

М.М.Данилова

Одесский филиал Института биологии южных морей НАН Украины, г.Одесса

ДВА НОВЫХ ПОКАЗАТЕЛЯ ДЛЯ ПИЩЕВОГО СПЕКТРА МИДИИ ЧЕРНОГО МОРЯ

Для оценки содержимого пищеварительного тракта мидии применены два новых индекса: простой результирующий R_s и весовой результирующий R_w показатели, преодолевающие недостатки прежних (частоты встречаемости, показателя преобладания и др.). Главное преимущество этих индексов в том, что их можно представить графически, раскрывая абсолютные значения этих параметров.

Критические оценки различных методов, применяемых при анализе содержания пищеварительного тракта гидробионтов, были сделаны различными авторами [1 – 8]. Для характеристики питания животных применяются различные методы, основные из них сводятся к установлению частоты встречаемости объектов питания, их количества и объема, массы пищевых компонентов. Оценка содержимого пищеварительного тракта гидробионтов по массе, а также и по объему, позволяют выделить организмы, являющиеся основной пищей группы особей. Данные о массе организмов при наличии сведений об их биохимическом составе и усвоении моллюсками позволяют получить характеристику пищи по калорийности и химическому составу и подойти к исследованию энергетических трат особей. Весовой метод наиболее эффективен в том случае, если основу питания составляют организмы почти одинаковых размеров [1].

В литературе принято считать, что весовой метод обработки пищевого комка наиболее «точен» и «совершенен». Однако он, как и другие методы, имеет свои недостатки. Во-первых, некоторые пищевые компоненты, встречаемые в пищеварительном тракте гидробионтов, невозможно взвесить из-за их малой массы. Пользоваться восстановленной массой не всегда представляется возможным, так как до настоящего времени еще очень мало данных по средней массе морских гидробионтов, особенно бентосных и нектобентосных. Во-вторых, при использовании этого метода завышается значение крупных животных, которые в пищевом комке могут встречаться редко. Чтобы избежать ошибки в оценке роли этих организмов в питании гидробионтов, необходимо пользоваться дополнительной характеристикой – частотой встречаемости. Этот показатель наглядно свидетельствует о доступности потребляемых форм. Анализ частоты встречаемости очень прост и быстр, но дает возможность выяснить только относительное значение различных объектов питания. Показатель частоты встречаемости преувеличивает роль мелких, но массовых или часто встречающихся организмов. Использование этой характеристики в совокупности с другими (метод подсчета количества организмов в пищевом комке и их массы) имеет биологический смысл, если анализ проводится на большом фактическом материале.

Анализ спектра питания по количеству особей заключается в том, что

© М.М.Данилова, 2005

на основании данных по численности кормовых объектов, содержащихся в пищевом комке (как целых, так и фрагментов), определяют процентное соотношение между отдельными компонентами от общего числа их в каждом кишечнике. Основным недостатком метода заключается в том, что он дает неправильное представление о роли отдельных компонентов, когда при одинаковом количестве, например, мелких водорослей и очень крупных животных, значение их в питании по количеству съеденных организмов одинаково, хотя и по объему и по массе это будут несоизмеримые величины.

Индекс преобладания [9] учитывает как массу потребляемых организмов, так и частоту их встречаемости:

$$J = \frac{V_i O_i}{\sum (V_i O_i)}, \quad (1)$$

где J – индекс преобладания, V_i и O_i – показатели массы и встречаемости соответственно. Основными ограничениями этого индекса являются то, что абсолютное значение исходных двух показателей (массы и частоты встречаемости потребляемых организмов пищевого комка животных) в нем не раскрыто. Нами была предпринята попытка, применить предложенные новые показатели [10], которые не только преодолевают вышеуказанные недостатки, но также облегчают интерпретацию результатов исследований – это элементарный результирующий индекс R_s и весовой результирующий индекс R_w . Возможность использования новых показателей нами проверена на примере анализа пищевых спектров мидии *Mytilus galloprovincialis* Одесского залива Черного моря.

Материал и методика. Пищевой спектр мидии *Mytilus galloprovincialis* был изучен у моллюсков из Одесского залива. Состав пищи анализировали как у особей культивируемых на коллекторах, так и обитающих на грунте. Для этого в августе 1989 г. были собраны мидии длиной от 20 до 46 мм. Предварительные наши исследования показали, что мидии именно этой размерной группы из средней части коллектора (глубина 2 – 3 м) имеют наиболее широкий пищевой спектр.

Исходными количественными характеристиками питания мидий служат процентные соотношения состава пищи, определяемые по восстановленным массам кормовых организмов [11], а также численность и частота встречаемости организмов в пищевом комке.

При подсчете количества особей в пищевом комке сумму всех съеденных объектов принимали за 100 %, затем определили процентное содержание каждого пищевого компонента. При такой обработке данных, полученных для большой группы мидий (не менее 50 – 100 экземпляров), четко прослеживается значение отдельных компонентов в пищевом спектре.

При использовании весового метода массу всех съеденных объектов принимают за 100 %. На основании массы отдельных компонентов пищи, рассчитывался ее процентный состав относительно массы всего пищевого комка.

Для оценки роли питания того или иного организма расчеты количества, массы или частоты встречаемости пищевых компонентов проводили для всей группы мидий в целом, а не отдельно для каждой особи.

Под частотой встречаемости подразумевалось отношение количества особей, в пищеварительном тракте которых данные организмы обнаружены, к количеству всех исследованных мидий. Согласно нашим предыдущим исследованиям, для получения достоверных данных по частоте встречаемости у мидий с небольшим набором организмов в пищевом комке (2 – 6 форм) достаточно обработать 50 – 100 моллюсков.

Применение новых показателей R_s и R_w включает две основные характеристики: массу V_i и частоту встречаемости пищевых компонентов O_i , как и в случае индекса преобладания. Масса V_i каждого пищевого компонента выражена в процентах от общей массы потребленных организмов (табл.1).

Частота встречаемости компонентов O_i выражена в процентах от всех исследованных особей, т.е. если пищевой компонент i встречается в m числе исследованных мидий, то

$$O_i = \frac{n_i}{\sum n_i} \cdot 100 \quad (2)$$

где $\sum n_i$ – встречаемость всех пищевых компонентов. Значения V_i и O_i можно считать координатами точки в плоскости, решаемой осями x и y [12]. Прямая линия, соединяющая точку с началом координат, может рассматриваться как

Т а б л и ц а 1. Характеристика пищевого спектра мидии Одесского залива.

пищевые компоненты	V_i	O_i	θ	R_s	Q	R_w	J
Bacillariophyta	43,90	39,60	48,01	41,75	0,93	41,55	41,64
Pyrrophyta	46,30	51,10	42,27	48,70	0,94	49,00	56,70
Coccolithine	1,10	1,40	37,60	1,30	0,83	1,12	0,04
Chlorophyta	8,70	7,90	47,70	8,30	0,94	8,35	1,65
животные							
Tintirinoinea	29,50	37,8	37,6	32,63	0,83	38,00	45,00
Protozoa etc.	0,10	0,60	9,50	0,41	0,21	0,12	0,002
Turbellaria (larvae)	0,10	1,20	4,80	0,82	0,10	0,11	0,005
Rotatoria	0,10	0,60	9,50	0,41	0,21	0,12	0,002
Другие черви	0,10	0,60	9,50	0,41	0,21	0,32	0,002
Cladocera	5,20	0,60	83,72	3,60	0,14	0,70	0,12
Copepoda	40,10	29,60	53,51	33,92	0,81	38,60	47,83
Harpacticoida	1,10	1,20	42,30	1,11	0,94	1,50	0,05
Ostracoda	0,70	5,80	6,90	4,00	0,15	0,84	0,20
Decapoda (larvae)	13,40	8,70	57,00	10,9	0,73	11,14	4,70
Bryozoa	0,10	1,10	5,20	0,75	0,11	0,11	0,004
икра рыб	5,00	9,30	28,30	7,20	0,63	6,40	1,90
оболочки яиц	4,30	1,70	68,20	3,14	0,50	2,12	0,30

П р и м е ч а н и е: V_i – масса, O_i – встречаемость, θ – угол, R_s – простой результирующий показатель, Q – мера отклонения от $\theta = 45^\circ$, R_w – весовой результирующий показатель, J – показатель преобладания.

вектор, поскольку она имеет как длину $(V_i^2 + O_i^2)^{1/2}$, так и направление $\arctan(O_i/V_i)$.

На основе данных о массе V_i и частоте встречаемости O_i пищевых компонентов мидий были рассчитаны новые характеристики пищевого спектра мидии – элементарный результирующий индекс R_s и весовой результирующий индекс R_w , в соответствии с предложенной методикой [10].

Элементарный результирующий индекс определен по формуле

$$R_s = \frac{\sqrt{V_i^2 + O_i^2}}{\sum \sqrt{V_i^2 + O_i^2}} \cdot 100. \quad (3)$$

Этот индекс может быть показан на графике в сравнении соответствующими значениями угла θ , полученного в виде $\arctan(O_i/V_i)$. Если отношение O_i/V_i мало, то значение θ будет большое и наоборот, задавая θ в диапазоне $0 - 90^\circ$. Доминирующий пищевой компонент с близкими исходными величинами V_i и O_i будет показывать значения примерно равные 45° .

При этом существует возможность, что различные пищевые компоненты могут достигать одних и тех же значений показателя R_s при различных значениях θ . Это означает, что отклонения θ показывают, какие именно пищевые компоненты доминируют в пищевом спектре мидии.

Для более полной характеристики пищевого спектра мидий был рассчитан также весовой результирующий индекс R_w , как отклонение от 45° (Q),

$$R_w = \frac{Q \sqrt{V_i^2 + O_i^2}}{\sum Q \sqrt{V_i^2 + O_i^2}} \cdot 100$$

где $Q = (45^\circ - (\theta - 45^\circ)) / 45^\circ$, которое учитывает отклонение от θ среднего значения, располагая пищевые компоненты в порядке их значимости.

Результаты исследований и их обсуждение. Из данных, полученных традиционными методами, вытекает, что в питании мидий доминировали тинтинны и копеподы. Тинтинны (*Coxiella helix* и *Favella ehrenbergi*) составили значительную долю у моллюсков (29,5 и 37,8 % соответственно). По количеству преимущественное значение сохраняют те же виды инфузорий (24,7 и 45,2 % соответственно). По массе и частоте встречаемости инфузории пищевого комка мидий этой группы уступают только копеподам (40,0 и 29,6 % соответственно). Роль личинок декапод, в сравнении с копеподами, несколько снижается, хотя все еще остается очень существенной. Они составляют в пище по массе 13,4 % и встретились у 22,7 % мидий. Довольно часто присутствуют яйца животных в пищевом комке мидий (24,2 %). Из других ракообразных относительно часто встречаются в пищеварительном тракте особей ракушковые рачки (15,1 %). Реже – науплии копепод, гарпактикоиды, клadoцеры. Такие животные, как личинки турбеллярий и других червей, мшанки, коловратки отсутствуют или встречаются от 1 до 4,5 %. Из этого следует, что для данной размерной группы моллюсков эти животные являются второстепенной пищей.

Растительная пища пищеварительного тракта мидий состояла из перидиней и диатомей с преобладанием в пищевом спектре перидиней *Prorocentrum micans*, число клеток которой составило 65,9 %, а по массе – несколько ниже (37,5 %). Кроме того, незначительная доля приходится (по массе) на диатомею *Coscinodiscus* размером 120 – 200 мкм (23,6 %). Остальные виды перидиниевых, диатомовых, сине-зеленых, зеленых водорослей играют второстепенную роль в питании мидий: от 1 до 7,6 %.

Анализ новых индексов R_s и R_w показывает, что θ меняется от 0 до 90° (табл.1, рис.1), всегда давая значение в диапазоне 0 – 90°, Q – основная масса не превышает 0,94. Из таблицы и рисунков следует, что, как и в случае традиционных методов, новые индексы показывают преимущество в пищевом спектре мидий тех же самых видов; тинтинны и копеподы ($R_s = 32,6$ %; $R_w = 38,0$ %; $R_s = 34,0$ %; $R_w = 38,6$ % соответственно). Но, как выше отмечено, доминирующие пищевые компоненты с исходными величинами V_i и O_i^* показывают значение примерно равное 45° (рис.1; 2). Эта закономерность наблюдается и у растительных пищевых компонентов: диатомовые (41,5 – 41,7 %), перидиниевые (48,7 – 48,9 %). Личинки декапод и по новым показателям в пищевом спектре мидий занимают по массе и частоте встречаемости значительную долю ($R_s = 10,9$ %; $R_w = \mathbf{H.I}$ %). Наименьшее количество пищи из ракообразных снова составили науплии копепод, гарпактикоиды, кладоцеры. Личинки турбеллярий и других червей, мшанки, коловратки так же, как и по традиционным методам, составили в пищевом спектре мидий всего лишь 0,1 – 1,5 %. (табл.1; рис.1).

Таким образом, расчеты на основании исходных данных (V_i и O_i) подтвердили возможность применения новых индексов R_s и R_w для анализа пищевого спектра мидии Черного моря.

По нашим данным видно, что характеристики пищевых компонентов с высоким значением (копеподы, тинтины) как по встречаемости, так и по

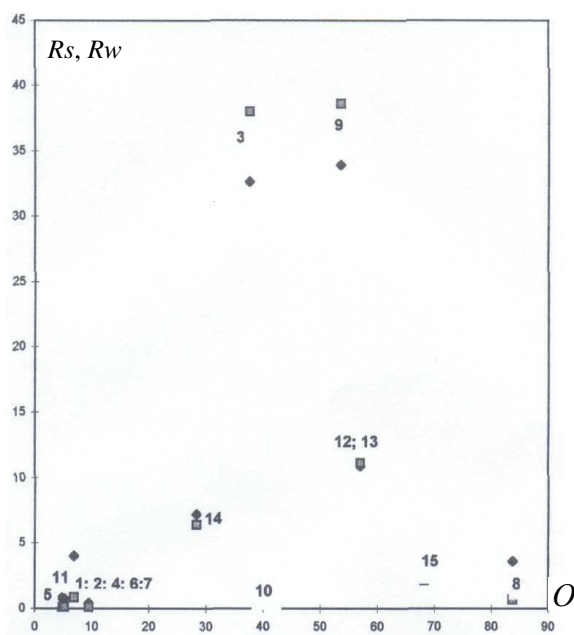


Рис.1. Пища животного происхождения. Простой результирующий R_s (\blacklozenge) и весовой результирующий R_w (\triangle) индексы от угла O для пищевых компонентов, обнаруженных в пищеварительном тракте мидии Черного моря размерной группы 20 – 45 мм: Radiolaria (1); Heliozoa (2); Tintinnoinea (3); другие: Protozoa (4); Turbellaria (5); Rotatoria (6); другие черви (7); Cladocera (8); Copepoda (9); Harpacticoida (10); Ostracoda (11); Decapoda (лич.) (12); Bryozoa (13); икра рыб (14); оболочка яиц (15).

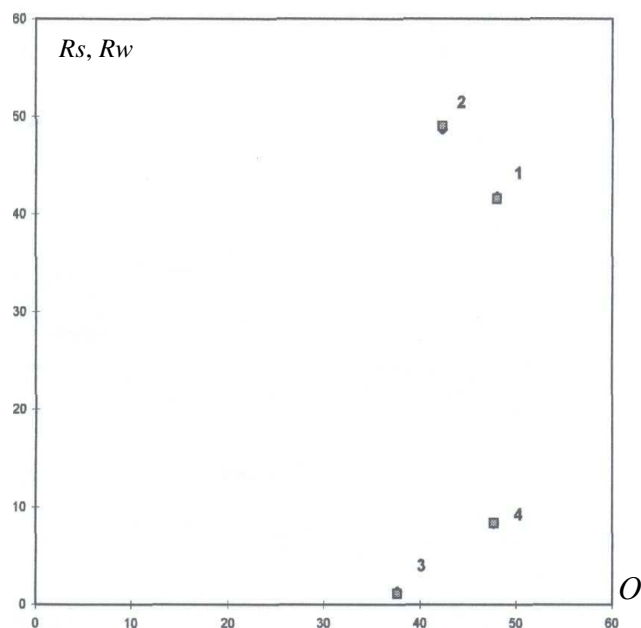


Рис. 2. Пища растительного происхождения. Простой результирующий R_s (\blacklozenge) и весовой результирующий R_w (\blacktriangle) индексы от угла O для пищевых компонентов, обнаруженных в пищеварительном тракте мидии Черного моря размерной группы 20 – 45 мм: Vacillariophyta (1); Ryngophyta (2); Coccolithine (3); Chlorophyta (4).

массе (рис.1) располагаются **в средней части графика**. Показатели таких компонентов пищи, как науплии копепод солнечник, радиолярии и других, располагаются по обе стороны от средней линии графика. Поле точек не дифференцируется.

Полученные результаты также показывают, что весовой результирующий индекс можно эффективно применять для сравнения в тех случаях, когда два и более пищевых компонента показывают одинаковые результирующие величины R_s при различных значениях θ . Этот показатель будет весьма полезным, особенно когда данные не симметричны как по массе, так и по частоте встречаемости.

Необходимо отметить, что каждая методика определяется целью и задачами исследователя, а нередко и условиями работы. Для решения же частных вопросов бывает достаточно применить более упрощенную и менее трудоемкую методику. На первом этапе исследования, когда цель заключается лишь в установлении характера питания разных видов, обычно применяется качественная обработка материалов, т.е. простое установление состава пищевого комка.

Особенно точное качественное определение кормовых объектов важно для выяснения вопросов доступности кормовых организмов, а также для выяснения внутривидовых и межвидовых пищевых взаимоотношений.

Анализ по методу подсчета количества особей в пищевом комке позволят определить процентное соотношение между отдельными пищевыми компонентами от общего числа их в каждой размерной группе. Этот метод также имеет, как ранее отмечено, свою отрицательную сторону – может дать неправильное представление о роли отдельных компонентов.

Основное преимущество результирующих индексов заключается в том, что их можно представить графически в зависимости от отклонений угла O , раскрывая абсолютное значение этих параметров. Кроме того, весо-

вой результирующий индекс является показателем, удобным для сравнения в тех случаях, когда пищевые компоненты имеют одинаковые значения при разных результирующих углах.

Итак, каждый метод необходимо применять в комбинации друг с другом или с другими методами, тогда все они имеют несомненный интерес в зависимости от поставленной цели и задач исследования.

Заключение. Таким образом, наши исследования по питанию мидий Черного моря подтвердили возможность применения новых индексов R_s и R_w для анализа пищевых спектров мидии. По моему мнению наиболее объективную оценку пищевого значения отдельных компонентов может дать сочетание новых результирующих показателей с традиционными характеристиками: массы, частоты встречаемости, количества пищевых объектов в пищевом комке, объема и др. При таком подходе к исследованию возможна более полная интерпретация данных, полученных при анализе содержимого пищеварительного тракта моллюсков.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дука Л.А., Синюкова В.И. Руководство по изучению питания личинок и мальков морских рыб в естественных и экспериментальных условиях.– Киев: Наукова думка, 1976.– 134 с.
2. Hynes H.B. The food of the freshwater sticklebacks (*Gasterosteus aculeatus* and *Pygostens pungitius*) with a review of methods used in the studies of the food of fishes // *J. Anim. Ecol.*– 1950.– 19.– P.36-58.
3. Hyslops E.J. Stomach contents analysis - a review of methods and their application // *J. Fish Biol.*– 1980.– 17.– P.411-429.
4. Lagler K.F. Freshwater Fishery Biology.– Dubuque, Iowa: Wm.C.Brown., 1956.– 421 p.
5. Pillay T.V.R. A critique of the methods of study of food of fishes // *J. Zool. Soc. India.*– 1952.– 4(2).– P.185-200.
6. Windell J.T. Food analysis and rate of digestion // *Methods for assessment of fish production in fresh waters*. Ed. W.E.Ricker.– Oxford: Blackwell Scientific, 1968.– №3.– P.197-203.
7. Nair R.V., Appukkuttan K.K. Observation on the food of deep sea sharks *Halaelurus hispidus* (Alcock), *Ediractus redcliffei* Smith and *Iago omanensis* Compagno and Springer // *Indian J. Fish.*– 1973.– 20.– P.575-583.
8. Windell J.T., Bowen S.H. Methods for fish diets based on analysis of stomach contents // *Methods for assessment of fish production in fresh waters*. Ed. T.Bagenal.– Oxford: Blackwell Scientific, 1978.– №3.– P.219-226.
9. Nataraijan A.V., Jhingran A.G. Index of Preponderance – a method of grading the food elements in the stomach analysis of fishes // *Indian J. Fish.*– 1961.– 8.– P.54-59.
10. Monan M.V., Sanftaran T.M. Two new indices for stomach content analysis of fishes // *J. Fish Biol.*– 1988.– 33.– P.289-292.
11. Петуна Т.С. О среднем весе основных форм зоопланктона Черного моря // *Тр. Севастопол. биол. станции.*– 1957.– 9.– С.39-57.
12. Caustoti D.R. A biologist's mathematics.– London: Edward Arnold Ltd., 1978.– 261 p.

Материал поступил в редакцию 28.02.2005 г.