

К ВОПРОСУ О МОДИФИЦИРУЮЩЕМ ВЛИЯНИИ СУПЕРОПТИМАЛЬНЫХ ТЕМПЕРАТУР НА ЭФФЕКТ РЕНТГЕНОБЛУЧЕНИЯ

Предшествующие облучению супероптимальные термические воздействия оказывают значительное модифицирующее влияние на физиологические и генетические эффекты редконионизирующих излучений у семян растений [1—10].

Известные исследования по изучению этого явления проводились в основном с применением одного-двух определенных величин супероптимальной температуры и продолжительности нагрева. И поскольку объекты исследований у разных авторов различны, это несколько затрудняет сопоставление полученных результатов о модифицирующем эффекте и заключение о зависимости его от степени и продолжительности термических воздействий. Исключением является работа А. М. Кузина и др. [10], в которой приводятся данные о зависимости термического эффекта от влажности семян и температуры нагрева в момент облучения. В большинстве же работ по изучению модифицирующего влияния супероптимальных температур семена нагревались до или после облучения, а в момент облучения они находились в нормальных температурных условиях.

Механизм защитного влияния супероптимальных температур на эффекты ионизирующих излучений до сих пор недостаточно ясен. В связи с этим значительный интерес представляет установление количественных соотношений зависимости радиационного эффекта от факторов температуры и времени супероптимальных нагревов. Исходя из этих соображений и проводилось настоящее исследование.

Объектом опытов являлись воздушно-сухие и замоченные, наклюнувшиеся семена пшеницы сортов Арташати 42 (*Tr. aestivum* var. *turcicum*), Эринацеум (*Tr. compactum* var. *erinaceum*) и ячменя сорта Ленинанский 313 (*Hordeum distichum* var. *putans*). Воздушно-сухие семена имели влажность 12—14%. Термическому воздействию семена подвергались в водяном ультратермостате (в воздушной камере термостата). Точность заданной температуры составляла $\pm 0,5^\circ\text{C}$. Через 10—30 мин. после нагрева семена облучались рентгеновыми лучами аппаратом РУМ II, при 187 кв, 15 ма, мощность дозы 350—500 р/мин. После соответствующих воздействий семена проращивались в чашках Петри на смоченной водопроводной водой фильтровальной бумаге. Семена проращивались в термостатизаторах при температуре 20—22°C и комнатной освещенности.

Ростки и корешки измерялись на 7—10-й день после проращивания. Количество хромосомных перестроек учитывалось в первом после воздействия митозе. Конусы нарастания фиксировались в ацет-этаноль-

ной смеси (1:3) через 48—60 час. после посева, когда проростки достигали 0,4—0,6 см длины (первый митоз в конусах нарастания начинается в этой фазе прорастания семян). Материал окрашивали по Фельгену, приготавливали давленные, временные препараты. Количество клеток с абберациями хромосом учитывалось в поздних анафазах и ранних телофазах.

На рис. 1, 2 и 3 приведены данные начального роста растений из обработанных семян в зависимости от времени нагрева при 80°C (рис. 1), 95°C (рис. 3) и 100°C (рис. 2). Как видно из этих данных,

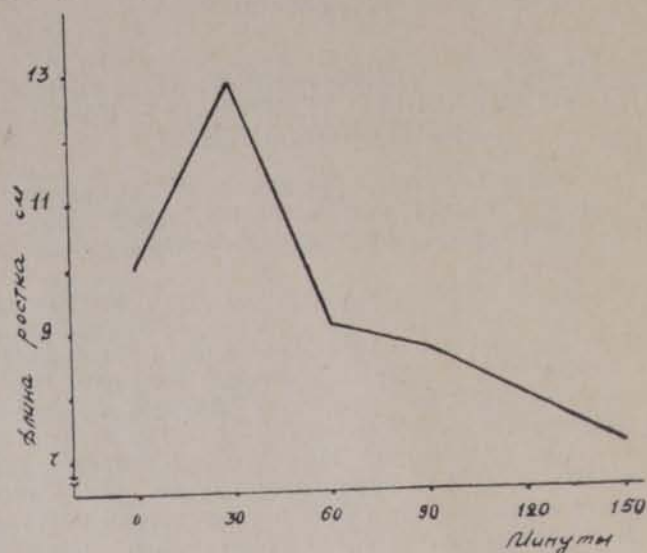


Рис. 1. Изменение роста 8-дневных растений в зависимости от продолжительности предрадиационного нагрева 80°C при облучении воздушно-сухих семян пшеницы рентгеновыми лучами дозой в 20 кр.

защитное влияние супероптимальных температур отмечается при определенном интервале продолжительности нагрева. Более продолжительный нагрев семян при этих температурах приводит к резкому усилению радиационного повреждения. Такая же закономерность наблюдается у наклонувшихся семян (табл. 1).

Таблица 1

Влияние продолжительности нагрева наклонувшихся семян пшеницы при 40°C на их устойчивость к рентгенооблучению дозой в 1,5 кр

Продолжительность нагрева, мин.	Без облучения				Облучение			
	длина 10-дневных ростков		длина корней		длина 10-дневных ростков		длина корней	
	см	%	см	%	см	%	см	%
Контроль	17,3±1,1	100	49,6±1,9	100	7,4±0,7	100	28,3±2,1	100
5	16,7±1,3	96,5	48,8±2,1	98,4	9,1±0,9	123,0	33,4±2,3	118,0
10	15,3±1,7	88,4	41,2±2,0	83,1	11,4±1,1	154,0	39,8±2,1	140,6
15	13,4±1,6	77,5	38,3±1,7	77,2	8,3±1,1	112,2	32,4±1,8	114,5
20	12,6±1,3	72,8	36,6±1,4	73,8	6,1±0,8	82,4	22,3±2,2	89,9

Нагрев наклонувшихся семян при 40°C сначала приводит к повышению, а при более длительном нагреве к резкому понижению их радиоустойчивости, определяемой 10-дневным ростом ростков. Максимальный эффект защиты наблюдается при нагреве наклонувшихся семян в течение 10 минут. При увеличении срока нагрева происходит

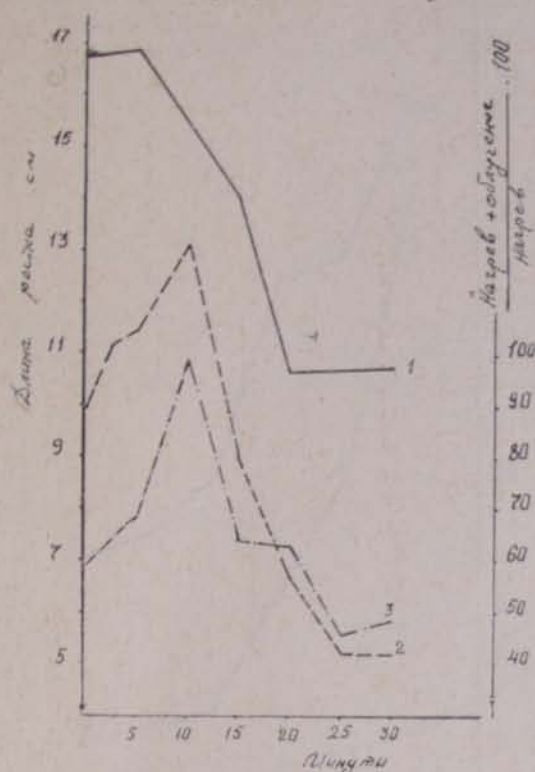
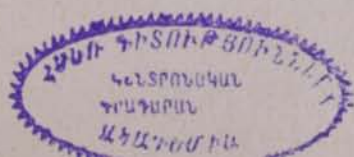


Рис. 2. Изменение роста 10-дневных растений в зависимости от продолжительности предрадиационного нагрева при 100°C и облучения воздушно-сухих семян пшеницы рентгеновыми лучами дозой в 20 кр. 1—нагрев; 2—нагрев+облучение; 3—нагрев+облучение/нагрев×100.

снижение защитного эффекта, а в дальнейшем—усиление радиационного повреждения.

Таким образом, существует определенный оптимум продолжительности нагрева при данной температуре, вызывающий максимальный защитный эффект от повреждений, вызванных рентгеновыми лучами.

Как видно из данных, приведенных на рис. 4, модифицирующий эффект предрадиационного нагрева семян в значительной степени зависит от содержания воды в них. Чем ниже влажность семян, тем более длительный нагрев вызывает повышение радиоустойчивости. Так, при влажности семян в 4% нагрев при 90°C продолжительностью до 40 минут способствует повышению радиоустойчивости (семена этого варианта до обработки температурой и облучения в течение 15 дней хранились над гранулированным КОН в герметически закрытом сосу-



де). У воздушно-сухих семян (влажность 14%) наибольший защитный эффект проявляется при нагреве в течение 20 мин. У семян с влажностью 28% максимальный защитный эффект вызывается уже 10-минутным нагревом при той же температуре (семена этого варианта хранились в течение 15 дней над водой в герметически закрытом сосуде).

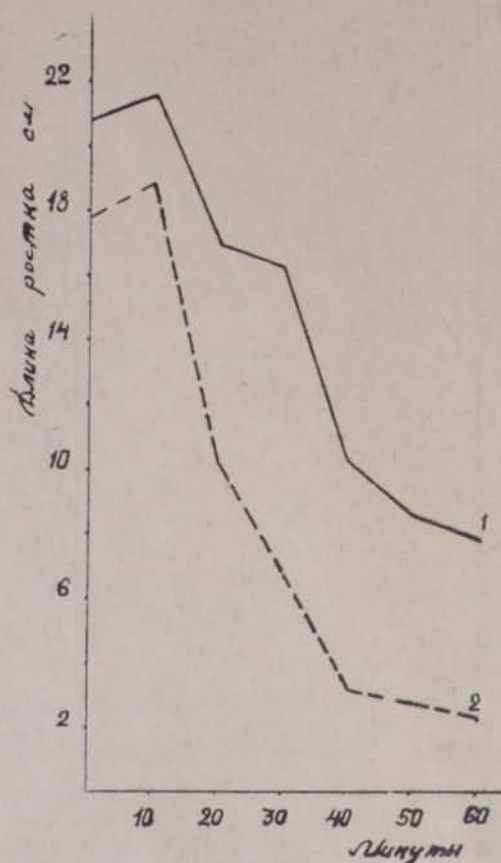


Рис. 3. Изменение роста 10-дневных растений в зависимости от продолжительности предрадиационного нагрева при 95°C и облучения воздушно-сухих семян ячменя рентгеновыми лучами дозой в 15 кр. 1—нагрев; 2—нагрев+облучение.

Как уже отмечалось выше, аналогичные результаты получены Кузиным и др. [10], облучившими семена разной влажности при разных температурах.

Данные табл. 2, 3, 4 и рис. 5 показывают, что повышение температуры нагрева семян при постоянной экспозиции тоже неоднозначно изменяет радиоустойчивость семян. С повышением температуры при постоянной экспозиции нагрева сначала происходит повышение, а в дальнейшем снижение радиоустойчивости как у воздушно-сухих (табл. 2 и 3), так и у наклюнувшихся семян (табл. 4). Как видно из приведенных данных, наибольший защитный эффект у сухих семян

Влияние температуры 30-минутного нагрева семян пшеницы на эффект
рентгенооблучения дозой в 20 кр
(лабораторный опыт)

Темпера- тура на- грева С°	Без облучения				Облучение			
	длина ростка, см	среднее количе- ство кор- ней	наиболее длинный корень, см	общая длина корней, см	длина ростка, см	среднее количе- ство кор- ней	наиболее длинный корень, см	общая длина корней, см
Контроль	15.8	4.6	15.9	51.0	12.4	3.7	9.6	27.1
40	16.5	4.7	17.6	56.8	10.6	3.7	7.5	22.0
50	15.9	4.7	17.8	58.6	—	—	—	—
60	15.7	4.6	17.2	57.2	14.6	4.3	11.2	37.3
70	15.4	4.4	17.2	55.7	14.9	4.5	16.9	53.1
80	12.3	4.5	15.1	49.7	10.1	3.8	9.5	27.7

вызывает нагрев при 70°C с продолжительностью 30 минут, а у наклю-
нувшихся семян—при 35°C, 10 минут. Более продолжительные нагревы,
наоборот, вызывают снижение радиоустойчивости семян.

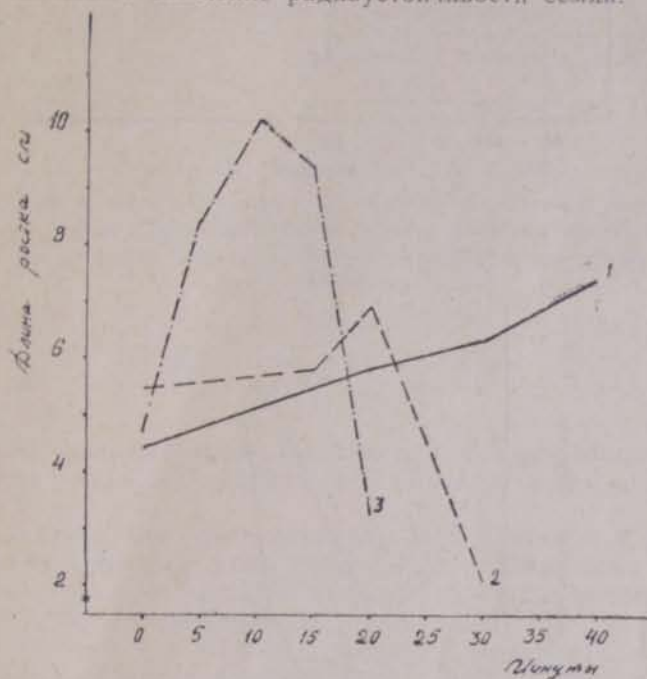


Рис. 4. Изменение роста 8—10-дневных растений в зависимости от продолжительности нагрева 90°C, при облучении семян пшеницы различной влажностью рентгеновыми лучами дозой в 15 кр. 1—семена с влажностью 4%; 2—семена с влажностью 14% (воздушно-сухие); 3—семена с влажностью 28%.

То же самое явление наблюдается у индуцированных рентгенооблучением aberrаций хромосом. Данные, приведенные в табл. 5, 6 и на рис. 6, показывают, что наибольшее снижение выхода клеток с aberrациями хромосом наблюдается при применении предрадиацион-

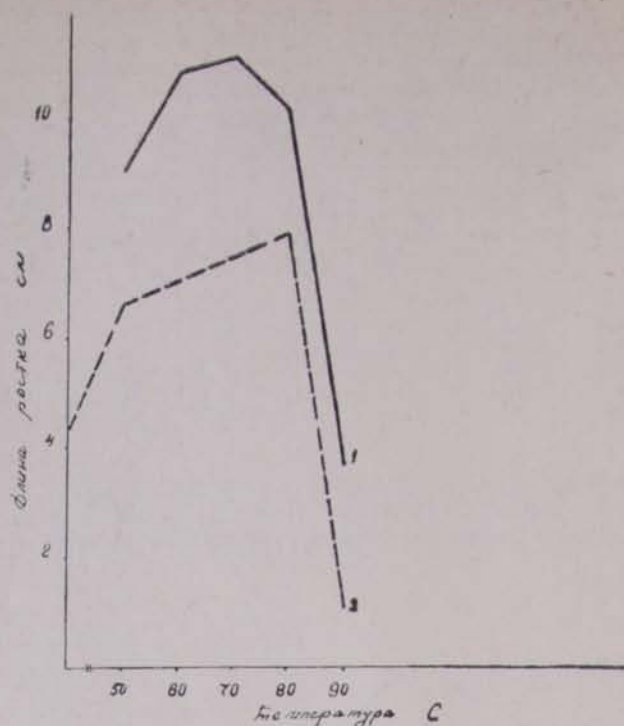


Рис. 5. Изменение роста 10-дневных растений в зависимости от температуры 30-минутного предрадиационного нагрева и облучения семян рентгеновыми лучами дозой в 10 кр. 1—нагрев; 2—нагрев+облучение.

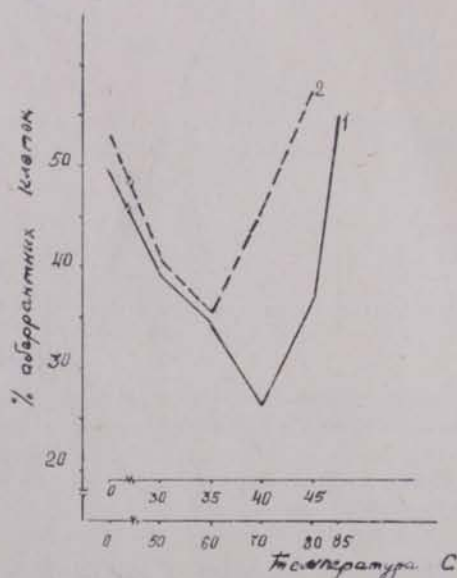


Рис. 6. Изменение выхода клеток с абберациями хромосом в зависимости от температуры предрадиационного нагрева семян пшеницы. 1—сухие семена, нагрев 30 минут; 2—наклюнувшие семена, нагрев 10 минут.

Таблица 3

Влияние 30-минутного нагрева семян пшеницы при разных температурах на эффект рентгенооблучения дозой в 20 кр (полевой опыт)

Температура нагрева, °С	Без облучения				Облучение			
	% проросших	% выживших	Кущение		% проросших	% выживших	Кущение	
			общее	продуктивное			общая	продуктивная
Контроль	78	69	7,5	4,2	59	18	6,5	2,4
40	86	79	6,2	3,4	40	19	4,8	2,0
50	83	77	6,3	3,8	60	41	5,6	3,8
60	73	88	6,7	3,0	69	50	7,9	3,4
70	87	85	4,7	3,4	73	77	5,0	3,3
80	63	58	6,9	3,5	49	26	7,6	2,8

Таблица 4

Влияние температуры 10-минутного нагрева наклюнувшихся семян пшеницы на их устойчивость к рентгенооблучению

Температура нагрева, °С	Доза облучения <i>p</i>	Средняя длина 7-дневных ростков		Средний вес одного ростка	
		см	%	мг	%
Без нагрева	2000	6,4±0,2	100	33,6±2,3	100
35		9,0±0,3	141,3	49,2±3,4	146,4
40		7,8±0,3	122,0	38,9±3,6	115,8
50		5,0±0,4	79,4	32,8±2,7	97,6
Без нагрева	3000	3,6±0,4	100	20,9±2,1	100
35		7,6±0,3	212,3	35,7±2,6	170,8
40		6,1±0,3	170,5	33,1±3,1	158,4
50		2,4±0,3	66,6	15,2±2,1	72,7

ного нагрева воздушно-сухих семян при 70°C, дальнейшее повышение температуры вызывает повышение выхода клеток с абберациями хромосом.

У наклюнувшихся семян оптимальной для снижения выхода абберантных клеток является температура предрадиационного нагрева при 35°C, 10 минут. В этом варианте выход абберантных клеток составляет 35, 34%, в варианте облучение без нагрева—52,79%. Нагрев такой же продолжительности при 40 и 45°C вызывает повышение выхода клеток с абберациями хромосом (соответственно 45,85 и 57,04%).

Таким образом, существуют оптимальные сочетания факторов температуры и времени предрадиационных нагревов, вызывающих наибольшее защитное действие при облучении воздушно-сухих и наклюнувшихся семян пшеницы и ячменя рентгеновыми лучами. Повышение температуры или экспозиции выше оптимального предрадиационного нагрева оказывает сенсibiliзирующее влияние на радиочувствительность семян.

Нагревы при высоких температурах вызывают различные повреждения у семян вплоть до их гибели. Но усиление радиационного повреждения вследствие предрадиационных нагревов при высоких температурах количественно больше вызванных только нагревом повреждений. Из этого следует, что такое усиление не является следствием

простого налаживания термических повреждений на радиационные. Приведенные данные показывают, что степень угнетения начального роста, вызванного термическими воздействиями, и радиоустойчивость семян изменяются не сопряженно. Наибольший эффект защиты оказывает сочетание факторов температуры и времени, являющееся пороговым по угнетению роста и вызывающее повреждение. При сочетаниях же этих факторов, оказывающих значительное повреждающее действие, радиоустойчивость семян, наоборот, резко снижается. При нагревах выше оптимальных, в смысле защиты, окончательный эффект оказывается выше суммарных термических и радиационных повреждений. Это наглядно видно из соотношения эффектов $\frac{\text{нагрев} + \text{облучение}}{\text{нагрев}} \cdot 100$.

(рис. 2, кривая 3), которое образует пик при температуре нагрева, вызывающий наибольший защитный эффект.

Супероптимальные кратковременные нагревы вызывают небольшой выход (2—3%) клеток с абберациями хромосом (табл. 5, 6). При предрадиационном воздействии такие нагревы способствуют повышению выхода клеток с абберациями хромосом на 10—20%. Такое повышение не является суммарным от термического и радиационного воздействий. По этому показателю тоже ясно выражено сенсibiliзирующее влияние повышенных температур.

Таблица 5

Влияние температуры 30-минутного предрадиационного нагрева на выход аббераций хромосом при облучении воздушно-сухих семян рентгеновыми лучами дозой в 10 кр (сорт Арташати 42)

Температура предрадиационного нагрева, °С	Количество просмотренных клеток	Из них с абберациями хромосом	% клеток с абберациями хромосом
Без нагрева	600	298	49,67±2,04
50	725	285	39,31±1,81
60	670	232	34,63±1,84
70	705	185	26,24±1,65
80	615	227	36,91±1,94
85	520	283	54,42±2,19
Нагрев 85°С без облучения	380	8	2,10±0,72

Таблица 6

Влияние температуры 10-минутного предрадиационного нагрева на выход аббераций хромосом при облучении наклонившихся семян пшеницы рентгеновыми лучами дозой в 1,5 кр (сорт Арташати 42)

Температура предрадиационного нагрева, °С	Количество просмотренных клеток	Из них с абберациями хромосом	% клеток с абберациями хромосом
Без нагрева	430	227	52,79±2,41
30	520	212	40,77±2,16
35	515	182	35,34±2,10
40	410	188	45,85±2,46
45	405	231	57,04±2,46
Нагрев 45°С без облучения	420	12	2,85±0,83

Таким образом, результаты проведенных опытов свидетельствуют, что модифицирующее действие супероптимальных температур на эффекты рентгенооблучения зависит от температуры и времени прерадн-

ционного нагрева и может оказывать как защитное, так и сенсibiliзующее влияние.

Имеется определенный оптимум температуры при постоянной экспозиции или экспозиции при постоянной температуре нагрева, при которых достигается наибольший защитный эффект от повреждающего действия редкоионизирующих излучений. Температура или время радиационного нагрева выше оптимальных вызывает усиление эффекта радиации. Усиление повреждений в этом случае количественно выше суммы повреждений от отдельных воздействий.

Значительный интерес представляет также тот факт, что температуры и время, вызывающие повышение радиостойчивости, являются пороговыми, и повышение их вызывает значительные повреждения в семенах.

Թ. Ս. ԲԱԲԱՅԱՆ

ՌԵՆՏԳԵՆՅԱՆ ՃԱՌԱԳՈՅՑՈՒՀԱՐԿԱՆ ԷՖԵԿՏԸ ԲԱՐՁՐ ԶԵՐԿՈՒԹՅԱՆ
ՕԳՆՈՒԹՅԱՄԲ ԻՈՂԻՅԵԿԱՑՆԵԼՈՒ ՀԱՐՑԸ

Ա մ փ ո փ ո մ

Սերմերը մինչև անադալիսյան ճառագայթաշարումը տաքացնելու մոդիֆիկացնող ազդեցությունը կախված է նրա չեղմաստիմանից և տեղությունից: Դոզություն ունեն չեղմաստիմանի և տեղության օպտիմալ դոզորդումների շոր սերմերի դեպքում այն 60—70° է՝ 30 րոպեի ընթացքում, իսկ թրջված, նոր ծլած սերմերի դեպքում՝ 35—40°, 10—15 րոպեի ընթացքում:

Սերմերի մինչև ճառագայթաշարումը կատարված տաքացումը օպտիմալից բարձր չեղմության կամ տեղության պայմաններում նպաստում է ճառագայթային վնասվածքի մեծացմանը:

Բերված են նաև տվյալներ, որոնք ցույց են տալիս, որ տաքացման մոդիֆիկացնող ազդեցությունը կախված է սերմերի խոնավությունից:

R. S. BABAYAN

ON THE QUESTION OF MODIFYING THE EFFECT OF X-IRRADIATION BY MEANS OF HIGH TEMPERATURE

Summary

The modifying effect of heating the seeds, before subjecting them to X-irradiation, is dependent on its temperature and duration. There are optimal equations of the temperature duration. In the case of dry seeds it amounts to 60—70°C, for a duration of 30 minutes, while in the case of wet and sprouting seeds it is 35—40°C, for 10—15 minutes.

The heating of seeds, preceding their X-irradiation, under conditions of a higher temperature or duration than the optimal one, makes it easy to increase the irradiation injury.

Other data have also been brought in to show that the modifying effect of heating depends on the humidity of the seeds, as well.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Kempton I. H., Maxwell L. R.* 1941. Effect of temperatur during irradiation on the x-ray sensitivity of maize seeds. *Jour. Agric. Res.*, 62, 603—618.
2. *Maxwell Z. R., Kempton I. H., Mosley V. M.* 1942. Effect temperature and teme on the x-ray sensitivity of maize seeds. *Jour. Washington Acad. Sci.*, 32, 18—24.
3. *Smith Z., Caldecott R. S.* 1948. Modification on x-ray effects on barley seeds by pretreatment and posttreatment with heat. *Hereclitas*, 39, 173—176.
4. *Шапиро Н. И., Протопопова Е. М.* 1962. Изучение радиационного последствия в растительных клетках в связи с вопросами защиты. *«Радиобиология»*, 1, 2—3, 485—491.
5. *Шапиро Н. И., Протопопова Е. М.* 1964. Температурное воздействие и частота возникновения хромосомных мутаций в семенах, подвергшихся гамма-облучению. *«Радиобиология»*, 4, 2, 270—275.
6. *Бабаян Р. С.* 1965. Влияние термических воздействий при рентгенооблучении семян пшеницы. *ДАН Арм. ССР*, 41, 1, 51—58.
7. *Усманов П. Д.* 1966. О влиянии температуры на судьбу лучевых повреждений хромосом гороха. *«Генетика»*, 4, 105—113.
8. *Атаян Р. Р.* 1968. Влияние температурных шоков на частоту хромосомных аберраций, вызванных облучением покоящихся семян. *«Радиобиология»*, 8, 4, 603—608.
9. *Николаев Ч. В., Иванов В. И.* 1968. Совместное действие гамма-облучения и тепловых шоков на семена. *«Радиобиология»*, 8, 3, 442—447.
10. *Кузин А. М., Рунова Ю. Н., Ладыгина В. Г.* 1969. Влияние температуры во время гамма-облучения семян на величину цитогенетических повреждений. *«Радиобиология»*, 9, 5, 720—723.