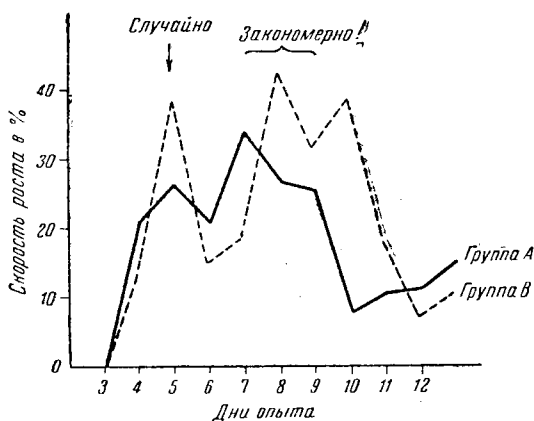


М. МСТИСЛАВСКИЙ

**МЕТОД ПОСТРОЕНИЯ НОРМАЛЬНОЙ КРИВОЙ РОСТА ЖИВОГО ОРГАНИЗМА**

(Представлено академиком И. И. Шмальгаузенем 11 XI 1933)

Исследователь, приступающий к изучению законов роста организма, нередко встречает на своем пути затруднение. Дело в том, что получаемые прямым измерением данные о росте не отражают полностью закономерности этого процесса. При современных методах воспитания животных не-



Изменение скорости роста в параллельных группах головастиков *Rana temporaria*

возможно обеспечить полное постоянство условий их содержания, и эмпирическая кривая роста всегда несет в себе отражение влияния всяких случайных обстоятельств и факторов.

Чтобы устранить эти случайные влияния и выявить внутреннюю закономерность роста, применяют статистический способ: вычисление средних из повторно проводимых измерений. Однако получение достоверного обоснования кратковременных колебаний скорости роста этим способом требует такого статистического материала, который практически не может быть собран.

В отношении мелких периодов роста поэтому всегда остаются сомнения по поводу причин их происхождения, и мы видим сплошь и рядом, что разные авторы у одного и того же животного описывают от двух-трех до нескольких десятков циклов роста [ср. напр. Заллер<sup>(6)</sup> с Герритье<sup>(3)</sup>, Тессие<sup>(8)</sup>, Шмальгаузен<sup>(7)</sup> с Бакман<sup>(1)</sup>, Броди<sup>(2)</sup> с Квитко<sup>(4)</sup> и др.].

В 1933 г., изучая законы роста на головастиках, мы нашли способ устранить это затруднение и объективным путем освободить внутреннюю закономерность роста от случайных наслоений. Способ этот может быть назван методом параллельных групп. Идея его заключается в следующем. Под опыт берутся два выводка животных с точно известной разностью возраста: например группа «А» набирается из животных, родившихся на день раньше группы «Б». Затем оба выводка воспитываются параллельно так, чтобы все изменения условий содержания происходили для обеих групп строго одновременно. Если теперь построить кривые роста этих групп на общей диаграмме, то можно в отношении мельчайших колебаний скорости роста определить, являются ли эти колебания внутренней

закономерностью роста или же вызваны изменениями внешней среды. В самом деле: все изменения, вытекающие из внутренней закономерности процесса, должны быть у группы «Б» сдвинуты на один день относительно группы «А»; если же изменения в росте наблюдаются у обеих групп одновременно, то это должно быть приписано внешним воздействиям. На прилагаемой диаграмме мы приводим пример, где эти два типа изменений скорости роста в параллельных группах отчетливо видны.

Метод параллельных групп позволяет далее при помощи несложных расчетов построить кривую роста, которую имело бы данное животное, если бы условия содержания не менялись.

Каждый прирост веса организма является в конечном счете реализацией той массы пищи и энергии, которая поступила в организм за данное время. В алгебраической форме мы можем удельный прирост  $a$  выразить поэтому следующей формулой:

$$a = kE, \quad (1)$$

где  $E$ —количество поступившей извне энергии и материи и  $k$ —некоторый коэффициент использования. Природа коэффициента  $k$  конечно очень сложна и складывается из ряда величин (потери при переваривании пищи, потери на поддержание жизнедеятельности, расходы на движение и т. п.), однако в общей форме мы вправе ограничиться такой простой формулировкой. Измеренные нами скорости роста параллельных групп выразятся согласно формуле (1) в виде двух рядов:

$$\begin{aligned} a_1 = k_1 E_1, \quad a_2 = k_2 E_2, \quad a_3 = k_3 E_3 \dots a_n = k_n E_n, \\ b_1 = k_1 E_2, \quad b_2 = k_2 E_3 \dots b_{n-1} = k_{n-1} E_n, \end{aligned} \quad (2)$$

где  $k_1 k_2 k_3 \dots k_n$ —коэффициенты использования пищи на рост по дням и  $E_1 E_2 E_3 \dots E_n$ —поступавшая по дням материя и энергия. Ряд «Б» при этом сдвинут относительно ряда «А» так, что рост в нем в первый день происходит за счет  $E_2$ , во второй день—за счет  $E_3$  и т. д. Если взять теперь отношение одноименных членов ряда «А» и «Б», то можно вычислить изменение компонента  $E$  по дням.

$$\text{Например } \frac{b_1}{a_1} = \frac{k_1 E_2}{k_1 E_1}, \text{ отсюда } E_2 = E_1 \frac{b_1}{a_1}.$$

$$\text{Аналогично } \frac{b_2}{a_2} = \frac{k_2 E_3}{k_2 E_2}, \text{ откуда } E_3 = E_2 \frac{b_2}{a_2}$$

$$\text{или, подставляя из предыдущего, } E_3 = E_1 \frac{b_1 b_2}{a_1 a_2}.$$

В общей форме любой член  $E_n$  может быть выражен через  $E_1$  следующей формулой:

$$E_n = E_1 \frac{b_1 b_2 b_3 \dots b_n}{a_1 a_2 a_3 \dots a_n}. \quad (3)$$

Теперь мы можем все члены  $E$  в ряду (2) заменить на  $E_1$ , подставив соответствующие величины из формулы (3). Мы получим следующий новый ряд:

$$k_1 E_1 = a_1, \quad k_2 E_2 = a_2$$

или

$$k_2 E_1 \frac{b_1}{a_1} = a_2,$$

откуда

$$k_2 E_1 = \frac{a_1 a_2}{b_1},$$

аналогично

$$k_3 E_3 = a_3$$

или

$$k_3 E_1 \frac{b_1 b_2}{a_1 a_2} = a_3,$$

откуда

$$k_3 E_1 = \frac{a_1 a_2 a_3}{b_1 b_2}.$$

В общей форме:

$$k_n E_1 = \frac{a_1 a_2 a_3 \dots a_n}{b_1 b_2 b_3 \dots b_{n-1}}, \quad (4)$$

где  $a_1 a_2 a_3 \dots a_n$  — приросты группы «А» по дням и  $b_1 b_2 b_3 \dots b_n$  — приросты группы «Б».

Вычисленный по формуле (4) ряд значений прироста организма совершенно не зависит от имевших место в течение опыта изменений внешней среды и дает таким образом истинно-нормальную кривую роста организма.

Конечно, строго говоря, указанный метод расчета содержит некоторые упрощения, и он точен только при соблюдении некоторых условий.

1. Прежде всего основная формула (1) не выражает зависимости прироста от внешней среды для любых изменений величины  $E$ . В полной форме эта зависимость выражается кривой, имеющей максимум — точку оптимума и две нисходящие ветви. Приравнять эту кривую уравнению прямой можно только в пределах небольшого участка. Отсюда первое требование: условия содержания в опытах с параллельными группами должны быть по возможности постоянными.

2. Формула (3) совершенно неприменима в точке оптимума и у физиологических границ роста. Понятие коэффициента использования здесь, как известно, вообще не имеет применения и величина прироста расчетам таким простым способом не поддается. Отсюда второе требование: воспитывать животных необходимо в условиях равноудаленных от точек оптимума и физиологических пределов роста.

3. Необходимо помнить далее о регулятивных способностях организма. С течением времени разность возраста воспитываемых параллельно групп будет сглаживаться. Необходимо поэтому брать всегда значительную разность возраста между группами, а при изучении больших периодов роста последовательно сменять несколько пар параллельных групп.

4. Наконец в группах должен быть большой количественно и строго однородный материал, обеспечивающий полную идентичность исходного состояния группы «А» и «Б».

Было бы таким образом большой ошибкой думать, что, применяя метод параллельных групп, можно вовсе не обращать внимания на постоянство условий содержания и чистоту подбора материала. Напротив, в некоторых отношениях здесь требуется даже большая осторожность, чем в обычных опытах. При выполнении однако основных четырех требований и в комбинации со статистическим выравниванием по нескольким парам групп метод позволяет полностью исключить влияние на ход роста условий воспитания.

Изложенный метод был применен нами для изучения законов роста цыплят белого леггорна<sup>(5)</sup> и в практической работе на этом объекте себя оправдал.

Институт зоологии.  
1-й Московский университет.

Поступило  
14 XI 1938.

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- <sup>1</sup> B a c k m a n n, Die Wachstumsgesetze, Skand. Arch. Physiol., В. 64 (1932).  
<sup>2</sup> B r o d y, Growth and Development, Missouri Agric. Exp. Stat. Research Bulletin, № 96, 97 (1927). <sup>3</sup> H é r r i t i e r, C. R., 100, p. 79 (1929). <sup>4</sup> К в и т к о, Исследования по вопросам роста, кормления и выращивания птицы, Труды Росс. ин-та птицепромышл., т. I (1935). <sup>5</sup> М е т и с л а в с к и й, Ученые записки МГУ, Зоология, вып. 20 (1938). <sup>6</sup> S a l l e r, Roux'Archiv, В. 111 (1927). <sup>7</sup> S c h m a l g a u s e n, Roux'Archiv, В. 115 (1929). <sup>8</sup> T e i s s i e r, Skand. Archiv. Physiol., В. 66 (1933).