

9. Зверев, С. В. Подготовка зерна белого люпина к глубокой переработке / С. В. Зверев, А. С. Цыгуткин // Инновационные технологии производства и хранения материальных ценностей для государственных нужд. – 2014. – № 2(2). – С. 115-121.
10. Зверев, С. В. Первичная переработка зерна белого люпина / С. В. Зверев, А. С. Цыгуткин // Современный фермер. – 2014. – № 8. – С. 28-30.
11. Использование метода спектрофотометрии для идентификации высокоалкалоидных семян белого люпина / С. В. Зверев, В. М. Косолапов, В. Б. Зайцев [и др.] // Кормопроизводство. – 2020. – № 10. – С. 25-28.
12. Использование белкового концентрата на основе белого люпина в рационах цыплят-бройлеров / И. А. Егоров, Т. В. Егорова, А. Э. Ставцев, А. С. Цыгуткин // Птица и птицепродукты. – 2017. – № 1. – С. 33-36.
13. Люпин в кормлении сельскохозяйственной птицы / Е. Н. Андрианова, И. А. Егоров, Е. Н. Григорьева, А. С. Цыгуткин // Птицеводство. – 2019. – № 11-12. – С. 31-36. – DOI 10.33845/0033-3239-2019-68-11-12-31-36.
14. Агрехимический словарь. Термины и определения / Т. И. Иванова, А. А. Завалин, В. Ф. Ладонин [и др.] ; Словарь выпущен под общей редакцией Н.З. Милащенко. – Москва : Агроконсалт, 1999. – 48 с.
15. Цыгуткин, А. С. Изучение влияния технологий возделывания сельскохозяйственных культур и почвы, как саморазвивающейся системы, на содержание гумуса / А. С. Цыгуткин, А. В. Азаров // Достижения науки и техники АПК. – 2021. – Т. 35, № 6. – С. 44-49. – DOI 10.24411/0235-2451-2021-10608.

УДК 639.3.043.2

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ БУРОЙ ВОДОРОСЛИ *ASCOPHYLLUM NODOSUM* В СОСТАВЕ КОРМА ДЛЯ *ONCORHYNCHUS MYKISS*

Царьков Максим Денисович, аспирант, ФБиРХ ФГБОУ ВО МГУТУ имени К. Г. Разумовского (ПКУ)

Калита Татьяна Львовна, к.б.н., м.н.с. «Центр Аквакультуры», ФГБОУ ВО МГУТУ имени К. Г. Разумовского (ПКУ)

Аннотация. *Описан опыт применения сухого порошка из бурой водоросли *Ascorphyllum nodosum* (L.) в качестве кормовой добавки для радужной форели. Показано, что добавление 5 и 10% водорослей на 100г корма оказало негативное воздействие на массанакопление рыб. Водорослевая добавка также привела к увеличению кормового коэффициента (1,32 и 1,3 против 1,08 в контроле).*

Ключевые слова: *радужная форель, рыбоводно-биологические показатели, водорослевая добавка, состав корма.*

Введение. Хорошо известно, что морская бурая водоросль *Ascophyllum nodosum* (L.) Le Jolis) является источником полисахаридов, полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК) и ферментов, обладающих рядом полезных свойств, таких как противовоспалительные, пробиотические, антиоксидантные и противогрибковые [1]. Кроме того, водоросль богата аминокислотами, может содержать 6,6% белка и до 9% липидов в сухой массе [2, 3]. *A. nodosum* примечательна также и способностью образовывать микофикобиоз с грибами, (ранее было обнаружено не менее 54 вида грибов), из их числа симбионты *Stigmatidium ascophylli* и *Fusarium sp* [4]. Помимо мицелиальных грибов в *A. nodosum* обитает большое количество дрожжей, благодаря которым кормовая добавка может проявлять пробиотические эффекты и служить витаминным субстратом. Из-за высокого содержания биологически активных компонентов, водоросль может быть использована в качестве кормовой добавки для ценных видов рыб. Например, исследования по включению красных *Porphyra yezoensis* Ueda, бурых *Ascophyllum nodosum* (L.) и зеленых водорослей *Ulva pertusa* Kjellman в качестве кормового компонента для мальков красного морского леща (*Pagrus major*), показали положительные результаты в виде увеличения массы тела рыб и уменьшения кормового коэффициента [5]. Таким образом, цель работы заключается в оценке влияния кормовой добавки из *Ascophyllum nodosum* на рыбоводно-биологические параметры радужной форели.

Материалы и методы. В качестве объекта исследования были использованы особи *Oncorhynchus mykiss*, возрастом 3 мес., весом в среднем $55,0 \pm 8,7$ г и размером $15,3 \pm 0,5$ см., которые содержались в экспериментальных группах в рыбоводных емкостях (140×110×90 см, Ш×Д×В – 800 литров) по 10 особей в каждом при температуре воды 16-17°C, L:D 12:12. Всего в эксперименте было задействовано 30 рыб.

Постановка эксперимента. Кормление осуществлялось ежедневно (два раза в день в 10:00 и 18:00) гранулированным опытным кормом из расчета 1,9 % в сут. Всего было три группы: контроль (корм без водоросли), состав с 5% порошка из водоросли и 10% порошка. Длительность эксперимента составила 60 сут. В составе опытного корма была использована водоросль *Ascophyllum nodosum*, собранная в непромысловый период в Баренцевом море (Россия) в 2023 г. Перед сушкой водоросли тщательно очищали от обрастателей, промывали чистой водопроводной водой и просушивали в течение 12 ч в сушильном шкафу ШС 30/250-500-П Plus (Россия) при 30°C. Далее водоросли измельчали в порошок с использованием измельчителя BSP-350 АСМ (Китай) и добавляли в кормосмесь из расчета 5 и 10% на 100 г корма. Гранулировали методом холодного гранулирования на двухвалковом грануляторе «ZLSP-120». Гранулированные кормовые смеси высушивались до 13% влажности в дегидраторе. Питательные свойства опытных кормов представлены в таблице 1. Корма приготавливались непосредственно перед проведением эксперимента и хранились в холодильной камере при температуре 4 °C.

**Питательные свойства опытных кормов для радужной форели
с добавлением водоросли *Ascophyllum nodosum***

Компоненты	Asc0 (контроль)		Asc5		Asc10	
	100 г	%	100 г	%	100 г	%
Протеин	48,2	60,5	47,8	60,06	47,5	58,65
Жир	16,2	20,4	16,1	20,27	17,1	21,12
Зола	9,5	12,0	9,5	11,87	9,7	12,0
Клетчатка	1,9	2,4	1,9	2,37	1,9	2,31
Сахара	0,1	0,11	0,1	0,11	0,1	0,11
Крахмал	3,8	4,7	3,7	4,68	3,7	4,56
БЭВ	0	0	0,5	0,64	1,0	1,25

Измерение массы и линейного роста рыб производили в начале и в конце эксперимента. После обработки полученных данных вычисляли рыбо-водно-биологические показатели согласно общепринятым методам [6].

Обработка полученных данных производилась с использованием непараметрического теста Краскелла-Уоллиса в программе GraphPad Prism version 9.0 software (GraphPad, San Diego, CA, USA). Вычисляли среднее значение показателя и его ошибки. Вероятность $p < 0,05$ считали достаточной для вывода о статистической значимости полученных данных.

Результаты и обсуждение. Включение сухой биомассы водоросли *Ascophyllum nodosum* в кормовую смесь привело к незначительному снижению общей доли белка и увеличению содержания жира, золы, крахмала и безазотистых экстрактивных веществ (БЭВ) в составе корма. В целом, добавление водорослей не оказало негативного влияния на этапе приготовления гранулированного корма для рыб (рис. 1).



**Рисунок 1. Этапы приготовления опытных гранулированных кормов:
а – сырая водоросль, б – сушеная водоросль, в – измельченная водоросль,
г – готовый гранулированный корм.**

По результатам проведенного исследования кормовая добавка *A. nodosum* оказала негативное влияние на ростовые показатели радужной форели, при этом наименьший коэффициент массонакопления отмечали в группе с добавлением водоросли в концентрации 10% (табл. 2).

Относительный прирост массы по Броуди и среднесут. скорость роста массы демонстрировали схожую динамику. При этом значительных отличий по показателю конечной массы, биомассы, абсолютного прироста массы рыб выявлено не было.

Стоит учесть, что кормовой коэффициент в опытной группе 5% составил 1,32 ед., что на 0,2 и 0,24 ед. больше группы 10% и контроля. Но, показатели роста длины рыб в группе 5% (отн. прирост) были выше контрольных значений на 9%. А результаты анализа отн. прироста по Броуди, среднесуточного прироста, сред. сут. скорости роста и УСР длины были достоверно выше в группе 5%, по сравнению с 10%.

Включение *A. nodosum* в корма для радужной форели не оказало отрицательного влияния на конечные рыбоводно-биологические показатели. Эти результаты свидетельствуют о том, что этот вид макроводорослей можно использовать в качестве добавки в рационы кормов для рыб в минимальных количествах. Но, полученные расчётные результаты продемонстрировали негативный эффект при добавлении *A. nodosum* 5 и 10% в корма для радужной форели.

Таблица 2

Продукционные показатели форели в зависимости от концентрации вносимой крупки *Ascophyllum nodosum*

Показатель	Контроль	Опытные группы	
		5%	10%
Начальная масса, г	45,4±18,76	57,2±14,61	62,4±20,37
Конечная масса, г	217,4±57,67	214,1±51,56	207,8±37,47
Начальная биомасса, г	454	572	624
Конечная биомасса, г	2174	1927	2078
Начальная длина, см	15,2±1,58	14,85±1,70	15,8±1,77
Конечная длина, см	20,6±1,95	20,2±2,58	20,3±2,02
Абсолютный прирост массы, г	172,0±40,37	156,3±41,25	145,4±21,6
Абсолютный прирост длины, см	5,35±0,94 ^{ab}	5,67±1,8 ^a	4,5±0,67 ^b
Относительный прирост массы, %	4,07±0,83 ^a	2,79±0,7 ^b	2,71±0,46 ^b
Относительный прирост длины, %	0,35±0,07 ^b	0,39±0,13 ^a	0,287±0,04 ^{bc}
Относительный прирост массы по Броуди, %	1,33±0,09 ^a	1,15±0,12 ^b	1,09±0,12 ^b
Относительный прирост длины по Броуди, %	0,28±0,04 ^{ab}	0,32±0,10 ^a	0,25±0,03 ^b
Относительный прирост массы в % к контролю, %	100 ^a	-12,6±5,6 ^b	-18,7±4,0 ^b
Относительный прирост длины в % к контролю, %	100 ^b	9,0±30 ^a	-16,0±7,0 ^{bc}
Среднесуточный прирост массы, г/сут.	2,92±0,68	2,65±0,7	2,46±0,37
Среднесуточный прирост длины, см/сут.	0,09±0,02 ^{ab}	0,1±0,03 ^a	0,08±0,01 ^b
Средняя суточная скорость роста массы, %	2,25±0,2 ^a	1,95±0,2 ^b	1,85±0,21 ^b
Средняя суточная скорость роста длины, %	0,51±0,09 ^{ab}	0,54±0,18 ^a	0,42±0,06 ^b
Удельная скорость роста массы, %	2,88±0,3 ^a	2,35±0,3 ^b	2,21±0,32 ^b

Показатель	Контроль	Опытные группы	
		5%	10%
Удельная скорость роста длины, %	0,54±0,1 ^{ab}	0,58±0,19 ^a	0,45±0,06 ^b
Коэффициент массонакопления	3,07±0,7	2,8±0,7	2,59±0,4
Кормовой коэффициент, ед	1,08	1,32	1,3
Кормовые затраты на ед. продукции к контролю, %	100	122	120
Коэффициент упитанности (по Фултону)	2,46±0,21	2,62±0,57	2,5±0,32
Выживаемость, %	100	90	100

Примечание. a, b, c – обозначение достоверных отличий между группами при $p < 0,05$.

Водорослевая добавка из *Ascophyllum nodosum* привела к снижению скорости роста массы рыб, что может объясняться присутствием в водорослях антипитательных компонентов, препятствующих нормальному усвоению питательных веществ через стенку кишечника рыб.

Например, флоротаннины бурых водорослей ингибируют пищеварительные ферменты рыб [1, 7].

Для снижения негативных воздействий на кишечник форели и обогащения кормов рекомендуется использовать экстракты из бурых водорослей, так как ранее было выявлено, что они обладают положительными эффектами в качестве кормовых добавок, стимулируют пищеварение, рост и иммунную систему рыб [8].

Библиографический список

1. Catarino M. D. Fucaceae: A source of bioactive phlorotannins / M. D. Catarino, A. M. S. Silva, S. M. Cardoso // International journal of molecular sciences. – 2017. – Т. 18. – №. 6. – С. 1327.
2. Боголицын К. Г. Сравнительная характеристика химического состава некоторых представителей бурых водорослей Белого и Желтого морей / К. Г. Боголицын, А. Э. Паршина, А. С. Дружинина, Е. В. Шульгина // Химия растительного сырья. – 2020. – №. 3. – С. 35-46.
3. Боголицын К. Г. Комплексное исследование химического состава бурых водорослей Белого моря / К. Г. Боголицын, П. А. Каплицин, Н. В. Ульяновский, О. А. Пронина // Химия растительного сырья. – 2012. – №. 4. – С. 153-160.
4. Коновалова О.П. Грибы на бурых водорослях *Ascophyllum nodosum* и *Pelvetia canaliculata* в Кандалакшском заливе Белого моря / О.П. Коновалова, Е.Н. Бубнова // Микология и Фитопатология. – 2011. – Т.45. Вып. 3. – С. 240-248.
5. Mustafa G. Effects of algae meal as feed additive on growth, feed efficiency, and body composition in red sea bream / G. Mustafa, S. Wakamatsu, T. A. Takeda, T. Umino, H. Nakagawa // Fisheries science. – 1995. – Т. 61. – №. 1. – С. 25-28.
6. Купинский С.Б. Продукционные возможности объектов аквакультуры. – Астрахань: ДФ АГТУ. – 2007. – 133 с.
7. Yuan Y. Microwave assisted extraction of phenolic compounds from four economic brown macroalgae species and evaluation of their antioxidant activities and inhibitory effects on α -amylase, α -glucosidase, pancreatic lipase and tyrosinase

/ 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.