

УДК 581.144:577.391

РАДИОБИОЛОГИЯ

Р. С. Бабаян, Р. Б. Айрапетян, А. А. Мурадян

О роли кислорода при термическом повреждении семян

(Представлено академиком АН Армянской ССР В. О. Гулканяном 24/VI 1969)

Повреждающее действие ряда агентов усиливается в присутствии кислорода. Широко известен кислородный эффект при воздействии на биологические объекты ионизирующими излучениями (¹⁻⁴ и др.).

Имеются данные об усилении повреждающего действия ультрафиолетовых лучей на организмы и биосубстраты в присутствии кислорода (^{5, 6} и др.). Усиление под влиянием света повреждающего действия ряда физических и химических агентов на хлорофилоносные ткани растений объясняется фотодинамическим эффектом, приводящим к фотоокислению жизненно важных субстратов клеток (⁷⁻¹⁰ и др.).

Наши опыты с сухими семенами показали, что повреждающее действие высокой температуры значительно снижается, если в окружающей среде во время нагрева отсутствует кислород.

Дальнейшие исследования в этом направлении показали, что кислород оказывает двойное влияние при термическом повреждении семян. Оказалось, что в зависимости от парциального давления или времени действия кислород усиливает или наоборот, уменьшает повреждающий эффект нагрева.

Опыты проводились с воздушно-сухими семенами (влажность 12 — 14%) ячменя (сорт Ленинанканский — 213 *Hordeum distichum* var. *putans* Schubl.) и пшеницы (сорт Арташати-42, *Triticum aestivum* var. *turcicum* Korn.).

Семена подвергались термическому воздействию в водяном или масляном ультратермостатах (точность заданной температуры $\pm 0,5^\circ\text{C}$) в воздушной камере. Семена, помещенные в специально приспособленные колбы емкостью 250 мл в течение 2—3 минут продувались газами.

Азот или аргон пропускались через щелочный раствор пиригалолла для поглощения следов кислорода. Перед продуванием газами воздух в колбах разрежался форвакуумным насосом до 0,2 атм. Тепловому воздействию семена подвергались в тех же колбах.

Показателями термического повреждения служили выживаемость

семян и угнетение роста проростков. Для учета этих показателей семена после соответствующих воздействий проращивались в чашках Петри в комнатных условиях. Все опыты повторялись по 2—3 раза. Во всех повторных опытах получены сходные результаты.

Результаты опытов показывают, что нагрев семян как в среде азота или аргона, так и в среде кислорода вызывает меньше повреждений чем в среде воздуха.

Таблица 1

Изменение повреждающего действия нагрева семян ячменя и пшеницы в зависимости от содержания кислорода в окружающей среде

Варианты	Пшеница нагрев 85°C, 30 минут			Ячмень нагрев 85°C, 35 минут	
	длина проростков на 7-й день		сырой вес 100 проростков %	длина проростков на 7-й день	
	см	%		см	%
Контроль	5,00	100,0	4,00	11,59	100,0
Нагрев в воздухе	2,34	46,8 ± 1,6	2,10	5,15	44,4 ± 4,7
Нагрев в кислороде	2,93	58,6 ± 2,2	2,58	10,04	86,6 ± 4,6
Нагрев в аргоне	4,75	95,0 ± 3,2	3,70	9,29	80,1 ± 6,7

Данные табл. 1 свидетельствуют о том, что нагрев оказывает повреждающее действие в среде воздуха. Это действие значительно уменьшается как при отсутствии кислорода, то есть в среде азота или аргона, так и в среде кислорода.

Аналогичные результаты получаются при нагреве семян при более высоких температурах с меньшей продолжительностью нагрева (90°C, 15—20 минут, 125°C, 10 минут).

Следует отметить одно интересное явление, заключающееся в том, что влияние кислорода при термических повреждениях совпадает с кислородным эффектом, наблюдаемым при воздействии ионизирующими излучениями. Известно, что эффект усиления радиационного повреждения достигает максимума при содержании кислорода соответствующего его содержанию в воздухе (¹, ¹¹ и др.).

Предполагалось, что при нагреве в семенах протекают противоположные процессы, обуславливающие повреждающее или защитное действие кислорода. Факт возможности обнаружения этих эффектов свидетельствует о некоторой разобщенности во времени, или различной скорости этих процессов.

С целью проверки этого предположения семена подвергались нагреву в среде азота и в разное время после нагрева азот заменялся кислородом, или наоборот, семена нагревались в среде кислорода, после чего в разное время кислород заменялся азотом. После замены газов семена оставались в соответствующих средах в течение 24 часов.

В этих опытах с целью более четкого разграничения противоположных по эффекту действий кислорода во времени после нагрева, семена нагревались при более высокой температуре (125°C) с меньшей продолжительностью нагрева (10 минут).

Приведенные в табл. 2 и 3 данные показывают, что после нагрева, чем позже вводился (табл. 2) или удалялся (табл. 3) кислород, тем больше защитный (восстанавливающий) эффект последнего от термического повреждения. Эти данные дают основание утверждать, что действие кислорода, обуславливающего защитный эффект от термического повреждения, проявляется через час после нагрева. Процесс же обус-

Таблица 2

Изменение повреждающего действия нагрева при 125°C, 10 минут в зависимости от времени (после нагрева) введения в среду семян кислорода

Варианты	Пшеница		Ячмень		
	% проросших	длина проростков на 7 день, см	% проросших	длина проростков на 7 день, см	сырой вес 1 растения, г
Контроль	88,7 ± 2,6	10,1 ± 0,15	99,3 ± 2,6	8,4 ± 0,59	0,18
Нагрев в азоте	88,7 ± 2,6	4,7 ± 0,39	52,7 ± 4,1	2,4 ± 0,15	0,12
Нагрев в азоте + кислород сразу	85,3 ± 2,9	4,3 ± 0,01	44,7 ± 4,0	2,1 ± 0,27	0,16
Нагрев в азоте + кислород через 30 минут	82,0 ± 3,1	6,5 ± 0,26	57,3 ± 4,0	3,2 ± 0,16	0,17
Нагрев в азоте + кислород через 60 минут	92,0 ± 2,2	9,8 ± 0,34	98,7 ± 3,6	9,3 ± 0,16	0,20

Таблица 3

Изменение повреждающего действия нагрева при 125°C, 10 минут в зависимости от времени (после нагрева) удаления из среды семян кислорода (ячмень)

Варианты	% проросших	Длина проростков		Сырой вес 100 проростков	
		см	%	г	%
Контроль	99,3 ± 0,8	11,6	100,0	7,1 ± 0,30	100,0
Нагрев в кислороде	86,0 ± 2,8	5,6	48,3 ± 3,5	6,2 ± 0,29	87,3 ± 4,1
Нагрев в кислороде + азот сразу	48,0 ± 4,1	2,2	19,0 ± 1,7	4,2 ± 0,66	59,1 ± 9,3
Нагрев в кислороде + азот через 30 минут	34,0 ± 3,9	2,6	22,4 ± 1,2	4,1 ± 0,20	57,7 ± 2,8
Нагрев в кислороде + азот через 60 минут	70,0 ± 3,7	3,8	32,7 ± 1,8	5,5 ± 0,12	77,5 ± 1,7

довливающий усиление повреждающего действия происходит интенсивно во время нагрева и постепенно с течением времени затухает.

Исследованиями (9, 10) по выяснению влияния света на термическое повреждение хлорофилоносных тканей растений показано, что повреждающее действие света снимается в отсутствие кислорода.

По данным этих авторов в темноте наоборот, повреждение меньше в присутствии кислорода. В данном случае, вероятно, имеет место аналогичное явление. На свету сенсibilизированный хлорофиллом кислород окисляет биологически важные соединения в клетке. В темноте же преобладает восстанавливающее (защитное) действие кислорода.

Рядом исследований (3, 13, 14 и др.) установлен обратный эффект при облучении ионизирующими лучами, заключающийся в том, что в некоторых случаях кислород оказывает защитное действие на организмы и биосубстраты от повреждающего действия облучения (обратный кислородный эффект).

Повреждающее и защитное действие кислорода при термическом шоке проявляется на одном и том же объекте более четко, они в определенной мере разграничены во времени. Эти особенности, по-видимому, связаны со спецификой механизма термического повреждения, при котором процессы с участием кислорода идут медленно.

О механизме участия кислорода при термических повреждениях семян можно высказать следующие соображения.

Под влиянием высокой температуры происходит термическая диссоциация, возбуждение молекул (12), конформационные (денатурационные) изменения белков и других субстратов клеток. Вследствие этих изменений повышается реакционная способность указанных соединений. Поэтому можно предполагать, что под действием нагрева с участием кислорода происходит их окисление, что обуславливает усиление повреждения в присутствии кислорода. Кислород необходим и для восстановления, «залечивания» термических повреждений. Это может быть обезвреживание окислением образующихся вредных соединений, участие в физико-химических или биоэнергетических процессах восстановления.

По данным (15, 16) билюминесценция у яичного альбумина, казеина, сухих препаратов ДНК тушится введением в среду кислорода и окиси азота. Механизм тушения билюминесценции авторы объясняют исходя из представлений Теренина (17). Возбужденные молекулы субстрата соединяют бирадикальную молекулу кислорода образуя лабильный перекисный комплекс мольоксид (AO_2). При распаде AO_2 в среде увеличивается количество реакционноспособных радикалов, которые ведут к окончательному окислению радикалов как других веществ, так и мольоксидов. Возможно, что влияние кислорода при термических повреждениях осуществляется по этому механизму.

Не лишено оснований предположение, что кислородные («прямой» и «обратный») и термический эффекты при облучении ионизирующими излучениями имеют некоторую общность, с точки зрения

механизма проявления, с кислородным эффектом при термическом повреждении.

Лаборатория индуцированного мутагенеза растений института экспериментальной биологии Академии наук Армянской ССР

Թ. Ս. ԲԱՐՍՅԱՆ, Թ. Բ. ՀԱՅՐԱՊԵՏՅԱՆ, Ա. Ա. ՄՈՒՐԱԴՅԱՆ

Թթվածնի դերի մասին սերմերի ջերմային վնասվածքի ժամանակ

Ցույց է տրված, որ սերմերը 85—125°C պայմաններում 10—30 րոպե տևողությամբ ջերմային ազդեցության ենթարկելիս առաջացած վնասվածքը ըստ ժլունակության և ծիլերի անման ցուցանիշների փոփոխվում է՝ կախված սերմերի շրջապատում թթվածնի առկայությունից:

Թթվածինը ջերմային վնասվածքի վրա թողնում է երկակի ազդեցություն: Ջերմամշակման ընթացքում թթվածնի առկայությունը մեծացնում է ջերմային վնասվածքը: Ջերմամշակումից մեկ ժամ հետո տրված թթվածինը ընդհակառակը՝ նվազեցնում է այն:

Հայտնվում է ենթադրություն թթվածնի երկակի ազդեցության բնույթի մասին, իոնացնող էառազայթահարման թթվածնային, ջերմային էֆեկտների և ջերմային վնասվածքի թթվածնային էֆեկտի մեխանիզմների որոշ ընդհանրության մասին:

ЛИТЕРАТУРА — ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

1. Е. С. Щепотева, С. Н. Ардашников, Г. Е. Лурье, Т. Б. Рахманова, Кислородный эффект при действии ионизирующих излучений, Медгиз, М., 1959.
2. Н. П. Дубинин, Проблемы радиационной генетики, Госатомиздат, М., 1961.
3. В. А. Тарасов, сб. Успехи современной генетики, 1, М., 106—131, 1967.
4. Н. В. Лучник, К. Н. Яковенко, Радиобиология, т. 9, вып. 1, 62—68 (1969).
5. А. П. Дубров, Генетические и физиологические эффекты действия ультрафиолетовой радиации на высшие растения, М., 1968.
6. Т. Н. Калабухова, Н. В. Кондакова, Х. Л. Эйбус, Биофизика, т. 8, вып. 2, 326—328 (1968).
7. К. Noak, Photochemische Wirkungen des Chlorophylls Naturwissenschaft, Bd. 14, 18, 383—388 (1926).
8. И. М. Кислюк, Сб. Цитологические основы приспособления растений к факторам среды, Изд. Наука, М.—Л., 168—183, 1964.
9. А. Г. Ломагин, Т. А. Антропова, ДАН СССР, т. 165, 2, 146—163 (1965).
10. А. Г. Ломагин, Успехи совр. биологии, т. 67, 1, 146—163, 1969.
11. С. Н. Ардашников, Сб. Роль перекисей и кислорода в начальных стадиях радиобиологического эффекта. М., 146—152 (1960).
12. С. Рид, Возбужденные электронные состояния в химии и биологии, Изд. ин. лит., М., 1960.
13. Е. Э. Ганасси, Н. В. Кондакова, Г. К. Отарова, Л. Х. Эйбус, Радиобиология, т. 1, 1, 14, 1960.
14. Л. Х. Эйбус, В кн. Основы радиационной биологии, М., 11—41, 1964.
15. Г. М. Баренбойм, Биофизика, т. 8, 2, 154—164, 1963.
16. Г. М. Баренбойм, А. Н. Доманский, Биофизика, т. 8, 3, 321—330 (1963).
17. А. Н. Теренин, В кн. Вопросы химической кинетики, катализа и реакционной способности, М., 85—91 (1955).