

В. В. СИЛЬЧЕНКО

**О ДЕЙСТВИИ ТЯЖЕЛОВОДОРОДНОЙ ВОДЫ (D_2O)
НА МЕРИСТЕМЫ КОРНЕЙ *SECALE CEREALE* L.**

(Представлено академиком Н. В. Цициным 6 III 1972)

Установлено угнетающее действие тяжеловодородной воды на рост и развитие растительных и животных организмов ⁽¹⁾. Причины этого в настоящее время недостаточно изучены. Тяжелая вода применяется как индикатор для изучения обмена воды в органах растений, поэтому важно знать особенности действия ее в процессах метаболизма и жизнедеятельности.

Немногочисленными исследованиями, проведенными на растительных объектах, установлено, что тяжелая вода влияет наиболее активно на делящиеся клетки. Впервые Верзуном и Хьюбером ⁽²⁾ было установлено, что тяжелая вода в концентрации 99,8 ат. % D тормозит деление клеток корней проростков *Vicia faba* L. после трехчасового воздействия и изменяет соотношение фаз деления. Уже через 1 час резко увеличивалось количество метафаз и уменьшалось количество профаз и анафаз. Стейн и Форестер ^(3, 4), обрабатывая корни проростков кукурузы и гороха 80 и 90 % D_2O в течение 8—12 час., установили полную остановку деления клеток. При концентрации тяжелой воды от 80% и меньше наблюдалось восстановление митозов. Торможению деления клеток соответствовало увеличение количества профаз и уменьшение количества метафаз, анафаз и телофаз по сравнению с контролем.

В проведенных нами исследованиях семена озимой ржи (50 шт. в двукратной повторности) проращивали в чашках Петри (диаметр 80 мм) с внесением 2 мл тяжелой воды разной концентрации. Для исключения изотопного обмена дейтерия на против воды воздуха сверху чашки Петри покрывали крышками чашек большего диаметра (100 мм) и щель между краями крышек и металлическим листом заливали парафином с воском. Вода заменялась через сутки. После 3 суток проращивания семян в тяжелой воде фиксировали в смеси Навашина по 10 первичных корешков в каждом варианте. Изучение деления клеток проводили на постоянных препаратах при толщине срезов 10 м, окрашенных гематоксилином по Гейденгайну. Митотическую активность, размеры ядер и ядрышек определяли в области середины зоны деления корешков. Средние данные по вариантам получены на основании 100 измерений при помощи угломерного окулярного микрометра АМ-9-4 К 15Х.

Тяжеловодородная вода угнетает деление клеток пропорционально концентрации дейтерия. Рожь является устойчивой культурой к действию тяжелой воды. Достоверное торможение митозов наблюдалось при концентрации D_2O 25 вес. % и больше. При действии тяжелой воды концентрации 99,8 ат. % D деление клеток сильно угнеталось и митотическая активность равнялась $5,11 \pm 0,54\%$ по сравнению с контролем $16,84 \pm 0,79\%$ (табл. 1).

Исходя из немногочисленных литературных данных, в настоящее время окончательно не известно, на каких фазах тяжелая вода тормозит деление клеток ^(2, 3). Предполагают, что имеются два блока, один из

Таблица 1

Влияние тяжеловодородной воды на активность деления клеток меристем корней *Secale cereale* L.

Варианты опыта. Вода, %	Количество клеток		Митотическая активность клеток, %	
	всего	делящихся	$M \pm m$	t
Контроль *	11741	2341	$19,84 \pm 0,50$	3,2
H ₂ O 100	11673	1956	$16,84 \pm 0,79$	
D ₂ O 5	11898	1834	$15,45 \pm 0,45$	1,5
D ₂ O 10	11358	1632	$14,38 \pm 0,56$	2,5
D ₂ O 25	16797	2299	$13,75 \pm 0,70$	2,9
D ₂ O 50	12560	1558	$12,34 \pm 0,86$	3,9
D ₂ O 75	12948	1434	$11,11 \pm 0,58$	5,8
D ₂ O 99,8 ат. % D	12941	659	$5,11 \pm 0,54$	12,2

* Края крышек чашек Петри не заливались парафином.

которых тормозит вступление клеток в профазу, другой действует в конце метафазы (⁴). Также допускают, что в начале действия тяжелой воды на меристемы корней увеличено время вступления клеток в митоз, а также увеличена продолжительность митоза по сравнению с контролем (³). Для окончательного решения этого вопроса необходимы специальные исследования с применением H³-тимидина. По нашим данным, тяжелая вода при действии в течение 3 суток на прорастающие семена ржи, очевидно, тормозит в первых митозах переход профаз в метафазы, что вызывает увеличение процента клеток в профазе и уменьшение его в метафазе, анафазе, и телофазе:

H ₂ O 100%	68,75	13,75	8,12	9,37
D ₂ O 99,8 ат. % D	76,06	11,27	5,63	7,04

При действии тяжеловодородной воды в концентрации 75 и 100% обнаружено несколько повышенное по сравнению с контролем количество хромосомных aberrаций (дигцентрических мостов).

Торможение деления клеток сопровождалось увеличением размеров ядер и ядрышек (табл. 2). Размеры ядер были достоверно увеличены при концентрации D₂O 50%, а ядрышек при 25% и больше. Судя по окраске ядер на препаратах, тяжелая вода вызывала торможение синтеза ДНК, а синтез РНК тормозился, очевидно, в меньшей степени.

Тяжелая вода вызывала нарушение структуры цитоплазмы и ядра, появление сильно вакуолизированных клеток в дерматогене и перилеме.

Таблица 2

Изменения размеров ядер и ядрышек при действии тяжелой воды на меристемы корней *Secale cereale* L.

Варианты опыта. Вода, %	Диаметр ядер, μ		Диаметр ядрышек, μ	
	$M \pm m$	t	$M \pm m$	t
Контроль	$12,90 \pm 0,14$	3,8	$6,18 \pm 0,14$	4,3
H ₂ O 100	$12,01 \pm 0,19$		$5,53 \pm 0,06$	
D ₂ O 5	$11,96 \pm 0,15$	0,2	$5,59 \pm 0,07$	0,7
D ₂ O 10	$12,57 \pm 0,18$	2,2	$5,58 \pm 0,08$	0,5
D ₂ O 25	$12,63 \pm 0,24$	2,0	$6,11 \pm 0,15$	3,6
D ₂ O 50	$13,34 \pm 0,25$	4,3	$6,40 \pm 0,07$	4,7
D ₂ O 75	$13,61 \pm 0,16$	6,4	$6,46 \pm 0,17$	5,1
D ₂ O 99,8 ат. % D	$13,84 \pm 0,41$	4,0	$6,22 \pm 0,22$	3,0

Из полученных данных следует, что тяжелая вода в концентрации более 10% является токсичной для ржи.

Недостаточная аэрация прорастающих семян, вызванная парафинированием краев наружных чашек Петри для исключения изотопного обмена дейтерия, обусловила достоверное по сравнению с незапарафинированным вариантом (контроль) торможение деления клеток и уменьшение размеров ядер и ядрышек (табл. 2).

Механизм ингибирующего действия тяжеловодородной воды на деление клеток в настоящее время недостаточно ясен. Некоторые исследователи объясняют это действие стабилизацией структуры митотического аппарата ⁽⁵⁾. Другой возможной причиной торможения деления клеток тяжелой водой является ингибирование синтеза ДНК ⁽⁶⁾. Синтез белков в тяжелой воде не ингибируется ⁽⁷⁾.

Торможение деления клеток приводит к увеличению их размеров, а также размеров ядер. Причина такого увеличения недостаточно ясна. Увеличение размеров ядер и ядрышек под влиянием тяжелой воды, очевидно, следует рассматривать как результат дезинтеграции процессов метаболизма в клетке и временного аномального усиления синтетических процессов.

Институт физиологии растений
Академии наук УССР
Киев

Поступило
6 III 1972

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ Е. И. Денько, Усп. совр. биол., **70**, в. 1, 41 (1970). ² G. Wersuhn, G. Hübner, Flora, **154**, H. 2, 393 (1964). ³ O. L. Stein, G. M. Forrester, J. Exp. Bot., **15**, № 43, 146 (1964). ⁴ O. L. Stein, G. M. Forrester, Planta, **60**, H. 4, 349 (1963). ⁵ D. Marsland, A. Zimmerman, Exp. Cell Res., **30**, 23 (1965). ⁶ A. K. Bal, P. R. Gross, J. Cell Biol., **23**, 188 (1964). ⁷ J. Holland, F. Antoni, Biochim. et biophys. acta, **157**, 663 (1968).