

СРАВНИТЕЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ ЭФФЕКТА ПОСЛЕДЕЙСТВИЯ РАДИАЦИИ НА НЕРАСХОЖДЕНИЕ ХРОМОСОМ

М. М. Тихомирова, С. Е. Дуброва, И. М. Януш

Влияние рентгеновых лучей на нерасхождение X-хромосом у дрозофилы впервые было показано генетически Мевором (Mavor, 1921). Позднее многие исследователи использовали рентгеновые лучи как мощный фактор, увеличивающий частоту встречаемости исключительных особей в десятки и сотни раз (Anderson, 1924; Лобашев, Евтюшкин, 1937; Евтюшкин, 1938; Рапопорт, 1938, и др.).

Явление последействия радиации на нерасхождение X-хромосом у дрозофилы впервые было описано Тихомировой (1961). Под последействием мы понимали потенциальные изменения в клетке, возникающие в момент облучения и реализующиеся лишь при дополнительном действии высокой температуры после облучения. В опыте наблюдался значительный эффект последействия. Так, частота встречаемости исключительных самцов при облучении самок имаго линии Кантон-С была $3,50 \pm 0,192\%$, при действии высокой температуры ($+37^\circ$) составляла $0,11 \pm 0,034$, а при их последовательном применении повысилась до $5,62 \pm 0,460\%$, что значительно превосходило арифметическую сумму, получаемую при действии температуры и облучения, примененных порознь ($t=4,0$).

Под эффектом последействия (p) мы понимаем лишь избыток исключительных самцов в группе с последовательным действием рентгеновых лучей и высокой температуры (rt), по сравнению с суммарным количеством самцов из групп, где действовали рентгеновые лучи (r) и температура (t) порознь. А для того чтобы получать сравнимые результаты в разных опытах, эта разность относилась к той же сумме, т. е. сумме самцов из «рентгеновской» (r) и «температурной» (t) групп, и выражалась в процентах. Итак, rt — частота исключительных самцов в группе, где самки после облучения подвергаются действию высокой температуры; r — частота исключительных самцов в группе облученных самок; t — частота исключительных самцов в группе, где на самок действовала высокая температура; p — эффект последействия:

$$p = \frac{rt - (r + t)}{r + t} \cdot 100\%.$$

Рассчитанный таким образом эффект последействия для линии Кантон-С составил 56%.

Установление явления последействия имеет большое значение как для выяснения механизма первичного действия радиации на клетку, так и для разработки мер по защите от лучевых повреждений. А поэтому

чрезвычайно важным является вопрос о том, насколько последствие радиации на нерасхождение хромосом имеет место и в других линиях. Решению этого вопроса и посвящено настоящее исследование.

Эксперимент ставился по ранее описанной методике (Тихомирова, 1961). Облучение производилось рентгеновыми лучами (200 кВ) без фильтра в дозе 3000 р. Отличие состояло лишь в том, что анализу подвергались самки линии, меченной рецессивным признаком — глаза абрикосового цвета (w^a в X-хромосоме). Для выявления исключительных особей скрещивание производили с самцами, имеющими рецессивный признак — желтую окраску тела (y) и доминантный признак — красные глаза (w^+). Всего было поставлено две повторности, которые дали однотипные результаты, поэтому в табл. 2 приведены суммарные данные.

Исследуемая линия w^a имеет низкую спонтанную частоту появления исключительных особей в нормальных условиях: $0,02 \pm 0,012\%$ самок, $0,05 \pm 0,020\%$ самцов. Интересно, что аналогичная линия была проанализирована ранее и обнаружила частоту спонтанного нерасхождения X-хромосом, близкую к наблюдаемой в нашем опыте (табл. 1).

Таблица 1

Частота спонтанного нерасхождения X-хромосом в линиях w^a и Кантон-С

Линия	Частота исключительных в %		Автор
	самок	самцов	
w^a	0,057—0,076	0,116—0,130	Лобашев, 1937 Лобашев и Евтюшкин, 1937
	0,020—0,056	0,124—0,145	
	0,020	0,045	Евтюшкин, 1938 Тихомирова, Дуброва, Януш, 1963
	0,020	0,050	
Кантон-С	0,030	0,020	Тихомирова, 1961

Аналогичная картина была получена и при сравнении с линией Кантон-С, где частота встречаемости исключительных самок была $0,03 \pm 0,010\%$, а самцов — составляла $0,02 \pm 0,010\%$.

При разных способах воздействия на самок имаго линии w^a частота встречаемости исключительных особей увеличивается (табл. 2).

Таблица 2

Частота первичного нерасхождения X-хромосом у дрозофилы при разных способах воздействия

Характер воздействия	К-во нормальных мух в F_1		К-во исключительных мух в F_1			
			самок		самцов	
	самок	самцов	число	%	число	%
Без воздействия	12972	11440	3	$0,02 \pm 0,012$	6	$0,05 \pm 0,020$
Облучение 3000 р	8892	9118	10	$0,11 \pm 0,034$	150	$1,62 \pm 0,131$
Температура 37°	3243	3243	0	0	3	$0,09 \pm 0,051$
Облучение 3000 р + 37°	2711	2548	13	$0,48 \pm 0,132$	119	$4,46 \pm 0,398$

Так, при действии рентгеновых лучей частота встречаемости исключительных самцов увеличилась до $1,62 \pm 0,131\%$, однако она оказалась меньше, чем в линии Кантон-С при том же режиме облучения. Эффек-

тивность одного рентгена, т. е. процент исключительных самцов в пересчете на 1 р, в линии ω^a была $54 \cdot 10^{-5}\%$, а в линии Кантон-С — $116 \cdot 10^{-5}\%$, т. е. в два раза больше. Это позволило считать линию ω^a более радиоустойчивой.

При действии высокой температуры частота встречаемости исключительных особей достоверно не увеличилась и не отличалась от таковой в линии Кантон-С. При последовательном же действии рентгеновых лучей и температуры 37° в течение 8 ч через 1 ч после облучения не удалось обнаружить достоверного изменения частоты появления исключительных самок, а частота появления исключительных самцов ($4,46 \pm 0,398\%$) увеличилась, превосходя сумму эффектов от действия рентгеновых лучей ($1,62 \pm 0,131\%$) и высокой температуры ($0,09 \pm 0,051\%$), примененных порознь (вероятность более 0,9999). Такое увеличение, несомненно, говорит о том, что явление последействия радиации на нерасхождение X-хромосом имеет место и в линии ω^a , т. е. присуще разным объектам при определенном режиме облучения. А отсюда следует, что явление последействия должно учитываться при анализе радиобиологических поражений.

Представляет интерес сравнение эффекта последействия в двух изученных линиях, различающихся по радиочувствительности. Эффект последействия в линии Кантон-С, как уже было указано, составляет 56%, а в линии ω^a — 160%.

Если считать, что эффект последействия обуславливается возникающими в момент облучения потенциальными изменениями в хромосомах, то надо полагать, что в линиях, различающихся по радиочувствительности, соотношение истинных и потенциальных изменений различно.

Отсюда возникает предположение, что сама радиочувствительность может быть связана с соотношением истинных и потенциальных изменений в хромосомах, возникающих в момент облучения, или со степенью реализации последних. Подобное предположение уже высказывалось В. В. Хвостовой и Л. В. Невзгодиной (1962) при анализе причин радиоустойчивости растений. Они считают, что у гороха, чувствительного к γ -излучению, потенциальные повреждения хромосом чаще переходят в истинные под влиянием биохимических особенностей клеточной среды. Может быть, большая радиочувствительность линии Кантон-С также объясняется тем, что потенциальные изменения под влиянием биохимических особенностей клеток даже в нормальных условиях реализуются и фиксируются в опыте как истинные. А на долю потенциальных (нереализованных) изменений, т. е. последействия, выявляемого высокой температурой, в этом случае остается не более 56% эффекта. Наоборот, в линии ω^a радиоустойчивой потенциальные изменения в нормальных условиях не реализуются, однако же при дополнительном действии высокой температурой эффект последействия составляет уже 160%.

Возможно и другое объяснение дифференциальной радиочувствительности двух линий, а именно возникновение в менее радиочувствительной линии ω^a при действии радиации большего числа потенциальных изменений, реализующихся только при дополнительном воздействии, и меньшего числа истинных разрывов.

Поскольку в настоящее время для характеристики радиочувствительности линий учитываются только истинные повреждения, в то время как в клетке при облучении могут возникать и потенциальные изменения, которые могут реализоваться в разной степени в разных условиях,

постольку возможны заблуждения при оценке сравнительной радиочувствительности организмов.

Вопрос о выяснении причин радиочувствительности и ее объективной оценке является очень важным и требует дальнейших исследований. Последствие же рентгеновых лучей (определенного режима) на нерасхождение X-хромосом у дрозофилы является установленным фактом.

ВЫВОДЫ

1. Рентгеновы лучи примененного в опыте режима вызывают последствие на нерасхождение X-хромосом в двух сравниваемых линиях дрозофилы.

2. Эффект последствия оказался выше в радиоустойчивой линии ω^a , по сравнению с линией Кантон-С.

A COMPARATIVE STUDY OF THE AFTER-EFFECTS OF IRRADIATION ON THE NON-DISJUNCTION OF X-CHROMOSOME

M. M. Tikhomirova, S. E. Dubrova and I. M. Janoosh

A comparative study of the after-effects of irradiation on the non-disjunction of X-chromosome in two lines ω^a and Canton-S of *Drosophila* was carried on.

Adult females were irradiated with a 3000 r dose of X-rays (200 kv) without filter. In order to study the after-effect, the females in an hour after irradiation were kept at +37° for eight hours.

The after-effect of irradiation was found in both lines. In the line Canton-S the successive treatments with X-rays and high temperature gave $5.62 \pm 0.460\%$ of exceptional males, a value of which is significantly higher than the arithmetic sum of the exceptional males found after independent treatments with X-rays ($3.50 \pm 0.192\%$) and temperature ($0.11 \pm 0.034\%$). Analogous results were also found in the line ω^a . The corresponding values for exceptional males in this line were: 4.46 ± 0.398 ; 1.62 ± 0.131 ; $0.09 \pm 0.051\%$.

The after-effect of irradiation was found to be much higher in the radiation-resistant line ω^a (160%) in comparison to Canton-S (56%) which is not radiation-resistant.

ЛИТЕРАТУРА

- Евтюшкин Я. В. 1938. Тр. Лен. о-ва естествоисп., **LXVII**, 4 : 109—118.
Лобашев М. Е. 1937. Тр. Лен. о-ва естествоисп., **LXVI**, 3 : 345—377.
Лобашев М. Е., Я. В. Евтюшкин. 1937. Тр. Лен. о-ва естествоисп., **LXVI**, 3 : 377—388.
Рапопорт И. А. 1938. Бюл. журн., 7, 3 : 661—678.
Тихомирова М. М. 1961. В сб.: Исследования по генетике, I. Изд. ЛГУ : 19—24.
Хвостова В. В. и Л. В. Невзгодина. 1962. В сб.: Радиационная генетика. Изд. АН СССР : 358—366.
Anderson E. G. 1924. Reprinted from papers of the Michigan Academy of Science. Arts and letters, **IV** : 523—525.
Mavor J. W. 1921. «Science», **LIV** : 277—279.