2. Иванова М.И., Литнецкий А., Литнецкая О. и др. Микрозелень и сеянцы - новые категории органической овощной продукции. // Новые и нетрадиционные их использования. – М.: Издательство: Федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Федеральный научный центр овощеводства". - 2016. №12. – С. 406-415;
3. 3.Плотность популяции как экологический и экономический факторы для выращивания микрозелени / М. В. Кондрашова, В. С. Попова, В. В. Золотарев, Л. А. Соколова // Вклад студентов в развитие аграрной науки: Сборник статей студенческой научно-практической конференции, Москва, 30 октября 2019 года. – Москва: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», 2019. – С. 6-9. – EDN WRGVKH;
4. Соколова, Л. А. Влияние нормы высева и субстратов на выращивание микрозелени редьки масличной / Л. А. Соколова, В. А. Васильева // Аграрная наука. – 2021. – № 6. – С. 65-68. – DOI 10.32634/0869-8155-2021-350-6-65-68. – EDN NMUPYP;
5. Кондрашова М.В., Попова В.С., Соколова Л.А. Субстрат как экологический фактор для выращивания микрозелени редьки масличной. Материалы студенческой научно-практиеской конференции КФ РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева с международным участием. - Калуга: ИП Якунин А.В., 2019.- с.32-34.

Гайдук Е.А., Пономарев Г.А., Тархов Е.О., Олькиницкий К.В.
Влияние обогащенных живых кормов на рост и выживаемость личинки креветки розенберга (macrobrachium rosenberga)

БИРХ ФГБОУ ВО «Московский государственный университет технологий и управления имени К.Г. Разумовского (Первый казачий университет)»
(Россия, Москва)

doi: 10.18411/trnio-02-2024-399

Научный руководитель: Пономарев А. К.

Аннотация

Исследование направлено на изучение влияния обогащенных живых кормов на ключевые параметры развития личинок креветки розенберга *(Macrobrachium rosenberga)*, таких как рост и выживаемость. Учитывая значение этого вида в аквакультуре и аквариумистике, понимание оптимальных условий питания и выращивания личинок представляет значительную практическую и экономическую значимость.

Ключевые слова: креветки Розенберга, *Macrobrachium rosenberga*, выживаемость, личиночные стадии, аквакультура

Abstract

The study aims to study the effect of enriched live feeds on key developmental parameters of rosenberg shrimp larvae (Macrobrachium rosenberga), such as growth and survival. Given the importance of this species in aquaculture and aquariums, understanding the optimal conditions for feeding and rearing larvae is of significant practical and economic importance.

Keywords: rosenberg shrimp, Macrobrachium rosenberga, survival, larval stages, aquaculture

Исследование проводилось в научном Центре Аквакультуры ФГБОУ ВО МГУТУ им. К.Г. Разумовского факультета Биотехнологий и рыбного хозяйства.

Объект исследования - личиночные стадии креветки *Macrobrachium rosenbergii*. Длительность эксперимента составила 14 дней. В ходе эксперимента оценивалось влияние кормления на выживаемость личинки креветки *Macrobrachium rosenbergii*/

Для выращивания личинок креветок *Macrobrachium rosenbergii* были использованы аквариумы объемом 10 л из пищевого полипропилена. Личинки креветки *Macrobrachium rosenbergii* были разделены на 4 группы по 50 особей при помощи пипетки Пастера (рис.1)



Рисунок 1. «Рассаживание личинок креветки Macrobrachium rosenbergii в аквариумы при помощи пипетки Пастера (1- вылов личинок; 2 – посадка личинок в аквариум)».

Для аэрации воды использовали компрессора Resun ACO-006 (88 л/мин). Фильтрацию воды выполняли с помощью внешнего фильтра Eheim Classic 2215 (620 л/ч) и прудового фильтра Eheim universal (1200 л/ч и 2400 л/ч). Поддержание температуры воды на заданном уровне осуществляли с помощью нагревателя Eheim thermocontrol Jager 3618 (мощностью 200 – 250 Вт).

Оптимальный фоторежим: 14:10 (свет: темнота) и освещенность около 2000 лк для личинок креветки достигались путем использования люминесцентных ламп.

Температуру воды определяли с помощью электронного термометра TP101 (рис. 22) с точностью ±1°C. Этот прибор предназначен для измерения температуры жидких, сыпучих и полутвердых сред методом погружения щупа-иглы в измеряемую среду. Температура воды в аквариумах варьировалась от 28,4 °C до 29,6 °C.

В ходе экспериментальных работ воду с необходимой для выращивания личинок солёностью (12‰) получали путем разбавления морской соли для аквариумов обычной водопроводной, которую предварительно отстаивали и обеззараживали с помощью ультрафиолетовой установки UV 12 GPM (производительность 2,5 м 3 /ч). Солёность воды определяли с помощью рефрактометра для измерения солености Kelilong RHS-28ATC с погрешностью ±0,2‰.

Величину pH среды регистрировали с помощью электронного pH-метра AR218. Это электронный прибор, который применяется для измерения концентрации или активности ионов водорода в жидкости. Принципом работы данного прибора является изменение величины электродвижущей силы в электродной системе, которая пропорционально равна активности ионов водорода. Измеритель pH AR218 состоит из эргономичного пластикового корпуса с экраном, на котором отображаются данные и измерительного зонда (стеклянного электрода).

Водная среда, в которую помещаются личинки после выклева, по технологическим нормам должна иметь pH 7,0-8,0. Изначальный уровень pH составлял 8.

Креветки в группах находились на кормлении науплиями артемии *Artemia salina* которые были обогащены гаприном, льняным маслом, и гаприном с льняным маслом (рис.3,4).



Рисунок 3. «1 – Артемия необогащенная, 2 – Артемия обогащенная Льняным маслом».



Рисунок 4. «3 – Артемия обогащенная гаприном».

Обязательным условием эффективного выращивания личинок гигантской пресноводной креветки в искусственных условиях является использование высококачественных сбалансированных кормов, состав которых оказывает существенное влияние на биологические показатели – выживаемость, скорость суточного перехода на последующие стадии развития, морфологические показатели и здоровье [5].

Так как сегодня не существует такого искусственного корма, который мог бы заменить живой корм и обеспечить быстрый рост и высокую выживаемость личинок на первых стадиях развития, классическим вариантом кормления на начальных стадиях развития личинки креветки Розенберга являются науплии *Artemia salina*. Данный живой корм по своему химическому составу является калорийной пищей – 1 г белка вещества составляет 3,8 ккал, а в самом теле артемии содержание сухого белка – около 57%, жира – 18,4%, углеводов – 5,2%, золы - 7%. Так как для личинок *Macrobrachium rosenbergii* на первых стадиях развития рекомендуется рацион, содержащий максимальное количество белка, в большинстве случаев используют для кормления именно науплии артемии [2].

Опираясь на научную статью П.А. Литвиненко, М.А. Корентович [1] посвященную опыту обогащения науплиусов Артемии микробным белком (гаприном) и жирными кислотами, при выращивании личинок Артемий использовался живой корм: гаприн в концентрации 0.9г/ 1 л, льняное масло 6.г\л и комплекс состоящий из гаприна 0.9г \л и льняного масла 0.6 г\л

Для гаприна как продукта микробиологического синтеза характерна очень высокая интенсивность синтеза и размножения протеина. Это делает привлекательным его использование для производства кормового белка как альтернативы рыбной муке. Выращивание этих бактерий ведется на углеводородах природного газа, где в питательную среду вводятся неорганические минеральные и азотистые соли. Гаприн обладает высоким содержанием протеина, что сближает его с рыбной мукой. Гаприн содержит большое количество нуклеиновых кислот, что обуславливает высокую скорость роста и размножения микроорганизмов. Гаприн обладает высоким уровнем липидов, однако в нем отсутствуют полиненасыщенные жирные кислоты. Отличительная особенность его аминокислотного

состава – это высокое содержание таких незаменимых кислот как фенилаланин, метионин и тирозин, что дает гаприну особые преимущества перед белками с дефицитом аминокислот. Поэтому гаприн весьма эффективен для включения его в состав стартовых кормов для личинок и молоди рыб. Льняное масло вырабатывается из семян льна. Особо богато полиненасыщенными жирными кислотами – линолевой и альфа-линоленовой в соотношении 1:1. Кроме того, в льняном масле содержится жирная кислота из семейства омега-6 – гамма-линоленовая. Также льняное масло является источником витаминов и минеральных веществ.

В аэрируемый солевой раствор (морская соль NaCl в количестве 20 г/дм3 12 промилле) добавляли перекись водорода (2 мл/дм3). Далее загружали сухие цисты в количестве одной чайной ложки. Инкубацию цист проводили в течение 24-28 ч при постоянной аэрации, освещении 2000 Lx и температуре воды 27-28°C. Для обогащения использовали инкубационный аппарат Вейса объемом 1 л (рис.5). Постоянная подача кислорода обеспечивалась с помощью многоканальных компрессоров.



Рисунок 5. «инкубационный аппарат Вейса».

Слив рабочего раствора из аппарата осуществляли с помощью нижнего крана через сбросную трубу, на выходе которой науплиусы артемии концентрировались в газовом садке.

Далее рачков помещали в пресную воду с целью отделения гидробионтов от оболочек и невыклюнувшихся цист.

Для биоинкапсуляции в солевой раствор (NaCl – 15 г/дм3) вносили метанауплиусов артемии на второй науплиальной стадии. Далее в раствор с рачками добавляли микробный белок и льняное масло в 4 вариациях. Первый вариант – контрольный, во втором варианте добавили 0,9 г/л гаприна в двух повторностях, во второй группе добавили льняное масло в количестве 0,6 г/л, а в четвертой микс 0,9 г/л гаприна и 0,6 г/л льняного масла.

Таблица 1

«Объем обогащения Артемии».

Обогащение, № варианта	***Использованные препараты при первом обогащении, г/л***		***Использованные препараты при втором обогащении, г/л***	
	гаприн	***льняное масло***	***гаприн***	***льняное масло***

1	-	-	-	-
2	*0,9*	-	*0,9*	-
3	-	*0,6*	-	*0,6*
4	*0,9*	-	-	*0,6*

Статистическая обработка экспериментальных данных осуществлялась с применением программы Microsoft Excel. Результаты исследований сравнивались с рекомендуемыми для креветок. Схема кормления в группах отображена в таблице 2.

Таблица 2

«Схема кормления личинок креветок Macrobrachium rosenbergii по группам).

Показатель	***Группа 1***			***Группа 2***			***Группа 3***			***Группа 4***		
	1	*2*	*3*	*1*	*2*	*3*	*1*	*2*	*3*	*1*	*2*	*3*
Количество, экз.	*50*	*50*	*50*	*50*	*50*	*50*	*50*	*50*	*50*	*50*	*50*	*50*
Объем, л	*10*	*10*	*10*	*10*	*10*	*10*	*10*	*10*	*10*	*10*	*10*	*10*
Длительность опыта (дней)	*14*											
Корм	*Науплии Artemia salina необогащенные*			*Науплии Artemia salina обогащенные Гаприн 0,9/0,9*			*Науплии Artemia salina Льняняным масло 0,6/0,6*			*Науплии Artemia salina обогащенные Гаприном 0,9; Льняное масло 0,6*		
Кратность кормления в сутки	*2*			*2*			*2*			*2*		

Личинки креветки Macrobrachium rosenbergii были разделены на 4 группы по 50 особей в трех повторностях в емкостях объемом 10 л из пищевого полипропилена. Креветки в группах находились на кормлении науплиями артемии Artemia salina, гаприном, льняным маслом, комлексом гаприна и льняного масла.

Результаты исследования

Влияние обогащения Артемии на выживаемость *Macrobrachium rosenbergii*

Результаты исследования выживаемости личинки при кормлении различными кормами: науплиями артемии, науплиями артемии обогащёнными гаприном, науплиями артемии обогащёнными льняным маслом и науплиями артемии обогащёнными гаприном и льняным маслом представлены в Таблице 3.

Таблица 3.

«Выживаемость личинок креветок Macrobrachium rosenbergii на разных схемах кормления».

Выживаемость личинок M. rosenbergii, экз.	***Науплии Artemia salina***			***Науплии Artemia salina обогащенные Гаприн 0,9/0,9***			***Науплии Artemia salina Льняняным масло 0,6/0,6***			***Науплии Artemia salina обогащенные Гаприном 0,9; Льняное масло 0,6***		
	1	***2***	***3***	***1***	***2***	***3***	***1***	***2***	***3***	***1***	***2***	***3***
1 сутки	*50*	*50*	*50*	*50*	*50*	*50*	*50*	*50*	*50*	*50*	*50*	*50*
5 сутки	*45*	*48*	*48*	*45*	*46*	*48*	*48*	*49*	*48*	*47*	*49*	*48*
10 сутки	*43*	*45*	*47*	*42*	*43*	*43*	*47*	*47*	*49*	*46*	*48*	*45*
14 сутки	*42*	*40*	*38*	*41*	*36*	*37*	*44*	*45*	*46*	*41*	*45*	*43*
Выживаемость, %	*84*	*80*	*76*	*82*	*72*	*74*	*88*	*90*	*92*	*82*	*90*	*86*

В контрольной группе, где в качестве корма использовались необогащённые науплии артемии, выживаемость личинки *Macrobrachium rosenbergii* на 5 сутки составила 95%, на 10 сутки 90%, а в конце эксперимента 80%.

В экспериментальной группе, где в качестве корма использовались науплии артемии обогащённые микробных белком гаприном выживаемость оказалась ниже контрольной группы на 4 %. Так на 5 сутки выживаемость составила 93%, на 10 сутки 85 и на 14 сутки 76%.

В экспериментальной группе при кормлении личинок креветки Розенберга науплиями артемии обогощенной гаприном и льняным маслом выживаемость личинок в конце эксперимента была выше по сравнению с контрольной группой на 6% и составила 86%.

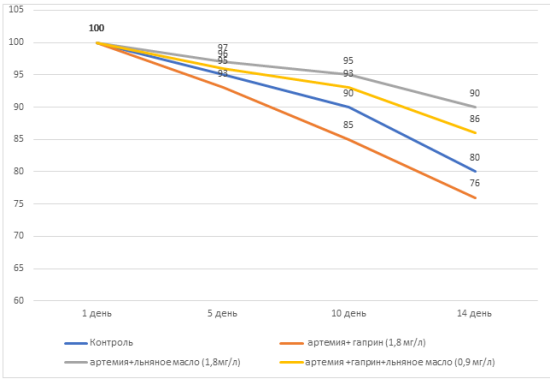

Рисунок 6. «График выживаемости Macrobrachium rosenbergii при кормлении обогащёнными Артемиями»

Самая высокая выживаемость была зафиксирована при кормлении личинки *Macrobrachium rosenbergii* науплиями артемии обогащёнными льняным маслом и на 14 сутки составила 90% (рис.6).

Влияние обогащения на развитие *Macrobrachium rosenbergii*

При кормлении науплиями артемии стадии развития личинок *Macrobrachium rosenbergii* проходили без отклонений и соответствовали морфологическим признакам ранних стадий и суточному переходу на следующие стадии с момента выхода из икры. Так, на 5 сутки стадии развития во всех повторностях достигали III стадии развития, которая характеризовалась появлением уропод и дорзальным расположением на роструме одного шипа, но в экспериментальных группах в которых при обогащении науплий артемии использовался микробных белок гаприн часть личинок имели уже IV стадию развития; на 10 сутки личинки в контрольной группе и экспериментальной группе где артемия обогащалась только льняным маслом находились на IV стадии развития, что подтверждало наличие на роструме двух шипов и укороченного и расширенного к концу тельсона, с заметным переходом на V стадию – тельсон длинный и узкий, отсутствие зачатков плеопод; а в экспериментальных группах с обогащением чистым гаприном и с льняным маслом некоторые личинки имели уже VI стадию развития, характеризующейся появлением маленьких недефференциированных зачатков плеопод. На 14 сутки в контрольной группе отмечались личинки на VI - VII стадии развития, укрупнение зачатков плеопод, без щетинок. В группе прикормлении обогащённой льняным маслом артемией на 14 сутки отмечались личинки на стадиях V - VII стадии. В экспериментальной группе, где в качестве корма использовалась артемия обогащенная гаприном и льняным маслом были зафиксированы личинки VII и VIII. На VIII – IX стадии. Все плеоподы, удлинившиеся на предыдущей стадии, теперь двуветвистые и обладают плавательными щетинками. У большинства особей вторая почка плеопод удлиняется, а первая пара плеопод появляется в виде простой почки. Теперь, когда эндоподы третьего и четвертого плеопод полностью сформированы, вдоль их внутренних краев начинают появляться зачатки внутренних придатков. А в группе при кормлеии науплиями артемией обогащенной только гаприном основная часть личинок находилась на VIII стадии развития, но небольшая часть личинок была отмечена на IX стадии развития (Таблица 4).

Таблица 4

«Выживаемость личинок креветок Macrobrachium rosenbergii на разных схемах кормления».

	Группа 1			**Группа 2**			**Группа 3**			**Группа 4**		
Показатель	Науплии Artemia salina необогащенные			Науплии Artemia salina обогащенные Гаприн 0,9/0,9			Науплии Artemia salina Льняняным масло 0,6/0,6			Науплии Artemia salina обогащенные Гаприном 0,9; Льняное масло 0,6		
Количество, экз.	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
Объем, л	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
	Стадии личинок гигантской пресноводной креветки Macrobrachium rosenbergii											
1 сутки	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
5 сутки	III	III	III	III-IV	IV	III-IV	II-III	III	II-III	III	III-VI	III-IV
10 сутки	IV	IV-V	IV	V-VI	V	V-VI	IV	IV	IV-V	V-VI	V	V
14 сутки	VI-VII	VI-VII	VII	VIII-IX	VIII-IX	IX	V-VII	V-VII	VI-VII	VII-VIII	VIII	VIII

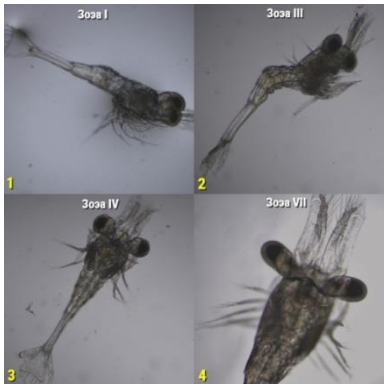

Рисунок 7.«Стадии развития личинки Macrobrachium rosenbergii на кормлении науплиями Artemia salina (1 – Зоэа I (1 сутки); 2 – Зоэа III (5 сутки); 3- Зоэа IV (10 сутки); 4 – Зоэа VII (14 сутки))».



Рисунок 8. «Стадии развития личинки Macrobrachium rosenbergii на кормлении науплиями Artemia salina VIII стадия»



Рисунок 9. «Стадии развития личинки Macrobrachium rosenbergii на кормлении науплиями Artemia salina XI стадия»

Влияние различных вариантов обогащения науплий артемии на выживаемость и развитие личинок *Macrobrachium rosenbergii* показало, что оптимальным вариантом для

кормления личинок *Macrobrachium rosenbergii* является обогащение науплий артемий комплексом гаприна с концентрацией 0,9 мг/л и льняного масла концентрацией 0,6 мг/л. В данной экспериментальной группе выживаемость личинок креветки Розенберга была выше контрольной группы на 6% и также наблюдалось ускорение развития личинок по сравнению с контрольной группы.

Кормление личинки креветки Розенберга обогащенными науплиями артемии только микробным белком Гаприном показало, что ускоряется развитие личинок креветки, но при этом снижается их выживаемость. Так в этой экспериментальной группе часть личинок креветки находилось на IX стадии развития, а в экспериментальной лишь на VII, а выживаемость была ниже, чем в контрольной группе на 4%, что требует дополнительных исследований влияния различных концентраций гаприна при обогащении науплий артемии на выживаемость и развитие личинок *Macrobrachium rosenbergii.*

При кормлении личинок *Macrobrachium rosenbergii* артемией обогащенной только льняным маслом отмечается максимальная выживаемость, где она на 10% была выше контрольной группы и составила 90% на 14 день эксперимента. Но в этой группе было зафиксировано и наибольшее замедление развития личиночных стадий по сравнению с другими группам

Выводы:

1. По данным Всероссийской ассоциации рыбохозяйственных предприятий, предпринимателей и экспортеров (ВАРПЭ) [3], мировой рынок креветки будет расти на 7% в год до 2028 года. Среднегодовой темп роста мирового рынка креветки составит 6,72% в период до 2028 года, что следует из отчета ReportLinker [4]. По итогам 2022 года объем мирового рынка креветки оценивается в 46,94 млрд. долларов. Основными видами креветок выращиваемых в аквакультуре являются L. vannamei, P. monodon и M.rosenbergii и др.
2. Сегодня большой интерес сосредоточен на повышении продуктивности вида креветки Macrobrachium rosenbergii, который считается одним из наиболее важных видов ракообразных, вносящих вклад в мировую индустрию аквакультуры креветок. Основной проблемой товарного выращивания креветки Macrobrachium rosenbergii является сложность освоения и трудоемкость биотехники получения жизнестойкого посадочного материала на различных стадиях онтогенеза в промышленных масштабах.
3. Результы исследования показали, что при кормлении личинок Macrobrachium rosenbergii артемией обогащенной только льняным маслом отмечается максимальная выживаемость, где она на 10% была выше контрольной.
4. Кормление личинки креветки Розенберга обогащенными науплиями артемии только микробным белком Гаприном показало, что ускоряет развитие личинок креветки. Так в этой экспериментальной группе часть личинок креветки находилось на IX стадии развития, а в экспериментальной лишь на VII.
5. Исследование влияния различных вариантов обогащения науплий артемии на выживаемость и развитие личинок Macrobrachium rosenbergii показало, что оптимальным вариантом для кормления личинок Macrobrachium rosenbergii является обогащение науплий артемий комплексом гаприна с концентрацией 0.9 мг/л и льняного масла концентрацией 0,6 мг/л. В данной экспериментальной группе выживаемость личинок креветки Розенберга была выше контрольной группы на 6% и также наблюдалось ускорение развития личинок по сравнению с контрольной группы.

***

1. Литвиненко, П. А. Опыт обогащения науплиусов артемии микробным белком (гаприном) и жирными кислотами / П. А. Литвиненко, М. А. Корентович // Состояние и пути развития аквакультуры в Российской

Федерации : Материалы V национальной научно-практической конференции, Калининград, 22–23 октября 2020 года / Под редакцией А.А. Васильева. – Калининград: Общество с ограниченной ответственностью "Амирит", 2020. – С. 150-156. – EDN PTJOPV.
2. Кулеш, В. Ф. Состав пищи и пищевая избирательность пресноводных креветок в аквакультуре (обзор) / В. Ф. Кулеш // Весці БДПУ. Серыя 3. Фізіка. Матэматыка. Інфарматыка. Біялогія. Геаграфія. – 2010. – № 3(65). – С. 21-28. – EDN MJZOTH.
3. Мировой рынок креветки будет расти на 7% в год в ближайшие пять лет // Рамблер: [https://finance.rambler.ru]. – 2023. – URL: https://finance.rambler.ru/markets/50819767-mirovoy-rynok-krevetki-budet-rasti-na-7-v-god-v-blizhayshie-pyat-let/?utm_source=copysharing&utm_medium=social (дата обращения: 22.12.2023)
4. Мировой рынок креветки будет расти на 7% в год до 2028 года // FISHNET: [https://www.fishnet.ru]. – 2023. – URL: https://www.fishnet.ru/news/rynok/mirovoy-rynok-krevetki-budet-rasti-na-7-v-god-do-2028-goda/ (дата обращения: 08.10.2023)
5. К вопросу культивирования гигантской пресноводной креветки (Macrobrachium rosenbergii) / Д. В. Шумейко, Е. А. Клочко, Ю. Д. Назина [и др.] // Генетика и разведение животных. – 2021. – № 2. – С. 57-65. – DOI 10.31043/2410-2733-2021-2-57-65. – EDN MKJHDX.

Олькиницкий К.В., Тархов Е.О., Павлова Н.Д., Гайдук Е.А., Пономарёв Г.А.
Оценка метода переработки отходов водорослевых производств путём вермикультивирования

ФГБОУ ВО «Московский государственный университет технологий и управления им. К.Г. Разумовского»
(Россия, Москва)

doi: 10.18411/trnio-02-2024-400

Аннотация

Методы переработки отходов водорослевых производств стали актуальным вопросом в свете растущей экологической ответственности и необходимости эффективной утилизации органических материалов. Вермикультивирование, процесс, в ходе которого биологические организмы используются для разложения органических отходов, представляет собой многообещающий метод для переработки отходов водорослевых производств. Целью данной работы является проведение оценки эффективности метода вермикультивирования для переработки отходов водорослевых производств с учетом его влияния на конечные продукты, экологическую безопасность и экономическую выгоду.

Ключевые слова: красные черви, Eisenia fetida, биогумус, черви компостеры, вермикультивирование.

Abstract

Methods of recycling waste from algae production have become an urgent issue in the light of growing environmental responsibility and the need for effective utilization of organic materials. Vermicultivation, a process in which biological organisms are used to decompose organic waste, is a promising method for recycling algae waste. The purpose of this work is to evaluate the effectiveness of the vermicultivation method for processing algae waste, taking into account its impact on end products, environmental safety and economic benefits.

Key words: red worms, Eisenia fetida, vermicompost, composter worms, vermicultivation

Введение:

Черви *Eisenia fetida*, также известные как "красные черви" или "черви компостеры", являются одними из самых распространенных видов червей, используемых для вермикультивирования [1].

Черви *E. fetida* перерабатывают органические материалы путем процесса, который называется компостированием. Этот процесс происходит благодаря специальным ферментам в желудках червей, которые позволяют им разлагать органические отходы. В результате этого