

УДК 595.143.6

ОПТИМАЛЬНЫЕ ЗНАЧЕНИЯ РЕПРОДУКТИВНЫХ ПРИЗНАКОВ МЕДИЦИНСКОЙ ПИЯВКИ (*HIRUDO MEDICINALIS*) В УСЛОВИЯХ ИСКУССТВЕННОГО РАЗВЕДЕНИЯ

СООБЩЕНИЕ 2. КОЛИЧЕСТВО НИТЧАТОК В КОКОНЕ. МАССА МОЛОДИ

О. М. Утевская¹, Л. А. Атраментова²

¹Институт неврологии, психиатрии и наркологии АМН Украины, ул. Академика Павлова, 46, Харьков, 61068 Украина

E-mail: autevsk@univer.kharkov.ua

²Харьковский национальный университет, пл. Свободы, 4, Харьков, 61077 Украина

Получено 14 января 1999

Оптимальные значения репродуктивных признаков медицинской пиявки (*Hirudo medicinalis*) в условиях искусственного разведения. Сообщение 2. Количество нитчаток в коконе. Масса молоди. Утевская О. М., Атраментова Л. А. — Статья посвящена вопросу плодовитости медицинской пиявки в условиях искусственного разведения. Рассмотрены такие количественные признаки медицинской пиявки, ценные в репродуктивном отношении, как количество вышедших из кокона нитчаток и масса молоди на момент выхода из кокона. Изучалась зависимость численности потомства, достигшего 6-месячного возраста, от выраженности признака. Выявлено существование прямой зависимости между количеством вышедших из кокона нитчаток и численностью взрослого потомства. Установлено, что наибольшей жизнеспособностью обладала молодь, масса которой на момент выхода из коконов была меньше 40 мг или больше 60 мг. Существование установленных оптимумов было объяснено с точки зрения популяционной экологии.

Ключевые слова: *Hirudo medicinalis*, размножение, коконы, нитчатки.

Optimal Values of Reproductive Characteristics of the Medicinal Leech (*Hirudo medicinalis*) under Conditions of Breeding. Communication 2. Number of Hatchlings per a Cocoon. Weight of Hatchlings. Utevskaia O. M., Atramentova L. A. — This article deals with issues of the fecundity of the medicinal leech under conditions of breeding. Consideration was given to the following quantitative characters valuable in respect of reproduction: number of hatchlings per a cocoon, weight of hatchlings. The dependence of the number of offsprings reached a six-month age on the amount of a character was studied. It was found that there is the direct relationship between the number of hatchlings per a cocoon and the number of six-month offsprings. The youngsters weighing less than 40 mg and more than 60 mg immediately after hatching were of the greatest vital capacity. The existence of the established optima is treated from the viewpoint of population ecology.

Key words: *Hirudo medicinalis*, reproduction, cocoons, hatchlings.

Введение

Успешное разведение медицинских пиявок определяется не только соблюдением всех тонкостей технологического процесса, но и во многом зависит от репродуктивных качеств размножающихся особей. Общая численность получаемого потомства определяется, главным образом, количеством откладываемых особью коконов, но во многом зависит и от количества нитчаток в каждом коконе. Качество потомства оценивается по его массе. Перечисленные характеристики сравнительно легко поддаются учету и неоднократно измерялись у медицинской пиявки. Результаты измерений совпадают у ряда исследователей (Синева, 1949; Шеголев, 1948; Запкувене, 1972 а; Davies, McLoughlin, 1996; Utevskaia, 1998): для количества нитчаток в коконе варьируют от 1 до 30 особей, для массы — от нескольких до 130 мг. Очевидно, что наибольшей плодовитостью отличаются особи, откладывающие максимальное количество коконов с максимальным количеством зародышей. Как показано ранее (Запкувене, 1972 а; Utevskaia, 1998), у молоди с большой массой наибольшие темпы роста и, следовательно, наименьшие сроки достижения половозрелости и медицинской пригодности.

сти. Однако нередки случаи, когда максимальное проявление признака не является оптимальным, а сопряжено с пониженной жизнеспособностью (Бигон с соавт., 1989).

Определение оптимальных величин репродуктивных признаков представляет практический интерес для селекции, направленной на повышение продуктивности медицинской пиявки. В связи с вышесказанным целью данной работы является исследование влияния на численность взрослого потомства таких характеристик, как количество нитчаток в коконе и масса молоди на момент выхода из коконов.

Материал и методы

Объектами исследований были однолетние медицинские пиявки (форма *officinalis*) массой до 10 г, выведенные в лабораторных условиях. Селекционные работы с ними до этого не проводились, выбор особей осуществлялся случайно. Для всех особей данный репродуктивный период был первым.

Накормленные пиявки помещались попарно в емкости с водой, где в течение месяца при температуре 25°C между ними происходили многократные сокоупления. Затем пиявки кормились и поодиночке высаживались на торф для откладки коконов. В 288 коконах, отложенных 87 пиявками в течение 2 мес, определялось количество и масса молоди. В данной работе под массой молоди понималась средняя масса особей из одного кокона, то есть этот показатель рассматривался не как характеристика индивидуальной особи, а как характеристика кокона. Взвешивание осуществлялось на торсионных весах. Нитчатки из каждого кокона помещались в отдельную емкость с водой и кормились по способу, описанному Д. В. Запкувене (1972 б). Погибшие особи удалялись. Через 6 мес после выхода из коконов проводился повторный подсчет потомства и определялся процент выжившей молоди.

Для обработки результатов применялись методы дисперсионного, корреляционного и регрессионного анализов.

Результаты

1. Количество нитчаток в коконе

Выживаемость. Из 912 нитчаток до 6-месячного возраста дожила 681 особь. Для исследуемой группы в целом 6-месячная выживаемость молоди составила $(75,39 \pm 2,9)\%$. Выживаемость молоди из коконов с разным количеством нитчаток оказалась неодинаковой (рис. 1). Однако полученные средние значения имели погрешности, в большинстве случаев перекрывающие теоретически ожидаемые. К тому же, закономерных тенденций в колебаниях практически полученной выживаемости не наблюдалось. Наиболее вероятным представляется то, что отклонения являлись следствием малочисленности выборок.

От 6 до 30% общего варьирования выживаемости было обусловлено влиянием количества нитчаток в коконе. Однако обнаруженная для данной выборки мера влияния была недостоверной ($P > 0,05$) и, таким образом, не могла распространяться на генеральную совокупность.

Из значения критерия криволинейности сделан вывод о нелинейном характере связи, по значению коэффициента корреляционного отношения степень связи была оценена как средняя (табл. 1). Для описания нелинейной зависимости между выживаемостью молоди и количеством нитчаток в коконе предложено уравнение параболы второго порядка:

$$y = 59,990 + 3,817x - 0,189x^2,$$

где y — выживаемость молоди, x — количество нитчаток в коконе. Функция принимает максимальное значение при $x = 10,098$, что находится в пределах обозреваемых величин. Из полученного уравнения регрессии следовало, что наибольшая выживаемость молоди наблюдалась для коконов с 10 нитчатками. По результатам сравнения средних зависимость выживаемости молоди от количества вышедших из кокона нитчаток не имела четкой направленности.

Численность 6-месячного потомства. Зависимость численности 6-месячного потомства от количества нитчаток в коконе отклонялась от линейной, но была такой, что с увеличением количества нитчаток увеличивалось и число доживших до 6-месячного возраста потомков (рис. 2). Установлено, что

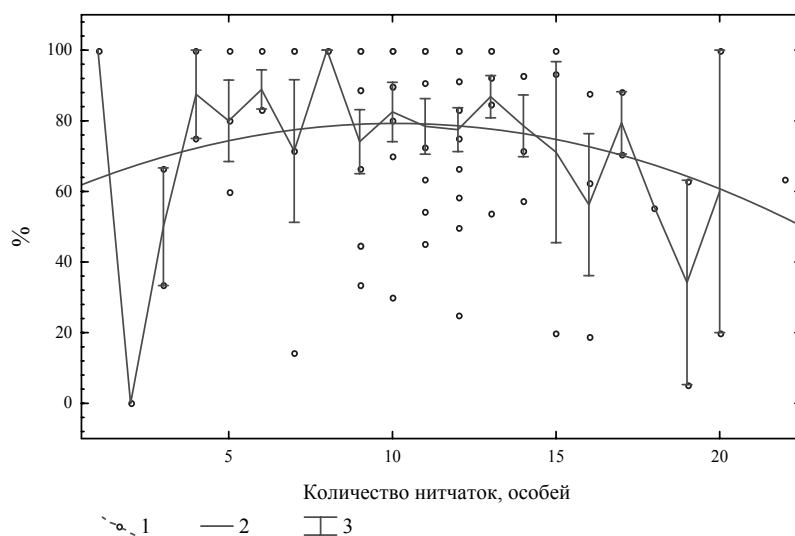


Рис. 1. Процент молоди, дожившей до 6-месячного возраста, в зависимости от количества нитчаток в коконе: 1 — линия регрессии; 2 — средний процент; 3 — ошибка среднего.

Fig. 1. Survival rate of youngsters in accordance with number of hatchlings per cocoon: 1 — regression; 2 — mean; 3 — error of mean.

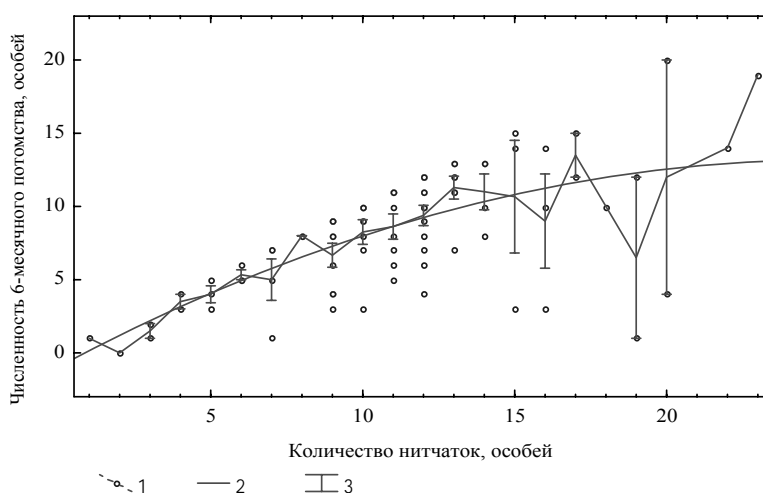


Рис. 2. Численность 6-месячного потомства (на один кокон) в зависимости от количества нитчаток в коконе: 1 — линия регрессии; 2 — средняя численность; 3 — ошибка среднего.

Fig. 2. Number of six-month offsprings (per a cocoon) in accordance with number of hatchlings per cocoon: 1 — regression; 2 — mean; 3 — error of mean.

от 42 до 56% общего варьирования численности 6-месячного потомства может быть обусловлено влиянием количества нитчаток в коконе ($P < 0,001$).

Из значения критерия криволинейности был сделан вывод о нелинейном характере связи, по значению коэффициента корреляционного отношения степень связи была оценена как сильная (табл. 1). Для описания нелинейной зависимости между численностью 6-месячного потомства и количеством нитчаток в коконе наиболее подходит уравнение параболы второго порядка:

$$y = -0,950 + 1,112x - 0,022x^2,$$

Таблица 1. Связь между значениями репродуктивных признаков и показателями плодовитости медицинской пиявки

Table 1. Relationship between values of reproductive features and fecundity indices of the medicinalis leech

Сравниваемые показатели плодовитости	Показатель связи					
	Коэффициент корреляции			Корреляционное отношение		
	r	t	p	h	t	p
Количество нитчаток в коконе: процент молодежи, дожившей до 6-месячного возраста	-0,10±0,11	0,9 (k=80)	>0,05	0,55±0,09	5,9 (k=80)	<0,001
Количество нитчаток в коконе: численность 6-месячного потомства (на один кокон)	0,65±0,09	8,7 (k=80)	<0,001	0,75±0,07	10,1 (k=80)	<0,001
Масса молодежи на момент выхода из коконов: процент молодежи, дожившей до 6-месячного возраста	-0,29±0,12	2,4 (k=62)	<0,05	0,52±0,11	4,8 (k=62)	<0,001

Таблица 1 (продолжение)

Сравниваемые показатели плодовитости	Критерий криволинейности			Уравнение регрессии
	γ	F	p	
Количество нитчаток в коконе: процент молодежи, дожившей до 6-месячного возраста	0,30	1,3 (k ₁ =20, k ₂ =60)	>0,05	$y=59,990+3,817x-0,189x^2$
Количество нитчаток в коконе: численность 6-месячного потомства (на один кокон)	0,14	0,9 (k ₁ =20, k ₂ =60)	>0,05	$y=-0,950+1,112x-0,022x^2$
Масса молодежи на момент выхода из коконов: процент молодежи, дожившей до 6-месячного возраста	0,18	2,8 (k ₁ =5, k ₂ =57)	<0,05	$y=103,309-8,164x-2,653x^2+0,475x^3$

Условные обозначения: r — коэффициент корреляции; t — критерий Стьюдента; p — уровень значимости; h — коэффициент корреляционного отношения; γ — критерий криволинейности; F — критерий Фишера; k — степень свободы; y — величина показателя плодовитости; x — значение репродуктивного признака.

где y — численность 6-месячного потомства, x — количество нитчаток в коконе. Функция принимает максимальное значение при $x=25,27$, то есть, наибольшая численность 6-месячного потомства ожидается для коконов с 25 нитчатками, что выходит за пределы анализируемых величин. В исследуемой области численность 6-месячного потомства нелинейно возрастала с увеличением количества нитчаток в коконе.

2. Масса молодежи на момент выхода из коконов

Выживаемость. Из 777 молодых пиявок до 6-месячного возраста дожило 579 ос. Выживаемость для исследуемой группы в целом составила (74,1±3,3)%.

Данные в зависимости от массы молодежи были разделены на 7 классов (в первый класс вошли коконы со средней массой молодежи до 20 мг, следующие пять классов выделялись по 10-миллиграммовым интервалам, седьмой включал массы 70–100 мг). Полученная кривая зависимости выживаемости от класса молодежи имела отрицательный максимум (рис. 3).

Установлено, что 22–26% общего варьирования выживаемости может быть обусловлено влиянием массы молодежи ($P<0,01$). Из значения критерия криволинейности был сделан вывод о нелинейном характере связи, по значению коэффициента корреляционного отношения степень связи была оценена как средняя (табл. 1). Для описания нелинейной зависимости между выживаемостью и массой молодежи предложено уравнение параболы третьего порядка:

$$y = 103,309 - 8,164x - 2,653x^2 + 0,475x^3,$$

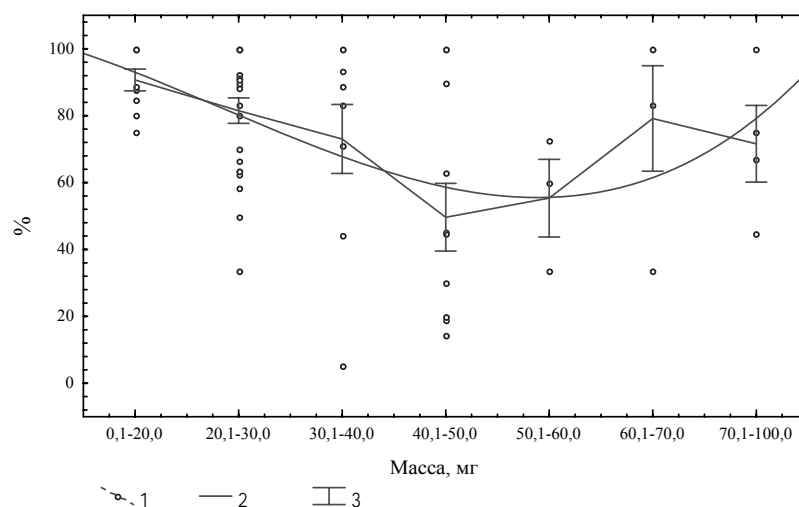


Рис. 3. Процент молоди, дожившей до 6-месячного возраста, в зависимости от массы на момент выхода из коконов: 1 — линия регрессии; 2 — средний процент; 3 — ошибка среднего.

Fig. 3. Survival rate of youngsters in accordance with weight of individuals immediately after hatching: 1 — regression; 2 — mean; 3 — error of mean.

где y — выживаемость молоди, x — класс молоди. Функция принимает минимальное значение при $x=4,894$, что соответствует средней массе молоди 48,94 мг и находится в пределах обозреваемых величин. Из полученного уравнения регрессии следовало, что минимальная выживаемость была у молоди, масса которой на момент выхода из коконов составляла в среднем 50–60 мг. Наибольшей жизнеспособностью обладала молодь с крайними значениями массы на момент выхода из коконов.

Обсуждение

1. Количество нитчаток в коконе

Зависимость численности взрослого потомства от количества вышедших из кокона нитчаток имела нелинейный характер (рис. 2). Из уравнения регрессии следовало, что наибольшая численность 6-месячного потомства ожидается для коконов с 25 нитчатками. Однако данный факт не является строго доказанным, так как это количество нитчаток выходило за границы анализируемых в данной работе величин, и соответствующая численность 6-месячного потомства получена путем экстраполяции, а не установлена экспериментально. Количество нитчаток в коконе, равное 25, наблюдалось у медицинских пиявок другими исследователями (Синева, 1949) и было близко к физиологически максимальному пределу. Таким образом, можно утверждать, что количество вышедших из кокона нитчаток является признаком, оптимальные значения которого соответствуют максимально возможным.

Большое количество зародышей в коконе выгодно с точки зрения экономии затрат на размножение. Производство нового кокона включает в себя синтез питательных веществ, формирование оболочки и требует определенного времени. По сравнению с этим образование дополнительных яйцеклеток является более быстрым и менее энергоемким процессом. Количество зародышей в коконе, однако, не может увеличиваться до бесконечности и должно иметь верхний предел. Лимитирующим фактором в этом случае является способность кокона физически вместить всех зародышей и обеспечить их необходимым объемом питательных веществ. Вероятно, между эмбрионами внутри кокона суще-

ствуует конкуренция за ограниченные ресурсы, и только что отложенные коконы могут содержать яиц больше, чем ювенильных особей к концу эмбрионального развития.

Ранее было показано (Синева, 1949; Utevskaia, 1998), что количество молодежи, вышедшей из кокона, отрицательно коррелирует с ее массой, то есть, чем больше молодых особей содержится в коконе, тем меньше их масса, и наоборот. Этому факту можно предложить два альтернативных объяснения: 1) уменьшение массы рождаемой молодежи является следствием уменьшения потребности зародышей в ресурсах, которое приводит к снижению конкуренции на эмбриональном этапе развития; 2) уменьшение массы молодежи является следствием ослабления зародышей, вызванного сильной конкуренцией на эмбриональном этапе развития.

Количество нитчаток в коконе не оказывает закономерного влияния на их дальнейшую жизнеспособность (рис. 1).

2. Масса молодежи на момент выхода из коконов

Жизнеспособность молодых пиявок нелинейно зависела от их массы на момент выхода из коконов. Оказалось, что наименьшей выживаемостью обладали нитчатки массой 40–60 мг.

Первая область высокой выживаемости (рис. 3) формировалась за счет молодежи массой до 40 мг. Такая молодежь численно преобладала, составляя около 67% всей генерации. Средняя масса молодежи, равная $(31,9 \pm 0,3)$ мг, принадлежала данной области.

Вторая область высокой выживаемости формировалась за счет молодежи массой более 60 мг. Такая молодежь была немногочисленна (около 12% всей генерации), но имела крупные размеры. Как было показано ранее (Запкунене, 1972 б), у медицинской пиявки более крупные особи растут быстрее, поскольку потребляют больше пищи. Высокие темпы роста позволяют сократить дорепродуктивный период и обеспечивают высокую репродуктивную ценность крупной молодежи. Вместе с тем, масса молодежи отрицательно коррелирует с ее количеством в коконе, поэтому за производство крупных потомков популяция платит уменьшением численности потомства в целом.

Таким образом, в исследуемой популяции существует генетически детерминированный полиморфизм по способу распределения запаса ресурсов, содержащихся в коконе. Один из способов заключается в производстве мелкой, но многочисленной молодежи, другой — крупной, но малочисленной. Такой полиморфизм является адаптивным, так как повышает устойчивость популяции к селективному воздействию различных средовых условий. Так, многочисленность потомства оказывается выгодной при расселении, случайной массовой гибели, не зависящей от размеров (например, вызванной загрязнением водоемов химическими отходами). Крупный размер и быстрые темпы роста молодежи оказываются выгодными при избирательной, зависящей от размеров, гибели пиявок (например, вызванной пересыханием водоемов).

Выводы

Многочисленность вышедших из коконов нитчаток является селекционно важным признаком, так как выживаемость молодежи не зависит от ее количества в коконе. Чем больше потомков выходит из кокона, тем больше их доживает до взрослого состояния.

Селекционным оптимумом массы молодежи на момент выхода из коконов может быть как максимальное, так и минимальное значение этого параметра. Отбор в направлении минимальной массы будет сопровождаться увеличением

численности потомства, а отбор в сторону максимальной массы приведет к получению быстрорастущей молоди.

Благодарности

Авторы выражают глубокую признательность коллективу лаборатории нейрофизиологии Института неврологии, психиатрии и наркологии АМН Украины (г. Харьков) во главе с Т. М. Воробьевой за всемерную поддержку и содействие в работе; а также сотрудникам кафедры зоологии и экологии животных Харьковского национального университета С. Ю. Утевскому и А. Ю. Утевскому за ценные замечания и проявленное внимание.

Бигон М., Харпер Дж., Таунсенд К. Экология. Особи, популяции и сообщества: В 2-х т. — М.: Мир, 1989. — Т. 2. — 477 с.

Запкувене Д. В. Разведение и выращивание медицинских пиявок в лабораторных условиях (1. Разведение *Hirudo medicinalis f. serpentina* и *H. medicinalis f. officinalis*) // Тр. АН Лит. ССР. — 1972. — Сер. В. — 3, № 59. — С. 71–76.

Запкувене Д. В. Разведение и выращивание медицинских пиявок в лабораторных условиях (2. Выращивание *Hirudo medicinalis f. serpentina*) // Тр. АН Лит. ССР. — 1972. — Сер. В. — 3, № 59. — С. 77–83.

Синева М. В. Биологические наблюдения над размножением медицинской пиявки // Зоол. журн. — 1949. — 28, № 3. — С. 213–224.

Шеголев Г. Г. Наблюдения над многократной откладкой коконов медицинскими пиявками // Зоол. журн. — 1948. — 27, № 5. — С. 13–16.

Davies R. W., McLoughlin N. J. The effects of feeding regime on the growth and reproduction of the medicinal leech *Hirudo medicinalis* // Freshwater Biology. — 1996. — 36. — P. 563–568.

Utevskaia O. M. Analysis of reproductive ability of the medicinal leech (*Hirudo medicinalis*) bred under laboratory conditions // Vestn. zoologii. — 1998. — 32, N 1–2. — С. 119–122.