

ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

Р. Г. ТРУДОВА

**ИЗМЕНЕНИЕ ИЗОЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ТОЧКИ КЛЕТОЧНЫХ
КОЛЛОИДОВ У РАСТЕНИЙ ПОД ВЛИЯНИЕМ ЛУЧЕЙ РЕНТГЕНА**

(Представлено академиком Н. А. Максимовым 25 II 1950)

В обширной литературе по биологическому действию рентгеновских лучей имеется немало работ, говорящих об изменении коллоидных свойств клетки под влиянием облучения. Экспериментальными данными (^{1-3, 10, 14}) установлено, что рентгеновские лучи изменяют такие основные физико-химические свойства клетки, как проницаемость ее, степень дисперсности коллоидов плазмы и ядра и вязкость плазмы.

При обсуждении вопроса о механизме биологического действия радиации ряд исследователей считает первичным и основным эффектом радиации изменение электрического заряда клеточных коллоидов, но экспериментальных данных, подтверждающих этот вполне допустимый вывод, пока еще почти нет (¹⁰).

Настоящая работа посвящена изучению изоэлектрической точки коллоидов плазмы и ядра и изменению ее положения под влиянием облучения рентгеновскими лучами. Изоэлектрическая точка является одним из определяющих моментов в характеристике коллоидно-химических свойств клеточных компонентов. Устойчивость клеточных коллоидов, а следовательно, и всего организма в целом, в значительной степени определяется положением изоэлектрической точки клеточных коллоидов относительно активной реакции (рН) клеток.

Изменение в положении изоэлектрической точки клеточных коллоидов под влиянием механических, тепловых, химических и других неблагоприятных для жизни клетки воздействий отмечается многими авторами (^{4-6, 11}).

Материалом нашего исследования являлись кончики корешков проростков овса.

Облучение производилось при помощи трубки с естественным охлаждением анода, при напряжении в сети 190 в, силе тока 5 ма. Расстояние от анода до объекта 17,5 см. Интенсивность облучения при данных условиях 520 г в течение 1 мин. Молодые проростки овса на третьи сутки после замачивания семян (длина корешков достигала у них к этому времени в среднем 1 см) облучались тремя различными по своему физиологическому и физико-химическому действию дозами рентгеновских лучей. Нашиими предварительными исследованиями по изучению действия рентгеновских лучей на проницаемость плазмы было установлено, что доза 250 г не изменяла количества веществ, экзосмировавших из клеток кончиков корня за определенный промежуток времени *. Доза эта вызывала очень кратковременную задержку клеточных деле-

* Количество экзосмирующих веществ определялось путем оценки изменений их концентраций в наружном растворе с помощью интерферометра.

ний в меристеме кончиков корня, настолько незначительную, что на общем росте проростков она мало сказывается. При действии дозой 500 г количество экзосмировавших из клеток веществ увеличивалось на 52% по сравнению с контролем, задержка клеточных делений в этом случае была настолько продолжительной, что в результате ее наблюдалось значительное отставание в росте и развитии облученных проростков от контроля. Самая большая из примененных доз, 13000 г, увеличивала количество экзосмировавших из клеток веществ на 100% по сравнению с контролем и очень быстро вызывала полное прекращение клеточных делений в меристеме.

Было интересно выяснить, в какой мере эти три различные по своему физиологическому эффекту дозы будут действовать на электроколлоидальные свойства клеточных компонентов. С целью изучения динамики этих изменений, возникших в результате облучения, фиксация материала для определения изоэлектрических точек производилась в следующие сроки: непосредственно после облучения, через 15 мин., 1 час, 5 час. и 24 часа после облучения. Корешки контрольных проростков фиксировались в три срока: 1) в срок, совпадающий со сроком фиксации облученных проростков непосредственно после облучения, 2) через 5 час. и 3) через 24 часа после этого.

Материал фиксировался 70° спиртом, заливался в парафин и резался на микротоме. Препараты окрашивались в буферных растворах при различных значениях pH кислым фуксином и метиленовой синькой. В качестве буферных растворов использовались смеси Мак-Ильвена, соответствующие значениям pH от 2,2 до 5,0. Положение изоэлектрической точки определялось теми значениями pH, при которых данный клеточный компонент (ядро, плазма) одинаково окрашивался и кислой и основной краской. Методика определения изоэлектрической точки описана многими авторами (^{6, 8}).

Результаты изучения изоэлектрической точки клеточных коллоидов в меристеме корешков облученных и необлученных проростков овса сведены в табл. 1. В клетках зоны растяжения и клетках корневого чехлика смещение изоэлектрической точки клеточных коллоидов было очень незначительным или его вовсе не было; поэтому данные по этим клеткам в таблице не приведены.

Анализ данных табл. 1 показывает, что под влиянием облучения рентгеновскими лучами изоэлектрическая точка как ядерных, так и плазменных коллоидов меристематических клеток сдвигается в щелочную сторону. Изменение положения изоэлектрической точки — процесс, начинающийся через определенный промежуток времени после облучения, достигающий своего максимального развития в разное время для различных доз и затем постепенно затухающий.

С увеличением дозы облучения увеличивается максимальное смещение изоэлектрической точки и смещение начинается раньше. Так, для дозы 250 г максимальное смещение изоэлектрической точки наблюдалось для ядерных коллоидов через 1 час, для плазменных через 5 час. после облучения. При облучении дозой 500 г значительное смещение изоэлектрической точки ядерных коллоидов наблюдалось уже через 15 мин. после облучения, достигало максимума через 1 час как для ядерных, так и для плазменных коллоидов и постепенно уменьшалось со временем.

Доза 13 000 г вызывала значительное смещение изоэлектрической точки коллоидов плазмы и ядра непосредственно после облучения (само облучение в этом случае длилось 26 мин., тогда как для доз 250 и 500 г только $\frac{1}{2}$ и 2 мин.). Максимальное смещение для дозы 13 000 г наблюдалось через 15 мин. после облучения с последующим снижением его. Изменение положения изоэлектрической точки через 24 часа после облучения дозой 13 000 г мало отличается от данных для контроля, но

Таблица 1

Смещение изоэлектрической точки клеточных коллоидов под влиянием облучения лучами Рентгена (среднее по 20 просмотренным корешкам в каждом случае)

Варианты опыта	Пределы рН ИЭТ для меристематических клеток	
	плазма	ядро
Контроль I повторность	2,4—2,8	3,0
II повторность	2,4—2,8	2,8—3,0
III повторность	2,4—2,6	2,8—3,0
Доза 250 г непосредственно после облучения	2,7	2,7
через 15 мин. после облучения	2,7	2,7
" 1 час " "	2,4—2,8	3,0—3,8
" 5 " "	2,8—3,6	2,8—3,6
" 24 " "	2,6—3,2	2,8—3,4
Доза 500 г непосредственно после облучения	2,4—2,6	2,6—3,0
через 15 мин. после облучения	2,6—3,4	3,2—4,0
" 1 час " "	2,8—3,6	3,0—3,8
" 5 " "	2,6—3,2	2,6—3,2
" 24 " "	2,8—3,2	2,8—3,2
Доза 13 000 г непосредственно после облучения	2,8—3,4	3,0—4,0
через 15 мин. после облучения	2,8—3,6	3,4—4,2
" 1 час " "	2,8—3,0	3,0—3,4
" 5 " "	2,6—3,4	3,0—3,6
" 24 " "	2,6—2,8	2,8—3,0

цитологическое изучение показало, что при облучении проростков такой большой дозой мы имеем дело с полным нарушением жизнедеятельности клеток и с процессами разрушения ядер и отмирания клеток.

Подводя итог рассмотренным данным, можно сказать, что облучение рентгеновскими лучами является фактором, значительно изменяющим коллоидные свойства ядра и протоплазмы. В результате облучения происходит резкое смещение рН изоэлектрических точек в щелочную сторону, что говорит об уменьшении заряда клеточных коллоидов, о потере ими устойчивости и об общем снижении интенсивности жизнедеятельности клеток.

Необходимо отметить еще одну интересную особенность которая ясно видна из данных табл. 1. В клетках меристемы корешков контрольных проростков область значений рН, соответствующих изоэлектрическим точкам отдельных клеточных компонентов, сравнительно узка (для плазмы между рН 2,4—2,8, для ядра между рН 2,8—3,0). При облучении проростков эта область значений рН значительно расширяется. Так, для дозы 500 г через 1 час после облучения изоэлектрическая зона для коллоидов ядра соответствует значениям рН между 3,0—3,8, а для плазмы — между рН 2,8 и 3,6.

На основании этих данных можно сделать предположение, что облучение рентгеновскими лучами изменяет не только электроколлоидные, но и химические свойства белков ядра и протоплазмы, в результате чего эти клеточные компоненты становятся более гетерогенными по своему составу.

Настоящая работа проведена под руководством проф. А. А. Ничипоровича, которому автор приносит глубокую благодарность.

Институт физиологии растений
им. К. А. Тимирязева
Академии наук СССР

Поступило
6 II 1950

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ В. Я. Александров, Вестник рентгенологии и радиологии, **13**, в. 6, 470 (1934). ² Г. А. Надсон и Э. Я. Рохлина, там же, **13**, в. 1—2, 9—21 (1934).
³ Д. Н. Насонов и В. Я. Александров, Реакция живого вещества на внешние воздействия, изд. АН СССР, 1940. ⁴ Г. И. Роскин и О. К. Настюкова, Бюлл. эксп. биол. и мед., **16** (1943). ⁵ Г. И. Роскин и К. Романова, там же, **7** (1939).
⁶ Г. И. Роскин, Усп. совр. биол., **22**, в. 2, 247 (1946). ⁷ В. Соловьева, Acta cancerologica (1936). ⁸ Я. Е. Элленгорн и В. А. Яблокова, Бот. журн. СССР, **33**, 5 (1948). ⁹ H. Drawert, Flora, N. F., **32** (1937). ¹⁰ L. V. Heilbrunn and Mazia, из сборн. Dyggar «Biological Effects of Radiation», **1**, 625, N. Y., 1936.
¹¹ W. Laves, Virchow's Archiv, **279**, 618 (1930). ¹² G. Jamaha and T. Ishii, Protoplasma, **19** (1933). ¹³ G. Jaszumi, Zs. f. Zellforsch., **27** (1937).
¹⁴ M. Williams, Ann. of Bot., **37**, 217 (1923).