубационной среды в каждой чашке Петри составлял 40 мл.

Приготовление концентраций фульвовых кислот (как из лигнита, так из кукурузного сырья) осуществлялось по следующей методике. Вначале приготавливался маточный раствор в концентрации 5000 мг/л (1 г сухой фульвовой кислоты добавляли в 200 мл инкубационной среды). Затем из маточного раствора приготавливались растворы различных концентраций для экспозиции (табл. 1).

Таблица 1

Схема приготовления экспозиционных растворов фульвовых кислот

Концентрация, мг/л	Общий объем экспозиционного раствора, мкл	Необходимый объем инкубационной среды, мкл	Необходимый объем маточного раствора, мкл
0	40000	40000	0
25		39800	200
50		39600	400
100		39200	800
500		36000	4000
1000		32000	8000
2000		24000	16000
5000		0	40000

Экспозиционные растворы приготавливались перед непосредственным добавлением к эмбрионам и хранились в отдельных пробирках.

После 6 часовой адаптации эмбрионов для каждой концентрации были сформированы 3 группы по 3 эмбриона в каждой. Из чашки Петри с помощью пипетки максимально удалялась вода и сразу же добавлялся экспозиционный раствор необходимой концентрации. Эмбрионы для хранения перемещались в термостат с необходимой для их инкубации температурой.

Ежедневно фиксировали состояние и активность эмбрионов и личинок, осуществляли подсчет погибших. Подмена растворов на свежие также проводилась ежедневно. Длительность эксперимента составила 73 дня.

Результаты исследований токсичности экстрактов фульвовых кислот, полученных из лигнита и стеблей кукурузы на эмбрионах радужной форели представлены на рисунках 1 и 2, в таблице 2.

Из рисунка 1 видно, что смертность в концентрациях 0 – 100 мг/л составила 0,0% (0 погибших из 9), 500 мг/л – 11,1% (1 погибший из 9), 1000 мг/л – 44,4% (4 погибших из 9), 2000 – 5000 мг/л – 100,0% (9 погибших из 9).

Расчет ЛД₅₀ осуществляли в программной среде R (RStudio – свободная среда разработки программного обеспечения с открытым исходным кодом для языка программирования R, который предназначен для статистической обработки данных и работы с графикой) по результатам конечной смертности.

Тип функции модели выбирали на основании минимальной величины АИС-критерия при сравнении двух возможных моделей (табл. 2).

Чем меньше значения АИС-критерия, тем лучше модель.

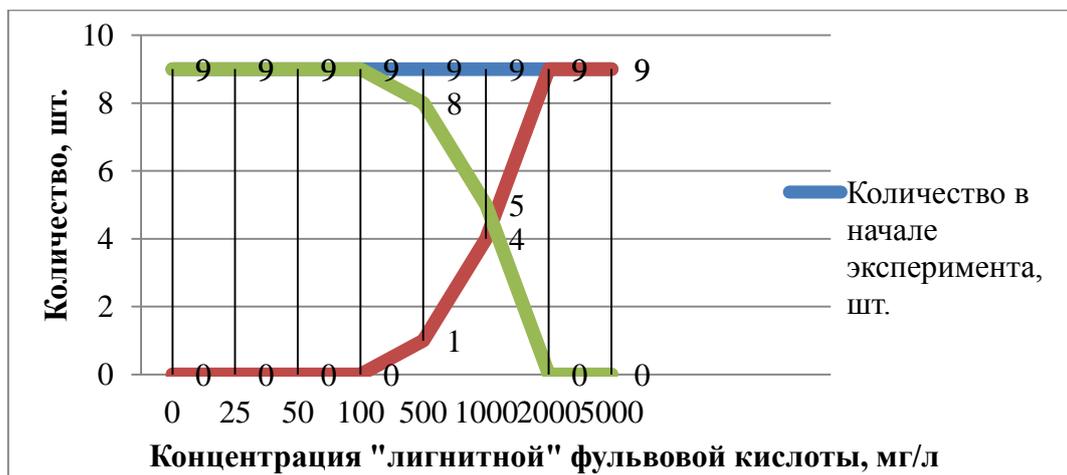


Рисунок 1. Выживаемость эмбрионов и личинок радужной форели под влиянием «лигнитной» фульвовой кислоты

Таблица 2

Сравнение моделей выживаемости эмбрионов и личинок радужной форели по АИС-критерию и значения ЛД₅₀ каждой модели

Критерий	Пробит / Концентрация	Пробит (ln) / Концентрация	Логит / Концентрация	Логит (ln) / Концентрация
«Лигнитная» фульвовая кислота				
ЛД ₅₀ , мг/л	1018,70	943,05	1016,11	961,87
АИС	9,04	9,95	9,38	10,07
«Кукурузная» фульвовая кислота				
ЛД ₅₀ , мг/л	751,09	706,97	754,46	706,03
АИС	7,79	7,77	7,91	7,80

Из рисунка 2 видно, что смертность в концентрациях 0 – 100 мг/л составила 0,0% (0 погибших из 9), 500 мг/л – 11,1% (1 погибший из 9), 1000 мг/л – 88,9% (8 погибших из 9), 2000 – 5000 мг/л – 100,0% (9 погибших из 9).

Результаты исследований установили, что между токсичностью фульвовых кислот, полученных из различных источников сырья, есть разница.

Однако, по результатам оценки ЛД₅₀ обе фульвовые кислоты (как из лигнита, так из кукурузного сырья), можно отнести к категории «Малая токсичность» (500 мг/л < ЛД₅₀ ≤ 5000 мг/л).

ПДК фульвовой кислоты из лигнита и кукурузного сырья, при использовании в аквакультуре радужной форели, составила 100 мг/л. ЛД₅₀ «лигнитной» фульвовой кислоты составила 1018,70 мг/л, ЛД₅₀ «кукурузной» фульвовой кислоты составила 706,97 мг/л.

Основные причины, указывающие на то, что токсичность «лигнитной» фульвовой кислоты выше «кукурузной» по нашему мнению следующие:

1. *Примеси*: лигнит, как природный материал, может содержать самые разнообразные примеси, включая тяжелые металлы, органические соединения и другие вещества, которые могут повысить токсичность;

2. *Остаточные соединения*: процессы извлечения фульвовой кислоты из лигнита могут оставлять остаточные соединения, которые в свою очередь могут иметь токсичные свойства.

3. *Различия в структуре и свойствах*: «лигнитная» и «кукурузная» фульвовые кислоты могут иметь контрастную структуру и химический состав. Эти различия могут привести к неодинаковым уровням токсичности.

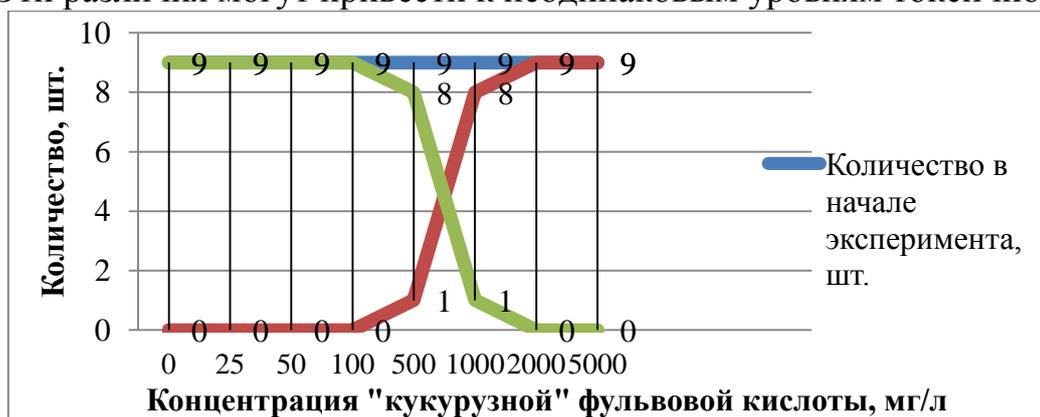


Рисунок 2. Выживаемость эмбрионов и личинок радужной форели под влиянием «кукурузной» фульвовой кислоты

4. *Механизмы токсичности*: возможно, что фульвовая кислота из лигнита воздействует на организмы через более эффективные или интенсивные механизмы, что приводит к повышенной токсичности.

Библиографический список

1. Капитонова, Е. А. Биохимические показатели крови цыплят-бройлеров при введении фульвокислоты в различных концентрациях / Е. А. Капитонова, П. В. Арефьев, Л. П. Мищенко // Зоотехническая наука Беларуси : сборник научных трудов. – 2021. – Т. 56, № 2 – С. 132–139.

2. The Influence of Fulvic Acid on Egg Laying of the Queen Bee in the Spring Period and the Productivity of the Bee Colony / V. A. Rumyantsev [et al.] // Doklady Earth Sciences. – 2023. – Vol. 510, № 1. – P. 349–352.

3. Жарикова, А. О. Оценка влияния фульвовой кислоты на размножение данио рерио / А. О. Жарикова, Н. В. Барулин // Инжиниринг: теория и практика : Материалы II международной научно-практической конференции,

Пинск, 06 мая 2022 года / Редколлегия: В. И. Дунай [и др.]. – Пинск: Полесский государственный университет, 2022. – С. 61–65.

4. Extraction of fulvic acid from lignite and characterization of its functional groups / G. Gong et al. // ACS omega. – 2020. – Vol. 5, № 43. – P. 27953–27961.

5. Extraction and characterization of fulvic acid from corn straw compost by alkali solution acid precipitation / M. Chi [et al.] // Industrial Crops and Products. 2023. – Vol. 198. – P. 116678.

6. Жарикова, А. О. Определение полулетальной дозы (ЛД50) фульвовой кислоты, как потенциальной кормовой добавки в аквакультуре, полученной из лигнита и кукурузного сырья, на модельном объекте данио рерио / А. О. Жарикова, Н. В. Барулин // Современные достижения и актуальные проблемы животноводства : Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 90-летию биотехнологического факультета и кафедр генетики и разведения сельскохозяйственных животных, технологии производства продукции и механизации животноводства, кормления сельскохозяйственных животных, Витебск, 12–13 октября 2023 года. – Витебск: Витебская государственная академия ветеринарной медицины, 2023. – С. 200–204.

УДК 633.147:636.327.38

СОРГО КАК АЛЬТЕРНАТИВНОЕ СЫРЬЕ ДЛЯ КОРМОВ В ОВЦЕВОДСТВЕ И КОЗОВОДСТВЕ

Сазонова Ирина Александровна, д.б.н., г.н.с., ФГБНУ РосНИИСК «Россорго»

Аннотация. Описан опыт использования сорго в качестве кормов для овец и коз. Охарактеризована полноценность белка, а также химический состав сортообразцов селекции ФГБНУ РосНИИСК «Россорго». Результаты исследований свидетельствуют о высокой питательной ценности зернового сорго и перспективах его использования в кормлении овец и коз.

Ключевые слова: сорго, корма, овцы, козы, белок, аминокислоты, химический состав.

Для создания стабильной кормовой базы овцеводства и козоводства, особенно в районах с недостаточным количеством осадков и высокими температурами, требуется поиск альтернативных источников кормовых культур. Таким растением является зерновое сорго, которое наряду с высокими показателями урожайности находится в числе наиболее засухоустойчивых злаков. Кроме того, оно не требовательно к почвам и может произрастать не только на легких песчаных территориях, но и на засоленных почвах, суглинках. Отличительной особенностью данной культуры является то, что из него можно получить практически все виды кормов – силос, сенаж, зерносенаж, зеленая масса, зерно и др. [1, 6]. В 1 кг зерна сорго от 10 до 12,5 МДж обменной энергии и 85 г переваримого протеина. Согласно данным А.П. Калашникова