

УДК 577.391:581.144

РАДИОБИОЛОГИЯ

Р. С. Бабаян

О кислородном эффекте термического повреждения

(Представлено академиком АН Армянской ССР В. О. Гулканяном 5/II 1969)

Супероптимальные температурные воздействия в зависимости от степени и продолжительности нагрева вызывают различные патологические изменения вплоть до гибели клеток и организмов.

Имеется обширная литература о механизме повреждающего действия супероптимальных температур (¹⁻⁴ и др.).

Большинство исследователей в настоящее время считают, что первичное повреждающее действие кратковременных супероптимальных температур является денатурационные, конформационные изменения в белках клеток (^{2, 5-7} и др.).

В ходе исследований модифицирующего влияния высоких температур на эффект гамма и рентгенооблучения обнаружено явление значительного уменьшения термического повреждения в отсутствие кислорода.

Результаты специально поставленных опытов подтвердили существование «кислородного эффекта» при термических повреждениях.

Опыты проводились с воздушносухими (влажность 12—14%) семенами ячменя, пшеницы и гороха. Семена подвергались термическому воздействию в течение 30—40 минут в ультратермостате (точность заданной температуры $\pm 0,5^\circ\text{C}$). Семена помещенные в специально приспособленные колбы в течение 2—3 минут продувались азотом или аргоном. Газы пропускались через щелочной раствор пирогаллола для поглощения следов кислорода. Перед продувкой газами воздух в колбах разрежался форвакуумным насосом до 0,2 атм. Контрольные семена продувались воздухом. Тепловому воздействию семена подвергались в тех же колбах. Показателями термического повреждения служили угнетение роста проростков и корешков, снижение митотической активности в меристемах корешков и гибель семян.

Как показывают результаты проведенных опытов, замена окружающего семян воздуха азотом или аргоном способствует значительному снижению повреждающего действия нагрева.

Прорастаемость семян подвергнутых действию 30 минутного нагрева
в атмосфере воздуха, азота или аргона

| Варианты опыта | Количество посеянных семян | Количество проросших семян | Процент проросших | Критерий различия, <i>t</i> | Уровень значимости, <i>P</i> |
|-------------------------------|----------------------------|----------------------------|-------------------|-----------------------------|------------------------------|
| Ячмень (5 день после посева) | | | | | |
| Контроль | 350 | 287 | $82,0 \pm 5,3$ | — | — |
| T—0 85° в воздухе . . | 350 | 3 | $0,9 \pm 0,5$ | (1,2) 15,3 | 0,1 |
| T—0 85° в азоте . . . | 350 | 225 | $64,3 \pm 2,6$ | (2,3) 24,2 | 0,1 |
| Пшеница (4 день после посева) | | | | | |
| Контроль | 203 | 200 | $98,5 \pm 0,8$ | — | — |
| T—0 85° в воздухе . . | 199 | 15 | $7,5 \pm 1,9$ | (1,2) 44,6 | 0,1 |
| T—0 85° в аргоне . . | 207 | 173 | $83,6 \pm 2,5$ | (2,3) 24,5 | 0,1 |
| Горох (7 день после посева) | | | | | |
| Контроль | 200 | 162 | $81,0 \pm 2,8$ | — | — |
| T—0 90° в воздухе . . | 200 | 132 | $66,0 \pm 3,3$ | (1,2) 3,5 | 0,1 |
| T—0 90° в азоте . . . | 200 | 154 | $77,0 \pm 3,0$ | (2,2) 2,4 | 1,0 |

Из данных табл. 1 видно, что нагрев семян при указанных температурах, в среде воздуха, вызывает задержку прорастания и гибель семян. В вариантах же, где воздух заменен азотом или аргоном, повреждающее действие нагрева значительно снижается. Снижение повреждающего эффекта вследствие отсутствия кислорода во время нагрева по этому показателю составляет от 10 (у гороха) до 63—76% (у пшеницы и ячменя).

Ранее проведенные исследования (8) показали, что супероптимальные термические воздействия снижают энергию прорастания семян. Всходы у подвергнутых тепловому шоку семян появляются на 1—2 дня позже контрольных. Отсутствие кислорода во время термического воздействия способствует повышению также энергии прорастания семян.

Термическое воздействие угнетает митотическую активность клеток проростков семян (8). Приведенные в табл. 2 данные показывают, что при отсутствии кислорода угнетающее действие термического шока уменьшается и по этому показателю. У всех вариантов фиксировались корешки достигших одинаковой длины: 0,5—0,7 см у пшеницы, 1,5—2,0 см у гороха. Корешки у подвергнутых термическому шоку в присутствии кислорода семян достигают указанной длины значительно позже контрольных. При отсутствии же кислорода эта разница сокращается.

Угнетение начального роста проростков и корешков тоже в значительной степени зависит от присутствия кислорода во время термических воздействий (табл. 3). Как видно из приведенных данных, длина 5—8 дневных проростков и корешков на 16—60% больше у семян нагретых в отсутствие кислорода в сравнении с семенами нагретых в воздухе.

Таким образом, результаты ряда опытов на семенах трех видов растений однозначно показывают, что кислород участвует в процессе

Действие нагрева семян в атмосфере воздуха или аргона на митотическую активность клеток корневой меристемы

| Варианты опытов | Время посева-фиксация часы | Митотич. индекс | Критерий различия, t | Уровень значимости, P |
|------------------------------------|----------------------------|-----------------|------------------------|-------------------------|
| П ш е н и ц а | | | | |
| Контроль | 48 | $45,0 \pm 3,7$ | — | — |
| T—0 80° 30 мин в воздухе | 96 | $25,5 \pm 3,5$ | (1,2) 3,81 | 0,1 |
| T—0 80° 30 мин в аргоне | 56 | $41,3 \pm 3,6$ | (2,3) 3,12 | 0,1 |
| Г о р о х | | | | |
| Контроль | 72 | $62,3 \pm 3,8$ | — | — |
| T—0 90° 40 мин в воздухе | 96 | $47,2 \pm 3,7$ | (1,2) 2,85 | 0,1 |
| T—0 90° 40 мин в аргоне | 72 | $60,9 \pm 3,9$ | (2,3) 2,54 | 0,2 |

Действие нагрева семян в атмосфере воздуха, азота или аргона на начальный рост проростков и корешков

| Варианты опыта | Длина, см | Процент | Критерий различия, t | Уровень значимости, P |
|------------------------------------|------------------|---------|------------------------|-------------------------|
| Ячмень (7-дневные проростки) | | | | |
| Контроль | $10,62 \pm 0,20$ | 100 | — | — |
| T—0 85° 30 мин в воздухе | $3,02 \pm 0,26$ | 28,5 | (1,2) 23,0 | 0,1 |
| T—0 85° 30 мин в азоте | $5,97 \pm 0,26$ | 56,3 | (2,3) 7,9 | 0,1 |
| Пшеница (4-дневные проростки) | | | | |
| Контроль | $5,00 \pm 0,26$ | 100 | — | — |
| T—0 85° 35 мин в воздухе | $2,34 \pm 0,08$ | 46,8 | (1,2) 10,2 | 0,1 |
| T—0 85° 35 мин в аргоне | $4,75 \pm 0,16$ | 95,0 | (2,3) 13,4 | 0,1 |
| Пшеница (8-дневные проростки) | | | | |
| T—0 80° 30 мин в воздухе | $6,02 \pm 0,06$ | 100 | — | — |
| T—0 80° 30 мин в азоте | $9,62 \pm 0,55$ | 159,8 | (1,2) 6,4 | 0,1 |
| Горох (7-дневные корешки) | | | | |
| Контроль | $9,13 \pm 0,32$ | 100 | — | — |
| T—0 90° 30 мин в воздухе | $6,07 \pm 0,63$ | 66,5 | (1,2) 5,1 | 0,1 |
| T—0 90° 30 мин в азоте | $8,40 \pm 0,48$ | 92,0 | (2,3) 2,9 | 0,1 |
| Горох (5-дневные корешки) | | | | |
| Контроль | $4,02 \pm 0,18$ | 100 | — | — |
| T—0 90° 35 мин в воздухе | $2,07 \pm 0,21$ | 51,0 | (1,2) 8,9 | 0,1 |
| T—0 90° 35 мин в аргоне | $2,71 \pm 0,20$ | 67,4 | (2,3) 2,1 | 0,5 |

термического повреждения воздушносухих семян, является действительным модификатором этого повреждения.

О механизме участия кислорода в термическом повреждении пока можно сделать предположения, нуждающиеся в экспериментальной проверке. Вероятно, что участие кислорода в термическом повреждении осуществляется на физико-химическом уровне. На это указывает кратковременность воздействий обуславливающих существенные изменения в эффекте и то, что активность метаболизма у сухих семян нахо-

дится на предельно низком уровне, что почти исключает участие метаболических процессов на возникновение указанного эффекта.

Обнаруженное явление, представляет интерес для выяснения механизма термического повреждения.

Известно, что супероптимальные термические воздействия значительно модифицируют эффект гамма и рентгенооблучения на семена.⁽⁹⁾ и др). В настоящее время нет единого представления о механизме модифицирующего влияния высоких температур на эффект ионизирующих излучений. Изучение механизма участия кислорода при термическом повреждении может способствовать выяснению сущности этого эффекта.

Обнаруженный эффект снижения термического повреждения при отсутствии кислорода во время воздействия на семена высокой температуры сходен с «кислородным эффектом» при воздействии ионизирующими излучениями. Это наталкивает на мысль о некоторой общности механизмов участия кислорода при термическом и радиационном повреждении.

Институт экспериментальной биологии
Академии наук Армянской ССР

Ռ. Ս. ԲԱԲԱՅԱՆ

Ջերմային վնասվածքի քրվածնային էֆեկտի մասին

Փորձեր են կատարվել պարզելու թթվածնի առկայությամբ և բացակայությամբ ջերմային վնասվածքի աստիճանի փոփոխումը շոր սերմերի մոտ:

Ցորենի, գարու և ոլոռի նկատմամբ այդ փորձերը ցույց են տվել, որ 30—40 րոպե տևողությամբ 80—90°C ջերմությամբ մշակելը օդի միջավայրում մեծ չափով պակասեցնում է սերմերի ծլունակությունը, ճնշվում է ծիլերի սկզբնական աճը և արմատների սաղմնային հյուսվածքներում րչիչների բաժանման ակտիվությունը:

Սերմերը նույն կերպ ջերմային ազդեցության ենթարկելիս ազոտի կամ արգոնի միջավայրում այդ վնասվածքը նվազում է 16—70% -ով:

Հետազոտությամբ հաստատված է սերմերի ջերմային վնասվածքի կախվածությունը ջերմամշակման ժամանակամիջոցում թթվածնի առկայությունից:

Ինքազրկում է, որ այդ երևույթի հետագա ուսումնասիրումը կարող է նպաստել նախքան իոնացնող ճառագայթահարումը տրված ջերմամշակման պաշտպանիչ էֆեկտի էության բացահայտմանը:

Թթվածնային էֆեկտի բնույթը իոնացնող ճառագայթահարման և ջերմային ազդեցության ղեկարում որոշ սահմաններում հավանաբար նույնական է, հետևաբար նրանց համեմատական ուսումնասիրումը կարող է նպաստել այդ էֆեկտի նկատմամբ մեր ունեցած պատկերացումների ճշգրտմանը:

Л И Т Е Р А Т У Р А — Գ Ր Ա Կ Ա Ն Ո Ւ Թ Յ Ո Ւ Ն

- 1 W. W. Lepeschkin, *Protoplasma*, 23, 347—366 (1935). 2 Д. Н. Насонов, В. Я. Александров, Реакция живого вещества на внешние воздействия, Денатурационная теория Ин-та бот., АН СССР, сер. 4, 16, 234—280 (1936). 3 Р. Библь, Цитологические основы повреждения и раздражения, Изд. АН СССР, М.—Л., 1940. 4 В. Я. Александров, Тр. экологии растений, Изд. «Мир», М., 1965. 5 И. И. Ленарский, ДАН СССР, т. 78, № 4, 741—743 (1951). 6 В. П. Кушнер, Цитология, т. 5, № 4, 379—390 (1963). 7 Дж. Левитт, Сб. Клетка и температура среды. М.—Л., 1964. 8 Р. С. Бабаян, М. С. Мусаелян, Цитология, т. 10, № 3, 377—381, 1968. 9 L. Smith, R. S. Caldecott, *Hereditas*, 39, 173—176, 1948.