

Р. Б. АЙРАПЕТЯН, Р. С. БАБАЯН

ЗАЩИТНОЕ ВЛИЯНИЕ ТЕПЛОВОЙ ЗАКАЛКИ НА ХРОМОСОМЫ ПРИ РЕНТГЕНОБЛУЧЕНИИ ПРОРОСТКОВ ЛУКА

В ряде исследований показано, что под влиянием кратковременных воздействий на растительные клетки супероптимальными температурами повышается их устойчивость к нагреву [1—4]. Рядом исследований в этом направлении установлено, что под влиянием супероптимальных термических воздействий происходит реактивное повышение устойчивости растительных клеток не только к нагреву, но и к повреждающим агентам различной природы: этанолу, уксусной кислоте, эфиру, ультрафиолетовым лучам, тяжелой воде и др., то есть вызывается неспецифическое повышение устойчивости клеток [5—11 и др.].

Известно также, что кратковременный нагрев семян при супероптимальных температурах оказывает защитное действие от повреждающего влияния редкоионизирующих излучений [12—21 и др.]. Явление реактивного повышения устойчивости растительных клеток вследствие тепловой закалки изучалось по физиологическим показателям (вязкость, движение протоплазмы, дыхание, фотосинтез, проницаемость и др.). Значительный интерес представляет вопрос об изменении устойчивости митотической активности и хромосомного аппарата клеток к ионизирующим излучениям вследствие тепловой закалки.

В настоящей работе приводятся данные о влиянии тепловой закалки на устойчивость хромосомного аппарата и клеточного деления у прорастающих семян *A. сера* к рентгеноблучению.

Опыты проведены на корешках лука (*Allium сера* L.). Прорастающие семена подвергали тепловому воздействию в водяном ультратермостате (точность заданной температуры $\pm 0,5^\circ\text{C}$). Сразу же после термического воздействия семена облучали рентгеновыми лучами аппаратом РУМ 11, при 187 кВ, 15 мА, без фильтра, мощность дозы 500 р/мин. Корешки длиной 7—10 мм фиксировали в разное время после воздействия в пределах первого пострадикационного клеточного цикла. Приготавливали временные препараты, окрашенные ацет-орсеином.

Ранее проведенными опытами было установлено, что нагрев прорастающих семян лука при 40°C продолжительностью 5—15 минут оказывает защитное действие на выход aberrаций хромосом в первом пострадикационном митозе [11].

Данные, табл. 1, показывают, что митотическая активность клеток корневой меристемы проростков лука в некоторой мере стимулируется под влиянием термического воздействия при 40°C , 15 минут. В первые часы после термического воздействия повышаются темпы клеточного деления на 12—14%. Вследствие теплового воздействия незначительно чаще встречаются метафазы, что может быть следствием слабого

Таблица 1

Влияние тепловой заделки (40°C, 15 минут) и рентгенооблучения (200 р) на митотическую активность и частоту встречаемости метафаз

Варианты опыта	Митотический индекс в % и частота встречаемости метафаз в % в разные сроки фиксации после воздействий, в часах											
	3			6			12			18		
	митотический индекс	метафазный индекс	% метафаз	митотический индекс	метафазный индекс	% метафаз	митотический индекс	метафазный индекс	% метафаз	митотический индекс	метафазный индекс	% метафаз
Контроль	161,9	31,0	19,1	106,1	22,4	21,1	102,7	22,4	31,5	78,3	9,6	12,2
Нагрев	173,5	40,9	23,6	125,4	23,3	28,6	113,5	16,4	22,7	92,8	11,6	12,5
Облучение	Митозов	нет		39,42	13,8	35,0	81,2	15,6	30,4	92,7	16,7	18,0
Нагрев+облучение	Митозов	нет		38,8	6,0	26,5	90,9	18,1	30,9	90,2	12,3	13,6

блокирования этой фазы митоза под влиянием нагрева. Облучение проростков рентгеновыми лучами в дозе в 200 р резко снижает митотическую активность клеток корневой меристемы. Через 6 часов после облучения клеточное деление восстанавливается, а через 12 часов митотическая активность клеток почти достигает уровня контроля. По данным этого опыта тепловая заделка не оказывает защиты от угнетения митотической активности, вызванной рентгенооблучением.

Тепловая заделка в значительной мере повышает устойчивость хромосом к рентгенооблучению. Повышение радиоустойчивости клеток по этому показателю различно в разных временных точках фиксации после воздействий. Как показывают данные табл. 2 и 3, выход клеток

Таблица 2

Влияние тепловой заделки 40°C, 10 минут на частоту возникновения аберраций хромосом в клетках корневой меристемы лука, вызванных рентгенооблучением дозой в 200 р

Варианты опыта	Сроки фиксации в часах	Количество корешков	Количество анафаз	Количество анафаз с аберрациями	% аберрантных клеток	Коэффициент защиты
Облучение	4	29	1847	226	12,23±0,75	—
	12	30	1876	262	13,95±0,80	—
	18	28	1767	139	7,86±0,64	—
Всего		87	5490	627	11,42±0,42	—
Нагрев+облучение	4	29	1805	162	9,30±0,67	23,9
	12	31	1892	229	12,10±0,74	13,5
	18	23	1520	119	7,82±0,69	0,6
Всего:		83	5217	516	9,89±0,41	13,4

с аберрациями хромосом значительно ниже у корешков, которые до рентгенооблучения подвергались тепловому воздействию; защитное действие предрадиационного нагрева больше в первых сроках фиксации. Эти явления говорят в пользу высказанного нами предположения о том, что клеточные стадии различно реагируют на термическое воздействие [11].

Таблица 3

Влияние тепловой заделки 40°C, 15 минут на частоту возникновения aberrаций хромосом в клетках корневой меристемы лука, вызванных рентгенооблучением дозой в 200 p

Варианты опыта	Сроки фиксации в часах	Количество корешков	Количество анафаз	Количество анафаз с aberrациями	% aberrаций клеток	Коэффициент защиты
Облучение	3	19	839	96	$11,44 \pm 1,07$	—
	6	20	1044	119	$11,39 \pm 0,96$	—
	12	18	926	70	$7,55 \pm 0,78$	—
	18	19	1140	35	$3,07 \pm 0,50$	—
Всего:		76	3949	320	$8,10 \pm 0,43$	—
	3	14	715	32	$4,47 \pm 0,72$	61,0
	6	18	858	71	$8,27 \pm 0,92$	27,4
	12	20	991	44	$4,43 \pm 0,62$	41,4
	18	18	970	36	$3,71 \pm 0,62$	—
Всего:		70	3534	183	$5,18 \pm 0,37$	36,1

Исходя из этого предположения, был поставлен опыт, в котором подвергшиеся тепловому воздействию проросты фиксировали каждые 2—4 часа после термического воздействия. Учет хромосомных aberrаций в меристемах корешков, фиксированных в разное время после термического воздействия, показал, что максимум их количества наблюдается до 6 часов после воздействия. Второй максимум, значительно ниже первого, наблюдается через 18—20 часов, когда, по-видимому, начинается второй после воздействия клеточный цикл (рис. 1).

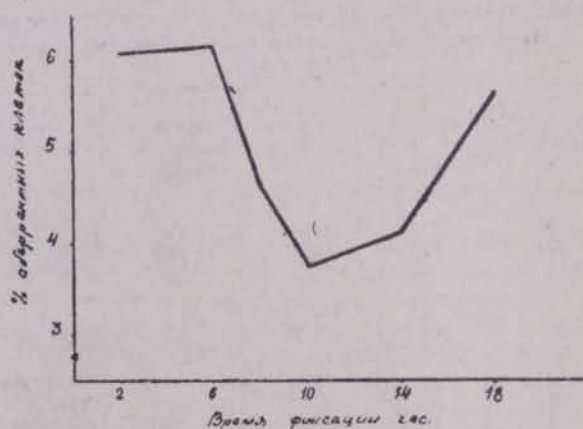


Рис. 1. Выход клеток с aberrациями хромосом в разное время после термического воздействия 40°C, 15 минут.

Данные табл. 4 показывают, что спектр aberrаций тоже значительно изменяется во времени после термического воздействия, что тоже можно полагать, является следствием различной чувствительности клеточных стадий к термическому воздействию.

Таблица 4

Изменение спектра вызванных термическим воздействием 40°C (20 минут) аберраций хромосом во времени

Сроки фиксации после воздействия в часах	Типы аберраций хромосом, %				
	II	I	II—	I—	—
2	19,78	36,26	5,43	9,89	28,57
4	14,28	35,71	2,86	10,00	37,14
6	9,09	49,35	5,19	3,90	32,47
8	8,16	53,06	—	12,24	26,53
10	13,51	27,02	2,70	5,41	62,36
12	5,55	63,89	2,78	—	27,78
14	10,71	39,28	—	14,29	35,71
16	11,54	30,77	—	15,38	42,30
18	3,33	46,67	6,67	—	43,33

В табл. 5 и 6 приведены данные об изменении спектра хромосомных аберраций в зависимости от варианта обработки корешков и времени фиксации. Из этих данных видно, что спектр аберраций изменяется в

Таблица 5

Влияние тепловой закалки (40°C , 15 минут) на спектр аберраций хромосом, вызванных рентгенооблучением

Варианты опыта	Сроки фиксации, в часах	Типы аберраций хромосом, %					
		—	=	I	II	I—	II—
Облучение	4	20,79	30,08	16,37	14,60	8,85	9,29
	12	23,66	29,77	12,59	18,32	9,54	6,10
	18	25,17	19,42	20,86	27,33	5,03	2,25
Всего		22,96	27,59	15,78	18,97	9,88	6,37
Нагрев+облучение	4	17,85	23,21	22,02	23,80	3,57	9,52
	12	32,75	19,65	20,52	15,28	6,55	5,24
	18	19,32	24,36	15,12	22,68	10,08	8,40
Всего		24,80	21,70	21,70	21,70	4,45	7,36

значительных пределах как в зависимости от предрадиационного нагрева, так и от времени после воздействий. Относительное количество мостов и мостов с фрагментами вследствие тепловой закалки значительно повышается в первом сроке фиксации (через 3—4 часа после облучения) и, наоборот, снижается в последнем сроке (через 18 часов после облучения). В отношении фрагментов наблюдается противоположное явление.

Данные многочисленных исследований свидетельствуют о различной радиочувствительности разных стадий клеточного цикла у растительных и животных клеток [22—29 и др.]. По результатам проведенных опытов такое явление в клетках корневой меристемы *A. сера* отмечается и при термическом воздействии. Опыты показывают, что тепловая закалка оказывает значительное защитное действие на выход аберраций хромосом, вызванных рентгенооблучением. Защитный эффект тепловой закалки различен в разных сроках фиксации. Как правило, этот эффект больше в ранних сроках фиксации. Тепловая закалка

Влияние тепловой закалки (40°C, 15 минут) на спектр aberrаций хромосом, вызванных рентгенооблучением

Варианты опыта	Сроки фиксации в часах	Типы aberrаций хромосом, %					
		—	—	I	II	I—	II—
Облучение	3	17,70	25,00	29,16	7,29	17,70	3,11
	6	18,48	10,92	37,81	11,76	13,44	7,56
	12	14,28	10,00	31,42	35,71	5,71	2,85
	18	20,00	11,42	34,28	25,71	5,71	2,87
Всего:		17,50	15,00	33,40	17,50	12,20	4,70
Нагрев+облучение	3	18,75	15,62	40,62	12,50	9,37	3,12
	6	26,76	11,26	19,71	18,30	14,08	9,86
	12	15,90	6,81	43,18	27,27	4,54	2,27
	18	16,66	16,66	25,00	25,00	5,55	11,11
Всего		20,76	12,02	30,05	20,76	9,28	7,10

вызывает возникновение значительного количества aberrаций хромосом у корешков лука (3—6%), а на действие рентгенооблучения по этому показателю оказывает противоположное влияние.

Частота aberrаций хромосом различна в разных временных точках после термического воздействия. Эти данные, а также данные об изменении коэффициента защиты предрадиационного теплового воздействия в пределах первого пострadiационного клеточного цикла позволяют заключить, что стадии клеточного цикла корневой меристемы А. сера имеют различную чувствительность к тепловому воздействию. Этот момент, по-видимому, необходимо учитывать в исследованиях по модифицированию радиационных эффектов термическими воздействиями.

Н. В. РАДУЗАН, Н. Р. ЗУБОВА-ВАСИЛ

ՋԵՐՄԱՆԻՆ ԿՈՓՄԱՆ ԱՉԴԵՑՈՒԹՅՈՒՆԸ ՍՈՆԻ ԲՋԷՋՆԵՐԻ ՔՐՈՄՈՍՈՄՆԵՐԻ ՎՐԱ՝ ՌԵՆՏԳԵՆՆՈՒՆ ՃԱՌԱԳԱՅԹԱՂԱՐՄԱՆ ԺԱՄԱՆԱԿ

Ա մ փ ո փ ու մ

Սոխի արմատների մինչ ճառագայթումը (40°C) 10—15 րոպե տևողությամբ տաքացնելը պաշտպանիչ ազդեցություն է գործում: Այդ ազդեցությունը րատ բրոմոսումային խոտորումների բանակի փոփոխվում է առաջին հետճառագայթային բջջային ցիկլի սահմաններում: Այն բարձր է լինում ազդեցությունից հետո մինչև 6 ժամվա ընթացքում, նվազագույն բանակի է հասնում 10 ժամ հետո, իսկ 18 ժամ անց նկատվում է խոտորումների բանակի երկրորդ բարձրացում: Ենթադրվում է, որ բջջային ստադիաները ջերմության նկատմամբ տարբեր զգայնություն ունեն:

EFFECT OF THERMAL TEMPERING ON THE CHROMOSOMES
OF ONION CELLS DURING X-IRRADIATION

Summary

The heating of the onion roots before a 40°C of X-irradiation with a duration of 10–15 minutes has a protective effect. In relation to the amount of chromosome aberrations, the protective effect of the heating changes in the limits of the first post-X-irradiation of the cell cycle. The protective effect of the heating shows to be high following the effect for a duration of six hours; it reaches its lowest point after ten hours; and in 18 hours time one can note the second increase in the amount of aberrations. It may be supposed that the cell stages have a different sensibility towards the heating.

ЛИТЕРАТУРА

1. Александров В. Я. Цитофизиологический анализ теплоустойчивости растительных клеток и некоторые задачи цитозкологии. 1956, Бот. ж. 41, 7, 939–961.
2. Александров В. Я. Изучение изменения устойчивости растительных клеток к действию различных агентов в связи с задачами цитозкологии. В сб.: «Клетка и температура среды», 1964, 98–103.
3. Лютова М. И. Изучение фотосинтеза на клетках с экспериментально повышенной устойчивостью. 1958, Бот. ж., 43, 2, 283–287.
4. Кислюк И. М. Повышение жаростойкости молодых растений хлебных злаков при тепловой и холодной закалках. 1962, Бот. ж., 47, 5, 713–715.
5. Александров В. Я. и Фельдман Н. Л. Исследования реактивного повышения устойчивости клеток при действии нагрева. 1958, Бот. ж., 43, 2, 195–213.
6. Ломагин А. Г., Антропова Т. А., Илмете А. Влияние тепловой закалики на устойчивость растительных клеток к различным повреждающим агентам. 1963, «Цитология», 5, 2, 142–150.
7. Александров В. Я. Регуляторные процессы в клетках. В кн.: «Руководство по цитологии», 1966, 2, М.—Л., 590–623.
8. Александров В. Я., Денко Е. И., Кислюк И. М., Фельдман Н. Л., Шухтина Г. Г. Сезонные изменения устойчивости клеток к действию различных агентов у зимне-зеленых растений и весенних эфемероидов. В сб.: «Цитологические основы приспособления растений к факторам среды», 1964, М.—Л., 103–124.
9. Alexandrov V. Ia., Lomagin A. G. and Feldman N. J. The Responsive Increase in Thermostability of plant cells 1970 „Protoplasma“, 69, 417–458.
10. Бабаян Р. С. Реактивное повышение устойчивости пшеницы путем теплообработки семян. 1966, Известия с.-х. наук МСХ Арм. ССР, № 7, 31–36.
11. Бабаян Р. С. и Заварян Э. Л. Влияние тепловой закалики проростков пшеницы и лука на частоту возникновения хромосомных aberrаций, вызванных рентген-облучением. 1970, «Цитология», 13, 3, 348–353.
12. Kempton I. H., Maxwell L. R. Effect of temperature during irradiation on the x-ray sensitivity of maize seeds. Jour. Agric. Res. 1941, 62, 603–618.
13. Smith L., Caldecott R. S. Modification of x-ray effects of barley seeds by pretreatment and posttreatment with heat. 1948, Hereditas, 39, 173–176.
14. Шапиро Н. И., Протопопова Е. М. Температурное воздействие и частота возникновения хромосомных мутаций в семенах, подвергшихся облучению. 1964, «Радиобиология», 4, 2, 270–276.

15. Бабалян Р. С. Влияние термических воздействий при рентгенооблучении семян пшеницы. 1965, ДАН Арм. ССР, 41, 1, 51—58.
16. Усманов П. Д. О влиянии температуры на судьбу лучевых повреждений хромосом гороха. 1966, «Генетика», 4, 105—113.
17. Атаян Р. Р. Влияние температурных шоков на частоту хромосомных aberrаций, вызванных облучением покоящихся семян. 1968, «Радиобиология», 8, 4, 603—608.
18. Николай Ч. В., Иванова В. И. Совместное действие облучения и тепловых шоков на семена *Arabidopsis Thaliana* (L.) Heintz. 1968, «Радиобиология», 8, 3, 442—447.
19. Balint A., Mehandiev A., Sutka I. Effect of heat treatment and anaerobic hydration on the radiosensitivity of peas. «Acta agron. Acad. Sci. Hung.», 1968, 17, 1—2, 223—229.
20. Кузин А. М., Рунова Ю. Н., Ладыгина В. Г. Влияние температуры во время облучения семян на величину цитогенетических повреждений. 1969, «Радиобиология», 9, 5, 720—723.
21. Бабалян Р. С., Айрапетян Р. Б. Совместное влияние термического воздействия и рентгенооблучения на укоренение черенков традесканции. 1969, Биол. ж. Армении, 22, 3, 59—63.
22. Ли Д. Е. Действие радиации на живые клетки. М., 1963.
23. Дубинин Н. П. Эволюция популяций и радиация. М., 1966а.
24. Дубинин Н. П. Роль клеточных структур в явлениях наследственности. В кн.: «Руководство по цитологии», 1966б, М.—Л., 461—550.
25. Иванов И. И. О возможной причине высокой радиочувствительности клеток (радиочувствительности синтеза ДНК) в периоде S-интерфазы. ДАН СССР, 1968, 182, 4, 963—964.
26. Лучник Н. В. Биофизика цитогенетических поражений и генетический код. Л., 1968.
27. Mikaelson K. Comparisons between chromosome aberrations induced by ionizing radiations and alkylating agents at different stages of mitosis in barley seeds. «Mutations plant breeding». 1968, 2, Vienna, 287—290.
28. Соколов Н. Н., Сидоров Б. Н. Современное состояние вопроса о механизме возникновения хромосомных перестроек. В кн.: «Современные проблемы радиационной генетики», М., 1969, 79—90.
29. Митрофанов Ю. А. Радиочувствительность клеток в разных фазах клеточного цикла. В сб.: «Успехи современной генетики», 1969, вып. 2, 125—160.