

**Л.Г.Седова, Ю.Э.Брегман, Н.М.Аминина,
А.В.Подкорытова**

**ВЛИЯНИЕ ИСКУССТВЕННЫХ КОРМОВ НА СКОРОСТЬ
ПИТАНИЯ И РОСТ ГОНАД У МОРСКИХ ЕЖЕЙ
STRONGYLOCENTROTUS INTERMEDIUS**

Морские ежи давно привлекают к себе особое внимание не только как уникальные лабораторные животные для экспериментальных исследований по биологии развития, фармакологии и токсикологии (Бузников, Подмарев, 1975) и сырье для получения различных биологически активных веществ, но и как источник ценной деликатесной продукции – икры.

У япономорского побережья России важное промысловое значение имеет серый морской еж *Strongylocentrotus intermedius* (Agassiz). В последние годы из-за интенсивной добычи морских ежей и ламинарии – важной составляющей их рациона (Fuji, 1967) – запасы этого объекта снизились (Павлючков и др., 1994).

Для восстановления запасов морских ежей в Японии широко используют заводские методы получения посадочного материала с его дальнейшим подращиванием в регулируемых условиях или в море (Agatsuma et al., 1995). Товарные качества икры можно улучшить, подкармливая ежей до промысла бурыми водорослями (Fuji, 1967; Lawrence, 1975; LeGall, 1990; Lemire, Himmelman, 1996; Lawrence et al., 1997). Однако заготовка свежих водорослей обходится дорого, не всегда возможна, их пищевые качества не стабильны и могут стать вовсе неприемлемыми из-за поллютантов. Поэтому успешная промышленная эхинокультура, по мнению многих авторов (Klinger, 1982; Klinger et al., 1986, 1998; Lawrence et al., 1989; Williams, Harris, 1998), возможна лишь на основе искусственных кормов, которые используются как для подращивания молоди морских ежей, так и для улучшения качества гонад, как товара, имеющего коммерческую ценность.

Процессы питания серых ежей *Strongylocentrotus intermedius* естественной пищей хорошо исследованы японскими учеными (Kawamura, Take, 1965; Fuji, 1967), значительно меньше известно о потреблении ими искусственных кормов. Скорость питания, выделения фекалий, усвояемость органического вещества и соматический рост молодых ежей *S. pulcherrimus*, которых сейчас относят к *S. intermedius* (Бажин, 1995) рассмотрены в небольшой статье японских авторов (Nagai, Kaneko, 1975). Несколько статей посвящено оценке пригодности для упомянутого вида различных искусственных кормов по темпам генеративного роста, скорости потребления и усвояемости пищи (Левин и др., 1987; Левин, Найдено, 1987).

Настоящая работа посвящена исследованию количественных закономерностей процесса питания *S. intermedius* искусственным кормом и его влияния на рост тела, гонад и цвет икры ежей в условиях рециркуляционной системы.

Морских ежей для долговременных экспериментов по оценке влияния корма на генеративный рост весной и осенью 1997 г. собирали с глубины 2–3 м водолазным способом в бухте Воевода (о. Русский, Японское море). Размеры животных по диаметру панциря составляли 48–55 мм, по массе тела – 43–68 г. К условиям экспериментов животных акклиматизировали в течение 6–7 сут при температуре $10 \pm 0,5$ °C в двух акватронах объемом 200 л, размерами днища 40 x 86 см и высотой 43 см в Океанариуме ТИНРО-центра. В период акклиматизации для очистки кишечника животных от ранее потребленной пищи их не кормили.

На акклиматизированных ежах при указанной температуре воды в тех же акватронах провели две серии опытов: первую с 29 апреля по 28 мая (30 сут) и вторую с 15 октября по 2 декабря (48 сут). Аквариумы перфорированной перегородкой были разделены на два равных отсека, в каждом из них испытывали определенный вид корма, рецептура и технология изготовления которых были разработаны нами. Пища, в составе которой указаны каротиноиды, включала экстракты из моркови. Использовали следующие корма.

I серия экспериментов

Корм № 1. Сухой порошок из ламинарии японской, каротиноиды; альгинат натрия в качестве связующего агента (0,5 % от влажной массы корма).

Корм № 2. Экстракт биологически активных веществ из ламинарии; сухой концентрат, содержащий свободные аминокислоты, маннит, минеральные элементы, каротиноиды; альгинат натрия (3 %).

Корм № 3. Водорослевые остатки после выделения альгината, содержащие клетчатку и белки; экстракт пигментов из ламинарии; альгинат натрия (1 %).

Корм № 4. Двухгодичная ламинария японская.

II серия экспериментов

Корм № 4. Двухгодичная ламинария японская.

Корм № 5. Минтаевый фарш, сухой порошок из ламинарии японской; альгинат натрия (1 %).

Корм № 6. Минтаевый фарш, каротиноиды; альгинат натрия (1 %).

Корм № 7. Минтаевый фарш, экстракт пигментов из ламинарии; альгинат натрия (1,5 %).

Приготовленные корма были мягкой консистенции, имели вид гранул овальной формы, длиной 8–10 мм, закрепленных в капсулы путем выдерживания их в растворе хлористого кальция. Корма замораживали при температуре минус 18 °C и хранили в этих условиях до скармливания. Гранулы корма № 1 были рыхлые, частично растворялись и загрязняли воду. Гранулы кормов № 2 и 3 были легче воды и скапливались у ее поверхности, прибываясь к стенкам акватронов. Недостатки кормов № 1–3, выявленные в ходе I серии экспериментов, были учтены при изготовлении кормов № 5–7. Их гранулы имели более плотную консистенцию, мало растворялись в воде и не всплывали. В качестве контроля

относительно искусственных кормов использовали двухгодичную ламинарию японскую *Laminaria japonica* (Aresh) – корм № 4. Заготовленные талломы этой водоросли также хранили в замороженном состоянии в течение всего эксперимента. Непосредственно перед кормлением талломы размораживали и нарезами на кусочки примерно одного размера (2 x 3 см).

Корм ежам задавали ежедневно в избытке (примерно 100 г на 25–33 особи). Выделенные за сутки фекалии и остатки пищи убирали сифоном перед каждым кормлением.

Еженедельно проводили гидрохимический контроль. Во время экспериментов температуру воды в акватронах поддерживали на уровне $10 \pm 0,5$ °C. Соленость воды составляла $33,0 \pm 0,5$ ‰. Значения прочих показателей колебались в следующих пределах: насыщение воды кислородом – 102–105 %, pH – 7,3–8,0, NH_3 – 0,05–1,70 мг N/л. Высокий уровень содержания продуктов азотистого обмена, накапливающихся в ходе эксперимента, снижали путем частичной или полной замены воды. Температурные условия содержания животных в акватронах были близки к таковым в бухте Воевода, в которой в мае температура воды повышалась от 8 до 12 °C, а с октября по начало декабря понижалась с 13 до 3 °C. Среднее значение температуры в эти периоды было близко к 10 °C.

Перед началом экспериментов у всех ежей определяли диаметр панциря (Д, мм) и массу тела (W , г). В контрольной группе – массу гонад (W_g), кишечника с его содержимым (W_k) и визуальную – цвет гонад. Измерения выполняли штангенциркулем (с точностью $\pm 0,5$ мм), массу тела, гонад и кишечника (после обезвоживания с помощью марли) – на электронных весах с точностью $\pm 0,1$ г. Гонадный (ГИ, %) и кишечный (КИ, %) индексы рассчитывали по соотношениям:

$$\text{ГИ} = (W_g/W) \times 100 \%; \text{КИ} = (W_k/W) \times 100 \%.$$

По завершении опытов эти параметры оценивали у всех особей.

Физиологические показатели процесса питания исследовали в ходе кратковременных опытов в мае (корма № 1–4) и в ноябре (корма № 4–7) при температуре воды $10 \pm 0,5$ °C. До опытов животные в акватронах содержались на определенном виде корма не менее 10 сут.

Ежей помещали по одному в трехлитровые камеры, затянутые сверху ситом для того, чтобы частицы корма и фекалии, выделяемые животными, не вымывались. Камеры устанавливали в те же акватроны, где содержали ежей. Длительность экспозиции составляла 24–48 ч, в течение которых (дважды в сутки) воду в камерах меняли, чтобы избежать дефицита кислорода. Корм задавали в избытке. Одновременно для учета изменения массы заданного корма за время опыта ставили контрольные (без животных) камеры. В конце опытов ежей промеряли и взвешивали. Несъеденный корм и выделившиеся фекалии собирали, единообразно обезвоживали марлей и взвешивали с точностью $\pm 0,1$ г.

Скорость питания, или рационы (Р, г), определяли в граммах сырого вещества по разности между массой предложенной пищи и ее остатка, а также в процентах от массы тела (P/W , %) за одни сутки. Скорость выделения фекалий выражали в граммах сырого вещества на экземпляр (F, г) и в процентах от массы тела (F/W , %) в сутки. Усвояемость (А, %) рассчитывали как: $A = (P - F)/P \times 100 \%$.

В работе принимали участие В.Н.Валова и О.С.Соломина, за что выражаем им искреннюю благодарность.

Состав кормов

По данным многочисленных исследований влияния искусственной пищи на пластический обмен и количественные показатели процесса питания морских ежей, обобщенным в последней сводке Клингера с соавторами (Klinger et al., 1998), состав искусственных кормов очень разнообразен. Обычно они являются комбинацией сухого зерна и овощей, где в качестве связующего компонента используют агар, желатин и др. Чаще всего корм включает два основных компонента: источник белка (8–29 %) – рыбный корм или рыбный (креветочный) фарш, иногда соевые бобы, альбумин, дрожжи – и источник углеводов (до 58 %) – бурые водоросли или кормовое зерно. Ингредиенты компонуют в гранулы с применением связующих агентов или экструзией. В корма могут входить каротиноиды, минеральные вещества, витамины, рыбный или растительный жир, холестерол. Иногда применяют и вовсе оригинальные составляющие: молоко сгущенное, сахарозу, глюкозу и яичный порошок (Левин и др., 1987; Левин, Найдено, 1987).

Использованные нами корма также отличались разнообразием. Часть из них были углеводного типа (№ 1, 3, 4), некоторые – протеиновой природы (№ 6, 7), а остальные – смешанного типа (№ 5) или концентратом биологически активных веществ, заключенным в матрицу из альгината натрия (№ 2).

Пищевое поведение морских ежей при их длительном содержании

При внесении в акватрон корма он быстро привлекал внимание ежей: пять пар крупных окологротовых амбулакральных ножек начинали двигаться более активно и ежи сразу же направлялись в сторону пищи. При добавлении кормов № 1, 4–7 большая часть животных скапливалась на дне. При использовании кормов № 2–3 ежи поднимались по стенкам акватронов и с помощью педициллярий и иголок собирали пищевые комочки. Корм потреблялся активно, но не всеми животными одновременно. Обычно некоторая их часть не реагировала на поступление новой порции корма. Возможно, это было связано с тем, что эти ежи переваривали пищу.

Показатели роста и цвет гонад

За время весеннего эксперимента размеры ежей не увеличились. Значения КИ у особей, питавшихся кормами № 1, 3 и 4, были близки и составляли 8–12 %, на корме № 2 они были ниже в два раза (табл. 1). ГИ относительно начального значения во всех вариантах достоверно увеличился с 6,3 до 7,2–8,3 % (рис. 1). Однако если сравнивать его значение для ежей, питавшихся разными кормами, то различие между ними незначимо.

Количество ежей с желтым цветом гонад в исходной пробе составляло 48,3 %, с грязно-желтым до красного – 1,7 % и с бурым – 50 % (рис. 2). В конце эксперимента более высокая доля желтой окраски гонад была отмечена на кормах № 2, 3 и 4 (>60 %), доля гонад с бурой окраской уменьшилась в два раза на кормах № 1, 3 и 4 и в 3 раза на корме № 2.

Эти данные показывают, что, по сравнению с ламинарией, рассматриваемые искусственные корма не имели каких-либо преимуществ. Это

и понятно, поскольку они имели недостатки: гранулы корма № 1 были рыхлыми, частично растворялись в воде и явно теряли свою пищевую ценность; потребление других затруднялось их плавучестью.

Таблица 1

Размеры тела, гонадный (ГИ) и кишечный (КИ) индексы у ежей, содержащихся на различных кормах с 29 апреля по 28 мая

Table 1

Body sizes, gonadal-somatic (ГИ) and intestinal indices (КИ) of sea urchins, maintained on different foods from 29, April to 28, May

Кол-во, экз.	Диаметр, мм	Параметры		Физиологические	
		Размерные	Масса, г	ГИ, %	КИ, %
		Высота, мм			
<i>До начала эксперимента</i>					
60	51,7±1,6*	26,8±0,9	58,0±5,6	6,3±0,6	—
<i>По окончании эксперимента</i>					
<i>Корм № 1</i>					
16	50,8±2,7	26,0±1,3	53,0±9,5	8,3±1,5	9,6±1,6
<i>Корм № 2</i>					
19	50,3±2,7	25,5±1,6	52,5±8,5	7,4±0,9	4,4±0,9
<i>Корм № 3</i>					
26	51,8±2,2	26,2±1,3	57,5±7,7	7,2±1,1	10,9±2,1
<i>Корм № 4</i>					
22	52,6±2,6	27,4±1,5	60,2±8,8	7,9±1,1	10,8±1,5

* Стандартная ошибка средней (SE), 95 %-ный уровень значимости.

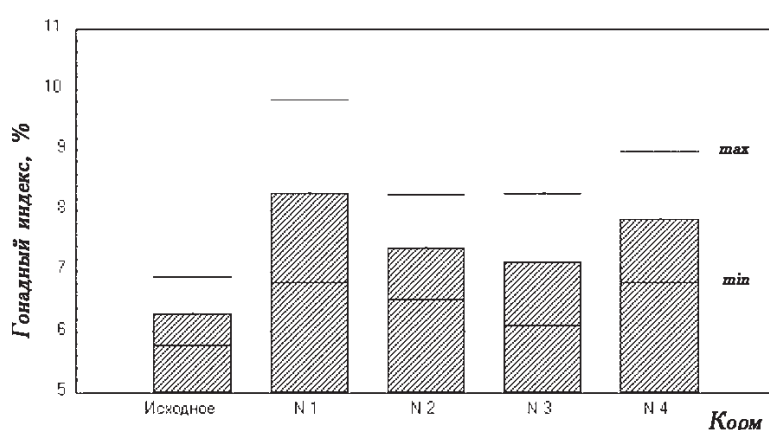


Рис. 1. Средние значения гонадного индекса у серых ежей, содержащихся на разных кормах в аквариальных условиях, весна (95 %-ный уровень значимости)

Fig. 1. The mean values of gonadal-somatic indices

(GSI) of sea urchins maintained on different foods in aquariums, spring (95 % confidence level)

Во второй серии экспериментов корма № 5–7 более плотной консистенции были доступны ежам и охотно поедались ими, но размеры тела ежей также практически не изменились (табл. 2). Отсутствие соматического роста крупных ежей на искусственных кормах наблюдается часто, это является следствием использования энергии пищи преимущественно на рост гонад и кишечника; в то же время у молодых ежей при отсутствии затрат на генеративный рост размеры тела заметно увеличиваются (Fuji, 1967; Lawrence et al., 1997).

Значение КИ у особей, содержащихся на кормах № 6 и 7, было близким к его величине у ежей в бухте Воевода в период окончания опыта и составляло примерно половину его начального значения (табл.

2). На кормах № 4, 5 средние величины КИ были близки и выше природных в 1,5 раза. В естественных условиях, в бухте Воевода, за период с 9 октября по 25 ноября значение КИ уменьшилось более чем в 2 раза и составило 2,1 %.

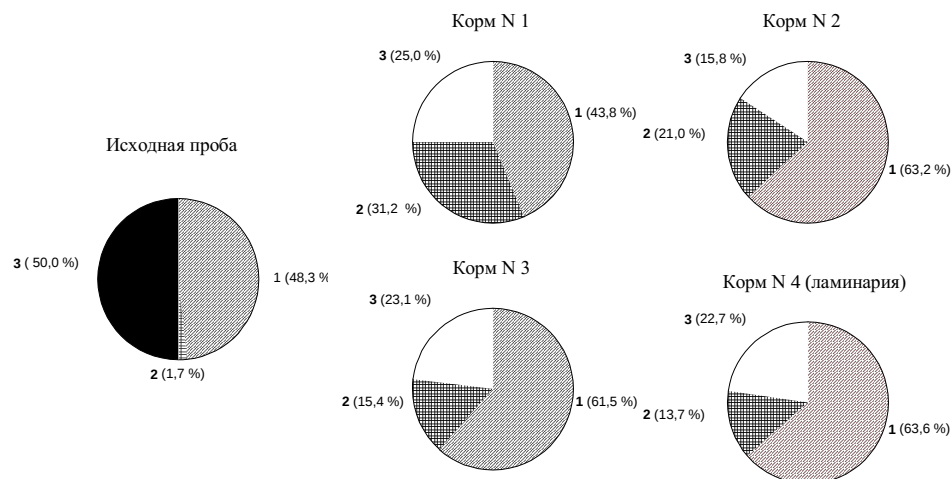


Рис. 2. Цвет гонад серого морского ежа (весна): 1 – желтый, 2 – от грязно-желтого до красного, 3 – бурый

Fig. 2. A colour of sea urchins gonads (spring): 1 – yellow, 2 – from dark-yellow to red, 3 – dark-brown

Таблица 2

Размеры тела, гонадный (ГИ) и кишечный (КИ) индексы у ежей, содержащихся на различных кормах с 15 октября по 2 декабря

Table 2

Body sizes, gonadal-somatic and intestinal indices of sea urchins, maintained on different foods from 15, October to 2, December

Кол-во, экз.	Параметры				
	Диаметр, мм	Размерные Высота, мм	Масса, г	Физиологические ГИ, %	КИ, %
<i>До начала эксперимента, бухта Воевода, 9 октября</i>					
35	52,4±0,9*	27,5±0,5	57,3±2,4	1,4±0,5	5,2±0,8
<i>В конце эксперимента, бухта Воевода, 25 ноября</i>					
27	54,7±1,0	29,3±0,7	62,3±2,4	3,0±0,6	2,1±0,3
<i>Эксперимент</i>					
<i>Корм № 4**</i>					
33	51,1±1,1	–	54,8±3,1	–	–
33	51,5±1,3	29,8±1,7	55,9±3,1	1,3±0,4	3,4±0,5
<i>Корм № 5</i>					
33	51,7±0,9	–	56,6±2,1	–	–
33	51,2±1,2	27,5±0,8	56,3±2,7	5,1±0,5	3,0±0,3
<i>Корм № 6</i>					
33	51,2±1,3	–	55,9±3,5	–	–
33	51,4±1,4	27,3±0,8	55,7±3,4	4,5±0,9	1,9±0,3
<i>Корм № 7</i>					
32	51,4±1,1	–	57,1±1,9	–	–
32	51,6±0,9	28,4±0,7	56,2±2,6	3,3±0,6	1,9±0,1

* Стандартная ошибка средней (SE), 95 %-ный уровень значимости.

** Первая строка – до опыта, 2-я – после.

Все искусственные корма, особенно № 5 и 6, обеспечили более высокие показатели ГИ (табл. 2), которые достоверно отличались от начального значения, величины ГИ у ежей из бухты Воевода в конце ноября и от ГИ в контроле, в котором использовали корм № 4 – ламинарию (рис. 3). По отношению к исходному величина ГИ на корме № 4 не изменилась, на кормах № 5, 6, 7 увеличилась соответственно на 260, 220 и 136 % (табл. 2). Мы полагаем, что в процессе наших длительных экспериментов почти во всех вариантах у подопытных ежей значения ГИ и КИ достигали физиологического максимума, что обычно наблюдается на достаточно сбалансированных кормах (Klinger et al., 1998).

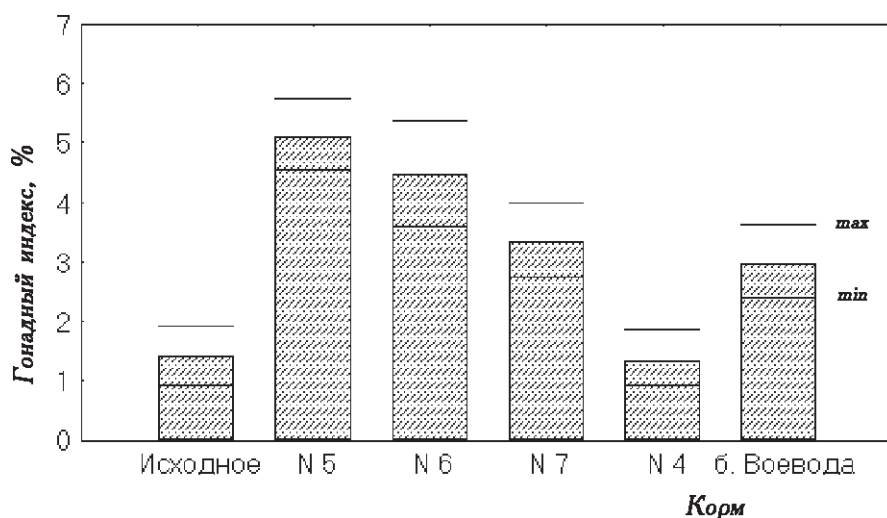


Рис. 3. Средние значения гонадного индекса у серых ежей, содержащихся на разных кормах в аквариальных условиях и в бухте Воевода в период окончания эксперимента, осень (95 %-ный уровень значимости)

Fig. 3. The mean values of GSI of sea urchins maintained on different foods in aquariums and in Voevoda Bay at the experiment end, autumn (95 % confidence level)

Полученные нами данные о влиянии подкормки на генеративный рост морских ежей в общем соответствуют наблюдениям на близком виде *S. droebachiensis*. В период размножения гонадный индекс этого ежа возрастал за месяц не более чем на 7,3–7,9 % относительно исходного значения при использовании корма из зерна и пшеничной муки или этой же диеты с добавкой соевых бобов, рыбы и водорослей. На рационе с высоким содержанием рыбного белка ГИ увеличивался до 21,6 %, в пострепродуктивный период показатели роста гонад были намного выше – 115–251 % (Klinger et al., 1998). В любом случае на всех искусственных кормах с включением рыбного протеина, как и во второй серии наших опытов, ГИ был заметно выше, чем на природных (Левин и др., 1987; Jong-Westman et al., 1995).

Что касается цвета гонад, можно отметить, что доля особей с бурыми гонадами по отношению к исходному уменьшилась во всех вариантах и в контрольной группе ежей, взятых из бухты Воевода по окончании эксперимента (рис. 4). Количество особей, имеющих желтые и оранжевые гонады на кормах № 4–7, было соответственно 24,2; 42,4; 21,2; 28,2 %. Эти различия в цвете однозначно нельзя увязывать с пищевой ценностью того или иного корма, поскольку доля ежей с такими гонадами чисто

случайно в том или ином варианте могла быть больше с самого начала. Однако можно предположить, что корм № 5 – один из лучших. Это предположение не лишено оснований потому, что в его основу входит белковый и углеводный компонент – порошок из ламинарии, которая является излюбленной пищей серого морского ежа (Fuji, 1967; Левин, Найденко, 1987).

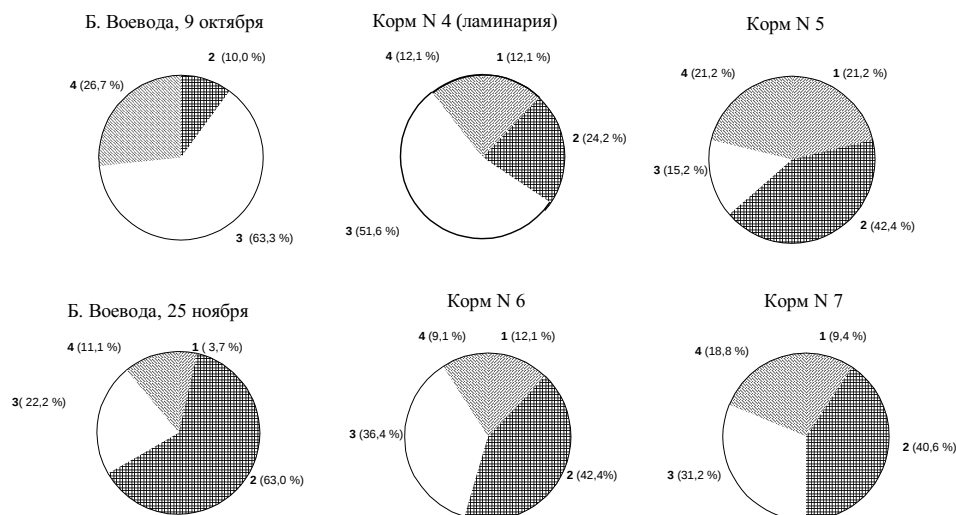


Рис. 4. Цвет гонад серого морского ежа (осень): 1 – желтый, 2 – от грязно-желтого до красного, 3 – бурый, 4 – оранжевый

Fig. 4. A colour of sea urchins gonads (autumn): 1 – yellow, 2 – from dark-yellow to red, 3 – dark-brown, 4 – orange

Рационы и усвояемость кормов

Определение рационов и усвояемости кормов № 1–4 проводили в первой серии экспериментов в мае, когда ежи находились на 1–2-й стадиях зрелости гонад, которые характеризуются активными процессами пролиферации, роста и созревания гамет (Victorovskaya, 1996). Скорости потребления кормов № 1–3 не различались значимо между собой, были максимальны, как и продукция фекалий, и достоверно в 2–3 раза выше, чем на ламинарии (табл. 3, рис. 5).

Хотя и трудно сопоставлять интенсивность питания ежей в разных условиях и на различающихся по составу диетах, все же отметим, что рационы на искусственных кормах в нашем эксперименте были одного порядка с рационами при содержании ежей на кормах, включающих порошок из ламинарии, по данным В.С.Левина и В.П.Найденко (1987), которые составляли 5,6–5,8 % в сутки. По сообщению этих авторов, свежая ламинария и большинство искусственных кормов потреблялись со сравнимой скоростью. По нашим наблюдениям, рационы на этой водоросли были в 2–3 раза ниже, чем на искусственных кормах, гранулы которых – более рыхлые и мягкие – лучше потреблялись ежами.

Второй раз процессы питания мы изучали в ноябре, когда ежи находились на начальных стадиях зрелости гонад – 0–1 (Victorovskaya, 1996). При использовании кормов с белковой добавкой – рыбным фаршем – рационы на всех видах пищи (корма № 5–7) были в 1,5–2,0 раза ниже, чем в первой серии опытов. Отчасти это связано с пониженной репродуктивной активностью морских ежей осенью и отсутствием не-

обходимости основную часть энергии усвоенной пищи направлять на развитие гонад (Agatsuma et al., 1996). Сказалась и более высокая пищевая ценность кормов, включавших углеводы и легко ассимилируемые белки рыб. Подобная ситуация описана многими авторами (Miller, Mann, 1973; Lowe, Lawrence, 1976; Fernandez, 1998). Например, ежи *Eucidaris tribuloides*, питаясь пищей “высокого качества” (10 % рыбного корма в агаре), существенно снижали скорость питания и выделение фекалий (Lares, McClintock, 1991).

Таблица 3

Показатели процесса питания ежей в мае

Table 3

Sea urchins food consumption characteristics in May

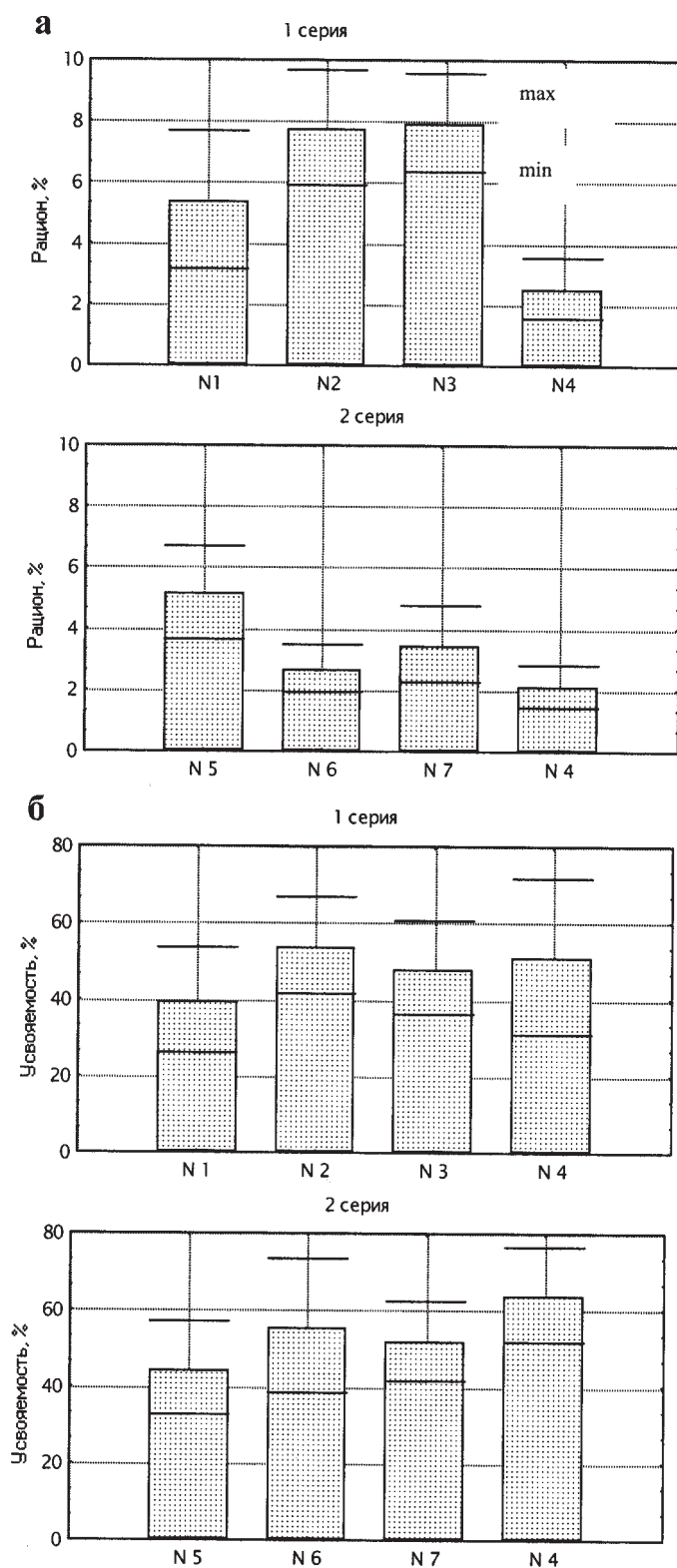
Кол-во опы- тов	Размерные		Параметры		Физиологические		
	Диаметр, мм	Масса тела, г	Рацион		Скорость выделения фекалий в сутки, г/экз. %	Усвояе- мость, %	
			в сутки, г/экз.	%			
14	50,6±3,5*	58,9±9,8	Корм № 1 2,9±1,1	5,4±2,3	2,4±0,5	4,2±1,0	39,4±13,8
15	49,3±3,3	53,4±8,9	Корм № 2 3,8±0,6	7,7±1,9	1,7±0,4	3,4±1,3	53,7±12,7
15	50,9±2,4	56,3±6,7	Корм № 3 4,4±0,8	7,9±1,6	2,2±0,5	4,1±1,1	47,9± 2,2
15	51,5±3,6	62,1±10,5	Корм № 4 1,4±0,5	2,5±1,0	0,6±0,3	1,0±0,5	50,8±20,4

* Ошибка средней (SE), 95 %-ный уровень значимости.

Осенью скорость потребления искусственных кормов серыми ежами, как и весной, хотя и в меньшей степени, была в 1,5–2,5 раза выше, чем на ламинарии (табл. 4, рис. 5). С наибольшей скоростью (5,1 % в сутки) ежи потребляли корм № 5, при этом выделялось максимальное количество фекалий, а усвояемость, будучи самой низкой (44,3 %), достоверно не отличалась от ее значений в других вариантах (табл. 4, рис. 5).

Среднее значение относительного рациона *S. intermedius* при питании ламинарией в наших опытах в мае и ноябре составило – 2,1–2,5 % в сутки, это почти в два раза ниже, чем по данным других авторов (Fuji, 1967; Левин и др., 1987). В первом случае эксперименты проводили в феврале у южного побережья Хоккайдо, когда ежи находились на стадии активного гаметогенеза (ГИ = 15 %) и им требовалось больше пищи; во втором случае сказались как повышенная температура воды в июле-августе (15–18 °C), при которой ставили опыты, так и то, что ежи в этот период находились на преднерестовой стадии.

Величины усвояемости всех кормов весной и осенью были в пределах 40–60 %, из них наиболее высокое значение этого показателя отмечено на естественном для ежей виде корма – ламинарии, при наиболее низкой интенсивности питания (см. табл. 3, 4, рис. 5). Близкий уровень усвоения (61 %) отмечен для ежа *S. droebachiensis* при потреблении им беломорской ламинарии (Холодов, 1981). В большинстве случаев усвояемость искусственных кормов в наших опытах, находясь в диапазоне 44–55 %, не зависела от уровня содержания в них протеинов рыбы. У ежа *Paracentrotus lividus* усвояемость корма возрастала по мере увеличения в нем содержания растворимых белков рыбы (Fernandez,



1998). Так, на чисто растительной диете она составляла 49 %, на смешанной (углеводов 35 %, белков 29 %) – 67 и на “животной” – 76 %. Приведенные различия трудно объяснить, поскольку сопоставляемые данные получены в неодинаковых условиях, на различных видах и на разных по составу кормах, тем более что показатели питания морских ежей сильно варьируют в зависимости от многих факторов, в том числе от условий среды и физиологического состояния животных до и в процессе эксперимента.

Рис. 5. Интенсивность питания (а) и усвояемость (б) серыми морскими ежами различных кормов (95 %-ный уровень значимости)

Fig. 5. The feeding intensity (а) and assimilation efficiency (б) of gray sea urchins on different foods (95 % confidence level)

Итак, ускоренное развитие гонад серых морских ежей и улучшение их товарного вида, даже вне сезона размножения, возможно при потреблении ими влажных гранулированных кормов на основе минтаевого фарша с добавкой порошка и пигментов из ламинарии японской,

каротиноидов и альгината натрия в качестве связующего компонента. Интенсивность потребления таких кормов составляет 3–5 % (от массы ежа) в сутки, усвояемость – 44–52 %; они обеспечивают прирост массы гонад на 220–260 % за полтора месяца. Все необходимые ингредиенты доступны, исходное сырье может быть заготовлено заранее и храниться длительное время; технология кормов простая и не требует дорогостоящего оборудования. Эффект от применения рекомендуемых кормов, несомненно, можно повысить в результате дальнейшей оптимизации его состава, формы и физических свойств гранул.

Таблица 4

Показатели процесса питания ежей в ноябре

Table 4

Sea urchins food consumption characteristics in November

Кол-во опы- тов	Размерные		Параметры				Физиологические	
	Диаметр, мм	Масса тела, г	Рацион		Скорость выделения фекалий в сутки, г/экз.		Усвояе- мость, %	
			в сутки, г/экз.	%	г/экз.	%		
14	51,8±1,7*	58,9±5,7	1,2 ±0,4	2,1±0,7	0,4±0,1	1,1±0,9	63,7±12,3	
10	50,3±2,5	61,2±5,9	3,1±0,9	5,1±1,5	1,8±0,5	3,0±1,0	44,3±12,1	
10	53,3±2,0	62,0±3,7	1,6±0,4	2,7±0,8	0,7±0,3	1,2±0,5	55,3±17,5	
10	54,8±3,5	62,2±5,0	2,1±0,6	3,4±1,2	1,0±0,3	1,7±0,7	51,5±10,3	

* Ошибка средней (SE), 95 %-ный уровень значимости.

Литература

Бажин А.Г. Видовой состав, условия существования и распределение морских ежей рода Strongylocentrotidae морей России: Дис.... канд. биол. наук. – Петропавловск-Камчатский, 1995. – 125 с.

Бузников Г.А., Подмарев В.К. Морские ежи Strongylocentrotus droebachiensis, S. nudus, S. intermedius // Объекты биологии развития. – М.: Наука, 1975. – С. 188–216.

Левин В.С., Найдено В.П. Влияние искусственного корма при лабораторном содержании морского ежа Strongylocentrotus intermedius // Биол. моря. – 1987. – № 6. – С. 50–56.

Левин В.С., Найдено В.П., Туркина Н.А. Интенсивность питания морского ежа Strongylocentrotus intermedius в экспериментальных условиях // Исследования иглокожих дальневосточных морей. – Владивосток: ДВО АН СССР, 1987. – С. 56–83.

Павлючков В.А., Викторовская Г.И., Евдокимов В.В. Некоторые особенности биологии морских ежей в условиях рационального промысла // Экосистемы морей России в условиях антропогенного пресса: Тез. Всерос. конф. – Астрахань: КаспНИРХ, 1994. – С. 367–368.

Холодов В.И. Трансформация органического вещества морскими ежами (Regularia). – Киев: Наук. думка, 1981. – 158 с.

Agatsuma Y., Matsuyama K., Nakata A. Seasonal changes in feeding activity of the sea-urchin Strongylocentrotus nudus in Oshoro Bay, Southwestern Hokkaido // Nippon Suisan Gakkaishi. – 1996. – Vol. 62, № 4. – P. 592–597.

Agatsuma Y., Sakai Y., Matsuda T. Manual of artificial seeds of the sea urchin Strongylocentrotus intermedius for releasing in fishing grounds of Hokkaido waters of Japan. – Hokk. Fish. Exper. Station, 1995. – 81 p.

Jong-Westman M., March B.E., Carefoot T.N. The effect of different nutrient formulations in artificial diets on gonad growth in the sea-urchin, *Strongylocentrotus droebachiensis* // *Canad. J. Zool.* – 1995. – Vol. 73, № 8. – P. 1495–1502.

Fernandez C. Evaluating artificial diets for small *Paracentrotus lividus* (Echinodermata: Echinoidea) // *Echinoderms: San Francisco and Rotterdam: Balkema, 1998.* – P. 651–656.

Fuji A. Ecological studies on the growth and food consumption of Japanese common littoral sea urchin *Strongylocentrotus intermedius* (Agassiz) // *Memor. Fac. Fish. Hokk. Univ.* – 1967. – Vol. 15, № 2. – P. 83–160.

Kawamura K., Take J. Ecological studies on the sea urchin, *Strongylocentrotus intermedius*, on the coast of Funadomari, in the north region of Rebun Island. (III) // *Sci. Rep. of the Hokk. Fish. Exp. Stat.* – 1965. – № 4. – P. 22–40.

Klinger T.S. Feeding rates of *Lytechinus variegatus* Lamarck (Echinodermata: Echinoidea) on differing physiognomies of an artificial food of uniform composition // *Echinoderms.* – Rotterdam: Balkema, 1982. – P. 29–32.

Klinger T.S., Hsieh H.L., Pangallo R.A. et al. The effect of temperature on feeding, digestion, and absorption of *Lytechinus variegatus* (Lamarck) (Echinodermata: Echinoidea) // *Physiol. Zool.* – 1986. – № 59. – P. 332–336.

Klinger T.S., Lawrence J.M., Lawrence A.L. Digestion, absorption, and assimilation of prepared feeds by echinoids // *Echinoderms: San Francisco and Rotterdam: Balkema, 1998.* – P. 713–721.

Lares M.T., McClintock J.B. The effects of food quality and temperature on the nutrition of the carnivorous sea-urchin *Eucidaris tribuloides* (Lamarck) // *J. Exper. Mar. Biol. & Ecol.* – 1991. – Vol. 149, № 2. – P. 279–286.

Lawrence J.M. On the relationship between marine plants and sea urchins // *Oceanogr. and Mar. Biol. Annu. Rev.* – 1975. – Vol. 13. – P. 213–286.

Lawrence J.M., Olave S., Otaiza R. et al. Enhancement of gonad production in the sea urchin *Loxechinus albus* in Chile fed extruded feeds // *J. Word Aquac. Soc.* – 1997. – № 28. – P. 91–96.

Lawrence J.M., Regis B., Delmas P. et al. The effect of quality of food on feeding and digestion in *Paracentrotus lividus* (Lamarck) (Echinodermata: Echinoidea) // *Mar. Behav. Physiol.* – 1989. – Vol. 15. – P. 137–144.

LeGall P. Culture of echinoderms // *Aquaculture* / Ed. G. Bamabe. – Vol.1. – Paris: Lavoisier Tesh & Doc Publ., 1990. – P. 443–462.

Lemire M., Himmelman J.H. Relation of food preference to fitness for green sea-urchin, *Strongylocentrotus droebachiensis* // *Mar. Biol.* – 1996. – Vol. 127, № 1. – P. 73–78.

Lowe E.F., Lawrence J.M. Absorption efficiencies of *Lytechinus variegatus* (Lamarck) (Echinodermata: Echinoidea) for selected marine plants // *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* – 1976. – № 21. – P. 223–234.

Miller R.J., Mann K.H. Ecological energetics of seaweeds zone in marine bay on the Atlantic coast of Canada. III. Energy transformation by sea urchins // *Mar. Biol.* – 1973. – № 18. – P. 99–114.

Nagai Y., Kaneko K. Culture experiments on the sea urchin *Strongylocentrotus pulcherrimus* fed on artificial diet // *Ibid.* – 1975. – Vol. 29. – P. 105–108.

Victorovskaya G.I. Dependence of urchin *Strongylocentrotus intermedius* reproduction on water temperature // *Proceedings of the Work-shop on the Okhotsk sea and adjacent areas, PICES Sci. Rep.*, 1996. – № 6. – P. 396–399.

Williams C.T., Harris L.G. Growth of juvenile green sea urchins on natural and artificial diets // *Echinoderms: San Francisco and Rotterdam: Balkema, 1998.* – P. 887–892.

Поступила в редакцию 26.04.99 г.