

**ВЛИЯНИЕ 24-ЭПИБРАССИНОЛИДА НА
РЫБОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ РАДУЖНОЙ
ФОРЕЛИ (*ONCORHYNCHUS MYKISS*) ПРИ ИНКУБАЦИИ В
ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ УСЛОВИЯХ**

Е. П. Чекун¹, Н. В. Барулин²

¹ – УО «Полесский государственный университет»

г. Пинск, Республика Беларусь (Республика Беларусь, 225710, г. Пинск, Брестская обл.; e-mail: lena.gleb1@mail.ru);

² – УО «Белорусская государственная ордена Октябрьской революции и ордена Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия»

г. Горки, Республика Беларусь (Республика Беларусь, 213407, Могилевская обл., г. Горки, e-mail: barulin@list.ru)

Ключевые слова: радужная форель, икра, рост, средняя длина, выживаемость, 24-эпибрассинолид, инкубация, общий белок.

Аннотация. Данная статья посвящена исследованию влияния 24-эпибрассинолида на темп роста радужной форели (*Oncorhynchus mykiss*) при доинкубации в производственных условиях. При обработке икры на стадии «глазка» раствором 24-эпибрассинолида в концентрации 1×10^{-7} мг/л на протяжении 24 ч средняя масса личинки достоверно повышается на 0,05 г; в концентрации 1×10^{-8} мг/л – на 0,13 г. Увеличение по сравнению с контролем средней длины для группы 1×10^{-7} мг/л 24-Эб – 2,81 мм; для концентрации 1×10^{-8} мг/л – 1,45 мм. Применение 24-эпибрассинолида способствует увеличению средней выживаемости радужной форели на 7,11-10,5 % в зависимости от концентрации.

**EFFECT OF 24-EPIBRASSINOLIDE ON FISHERIES
PERFORMANCE OF RAINBOW TROUT (*ONCORHYNCHUS
MYKISS*) DURING INCUBATED UNDER PRODUCTION
CONDITIONS**

E. P. Chekun¹, N. V. Barulin²

¹ – EI «Polesky State University»

Pinsk, Republic of Belarus (Republic of Belarus, 225710, Pinsk, Dneprovskoy flotilii, 23, e-mail: lena.gleb1@mail.ru);

² – Belarusian State Agricultural Academy

Gorki, Republic of Belarus (Republic of Belarus, 213410, Gorki, Michurin str. 5; e-mail: barulin@list.ru)

Key words: rainbow trout, egg, growth, standard length, survival, 24-epibrassinolide, incubation, total protein.

Summary. This article is devoted to the study of the effect of 24-epibrassinolide on the growth of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) during incubation in production conditions. When treating eggs at the «eye» stage with a solution of 24-epibrassinolide at a concentration of 1×10^{-7} mg/l for 24 hours, the average weight of the larva significantly increases by 0,05 g; at a concentration of 1×10^{-8} mg/l by 0,13 g. An increase over the control of the, standard length for the group of 1×10^{-7} mg/l 24-Eb – 2,81 mm; for a concentration of 1×10^{-8} mg/l – 1,45 mm. The use of 24-epibrassinolide contributes to an increase in the average survival rate of rainbow trout by 7,11-10,5 % depending on the concentration.

(Поступила в редакцию 25.07.2020 г.)

Введение. Лососевые представляют особую пищевую ценность как источник диетического легкоусвояемого белка, так и особого спектра незаменимых жирных кислот, а также относятся к деликатесной продукции с особыми органолептическими свойствами. В Республике Беларусь в последнее десятилетие на государственном уровне большое внимание уделяется формированию и развитию отечественного форелеводства. Государственной программой развития аграрного бизнеса в Республике Беларусь на 2016-2020 гг. запланировано увеличение объема производства ценных видов рыб, к которым относят и радужную форель, до 1200 т. Также одной из задач для рыбоводства страны, согласно программе, является «применение экономически обоснованных инновационных технологий для разведения редких и ценных видов рыб» [1]. Решению этих задач способствует применение новых биологически-активных веществ, обладающих способностью регуляции роста.

Брассиностероиды – фитогормоны, впервые выделенные из пыльцы рапса (*Brassica napus L.*) в 1979 г. в США [2].

Иммуномодулирующие свойства эпибрассинолида проявлялись в эмбриогенезе осетровых и карповых рыб в исследованиях М. А. Егорова [3] и Н. Kolman [4]. Обработка икры русского осетра, севрюги [5] и растительноядных рыб растворами эпибрассинолида различных концентраций способствовала повышению оплодотворяемости икры и жизнестойкости рыб. Добавление брассиностероидов при активации сперматозоидов вызывало увеличение продолжительности движения спермиев у белуги, русского осетра, севрюги, африканского сома и стальноголового лосося [6, 7]. Дополнительно исследовались криопротекторные качества эпибрассинолида при криоконсервации спермы осетровых [5]. Положительное влияние на жизнестойкость препаратов эпибрассинолида наблюдалось и в экспериментах с икрой и молодью осетровых и растительноядных в присутствии токсикантов [8, 9].

Имеются данные, что содержание эпибрассинолида в воде в присутствии токсикантов у молоди осетровых, черноморского лосося, карпа, толстолобика, карася, озерной лягушки и крыс способствовало быстрому формированию условных рефлексов, уменьшению негативных воздействий токсикантов (медь, фенол, детергент) на исследуемые организмы.

В наших исследованиях отмечено, что добавление 24-эпибрассинолида в состав корма для карпа *Cyprinus carpio* повышает эффективность его конверсии [10]. При проведении экспериментов в лабораторных условиях нами было установлено, что использование растворов 24-эпибрассинолида положительно влияет на синхронизацию выклева и выживаемость радужной форели [11, 12]. Относительный прирост длины личинок радужной форели под влиянием фитогормональных стероидов увеличивался на 75,0-16,0 % в зависимости от дозировки. По комплексу анализируемых признаков для производственных исследований отобраны концентрации 24-эпибрассинолида 1×10^{-8} мг/л и 1×10^{-7} мг/л, как проявившие наилучшие стимулирующие эффекты.

Цель работы – исследовать влияние 24-эпибрассинолида на рыбохозяйственные признаки радужной форели при доинкубации в индустриальном доинкубационном модуле (установка замкнутого водоснабжения).

Материал и методика исследований. Объект исследования – эмбрионы радужной форели (*Oncorhynchus mykiss*) (икра на стадии «глазка») от хозяйства-производителя Dabie (Польша). Исследование проводилось на базе рыбоводного индустриального комплекса УО «БГСХА» (с 2017 г. – ОАО «Форелевое хозяйство «Лохва»). Для исследования использовали порошок 24-эпибрассинолида (эмпирическая формула $C_{28}H_{48}O_6$), полученный в результате химического синтеза в лаборатории химии стероидов Института биоорганической химии НАН Беларуси. Обработка 24-эпибрассинолидом осуществлялась однократно: на протяжении 24 ч икра выдерживалась в растворах фитостероида. 24-эпибрассинолид растворяли в 1 мл 96%-го этилового спирта, затем – в инкубационном модуле. При проведении эксперимента было 3 исследуемые группы: 2 варианта опыта обрабатывали растворами 24-эпибрассинолида концентраций 1×10^{-7} мг/л, 1×10^{-8} мг/л, 1 модуль – контрольный. В контроле создавались такие же условия, за исключением концентрации фитогормонального стероида (составляла 0 мг/л). Данные концентрации эпибрассинолида выбраны обоснованно: в ходе проведенных нами лабораторных экспериментов эти дозировки были наилучшими [12]. Во время обработки

поддерживался кислородный режим (с применением компрессоров). Подмена воды на протяжении периода обработки осуществлялась четырехкратно в объеме 100 %. Значения остальных параметров гидрохимического режима, температура, плотность посадки эмбрионов и прочие технологические факторы находились в пределах нормативных значений [13].

В течение эксперимента каждые 5 дней проводился мониторинг таких признаков, как средняя масса, длина, коэффициент резорбции желточного мешка, выживаемость. В завершении эксперимента осуществлен биохимический анализ гомогенатов личинок в исследуемых группах. Продолжительность эксперимента составила 73 дня – это полный период нахождения рыбопосадочного материала в инкубационном цеху с момента прибытия икры на стадии «глазка». Он включал в себя наблюдение за следующими стадиями жизненного цикла форели: икра на стадии «глазка», предличинки и личинки.

Для биохимического анализа личинки радужной форели гомогенизировали в фосфатном буфере (0,01M, pH 7,4), центрифугировали при 25 °C [14], полученные образцы исследовали на биохимическом анализаторе Stat Fax 3300 (Awareness Technology, США) в лаборатории кафедры ихтиологии и рыбоводства УО «БГСХА». Анализируемые показатели – общий белок, альбумин, креатинин. Для исследования использовались химические реагенты производства P.Z.CORMAY S.A. (Польша), использование которых осуществлялось по методикам, прилагаемым к наборам.

Показатели длины получали в результате обработки фотоснимков свободных эмбрионов в программе ImageJ.

Контрольные взвешивания проводились при помощи электронных лабораторных весов PS 210/C/2/N Radwag (Польша). Дискретность – 1 мг, цена поверочного деления (e) – 10 мг, линейность – ± 2 мг, класс точности по ГОСТ 24104-2001 высокий.

Относительную скорость роста определяли по формуле [15].

Анализ полученных данных проводился в статистической среде R. Проверка нормальности распределения осуществлялась помощью теста Шапиро-Уилка. Проверка соблюдения условий однородности групповых дисперсий в выборках проводилась с помощью теста Ливина. Для анализа различий между опытными группами использовался одномерный дисперсионный анализ – критерий Тьюки, в случае соблюдения условия нормальности и однородности дисперсий. Если в выборках не соблюдалось условие нормальности распределения, использовали непараметрический критерий Ньюмена-Кейлса [16].

Результаты исследований и их обсуждение. Полученные данные о резорбции желточного мешка в исследуемых группах представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Изменчивость и средние значения коэффициента утилизации желточного мешка у предличинок радужной форели на протяжении эксперимента с применением 24-эпибрассинолида на этапе инкубации в производственных условиях

Исследуемая группа	Предел колебания коэффициента утилизации желточного мешка	Среднее значение
Контроль	0,27-0,21	0,24 ± 0,016
1 × 10 ⁻⁷ мг/л 24-Эб	0,28-0,22	0,25 ± 0,018
1 × 10 ⁻⁸ мг/л 24-Эб	0,27-0,23	0,25 ± 0,013

Примечание – 24-Эб – 24-эпибрассинолид

Очевидно, что резорбция желточного мешка во всех исследуемых группах проходила равномерно и практически на одном уровне. Наблюдаемые различия несущественны. Исследуемый фактор не оказывает существенного влияния на скорость резорбции желточного мешка.

Динамика средней промысловой длины и среднештучной массы радужной форели в опытных группах на протяжении эксперимента приведена в таблице 2.

В начале наблюдений среднештучная масса радужной форели во всех исследуемых группах составляла 0,10 г. В ходе мониторинга на 11, 16 и 21-е сутки после выклева в опытных группах наблюдалось незначительное опережение в росте по сравнению с контрольной группой. Как правило, ростостимулирующий эффект фактора ярче наблюдается именно на значениях массы, чем средней длины, что и можно наблюдать в таблице. Уже с 26-х суток после выклева в опытных группах отмечено превышение над контролем значений среднештучной массы. Именно к этому времени желточный мешок был полностью резорбирован во всех группах, т. е. метаболизм рыб успешно был перестроен на экзогенное питание.

Таблица 2 – Динамика размерно-весовых показателей радужной форели за период доинкубации икры с применением 24-эпибрассинолида (n = 100)

Сутки после выклева	Группа	Средняя масса, г	Средняя длина, мм	Тест Шапиро-Уилка	Тест Ливина
1	2	3	4	5	6
26	Контроль	0,17 ± 0,001	23,29 ± 0,20	P > 0,05	P > 0,05
	1 × 10 ⁻⁷ мг/л 24-Эб	0,19 ± 0,001***	22,54 ± 0,19*		

	1×10^{-8} мг/л 24-Эб	0,21 ± 0,002***	23,73 ± 0,31		
--	-------------------------------	------------------------	--------------	--	--

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5	6
31	Контроль	0,22 ± 0,001	28,41 ± 0,18	P > 0,05	P > 0,05
	1×10^{-7} мг/л 24-Эб	0,22 ± 0,002	27,96 ± 0,26		
	1×10^{-8} мг/л 24-Эб	0,24 ± 0,001**	28,66 ± 0,26		
36	Контроль	0,29 ± 0,002	30,17 ± 0,26	P > 0,05	P > 0,05
	1×10^{-7} мг/л 24-Эб	0,27 ± 0,002*	30,95 ± 0,29		
	1×10^{-8} мг/л 24-Эб	0,32 ± 0,003***	30,74 ± 0,27		
41	Контроль	0,31 ± 0,002	30,59 ± 0,32	P > 0,05	P > 0,05
	1×10^{-7} мг/л 24-Эб	0,36 ± 0,003***	33,41 ± 0,32***		
	1×10^{-8} мг/л 24-Эб	0,38 ± 0,002***	35,29 ± 0,35***		
46	Контроль	0,38 ± 0,002	34,47 ± 0,36	P > 0,05	P > 0,05
	1×10^{-7} мг/л 24-Эб	0,42 ± 0,005**	35,71 ± 0,47		
	1×10^{-8} мг/л 24-Эб	0,44 ± 0,005***	35,98 ± 0,41*		
49	Контроль	0,41 ± 0,004	34,65 ± 0,43	P > 0,05	P > 0,05
	1×10^{-7} мг/л 24-Эб	0,47 ± 0,006**	36,34 ± 0,44***		
	1×10^{-8} мг/л 24-Эб	0,53 ± 0,011***	37,59 ± 0,38***		
52	Контроль	0,43 ± 0,002	34,85 ± 0,54	P > 0,05	P > 0,05
	1×10^{-7} мг/л 24-Эб	0,48 ± 0,006***	37,66 ± 0,50***		
	1×10^{-8} мг/л 24-Эб	0,56 ± 0,001***	36,30 ± 0,38		

*Примечание – Различия с контрольной группой достоверны при уровнях значимости * P < 0,05, ** P < 0,01, *** P < 0,001, 24-Эб – 24-эпибрассинолид*

Согласно результатам, представленным в таблице 2, на момент завершения эксперимента при контрольных замерах среднештучная масса личинок варьировалась в пределах $0,43 \pm 0,002$ - $0,56 \pm 0,001$ г. Максимальный показатель зафиксирован в группе 1×10^{-8} мг/л 24-Эб и был достоверно выше (P < 0,001) на 0,13 г показателя контрольной группы, где он являлся минимальным – $0,43 \pm 0,002$ г. Также в группе 1×10^{-7} мг/л 24-Эб средняя масса личинок составила $0,48 \pm 0,006$ г, что было достоверно (P < 0,001) выше контрольного на 0,05 г.

Значение средней длины в завершении эксперимента в опытных группах было также выше: для группы 1×10^{-7} мг/л 24-Эб – $37,66 \pm 0,50$ мм, что на 2,81 мм превышает значение контрольной группы; для группы 1×10^{-8} мг/л 24-Эб – $36,30 \pm 0,38$ мм, что на 1,45 мм выше контроля. Установленные различия статистически значимы для группы 1×10^{-7} мг/л 24-Эб (P < 0,001).

Дополнительно были проанализированы показатели скорости роста личинок за экспериментальный период, которые представлены на рисунке и в таблице 3.

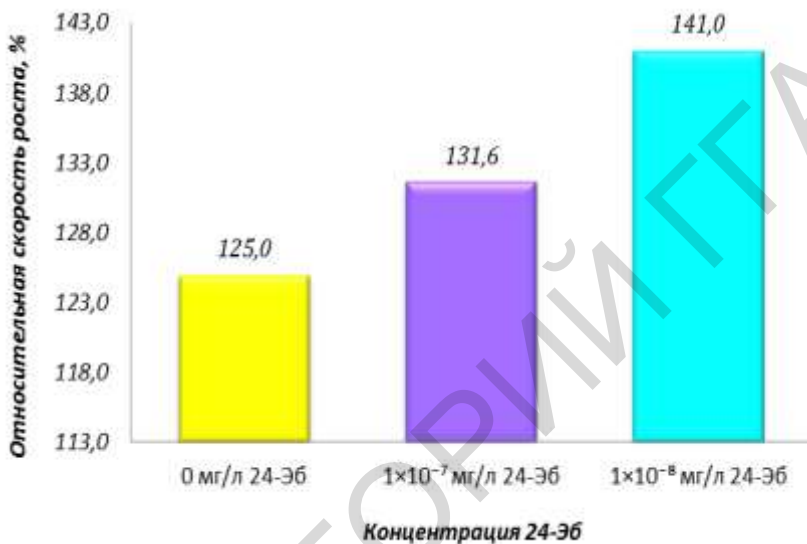


Рисунок – Относительная скорость роста массы личинок радужной форели за экспериментальный период исследования 24-эпибрассинолида при инкубации в производственных условиях (%)

Примечание – 24-Эб – 24-эпибрассинолид

На диаграмме можно видеть, что в опытных группах значения относительной скорости роста выше значения контрольной группы. Для контрольной группы оно составило 125,0%; для группы 1×10^{-7} мг/л 24-Эб – 131,6%, что на 6,1% выше контрольного; для группы 1×10^{-8} мг/л 24-Эб – 141,0 %, что на 16 % выше значения контрольной группы.

В таблице 3 представлены значения общего прироста средней массы за период исследования

Таблица 3 – Общий прирост массы радужной форели при применении 24-эпибрассинолида при инкубации в условиях *in situ*

Исследуемая группа	Общий прирост, г
Контроль	0,33 ± 0,002
1 × 10 ⁻⁷ мг/л 24-Эб	0,38 ± 0,006***
1 × 10 ⁻⁸ мг/л 24-Эб	0,46 ± 0,001***

Примечание – Различия с контрольной группой достоверны при уровнях значимости * $P < 0,05$, ** $P < 0,01$, *** $P < 0,001$; 24-Эб – 24-эпибрассинолид

Соответственно в тех же группах зафиксированы и максимальные значения общего прироста: в группе 1 × 10⁻⁷ мг/л 24-Эб – 0,38 ± 0,006 г, в группе 1 × 10⁻⁸ мг/л 24-Эб – 0,46 ± 0,001 г. Данные различия статистически достоверны при $P < 0,001$.

Значение средней выживаемости радужной форели при проведении исследования составили в контрольной группе – 71,2 %, в группе 1 × 10⁻⁷ мг/л 24-Эб – 81,7 % (на 10,5 % выше контроля) и в группе 1 × 10⁻⁸ мг/л 24-Эб – 78,3 % (на 7,11 % выше контроля).

Биохимический анализ является важным инструментом в оценке физиологических показателей и обнаружения их отклонений от нормы при проведении биологических исследований. Результаты биохимической оценки гомогенатов личинок радужной форели при исследовании в производственных условиях приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Значения некоторых биохимических показателей ткани личинок радужной форели при исследовании 24-эпибрассинолида на этапе инкубации в условиях *in situ*

Исследуемая группа	Общий белок, г/л	Альбумин, г/л	Креатинин, мкмоль/л
Контроль	5,2 ± 0,75	0,62 ± 0,27	12,3 ± 2,80
1 × 10 ⁻⁷ мг/л 24-Эб	3,9 ± 0,22	0,57 ± 0,13	31,0 ± 10,46
1 × 10 ⁻⁸ мг/л 24-Эб	5,6 ± 0,47	1,1 ± 0,12	35,6 ± 7,38

Примечание – 24-Эб – 24-эпибрассинолид

Содержание белка в тканях рыб является важным маркером физиологического состояния. Его количество может изменяться по многим причинам. Например, при истощении ткани тела обводняются и происходит уменьшение количества белка, также оно может немного изменяться за счет увеличения содержания жира. Содержание общего белка в исследуемых группах колебалось значительно: в контрольной – 5,2 ± 0,75 г/л, в группе 1 × 10⁻⁷ мг/л 24-Эб – 3,9 ± 0,22 г/л, в группе 1 × 10⁻⁸ мг/л 24-Эб – 5,6 ± 0,47 г/л. Как видно, в группе 1 × 10⁻⁸ мг/л 24-Эб значение общего белка выше, но данные различия статистически не значимы. Полученные результаты можно объяснить высокой изменчивостью анализируемого показателя – концентрации белка в нормальном состоянии.

Альбумины (от лат. *albus*–белый) – это транспортные белки, осуществляющие перенос низкомолекулярных соединений, отвечают за поддержание осмотического равновесия в кровеносной системе [17]. Содержание альбумина может уменьшаться в организме при дефиците белков в рационе или сбое в механизме их всасывания, нарушении работы печени или почек [18].

Концентрация альбумина в исследуемых группах, согласно данным таблицы 4, была примерно на одном уровне – $0,62 \pm 0,27 - 1,1 \pm 0,12$ г/л, при этом нами не было обнаружено статистически достоверных различий.

Креатинин – также является важным метаболитом, отражающим функциональное состояние почек. Он является окончательным веществом креатин-фосфатной реакции. Креатинин синтезируется в мышцах, далее попадает в кровь и метаболизируется почками. На содержание креатинина влияют множество факторов: мышечная масса, пол, возраст, период отбора проб, рацион и т. п. Высокое содержание креатинина может быть связано с большим объемом мышечной массы, сбоями в работе почек и другими различными физиологическими состояниями. Концентрация креатинина в опытных группах была выше, чем в контрольной: в группе 1×10^{-7} мг/л 24-Эб – $31,0 \pm 10,46$ мкмоль/л, в группе 1×10^{-8} мг/л 24-Эб – $35,6 \pm 7,38$ мкмоль/л, тогда как в контрольной – $35,6 \pm 7,38$ мкмоль/л. Однако данные различия статистически недостоверны.

В целом, при анализе биохимических показателей не обнаружено достоверных отличий, а их значения находились в пределах границ нормы.

Заключение. Таким образом, исходя из полученных данных, применение 24-эпибрассинолида при инкубации икры достоверно стимулирует увеличение показателей роста и выживаемости личинок радужной форели.

При обработке икры на стадии «глазка» раствором 24-эпибрассинолида в концентрации 1×10^{-7} мг/л на протяжении 24 ч средняя масса личинки достоверно повышается на 0,05 г; в концентрации 1×10^{-8} мг/л превышение составило 0,13 г. Увеличение, по сравнению с контролем, средней длины для группы 1×10^{-7} мг/л 24-Эб – 2,81 мм; для концентрации 1×10^{-8} мг/л – 1,45 мм. Кроме того, применение 24-эпибрассинолида способствует увеличению средней выживаемости радужной форели на 7,11-10,5 % в зависимости от концентрации.

Увеличение выживаемости под воздействием фитостероида вероятнее всего обуславливается усилением активности антиоксидантных ферментативных систем под влиянием брассиностероидов [3, 19].

Брассиностероиды, как и активные формы кислорода, при наступлении стрессовых условий являются регуляторами экспрессии генов антиоксидантных систем, кодирующих такие ферменты, как супероксиддисмутаза, каталаза, пероксидаза [20]. Увеличение размерно-весовых признаков может быть вызвано усилением общих метаболических процессов под воздействием 24-эпибрассинолида. В животноводстве были получены подобные результаты: увеличение сохранности и прироста массы у молодняка крупного рогатого скота, поросят-отъемышей и цыплят-бройлеров под влиянием брассиностероидов [21]. Можно предположить, что влияние фитостероидов схоже с эффектами анаболических стероидов позвоночных. Природу участия 24-эпибрассинолида в стимуляции ростовых процессов животной клетки еще предстоит выяснить.

Как стимулятор и адаптоген 24-эпибрассинолид обладает большим потенциалом для применения в аквакультуре с целью интенсификации процесса воспроизводства радужной форели.

ЛИТЕРАТУРА

1. Государственная программа развития рыбохозяйственной деятельности на 2016-2020 годы: подпрогр. 5, «Развитие рыбохозяйственной деятельности» / М-во сел. хоз-ва и продовольствия Респ. Беларусь. – Минск, 2016. – 102 с.
2. Хрипач, В.А. Брассиностероиды / В. А. Хрипач, Ф. А. Лахвич, В. Н. Жабинский. – Минск: Наука и техника, 1993.
3. Егоров, М. А. Морфофизиологические исследования эффектов фитогормона эпибрассинолида на позвоночных животных в раннем онтогенезе: автореф. дис. ... д-ра биол. наук: 03.00.13. Физиология / М. А. Егоров. – Астрахань, 2002. – 39 с.
4. Kolman, H. The humoral effects of epin in Siberian sturgeon (*Acipenser baeri brandt*) / H. Kolman // Archives of Polish Fisheries. – 2001. – Вып. 9, № 1. – С. 61-69.
5. Егоров, М. А. Новые направления исследований и некоторые практические пути применения биологически активного вещества эпибрассинолида в рыбоводстве / М. А. Егоров, В. П. Загрийчук // Наука – производству. – 2001. – № 6. – С. 15-17.
6. Томеди, Э. М. Определение качественной характеристики самцов некоторых видов клариевых, осетровых и лососевых рыб / Э. М. Томеди // Вестник Астраханского государственного технического университета. – 2004. – № 2. – С. 29-32.
7. Томеди, Э. М. Влияние эпибрассинолида на ранний онтогенез некоторых видов клариевых (Clariidae), осетровых (Acipenseridae) и лососевых (Salmonidae) рыб: автореф. дис. ... к-та биол. наук: 03.00.32. Ихтиология / Э. М. Томеди. – Астрахань – 2002.
8. Пат. 16646 РБ МПК А 01К 61/00 (2006.01). Способ повышения жизнеспособности рыб на ранних этапах развития при искусственном рыборазведении / В. А. Хрипач [и др.]. – Оpubл. 11.09.2012.
9. Пат. 13037 РБ МПК А01К 61/00 (2009) . Способ повышения жизнестойкости икры рыб / А.А. Алексеева [и др.]. – Оpubл. 30.04.2010.
10. Использование 24-эпибрассинолида для разработки корма на основе калифорнийского червя *Eisenia foetida* для карповых рыб / Е. П. Глеб [и др.] // Научный потенциал молодежи – будущему Беларуси: материалы VIII международной молодежной научно-практической конференции, Пинск, 4 апреля 2014 г.: в 2-х ч. / Министерство образования Республики Беларусь; редкол.: К. К. Шебеко [и др.]. – Пинск: ПолесГУ, 2014. – Ч. 2. – С. 365-367.

11. Абакумов, В. В. Влияние 24-эпибрассинолида на этапе доинкубации на рост радужной форели (*Oncorhynchus mykiss*) / В. В. Абакумов, И. В. Невдах, Е. П. Чекун // Научный потенциал молодежи – будущему Беларуси: материалы XI международной молодежной научно-практической конференции, УО «Полесский государственный университет», г. Пинск, 7 апреля 2017 г. Ч. 1 / Министерство образования Республики Беларусь; редкол.: К. К. Шебеко [и др.]. – Пинск: ПолесГУ, 2017. – С. 371-372.
12. Чекун, Е. П. влияние 24-эпибрассинолида на темп выклева радужной форели (*Oncorhynchus mykiss*) в условиях *in vitro* / Е. П. Чекун, Н. В. Барулин // Тенденции и перспективы развития науки и образования в условиях глобализации: материалы международной научно-практической интернет-конференции, Сб. науч. трудов. – Переяслав. – 2020. – №. 60. – С. 242-244.
13. Рекомендации по выращиванию рыбопосадочного материала радужной форели в рыбоводных промышленных комплексах (с временными нормативами) / Н. В. Барулин [и др.]. – Горки: БГСХА, 2016. – 179 с.
14. Francis, S. Effects of embryonic exposure to a-lipoic acid or ascorbic acid on hatching rate and development of zebrafish (*Danio rerio*) / S. Francis, R. Delgoda, R. Young // Aquaculture Research. – 2012. – Vol. 43, iss. 5. – P. 777-788.
15. Костоусов, В. Г. Ихтиология: пособие / В. Г. Костоусов. – Минск: БГУ, 2018. – 183 с.
16. Статистический анализ и визуализация данных с помощью R / С. Э. Мастицкий, В. К. Шитиков (2014) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://t-analytics.blogspot.com>. – Дата доступа: 20.05.2020.
17. Desmet, H. Stress Responses and Changes in Protein-Metabolism in Carp *Cyprinus carpio* During Cadmium Exposure / H. Desmet, R. Blus // Ecotoxicol. Environm. Saf. – 2001. – Vol. 48, N 3. – P. 255-262.
18. Гулиев, Р. А. Некоторые биохимические показатели крови рыб дельты Волги / Р. А. Гулиев, Э. И. Мелякина // Вестник Астраханского государственного технического университета, серия: Рыбное хозяйство. – 2014. – № 2. – С. 85-91.
19. Каталазная активность эритроцитов крови животных подверженных действию фитогормона эпибрассинолида и токсикантов в раннем постнатальном онтогенезе / М. А. Егоров // Вестник ОГУ. – 2003. – N 5. – С. 125-126.
20. The Physiological, Biochemical and Molecular Roles of Brassinosteroids and Salicylic Acid in Plant Processes and Salt Tolerance / M. Ashraf [et al.] // Critical Reviews in Plant Sciences. – 2010. – Vol. 29:3. – P. 162-190.
21. Хрипач, В. А. Фитогормональные стероиды – универсальные природные биорегуляторы / В. А. Хрипач, Р. П. Литвиновская // Биологически активные препараты для растениеводства. Научное обоснование – рекомендации – практические результаты = Biologically active preparations for plant growing. Scientific background – Recommendations – Practical results: материалы XIV Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 3-8 июля 2018 г. / БГУ, биолог. фак., Частный институт прикладной биотехнологии daRostim; редкол.: Д. В. Маслак (отв. ред.) [и др.]. – Минск: БГУ, 2018. – С. 24.