

УДК 57.017

О ПОПУЛЯЦИОННОМ АНАЛИЗЕ РЕАКЦИИ БИОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ НА ВОЗДЕЙСТВИЕ РАЗНЫХ ФАКТОРОВ

© 2019 г. А. П. Миронова*

Институт цитологии РАН, Санкт-Петербург, 194064 Россия

*E-mail: antoninamironova@mail.ru

Поступила в редакцию 20.03.2019 г.

После доработки 08.04.2019 г.

Принята к публикации 08.04.2019 г.

Ключевые слова: исходный уровень, отрицательная корреляция, изменчивость, динамика индивидуально-го уровня

DOI: 10.1134/S004137711907006X

В 70–80-е гг. прошлого века в Лаборатории сравнительной цитологии Института цитологии РАН под руководством профессора Б.П. Ушакова были разработаны оригинальные методы постановки эксперимента и оценки его результатов, названные популяционным анализом (Ушаков, 1978; Ushakov, Pashkova, 1986 и др.). На достаточно больших выборках, как интактных организмов пойкилотермных животных, так и их тканей авторы исследовали изменения исходной теплоустойчивости и устойчивости к химическим агентам и наблюдали за реакцией в ответ на слабые по интенсивности, но относительно длительные (либо кратковременные, но острые) воздействия. На выборках организмов исследовали предварительное воздействие (акклимационное) — незначительное изменение температуры в пределах толерантной зоны.

Были установлены следующие факты. 1) Изменение среднего уровня устойчивости не является достаточным показателем реакции объекта. 2) Изменения индивидуальных уровней устойчивости в ответ на предварительное воздействие агентов происходят разнонаправленно, а именно, низкоустойчивые объекты повышают, а высокоустойчивые понижают свою устойчивость, т.е. наблюдается обратная зависимость реакции от исходного уровня, при этом сдвиг устойчивости у низкоустойчивых объектов больше, чем у высокоустойчивых. 3) Обратная зависимость сдвига реакции от исходного уровня приводит к сужению диапазона индивидуальной изменчивости уровня устойчивости объектов. 4) Отрицательная корреляция сдвига индивидуальной устойчивости с исходным уровнем и сужение диапазона изменчивости признака наблюдаются раньше повышения среднего его значения. Авторы пришли к заключению, что эти эффекты являются результатом работы физиологических механизмов в гетерогенной системе, обеспечивающих ее адаптивный ответ и сохранность при воздействии. Такая реакция

биологических объектов обусловлена, по мнению Б.П. Ушакова, подбором генотипов (исходные индивидуальные уровни определяются в стабильных условиях и на одинаковых стадиях онтогенеза животных), и их запрограммированной реакцией (Ushakov, 1977).

Следовало ожидать, что при достаточно интенсивном или физиологически значимом воздействии может наблюдаться расширение диапазона изменчивости устойчивости, поэтому представляло интерес проследить динамику индивидуального уровня устойчивости в процессе нарастания силы воздействия. Основная работа велась на изолированных мышцах лягушек и жаберном эпителии моллюсков. Как оказалось, при слабых воздействиях, диапазон индивидуальной изменчивости устойчивости сужался незначительно. Это сужение не было достоверным при оценке его традиционными методами статистики (Стьюдента—Фишера). Однако наблюдаемое при таких воздействиях существенное значение коэффициента отрицательной корреляции между исходным уровнем устойчивости и его индивидуальным сдвигом (учитывался знак изменения), навело на мысль, что обнаруживаемые изменения диапазона изменчивости устойчивости не случайны. Они связаны со значением коэффициента корреляции линейной зависимостью в этом интервале воздействия. По-видимому, так и должно быть, так как биологический смысл отрицательного коэффициента корреляции между исходным уровнем устойчивости и его индивидуальным сдвигом отражает реакцию на воздействие, а изменение диапазона индивидуальной изменчивости уровня устойчивости есть результат этой реакции. Вероятно, такая реакция определяется свойством биологических объектов регулировать свое изменение исходным генетически обусловленным уровнем устойчивости (см. выше). Ответ осуществляется в пределах адаптивных возможностей биологических объектов, обнаруживает-

ся в гетерогенной выборке и направлен на сохранение их жизнеспособности.

При усилении предварительного воздействия наблюдается падение величины отрицательного коэффициента корреляции до нуля или изменение его знака на положительный, что приводит к значительному увеличению диапазона изменчивости показателя реакции. Оно уже достоверно и при оценке методом Стьюдента—Фишера. И опять же, расширение диапазона изменчивости наблюдается гораздо раньше, чем падает средний уровень устойчивости (Миронова, 2003, 2012). Следовательно, для оценки реакции гетерогенной выборки биологических объектов, лучше анализировать динамику индивидуальных уровней, связь с исходным значением, и, соответственно, динамику изменчивости изучаемого показателя. Результаты своих работ и других авторов позволили заметить, что при значимых (критических) воздействиях увеличивается ошибка среднего из результатов эксперимента и, соответственно, доверительного интервала, что подтверждает сделанный вывод.

Исходя из анализа приведенных данных, можно предложить простые и чувствительные методы оценки реакции как клеток, так и организмов. Более того, с помощью этих простых приемов можно диагностировать как повреждение, так и физиологические перестройки в организме. Наличие перестроек было обнаружено при изучении динамики изменчивости уровня теплоустойчивости у мышц травяных лягушек при переходе из состояния зимнего покоя к периоду размножения. Регистрируемому понижению среднего показателя устойчивости предшествовало значительно более раннее расширение диапазона изменчивости признака. По-видимому, представленные закономерности являются закономерностями общего порядка, и могут быть выявлены при изучении любых признаков. Так, первая фаза в реакции объектов на воздействие обнаружена и для другого признака — содержания тяжелых металлов в тканях отдельных моллюсков. Диапазон изменчивости этого показателя был уже у животных, отловленных в более загрязненном биотопе, чем в относительно чистом (Коротнева и др., 1996). Весьма вероятно, подобные оценки могут быть использованы для ранней диа-

гностики патологии. Однако для этого требуются дальнейшие исследования. Тем не менее, представленные данные свидетельствуют о том, что при анализе результатов эксперимента необходимо рассматривать индивидуальные реакции объектов и их зависимость от исходного значения. По-видимому, это позволит избежать разногласия в оценке полученных результатов и узкой их трактовке, зачастую связанных с разным исходным состоянием объектов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Коротнева Н.В., Паškova И.М., Глушанкова М.А. 1996. Содержание тяжелых металлов в тканях моллюсков Приладожья. Цитология. 38(4/5) : 517–521. (Korotneva N.V., Pashkova I.M., Glushankova M.A. 1996. The content of heavy metals in the tissues of the Ladoga area mollusks. Tsitologiya. 38(4/5) : 517–521.)
- Миронова А.П. 2003. Динамика статистических показателей при тестировании функциональной активности мышц химическим воздействием. Автореф. дисс. ... канд. биол. наук СПб: 25 с. (Mironova A.P. 2003. Dynamics of statistical indicators when testing the functional activity of muscles with chemical action. PhD Thesis. SPb. 25 p.)
- Миронова А.П. 2012. Анализ индивидуальных изменений теплоустойчивости клонов *Daphnia magna* на начальных этапах ведения культуры. Цитология. 54(12) : 892–897. (Mironova A.P. 2012. Analysis of individual changes in heat resistance of clones of *Daphnia magna* at the initial stages of cultivation. Tsitologiya. 54(12) : 892–897.)
- Ушаков Б.П. 1978. Статистическая обработка экспериментальных данных и их интерпретация с позиции популяционной биологии. Журн. общ. биол. 39(44) : 602–611. (Ushakov B.P. 1978. Statistical processing of experimental data and their interpretation from the perspective of population biology. Biol. Bull. Rev. 39(44) : 602–611.)
- Ushakov B.P. 1977. The environmental temperature and physiological polymorphism of populations. 4. The effect of heat acclimation on the intensity and genetic effectiveness of selection caused by heating. J. Thermal. Biol. 2 : 177–182.
- Ushakov B.P., Pashkova I.M. 1986. Population analysis of individual responses to temperature effects. II. Changes in the rate of development of *Salamandra salamandra* larvae J. Thermal. Biol. 11 : 175–180.

ON THE POPULATION ANALYSIS OF THE RESPONSE OF BIOLOGICAL OBJECTS TO THE EFFECT OF VARIOUS FACTORS

A. P. Mironova*

Institute of Cytology RAS., St. Petersburg, 194064 Russia

**E-mail: antoninamironova@mail.ru*

The use of some statistical techniques for evaluating the results of the experiment is considered, which allows for an early diagnosis of the response of biological objects to the effects of both external and internal factors. The study of the dynamics of an individual indicator of the reaction of organisms and their cells in the process of increasing exposure and the dependence of its shift on the initial value are more informative than the study of solely average value of the indicator.

Keywords: initial level, negative correlation, variability, individual level dynamics