

Х. ЭХВЯРТ, ТАМАРА ШНАЙДЕР

К ВОПРОСУ О ЗАВИСИМОСТИ СТЕПЕНИ РАДИАЦИОННОГО ПОРАЖЕНИЯ ОТ УВЕЛИЧЕНИЯ ИНТЕГРАЛЬНОЙ ПОГЛОЩЕННОЙ ДОЗЫ ПРИ ОБЛУЧЕНИИ НАБУХАЮЩИХ СЕМЯН РАПСА

Усиление радиационного поражения при набухании и прорастании семян растений известно по работам многих авторов (Iven, 1925; Wertz, 1940 и др.). В большинстве этих работ оно оценивалось по количественным показателям. Выбор критерия при оценке действия ионизирующей радиации имеет существенное значение для получения правильного представления о характере зависимости между продолжительностью замачивания и набухания семян и радиационным эффектом, возникающим в результате их облучения. Э. Вертц (Wertz, 1940), например, для определения степени развития растений после облучения набухающих семян ячменя применял сложную оценочную систему с присвоением численных баллов за различные показатели степени развития растений с последующим их усреднением. В настоящее время в качестве показателя степени радиационного поражения часто используется цитологический анализ количества хромосомных разрывов и особенностей их распределения (Ли, 1963; Ивенс, 1966). Так как между количеством хромосомных перестроек в первых митозах меристематических тканей кончиков корней и торможением роста проростков существует четкая положительная корреляция, многие исследователи ограничиваются определением интенсивности роста и развития проростков (особенно их корневой системы) в качестве показателя реакции растений на облучение, не анализируя и не учитывая числа хромосомных аберраций, в связи с тем, что именно повреждение клеточных ядер приводит к торможению роста и гибели проростков в результате нарушения нормального хода митозов (Хвостова, 1967).

Повышение степени радиационного поражения при облучении набухающих семян исследователи объясняют различными причинами: изменением митотической активности меристемы (Трудова, 1950), влиянием увеличения влажности на интенсивность метаболических процессов и состояние внутриклеточных структур (Энгель, 1952; Biebl, Mostafa, 1965), изменениями в обмене нуклеиновых кислот в связи с повышением влажности семян (Порядкова и др., 1960), изменением условий прохождения пострадиационных процессов (Шишенкова, 1966), возникновением и сохранением свободных радикалов в отдельных частях семени (Klingmüller и др., 1959) и т. д. В литературе имеются также данные о том, что при повышении влажности покоящихся семян происходит не увеличение, а уменьшение радиационного поражения (Фесенко, Порядкова, 1966; Фесенко, 1967). Авторы объясняют это различной степенью восстановления клеток после первичных повреждений.

В нашем опыте одновременно замоченные в водопроводной воде семена ярового рапса 'Регина II' облучались по частям в течение суток с интервалами в 1 ч (от 2 до 25 ч после начала замачивания) γ -лучами ^{60}Co на установке Луч-1 Института экспериментальной биологии Академии наук Эстонской ССР дозой 180 кр при мощности экспозиционной дозы 2 кр/мин. Показателем радиационного поражения служило относительное уменьшение длины корней проростков по сравнению с первым вариантом, где семена облучались через 2 ч после начала замачивания $\Delta l_i/l_0$. Величина этого показателя варьирует от 0 до 1 (отсутствие торможения роста корней — полное подавление роста корней), возрастая по мере увеличения радиационного эффекта, и от абсолютной длины корней проростков не зависит.

Кривую относительной задержки роста корней при облучении семян по мере увеличения их влажности можно выразить уравнением:

$$q = \frac{\Delta l_i}{l_0} = a + k \ln t, \tag{1}$$

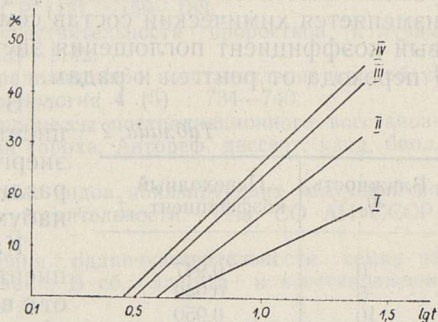
где $\Delta l_i = l_0 - l_i$ — уменьшение длины корней i -го варианта по сравнению с первым вариантом;

l_0 — длина корней проростков, облученных через 2 ч после начала замачивания семян;

t — время замачивания до начала облучения;

a и k — коэффициенты.

Рис. 1. Относительная задержка роста корней проростков рапса по мере увеличения длительности замачивания. I — 4-й, II — 5-й, III — 6-й, IV — 7-й дни после облучения. По оси абсцисс — логарифм продолжительности замачивания семян до облучения в часах.



Характер кривых относительной задержки роста корней был сходным по всем дням измерений (рис. 1).

Из данных рис. 1 видно, что степень радиационного поражения выявляется постепенно, приближаясь к определенному пределу, и окончательно устанавливается на 6—7-й день после облучения. В табл. 1 приведены изменения коэффициентов a и k , квадратичное отклонение s для q :

Таблица 1

День измерения	a	k	s	$t_5^{21} \frac{s}{\sqrt{(\ln t - \ln \bar{t})^2}}$
4	-17,07	25,54	6,52	11,06
5	-24,45	40,83	5,47	9,26
6	-24,08	47,41	4,24	7,19
7	-23,04	49,36	3,40	6,27

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-2} \left\{ \sum (q - \bar{q})^2 - \frac{\sum (\ln t - \ln \bar{t})(q - \bar{q})}{\sum (\ln t - \ln \bar{t})^2} \right\}},$$

и оценка для k на 0,05 уровне значимости — t_5^{21} (по критерию Стьюдента $t_5^{21} = 2,080$).

Для оценки степени радиационного поражения мы использовали данные за 7-й день измерения длины корней проростков.

Так как облучение семян в опыте проводилось в условиях приближенного электронного равновесия, то влияние облучения на семена рассчитывалось по следующим формулам:

$$D_n = fX; \quad (2)$$

$$f = 0,877 \frac{\bar{\gamma}_{\text{среды}}}{\bar{\gamma}_{\text{возд.}}}; \quad (3)$$

$$\bar{\gamma}_{\text{среды}} = \sum \gamma_i P_i; \quad (4)$$

$$D_{\text{инт}} = D_n \cdot m, \quad (5)$$

где X — экспозиционная доза в рентгенах;

f — коэффициент перехода от рентген к радам;

D_n — поглощенная доза в радах;

$\bar{\gamma}_{\text{среды}}$ — средний массовый коэффициент поглощения энергии для семян рапса;

$\bar{\gamma}_{\text{возд}}$ — массовый коэффициент поглощения энергии для воздуха;

γ_i — массовый коэффициент поглощения энергии химическими элементами, входящими в состав семян рапса;

P_i — весовая часть данного химического элемента в семенах;

$D_{\text{инт}}$ — интегральная поглощенная доза (поглощенная в семенах лучевая энергия в грамм-радах);

m — масса семени в граммах.

При замачивании семян в воде происходит их набухание и масса увеличивается за счет инкорпорированной в семени воды. Одновременно изменяется химический состав семени и соответственно — средний массовый коэффициент поглощения энергии для семян ($\bar{\gamma}_{\text{среды}}$) и коэффициент f перехода от рентген к радам.

Таблица 2

Влажность, %	Переходный коэффициент, f
0	0,947
5	0,949
10	0,950
20	0,952
40	0,964

В табл. 2 приводятся значения коэффициента перехода от рентген к радам для энергии γ -квантов в 1 Мэв, рассчитанные для различной влажности семян рапса при их набухании в течение суток.

Как видно из табл. 2, изменение коэффициента f при повышении влажности семян от воздушно-сухого состояния до 40% не превышает 1,5% и, следовательно, с изменением влажности семян рапса при их набухании в течение суток поглощенная доза практически остается неизменной.

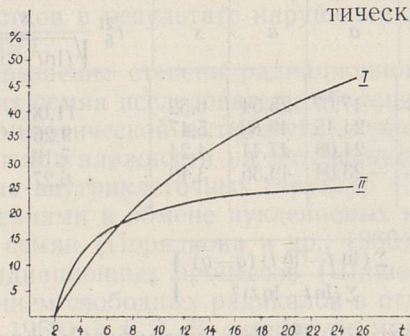


Рис. 2. Увеличение радиационного поражения прорастающих семян рапса и увеличение интегральной поглощенной дозы в семени. По оси абсцисс — продолжительность замачивания семян до облучения в часах. I — относительная задержка роста корней; II — относительное увеличение интегральной поглощенной дозы в семени.

Однако при одних и тех же экспозиционной и поглощенной дозах, согласно (2) и (5), увеличение массы семени сопровождается пропорциональным увеличением поглощенной в нем лучевой энергии (рис. 2,

кривая II). Вследствие этого интегральная поглощенная доза на одно семя увеличивается после 10 ч замачивания на 20% по сравнению с той же дозой после 2 ч замачивания.

Коэффициент корреляции между относительным увеличением интегральной поглощенной дозы на одно семя (рис. 2, кривая II) и относительным подавлением прироста корней проростков (рис. 2, кривая I) оказался очень высоким ($r=0,92$).

Параллельный ход кривых I и II (рис. 2) позволяет предположить, что одной из основных причин повышения степени радиационного поражения при возрастании продолжительности замачивания семян является увеличение интегральной поглощенной дозы вследствие увеличения массы семени. Это обстоятельство необходимо учитывать при выявлении и оценке относительного значения других, более сложных процессов, играющих роль в формировании радиационного поражения (изменение митотической активности, восстановление цитогенетических повреждений и т. д.) в тех случаях, когда стремятся вскрыть причины изменения степени радиационного поражения прорастающих семян.

ЛИТЕРАТУРА

- Ли Д. Э., 1963. Действие радиации на живые клетки. М.
- Ивенс Х., 1966. Повреждения хромосом ионизирующими излучениями. М.
- Порядкова Н., Тимофеев-Ресовский Н., Лучник Н., 1960. Проблема радиостимуляции растений. VI. Опыты по облучению семян гороха и пшеницы рентгеновыми лучами на разных стадиях замачивания и прорастания. Тр. Ин-та биол. Уральск. филиала АН СССР (12) : 159—188.
- Трудова Р., 1950. Возрастные изменения чувствительности проростков к лучам рентгена. Докл. АН СССР 71 (6) : 1139—1142.
- Фесенко Э., Порядкова Н., 1966. Пострадиационное восстановление при облучении семян разной влажности. Радиобиология 4 (5) : 734—740.
- Фесенко Э., 1967. Влияние влажности на процессы пострадиационного восстановления при облучении покоящихся семян гороха. Автореф. диссерт. канд. биол. наук. Л.
- Хвостова В., 1967. Механизм действия разных видов ионизирующих излучений на семена растений и проблема радиочувствительности. Изв. СО АН СССР. Сер. биол.-мед. наук (5) : 118—123.
- Шишенкова Л., 1966. О причинах изменения радиочувствительности семян на разных стадиях набухания и прорастания. В сб.: Защита и восстановление при лучевых повреждениях : 152—154. М.
- Энгель О., 1952. Изменение чувствительности семян пшеницы к облучению в зависимости от продолжительности набухания. Докл. АН СССР 85 (1) : 229—231.
- Biebl R., Mostafa I., 1965. Water content of wheat and barley seeds and their radiosensitivity. Radiation Botany 5 (1) : 1—6.
- Iven H., 1925. Neuere Untersuchungen über die Wirkung der Röntgenstrahlen auf Pflanzen. Strahlentherapie 19 : 413—461.
- Klingmüller W., Lane C., Sax K., Ingram D., 1959. Free radicals in X-rayed seeds of high and low water content as measured by electron spin resonance. Nature 184 (4684) : 464—465.
- Wertz E., 1940. Über die Abhängigkeit der Röntgenstrahlenwirkung vom Quellungs-zustand der Gewebe, nach Untersuchungen an Gerstenkörnern. Strahlentherapie 67 : 307—321.

Институт экспериментальной биологии
Академии наук Эстонской ССР

Поступила в редакцию
16/IV 1969

H. EHVÄRT, TAMARA SCHNAIDER

KIIRGUSKAHJUSTUSE SÖLTUVUS INTEGRAALSEST NEELDUMIS-
DOOSIST RAPSII IDANEVATE SEEMNETE KIIRITAMISEL

Resümee

Suverapsi 'Regina II' idanevaid seemneid kiiritati ööpäeva jooksul ühetunniste vahe-
aegade järel (2 kuni 25 tundi peale seemnete leotamise algust) kiirgusallikast «Луч-1»
 ^{60}Co γ -kiirtega 180 kr. Ekspositsioonidoosi võimsus oli 2 kr/min. Kiirguskahjustuse näita-
jana kasutati seemnete idujuurte kasvu pidurdust esimese, 2 tundi peale leotamise
algust kiiritatud variandiga võrreldes $\Delta l_i/l_0$. Seemnete veesisalduse tõustes 40%-ni muu-
tus röntgenilt radiale ülemineku koefitsient ainult 1,5%; seega jäi neeldumiskoos praktiliselt
sämaks. Integraalne neeldumiskoos ühe seemne kohta suurenes 10-tunnise leotamise
järel 20%, võrreldes integraalse neeldumiskoosiga peale 2-tunnist leotamist. Ühes seem-
nes neeldunud integraalse doosi suhtelise suurenemise ja idanevate seemnete juurte
suhtelise kasvupidurduse vaheline korrelatsioon oli väga suur ($r=0,92$), mis lubab eel-
dada, et kiirguskahjustuse suurenemise üheks oluliseks põhjuseks seemnete leotamise
pikenemisel on seemneis neeldunud integraalse doosi suurenemine seoses seemne massi
suurenemisega.

Eesti NSV Teaduste Akadeemia
Ekspérimentaalbioloogia Instituut

Saabus toimetusse
16 IV 1969

H. EHVÄRT, TAMARA SHNAIDER

THE DEPENDENCE OF RADIATION DAMAGE ON THE INCREASE
OF THE INTEGRAL ABSORBED DOSE IN SOAKED SEEDS OF RAPE

Summary

The seeds of summer rape (variety 'Regina II') were soaked simultaneously in tap
water and irradiated in parts with a ^{60}Co source (dose 180 kr, a dose-rate 2 kr/min)
during twenty-four hours, at intervals of one hour. The relative decrease of the seed-
ling's root length, in comparison with the average root length of the first variant
(irradiated after two hours of soaking), was used as an index of the radiation damage
 $\Delta l_i/l_0$. Although the humidity of the seeds during the soaking period increased up to
40 per cent, the transitional coefficient from roentgen to rad — f , varied only to 1.5% and,
consequently the value of the absorbed dose, did not increase sufficiently. However, the
integral absorbed dose in seed increased during ten hours of soaking up to 20 per cent, in
comparison with the value of the integral absorbed dose after two hours of soaking.
Correlation coefficient between the relative increase of the integral absorbed dose in
one seed and the relative depression of root length was very high ($r=0.92$). We assume
that the increase of mass and of the integral absorbed dose in seed is one of the main
causes of the radiation damage increase in seeds during the soaking.

Academy of Sciences of the Estonian SSR,
Institute of Experimental Biology

Received
April 16, 1969