

8. Юрцев Б.А. Флора Сунтар-Хаята. Л.: Наука, 1968. 235 с.
9. Толмачев А.И. Введение в географию растений. Л.: изд-во ЛГУ, 1974. 244 с.
10. Лихачев С.Ф. Атлас эвгленовых жгутиконосцев водоемов Омской области и Северного Казахстана. Омск: изд-во ОмГПУ, 1999. 160 с.
11. Попова Т.Г. Эвгленовые водоросли. Определитель пресноводных водорослей СССР. М.: Сов. наука, 1955. 282 с.
12. Суханова К.М. Класс Растительные жгутиконосцы. Фауна аэротенков. Л.: Наука, 1984. С. 40-82.
13. Попова Т.Г., Сафонова Т.А. Эвгленовые водоросли. Флора споровых растений СССР. Л.: Наука, 1976. Т. 9. Вып. 2. 288 с.
14. Фауна аэротенков. Л.: Наука, 1984. 264 с.

Татьяна Юрьевна КУЗНЕЦОВА —
ассистент кафедры экологии и генетики;
Елена Владимировна ДЕМЧУК —
выпускник кафедры экологии и генетики;
Ирина Владимировна ПАК —
зав. кафедрой экологии и генетики,
доктор биологических наук, доцент
dt-bio-tmn@mail.ru —
Тюменский государственный университет

УДК 575.17

ВЛИЯНИЕ ПЕСТИЦИДОВ НА ОНТОГЕНЕТИЧЕСКУЮ ИЗМЕНЧИВОСТЬ *DROSOPHILA MELANOGASTER*

THE INFLUENCE OF PESTICIDES ON THE ONTOGENETIC VARIABILITY OF *DROSOPHILA MELANOGASTER*

АННОТАЦИЯ. В статье рассмотрено влияние пестицидов на выживаемость и морфометрические показатели *D. melanogaster*. Выявлены специфические эффекты, свидетельствующие о нарушении стабильности развития *D. melanogaster*.

SUMMARY. The article shows the influence of pesticides on the survival and morphometric indexes in *D. melanogaster*. The specific effects, providing evidence about the distress of developmental stability in *D. melanogaster*, were observed.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА. Пестицид, выживаемость, морфометрические признаки, флуктуирующая асимметрия.

KEY WORDS. Pesticid, survival, morphometric indexes, fluctuating asymmetry.

Расцвет химической промышленности за последние десятилетия вызвал появление огромного числа химических соединений, значительную часть среди которых занимают пестициды [1].

Пестициды, используемые в сельском хозяйстве, расходуются лишь частично, а остаточные количества сохраняются в окружающей среде и из-за высокой стойкости не подвергаются быстрой физико-химической или биологической деградации. Отрицательные последствия применения пестицидов известны давно. Хорошо изучено их действие на различные компоненты приспособленности и процессы жизнедеятельности на уровне индивидуального организма (например, механизмы устойчивости к пестицидам, мутагенные, канцерогенные воздействия), а также разрушающее действие пестицидов на экосистемы. Тем не

менее, о влиянии химических загрязнителей окружающей среды на генетическую изменчивость в популяциях до сих пор известно очень мало [2]. Разновидностью генетической является онтогенетическая изменчивость. Онтогенетическая изменчивость показывает влияние тех или иных факторов на организм в процессе онтогенеза. Следствием несовершенства онтогенетических процессов является флуктуирующая асимметрия.

Оценка состояния стабильности развития популяций может проводиться разными методами, однако более информативным и перспективным подходом является показатель развития организма, основанный на асимметрии организмов. Флуктуирующая асимметрия представляет собой ненаправленные отклонения от точной симметрии билатеральных признаков и является следствием зависимости онтогенетических процессов от факторов как внешних, так и внутренних [3].

Флуктуирующая асимметрия является мерой онтогенетической нестабильности, которая должна увеличиться под воздействием средового стресса, т.е. флуктуирующая асимметрия является объективным показателем, отражающим не только состояние популяций, но и «здоровье» окружающей среды [4].

Целью настоящей работы явилось изучение действия пестицидов карбофос и пума супер-100 на онтогенетическую изменчивость морфологических признаков *Drosophila melanogaster*.

Материалы и методы. В исследованиях использовалась линия *Drosophila melanogaster* К-С. В качестве стрессирующего агента — пестициды карбофос и пума супер-100 в концентрации 0,005%. Карбофос — это инсектицид, широко используемый для борьбы с различными сельскохозяйственными вредителями, пума супер-100 является гербицидом [5], [6].

Растворы пестицидов добавлялись в стандартную пищевую среду, на которой в дальнейшем происходило развитие личинок в опыте. В качестве контроля использовалась среда без добавления пестицидов. Каждый вариант опыта был заложен в трех повторностях, в каждой повторности по 10 личинок. Половозрелых имаго предварительно выдерживали в течение двух суток на свежей стандартной среде для откладки яиц. После этого родителей удаляли, вышедших из яиц личинок помещали в пробирки (по 10 личинок на каждую пробирку), содержащие по 10 мл контрольной среды либо среды с добавлением пестицидов.

Вылетевших имаго ежедневно разделяли по полу, подсчитывали и фиксировали в смеси глицерина и 70% этилового спирта (1:1).

У 10 случайно выбранных самок и самцов из каждого опыта и в контроле исследовалось влияние пестицидов на фенотипическую изменчивость морфологических признаков через флуктуирующую асимметрию. В качестве морфометрических были выбраны следующие признаки: длина торакса (измеряемая как расстояние от переднего края груди до конца скутеллума); длина крыла (измеряемая как длина от верхнего конца передней поперечной жилки до края крыла по третьей продольной жилке); число сперноплевральных щетинок; число орбитальных щетинок [7]. Измерения проводились с использованием микроскопа ZEISS.

Статистическая обработка данных была проведена с помощью компьютерной программы «STATAN» и описательной статистики программы Excel. Достоверность различий между данными, полученными в опыте и контроле, рассчитывали по t-критерию [8].

Результаты и их обсуждение. Выживаемость личинок *D. melanogaster* в стандартной (контрольной) среде и среде, содержащей пестициды, представлена в табл. 1.

Таблица 1

Выживаемость личинок *Drosophila melanogaster* в опытах с пестицидами

Вариант опыта	Кол-во личинок в варианте	Выживаемость								
		1 повтор		2 повтор		3 повтор		Всего шт.	среднее	
		шт.	%±m%	шт.	%±m%	шт.	%±m%		шт.	%±m%
Контроль	60	54	90,00±3,90	50	83,33±4,81	55	91,67±3,57	180	159	88,33±2,39
Карбофос 0,005%	60	12	20,00±5,16*	13	21,67±5,32*	12	20,00±5,16*	180	37	20,55±3,01*
Пума супер-100 0,005%	60	18	30,00±5,92*	20	33,33±6,08*	17	28,33±5,82*	180	55	30,55±3,43*

Примечание: * — различия между опытом и контролем статистически достоверны.

Исследуемые пестициды достоверно снижают число выживших личинок по сравнению с контролем. Самая низкая выживаемость отмечена в варианте с карбофосом в концентрации 0,005% и составила 20,55%, что в 4 раза ниже, чем в контроле и в 1,5 раза ниже (статистически достоверно) показателя в варианте пума супер-100 в концентрации 0,005%.

Низкая выживаемость личинок *D. melanogaster* на средах, содержащих пестициды, свидетельствует о стрессирующем воздействии используемых химических агентов.

В ходе опыта было посчитано количество вылетевших самок и самцов (данные представлены в табл. 2). Необходимо отметить, что достоверных различий по соотношению самцов и самок между контролем и опытами, а также между опытными вариантами выявлено не было. Из полученных данных видно, что в контроле преобладают самцы, а в вариантах с пестицидами — самки.

Таблица 2

Соотношение самок и самцов *Drosophila melanogaster*, выращенных на стандартной (контрольной) среде и среде, содержащей пестициды

Варианты опыта	Общее кол-во мух	самки		самцы		Соотношение самок и самцов
		шт.	%±m%	шт.	%±m%	
Контроль	159	76	47,80±3,96	83	52,20±3,96	1,0:1,1
Карбофос 0,005%	37	23	62,16±7,97	14	37,84±7,97	1,6:1,0
Пума супер-100 0,005%	55	31	56,36±6,69	24	43,64±6,69	1,3:1,0

У половозрелых особей *Drosophila melanogaster* были измерены четыре морфометрических признака, три из которых являются билатеральными: длина крыльев (правого и левого), число орбитальных и стерноплевральных щетинок (на правой и левой стороне), а также длина торакса. Данные показатели были измерены у самок и у самцов и приведены в табл. 3. У самок наблюдается статистически достоверное снижение средних значений таких признаков, как длина торакса, длина правого и левого крыльев. Статистически достоверных различий по числу орбитальных и стерноплевральных щетинок выявлено не было.

Наименьшая длина торакса наблюдается у самок, выращенных на среде, содержащей пестицид пума супер-100 в концентрации 0,005%, длина составила 940,3 нм, тогда как в контрольном варианте она равна 1160,8 нм. В этом же опыте была получена наименьшая длина правого крыла, которая равна 1993,7 нм, что на 255,4 нм меньше, чем у мух, выращенных на стандартной среде. Самый низкий показатель по длине левого крыла наблюдается в опытах с карбофосом при концентрации 0,005%, в данном случае среднее значение равно 1992,3 нм, тогда как в контроле 2264,8 нм; полученные различия статистически достоверны.

В опытных вариантах с пестицидами отмечены достоверные различия с контролем и между вариантами по длине торакса у самок. У самцов достоверные различия в длине торакса между опытными вариантами и контролем выявлены только в варианте с карбофосом в концентрации 0,005%. Изучаемый показатель в данном случае равен 834 нм, тогда как в контроле длина торакса составила 916,8 нм. По длине правого крыла выявлены достоверные отличия с контролем в вариантах со всеми исследуемыми пестицидами у самцов и в варианте с карбофосом в концентрации 0,005% у самок. Наименьшая длина правого крыла зарегистрирована у самцов, выращенных на среде, содержащей пума супер-100 в концентрации 0,005%, она составила 1332,9 нм, что на 292 нм меньше, чем в контроле. Низкие показатели изучаемого признака были выявлены и в опытах с карбофосом в концентрации 0,005%. По длине левого крыла у самок, в отличие от показателей, полученных у самцов, выявлены достоверные статистические различия с контролем. Самый низкий показатель длины левого крыла наблюдается у самцов, выращенных на среде, содержащей карбофос в концентрации 0,005%. В данном случае длина крыла равна 1296,7 нм, тогда как в контроле она составила 1634,8 нм.

Таблица 3

Морфометрические показатели самок *Drosophila melanogaster*, выращенных на стандартной (контрольной) среде и среде, содержащей пестициды

Варианты опытов	Морфометрические показатели						
	длина торакса, нм	длина крыла, нм		ЧСЦ, шт.		ЧОЦ, шт.	
		правое	левое	правая сторона	левая сторона	правая сторона	левая сторона
Самки							
Контроль	1160,8±28,9	2249,1±26,1	2264,8±25,9	9,5±1,9	9,6±1,9	8,7±1,7	8,6±1,7
Карбофос 0,005%	940,9±25,4*	1993,3±17,1*	2053,6±35,8*	8,2±1,2	8,4±1,3	8,2±1,2	8,1±1,2
Пума супер-100 0,005%	1052,2±18,2*	2207,4±27,1	1992,3±35,9*	7,9±0,9	7,9±0,9	7,7±0,9	7,8±0,9
Самцы							
Контроль	916,8±26,1	1624,9±25,1	1634,8±25,9	9,6±1,9	9,6±1,9	8,8±1,8	8,9±1,8
Карбофос 0,005%	871,1±29,8	1332,9±18,5*	1388,3±17,2	8,9±1,7	8,7±1,7	7,7±1,4	7,8±1,4
Пума супер-100 0,005%	834,2±16,1*	1386,3±19,4*	1296,7±19,9	8,4±1,6	8,2±1,5	7,9±1,4	7,6±1,4

Примечание: * — различия между опытом и контролем статистически достоверны,
 · — различия между опытными вариантами статистически достоверны.

Наблюдается снижение числа орбитальных и стерноплевральных щетинок у самок и самцов, выращенных на средах, содержащих пестициды, по сравнению с контролем. Однако полученные различия статистически недостоверны.

По коэффициенту вариации у самок статистические различия отсутствуют, исключение составляют данные по длине правого крыла, полученные в опытах с карбофосом в концентрации 0,005%, выявленные различия достоверно отличаются от контрольных (табл. 4).

Таблица 4

Коэффициент вариации морфометрических показателей самок и самцов *Drosophila melanogaster*, выращенных на контрольной (стандартной) среде и среде, содержащей пестициды

Варианты опытов	ДТ, CV±mcv	ДК правого, CV±mcv	ДК левого, CV±mcv	ЧСЩ, правая CV±mcv	ЧСЩ, левая CV±mcv	ЧОЩ, правая CV±mcv	ЧОЩ, левая CV±mcv
Самки							
Контроль	4,2±1,0	2,6±0,6	3,1±0,7	10,2±2,1	11,1±2,3	9,2±1,9	9,1±1,8
Карбофос 0,005%	8,5±1,9	2,7±0,6	5,5±1,2	12,6±3,1	12,4±3,0	10,1±2,4	11,3±2,6
Пума супер-100 0,005%	5,5±1,2	5,7±1,3*	5,7±1,3	12,9±2,9	12,1±2,5	11,7±2,7	11,1±2,9
Самцы							
Контроль	5,8±1,3	3,4±0,8	3,7±0,9	11,2±2,3	11,3±2,4	8,1±1,7	9,1±1,8
Карбофос 0,005%	5,9±1,3	3,8±0,9	4,7±1,1	11,9±2,8	12,9±3,3	9,9±2,0	9,1±1,9
Пума супер-100 0,005%	4,9±1,3	2,9±0,7	2,7±0,6	12,4±3,0	13,4±3,5	8,9±1,7	8,7±1,9

Примечание: * — различия между опытом и контролем статистически достоверны.

Два индекса флуктуирующей асимметрии (ФА) трех исследуемых билатеральных признаков (длина крыльев, число орбитальных и стерноплевральных щетинок) представлены в табл. 5. Для самок по признаку длины крыльев оба индекса флуктуирующей асимметрии достоверно выше у мух, выращенных на среде, содержащей пестициды. Такая же закономерность отмечена и у самцов. Данные по числу орбитальных и стерноплевральных щетинок и у самок, и у самцов, выращенных на средах, содержащих пестициды, статистически не отличаются от контрольного варианта.

Низкая выживаемость *D. melanogaster* на среде, содержащей карбофос и пума супер-100, свидетельствуют о силе стрессового воздействия, достаточной для снижения приспособленности. Об этом же сигнализирует и уменьшение размеров торакса и крыльев. По литературным данным такие уменьшения морфометрических показателей отмечены у дрозофил при большинстве видов стрессов [7].

Необходимо отметить, что влияние химических соединений на флуктуирующую асимметрию у *D. melanogaster* изучено очень слабо, всего несколько работ посвящено подобным исследованиям. Несмотря на то, что стрессовое воздействие карбофоса и пума супер-100 очевидно, флуктуирующая асимметрия обнаруживает значительные изменения на среде с пестицидами только по одному билатеральному признаку (по длине крыльев).

Таблица 5

Флуктуирующая асимметрия билатеральных морфометрических признаков самок и самцов *Drosophila melanogaster*, выращенных на стандартной (контрольной) среде и среде, содержащей пестициды

Варианты опытов	Длина крыльев		ЧСЦ		ЧОС	
	FA1	FA2x100	FA1	FA2x100	FA1	FA2x100
самки						
Контроль	15,7	0,7	0,1	1	0,1	1
Карбофос 0,005%	60,3*	2,98*	0,2	2	0,1	1
Пума супер-100 0,005%	215,1*	10,24*	0	0	0,1	1
самцы						
Контроль	9,9	0,6	0	0	0,1	0,01
Карбофос 0,005%	55,4*	4,07*	0,2	0,002	0,2	0,002
Пума супер-100 0,005%	89,6*	6,68*	0,2	0,01	0,3	0,04

Примечание: * — различия между контролем и опытом статистически достоверны;
 · — различия между опытными вариантами статистически достоверны.

Можно предположить, что асимметрия в развитии других изучаемых признаков связана с нарушениями онтогенеза, повлекшими за собой гибель организма.

Одним из возможных объяснений отсутствия роста флуктуирующей асимметрии по числу орбитальных и стерноплевральных щетинок при стрессе может служить повышенная смертность среди асимметричных особей на ранних стадиях развития. Возможно также, что влияние различных химических стрессоров на стабильность развития *D. melanogaster* неодинаково в зависимости от того, на какие конкретные процессы метаболизма действует стресс. Таким образом, те различия между сторонами, которые наблюдаются при флуктуирующей асимметрии, могут быть определены по своей природе как следствие несовершенства онтогенетических процессов и в общем виде диагностированы как проявление случайной изменчивости развития.

Выводы:

1. Пестициды карбофос и пума супер-100 достоверно снижают выживаемость и показатели морфометрических признаков (длину крыльев и длину торакса) у *Drosophila melanogaster*;

2. Выявлено увеличение флуктуирующей асимметрии у *Drosophila melanogaster*, выращенных на среде, содержащей пестициды, что свидетельствует о нарушении стабильности развития мух;

3. Прослеживается тенденция к увеличению количества самок в опытах с карбофосом и пума супер-100, что говорит о неблагоприятном влиянии исследуемых пестицидов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дубинин Н.П., Пашин Ю.В. Мутагенез и окружающая среда. М.: Наука, 1978. 180 с.
2. Куринный А.И. К проблеме предупреждения генетических последствий применения пестицидов: реальность и необходимость // Цитология и генетика. 1983. № 7. С. 16-21.
3. Сонин А.С. Постигание совершенства: симметрия, асимметрия, дисимметрия, антисимметрия. М.: Знание, 1987. 204 с.
4. Захаров В.М. Асимметрия животных: Популяционно-генетический подход. М.: Наука, 1992. 216 с.

5. Захаренков В.А., Мартыненко В.И. Использование пестицидов в растениеводстве // Защита растений. 1994. № 1. С. 15-16.

6. Мельников Н.Н. Пестициды: химия, технология и применение. М.: Химия, 1987. 712 с.

7. Антипин М.И., Имашева А.Г. Генетическая изменчивость и флуктуирующая асимметрия морфологических признаков *Drosophila melanogaster* при развитии на среде, содержащей пестициды // Общая генетика. 2001. №3. С. 325-331.

8. Лакин Г.Ф. Биометрия. М.: Высшая школа, 1990. 352 с.

Мария Юрьевна ЛУПИНОС —
аспирант кафедры зоологии и ихтиологии;
Тамара Ивановна РЫБАКОВА —
доцент кафедры зоологии и ихтиологии,
кандидат биологических наук
mariya_lupinos@mail.ru —
Тюменский государственный университет

УДК 598.243.8 (571.12)

ГНЕЗДОВАЯ БИОЛОГИЯ РЕЧНЫХ КРАЧЕК В ТЮМЕНСКОМ РАЙОНЕ

NIDICOLOUS OF BIOLOGY OF COMMON TERN IN THE TYUMEN AREA

АННОТАЦИЯ. В данной статье приведены результаты наблюдений за 6 гнездами речных крачек (*Sterna hirundo*, L.). Общий объем наблюдений составил 292 часа. Ритм кормления птенцов речных крачек характеризуется 4-вершинной кривой.

SUMMARY. The article presents the results of the observations of 6 nests of River Terns (*Sterna hirundo*, L.). The total volume of observations came to 292 hours. The feeding rhythm of the nesting by lease indices was characterized by a 4-peaked curve.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА. Речные крачки, экология гнездования, суточная активность птиц, ритмика поведения птиц.

KEY WORDS. Common terns, ecology nest, day and night activity of birds, rhythmic behaviors of birds.

Суточная активность птиц регулируется фотопериодом, но реакция на этот внешний фактор видоспецифична и неодинакова в разных условиях. Соответственно, количественное выражение ритмики поведения тех или иных видов птиц является хорошим показателем взаимоотношения организма со средой [1]. К сожалению, по данному вопросу региональные орнитологические работы не столь многочисленны [1], [2], [3], и они касаются преимущественно видов, относящихся к отряду Воробьинообразные (Passeriformes) и являющихся типичными гнездовыми птицами (садовая камышевка, мухоловка-пеструшка, обыкновенная горихвостка и др.). Поэтому мы решили показать на примере широко распространенного вида — речной крачки — ритмику поведенческих реакций в условиях Тюменской области.

Изучение некоторых аспектов гнездовой биологии речных крачек, а именно экологии гнездования, ритмики поведения, суточной активности птиц представляет особый интерес не только с теоретической, но и с практической точки зрения.

В ходе наблюдений за 6 гнездами речных крачек фиксировалась частота кормлений птенцов, время, затрачиваемое родителями на отдых у гнезда и