

Оскар ПРИЙЛИНН, Алли ВЯЛЬЯОТС, Тамара ШНАЙДЕР,
Юта ПЯРДИ

ФИЗИОЛОГИЧЕСКОЕ И ЦИТОГЕНЕТИЧЕСКОЕ ДЕЙСТВИЕ N-НИТРОЗО-N-АЛКИЛМОЧЕВИН НА ПШЕНИЦУ

Согласно планам научно-исследовательских работ, осуществляемых в Институте экспериментальной биологии АН Эстонской ССР совместно с отделом химической генетики Института химической физики АН СССР, нами проводилось изучение эффективности новых химических мутагенов, синтезированных в лаборатории химии мутагенов Института химической физики.

В исследованиях по выяснению эффективности различных химических мутагенов в селекции растений важную роль играют условия обработки ими семян. Одним из факторов, модифицирующих действие химических мутагенов и оказывающих определенное влияние на ход процессов метаболизма в прорастающих семенах и молодых растениях, является кислотность раствора мутагенов. Имеющиеся в литературе данные относительно влияния pH на частоту мутаций и абберационную активность у растений весьма противоречивы и не достаточно полны, что вызывает необходимость тщательного изучения модифицирующего действия pH среды на цитотоксический и мутагенный эффект нитрозосоединений. С этой целью нами были проведены опыты по изучению физиологического и цитогенетического действия N-нитрозо-N-алкилмочевин на яровую пшеницу.

Материал и методика

Воздушно-сухие семена трех сортов яровой пшеницы — 'Норрэна', 'Диамант' и 'Ленинградка' — обрабатывались растворами химических мутагенов в разных концентрациях и при различных значениях pH. При обработке, проводимой в Институте химической физики АН СССР, семена замачивались в растворе мутагена в фосфатно-цитратном буфере с pH 5 или 7 в течение 18 ч при температуре 20 °C. Исследовалось действие следующих мутагенов: нитрозодиметилмочевины (НДММ), нитрозодизетилмочевины (НДЭМ), нитрозометилмочевины (НММ), нитрозоэтилмочевины (НЭМ), цианата калия (KNCN), нитрозометилбурета (НМБ) и нитрозоцианмочевины (НЦМ). Контролем служили семена, замоченные в дистиллированной воде и в фосфатно-цитратном буфере (при pH 5 и 7).

Часть семян после промывки в проточной воде помещалась в чашки Петри на фильтровальную бумагу и проращивалась при комнатной температуре. Через 1—2 суток корни проростков сортов 'Норрэна' и 'Диамант' (длиной 0,5—1,0 см) фиксировали в ацеталкоголе (1:3), окрашивали по Фельгену и временные давленные препараты рассматривали под световым микроскопом.

В первых митозах меристематической части корней определяли число клеток, находящихся на различных фазах митотического деления, учитывали число клеток с хромосомными перестройками в ана- и телофазах, приходящихся на 100 клеток в этих фазах деления. Определяли также среднее число клеток (интерфазных и делящихся) с микроядрами, приходящееся на один корень (меристематическую его часть). По каждому варианту опыта и в контроле было просмотрено в среднем по 1500—2000 ана- и телофаз.

Другая часть семян после обработки и промывки высевалась в поле 14 мая 1972 г. в трех повторностях. В каждом варианте высевали по 500—600 семян. Расстояние между рядами 15 см, в рядки шириной 1 м высевали по 50 семян. В течение вегетационного периода проводили фенологические наблюдения за развитием растений, определяли полевую всхожесть и выживаемость растений и измеряли их высоту при уборке.

У растений сорта 'Диамант' в некоторых вариантах опыта была проведена фиксация молодых колосьев в фиксаторе Ньюкомера. Пыльники окрашивали по Фельгену и на давленных препаратах просматривали и анализировали под микроскопом стадии мейоза в материнских клетках пыльцы от профазы до образования тетрад микроспор.

Результаты исследований

Полевые наблюдения показали существенные различия по вариантам и в сравнении с контролем в сроках появления всходов у всех трех сортов пшеницы, которые зависели как от примененного мутагена, так и от его концентрации и рН раствора (табл. 1).

При действии повышенных доз НДММ, НДЭМ, НММ и НЭМ (при рН 5) у всех сортов всходы полностью погибли примерно через месяц после их появления, а в варианте обработки НММ и частично НЭМ и НДММ (при рН 5) появления всходов не было отмечено. Данные фенологических наблюдений позволяют сделать вывод о том, что развитие растений после обработки семян НДММ, НДЭМ, НММ и НЭМ задерживалось, причем степень задержки в прохождении фаз развития возрастала с увеличением концентрации мутагена и кислотности среды.

Токсическое действие повышенных концентраций мутагенов, особенно при рН 5, сказывалось как на всхожести семян, так и на выживаемости растений к концу вегетационного периода (табл. 2). С повышением концентрации мутагена всхожесть семян, выживаемость и высота растений снижались, причем наиболее существенным снижением было при обработке НДММ, НДЭМ, НММ и НЭМ.

Обработка семян химическими мутагенами вызывала также, как это видно из табл. 3, существенное повышение частоты хромосомных перестроек по сравнению с контролем, причем повреждающее действие этих мутагенов более сильно проявлялось при повышенных концентрациях и при рН 5. К числу нарушений, отмеченных в клетках корневой меристемы, относились мосты, фрагменты, отстающие хромосомы и микроядра (рис. 1—3). Микроядра в клетках имели различную величину и число их варьировало от 1 до 4—5 в одной клетке. Наиболее часто микроядра встречались в интерфазных клетках, более редко их приходилось наблюдать в делящихся клетках на разных фазах митоза. В отдельных случаях нами отмечались клетки, лишенные нормального клеточного ядра, небольшое количество хроматина в них было раздроблено на микроядра различной величины (рис. 4, 5).

Цитологический анализ показал наличие четкой зависимости между числом интерфазных и делящихся клеток с микроядрами, с одной стороны, и концентрацией мутагена и значением рН раствора, с другой.

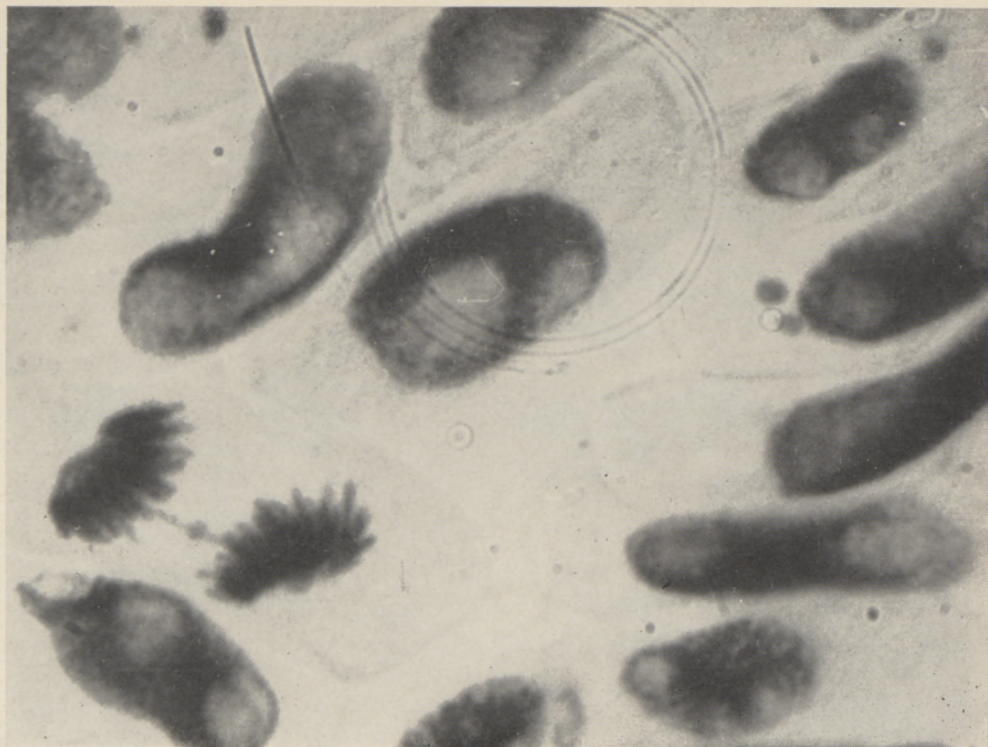


Рис. 1. Мост в анафазе митоза, микроядра в интерфазе (1400X).

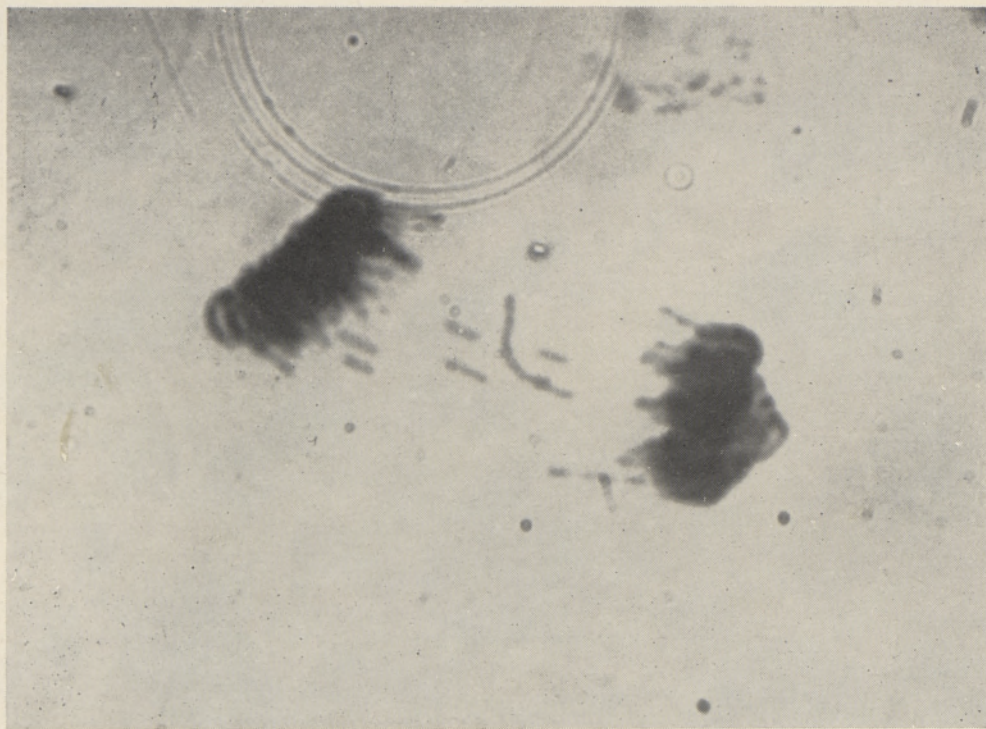


Рис. 2. Анафаза митоза с фрагментами (1500X).

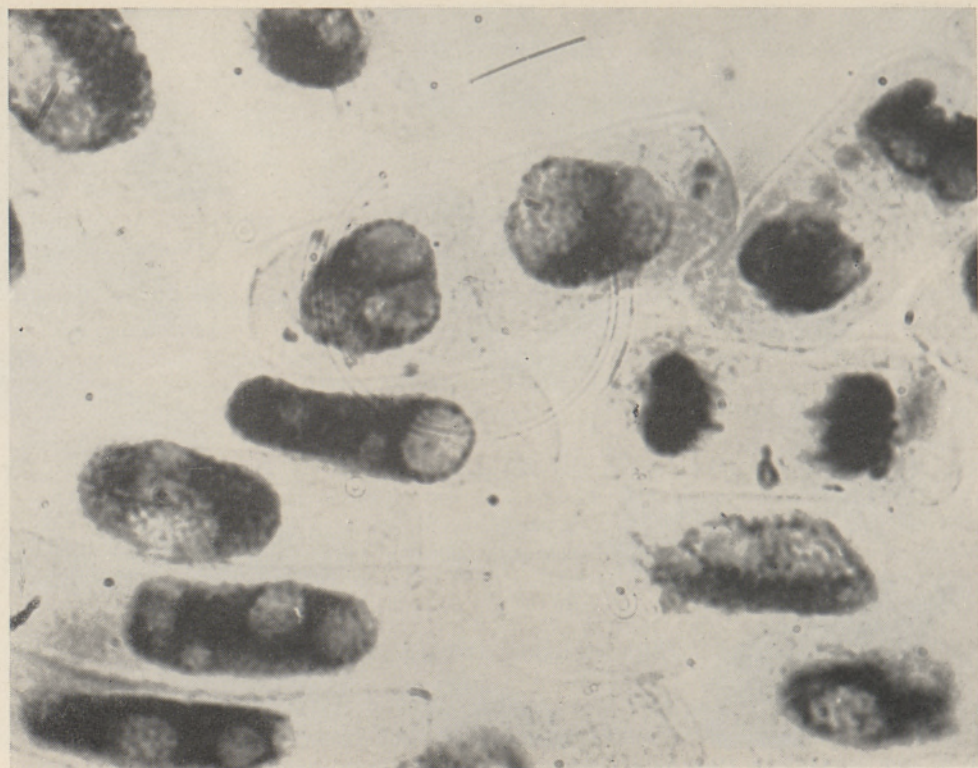


Рис. 3. Отстающая хромосома в поздней анафазе митоза, микроядра в интерфазе (1200 $\times$).

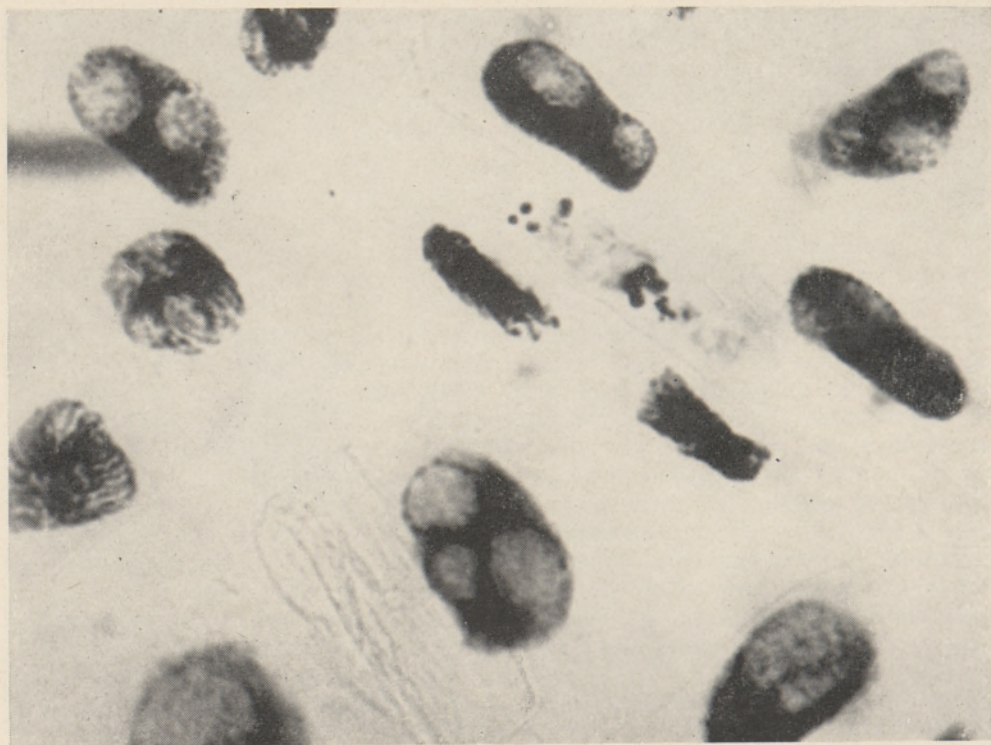


Рис. 4. Микроядра в клетках, лишенных нормального клеточного ядра (900 $\times$, 1200 $\times$).

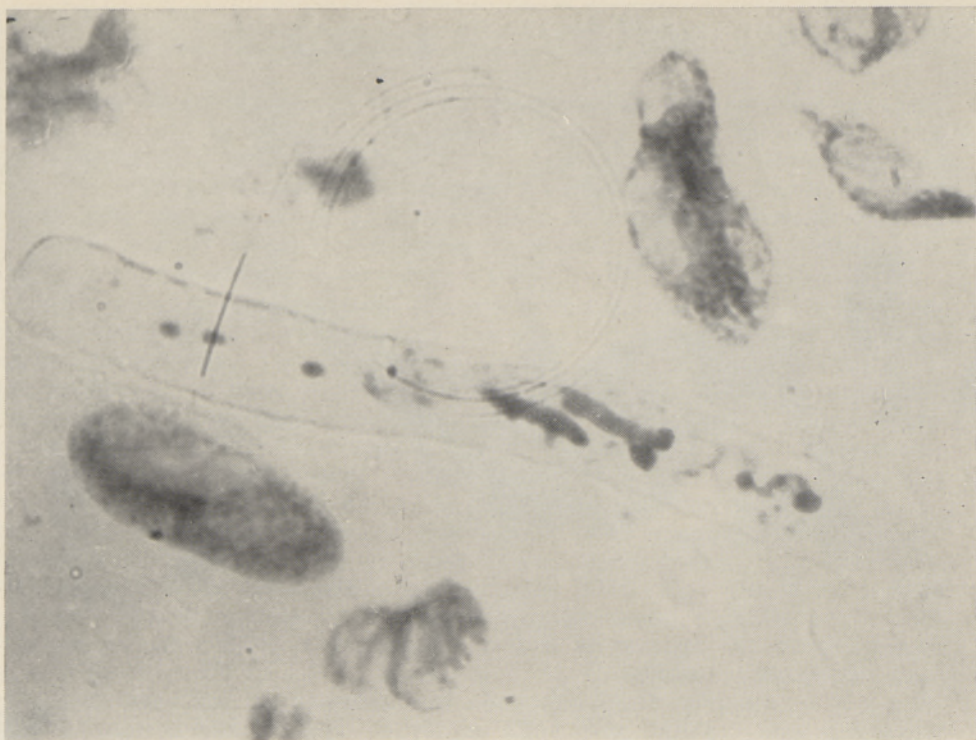


Рис. 5. Микроядра в клетках, лишенных нормального клеточного ядра (900X, 1200X).

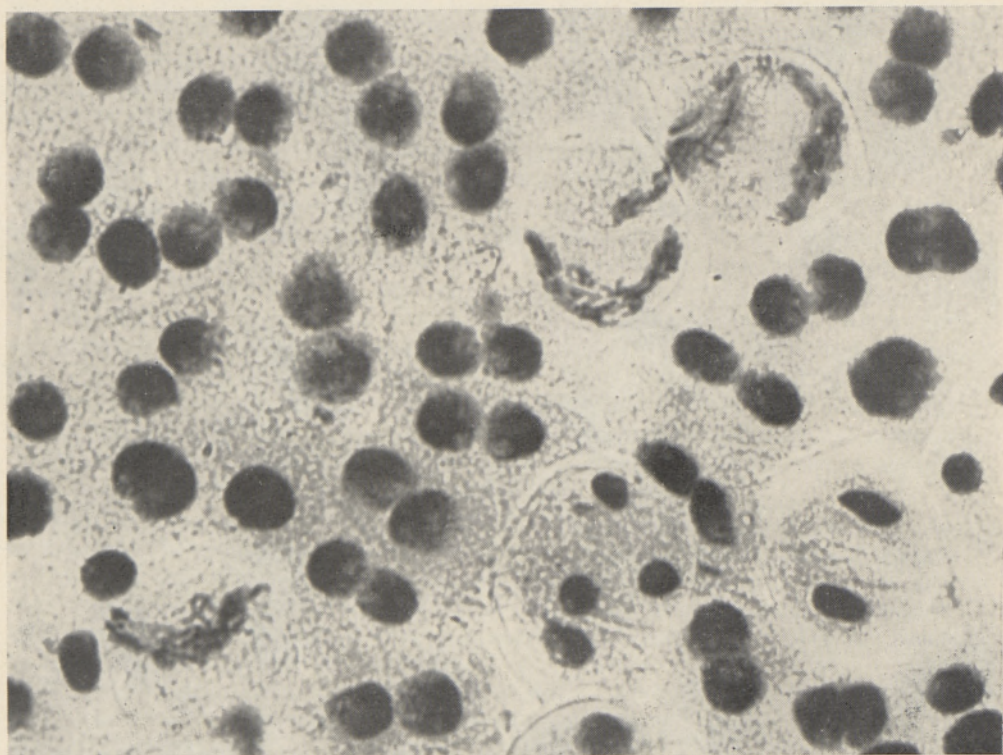


Рис. 6. Массовая экструзия хроматина в мейозе (800X).

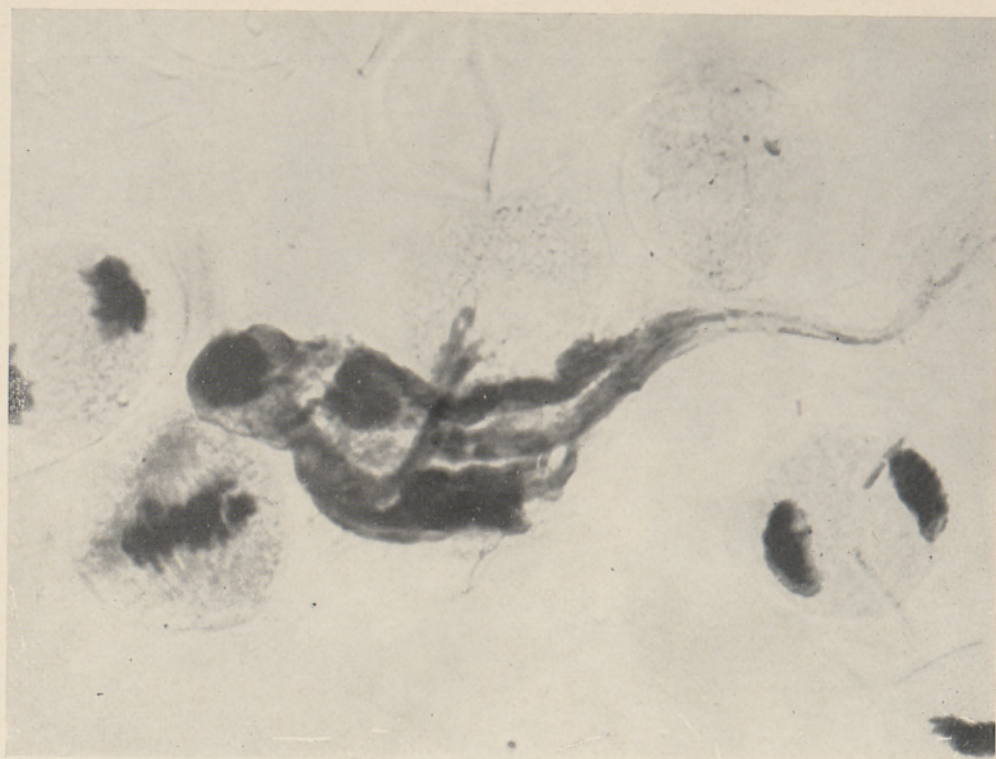


Рис. 7. Массовая экструзия хроматина в мейозе (800X).

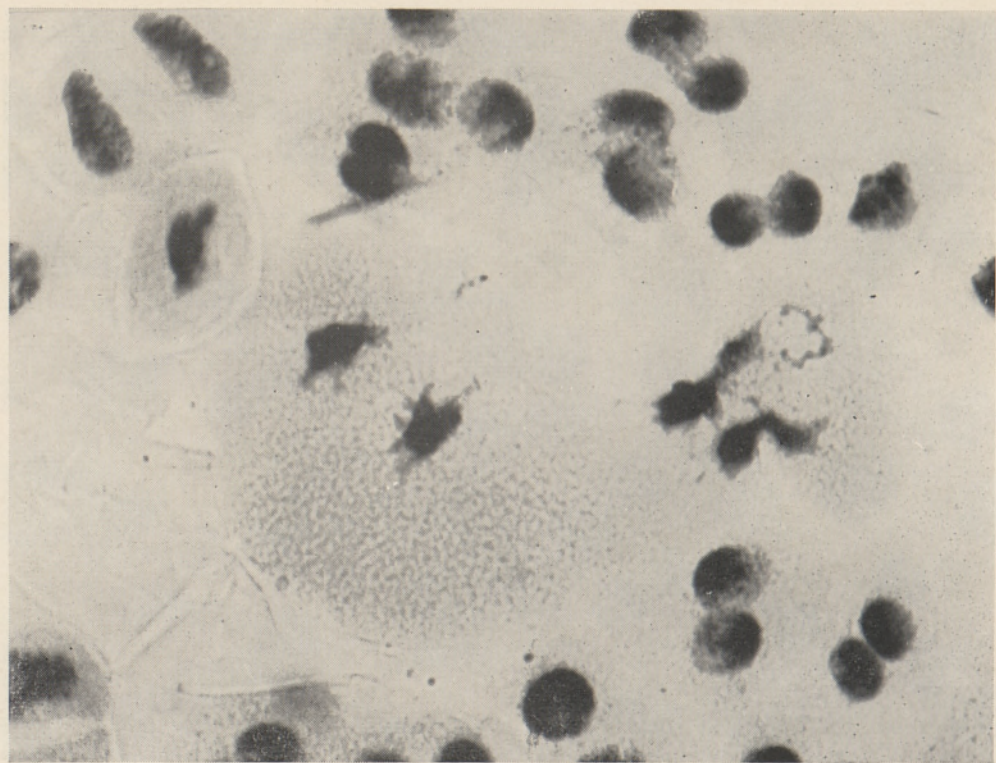


Рис. 8. Цитомиксис в мейозе (800X).

Одновременное возрастание частоты хромосомных aberrаций и среднего числа клеток с микроядрами на один корень у обоих сортов пшеницы при действии НДММ, НДЭМ и НЭМ высокой концентрации при pH 5 свидетельствует о возможности использования в качестве критерия цитотоксического и кластрогенного действия мутагенов, наряду с aberrационной активностью, среднего числа клеток с микроядрами. Об этом упоминается и в литературе (Heddle, 1973; Hess и др., 1973).

Из всех нитрозосоединений N-нитрозо-N-алкилмочевины, по-видимому, являются наиболее активными как в физиологическом, так и генетическом отношениях. При изучении действия этих мутагенов особый интерес представляет выяснение зависимости их мутагенного и цитотоксического эффекта от pH раствора. Данные, полученные В. Абрамовым с соавторами (1972), показывают, что изоцианат калия проявляет заметную мутагенную активность только в кислой среде. При растворении в том же буфере с pH 6,5 KNCО даже в концентрации 150 мМ не вызывал образования хромосомных перестроек и не проявлял токсического действия. Л. Гриних (1971) отмечает более сильную задержку прорастания семян *Crepis capillaris*, обработанных ЭМС, при кислом значении pH, чем при щелочном, и постепенное увеличение частоты aberrаций при снижении pH. В лаборатории химии мутагенов Института химической физики АН СССР Н. Н. Зоз и А. М. Серебряным получены данные, указывающие на зависимость aberrационной активности N-нитрозо-N-алкилмочевины от pH раствора (Зоз и др., 1974). Они отмечают также, что все испытанные в их опытах мутагены при равной дозе воздействия при pH 5 вызывали более высокую частоту хромосомных перестроек, чем при pH 7. Высказываются предположения, что более высокая токсичность мутагена при pH 5 обусловлена не химическими причинами, поскольку при pH 5 образуется меньше продуктов карбамоилирования и метилирования, чем при pH 7, а чисто физиологическими. При pH 5 мутаген распадается медленно, а при pH 7 во много раз быстрее и при этом мутаген не может проникнуть к зародышу семени, сохранив в полной мере свою мутагенную активность.

Результаты проведенного цитогенетического анализа мейоза у сохранившихся до выколашивания растений сорта 'Диамант' показали, что как в опытных вариантах, так и в контроле наблюдались нарушения мейоза. Частота этих нарушений в опыте и в контроле существенно не различалась и была не высокой. Так, частота хромосомных aberrаций в анафазе I была 10—14%, процент тетрад с микроядрами не превышал 3—6%. Следует напомнить, что в вариантах с высокой концентрацией мутагена при pH 5 (в которых в митозе наблюдалась наибольшая степень нарушений) к моменту колошения все растения погибли. Наряду с нарушениями конъюгации хромосом на различных стадиях мейоза отмечались и такие нарушения как пикноз, цитомиксис и экстрюзия хроматина, которые иногда носили массовый характер и охватывали целую группу расположенных рядом микроспороцитов (рис. 6—8).

Характерно, что в исследуемом материале в большом числе пыльников можно было проследить одновременное прохождение ряда последовательных фаз микроспорогенеза — от профазы I до анафазы II или до стадии тетрад. Жизнеспособность пыльцы, определенная методом Шардакова по активности пероксидазы, составляла в опыте и контроле у сорта 'Норрэна' 76—80%.

Таким образом, использованные нами химические мутагены оказывали сходное цитотоксическое действие на все три сорта яровой пшеницы. Повреждающее и угнетающее действие мутагенов возрастало с повышением концентрации мутагена и увеличением кислотности раст-

Таблица 1

Развитие растений М₁ после обработки семян химическими мутагенами

Мутаген, рН, концентрация	'Норрена'			'Диамант'			'Ленинградка'			
	Появление всходов	Начало колонизации	Полная спелость	Появление всходов	Начало колонизации	Полная спелость	Появление всходов	Начало колонизации	Полная спелость	
НДММ рН 7,0	2 мМ	21.05	3.07	14.08	23.05	4.07	21.08	22.05	4.07	16.08
	3 мМ	22.05	4.07	14.08	23.05	5.07	21.08	23.05	7.07	16.08
	4 мМ	22.05	6.07	17.08	23.05	7.07	21.08	23.05	7.07	16.08
	5 мМ	23.05	8.07	28.08	24.05	10.07	21.08	24.05	8.07	20.08
	6 мМ	22.05	6.07	28.08	24.05	10.07	22.08	24.05	5.07	18.08
		23.05	8.07	28.08	23.05	14.07	24.08	24.05	7.07	30.08
НДММ рН 5,0	1 мМ	23.05	8.07	28.08	23.05	14.07	24.08	24.05	7.07	30.08
	2 мМ	24.05	Всходы погибли		27.05	Всходы погибли		28.05	Всходы погибли	
	2,5 мМ	24.05	"	"	29.05	"	"	28.05	"	"
	3 мМ	25.05	"	"	5.06	"	"	27.05	"	"
	4 мМ	Не появились	Не появились		Не появились	Не появились		Не появились	Не появились	
		21.05	4.07	14.08	24.05	5.07	21.08	23.05	4.07	17.08
НММ рН 7,0	3 мМ	22.05	6.07	15.08	24.05	7.07	21.08	24.05	5.07	17.08
	4 мМ	23.05	7.07	28.08	25.05	14.07	27.08	25.05	Всходы погибли	
		25.05	Всходы погибли		26.05	Всходы погибли		26.05	6.07	20.08
	2 мМ	Не появились	Не появились		Не появились	Не появились		28.05	Всходы погибли	
НЭМ рН 7,0	3 мМ	21.05	4.07	13.08	23.05	6.07	23.08	23.05	6.07	17.08
	5 мМ	21.05	5.07	14.08	24.05	7.07	24.08	24.05	6.07	18.08
	6 мМ	22.05	9.07	22.08	25.05	10.07	27.08	24.05	12.07	30.08
		22.05	Всходы погибли		26.05	Всходы погибли		25.05	Всходы погибли	
	3 мМ	24.05	"	"	29.05	"	"	26.05	"	"
	4 мМ	26.05	"	"	Не появились	Не появились		26.05	"	"
НДЭМ рН 7,0	2 мМ	20.05	4.07	13.08	23.05	5.07	21.08	23.05	3.07	16.08
	3 мМ	20.05	4.07	13.08	24.05	6.07	21.08	23.05	4.07	16.08
	4 мМ	22.05	5.07	14.08	24.05	6.07	21.08	23.05	5.07	17.08
	5 мМ	22.05	5.07	15.08	24.05	7.07	21.08	23.05	6.07	17.08
	6 мМ	22.05	5.07	14.08	24.05	7.07	21.08	24.05	6.07	17.08
		22.05	5.07	14.08	24.05	7.07	21.08	24.05	10.07	29.08

НДЭМ рН 5,0	1 мМ	21.05	4.07	13.08	24.05	6.07	22.08	23.05	5.07	17.08
	2 мМ	22.05	7.07	18.08	24.05	13.07	25.08	23.05	9.07	23.08
	2.5 мМ	25.05	Всходы погибли		26.05	14.07	25.08	25.05	10.07	Всходы погибли
	3 мМ	25.05	"	"	26.05	Всходы погибли		24.05		
	4 мМ	25.05	"	"	29.05	"	"	25.05	"	"
KNCO рН 5,0	10 мМ	21.05	4.07	13.08	24.05	5.07	21.08	22.05	4.07	17.08
	20 мМ	20.05	4.07	13.08	25.05	5.07	21.08	21.05	4.07	16.08
	40 мМ	21.05	4.07	13.08	25.05	6.07	21.08	22.05	6.07	16.08
	50 мМ	22.05	4.07	13.08	25.05	5.07	21.08	22.05	6.07	16.08
НМБ рН 5,0	0,5 мМ	20.05	3.07	13.08	23.05	5.07	21.08	23.05	4.07	16.08
	1 мМ	20.05	3.07	13.08	24.05	6.07	21.08	22.05	4.07	16.08
	1,5 мМ	20.05	3.07	13.08	23.05	6.07	21.08	22.05	4.07	16.08
НЦМ рН 7,0	0,1 мМ	21.05	4.07	13.08	23.05	6.07	21.08	22.05	4.07	16.08
	0,2 мМ	21.05	4.07	13.08	24.05	5.07	21.08	22.05	3.07	16.08
	0,3 мМ	20.05	3.07	13.08	24.05	5.07	21.08	22.05	4.07	16.08
Контроль рН 7,0		21.05	3.07	13.08	23.05	6.07	21.08	22.05	3.07	16.08
Контроль рН 5,0		21.05	3.07	13.08	23.05	5.07	21.08	22.05	3.07	16.08
Контроль, дистиллированная вода		21.05	3.07	13.08	23.05	5.07	21.08	22.05	3.07	16.08

концентрация указана в мМ	Нормаль			Увелич.			Дегенерат		
	Всходы Всходы	Всходы Всходы	Всходы Всходы	Всходы Всходы	Всходы Всходы	Всходы Всходы	Всходы Всходы	Всходы Всходы	Всходы Всходы
1 мМ	20.05	3.07	13.08	23.05	5.07	21.08	22.05	3.07	16.08
2 мМ	21.05	3.07	13.08	23.05	5.07	21.08	22.05	3.07	16.08
3 мМ	22.05	4.07	14.08	24.05	6.07	22.08	23.05	4.07	17.08
4 мМ	23.05	5.07	15.08	25.05	7.07	23.08	24.05	5.07	18.08
5 мМ	24.05	6.07	16.08	26.05	8.07	24.08	25.05	6.07	19.08
6 мМ	25.05	7.07	17.08	27.05	9.07	25.08	26.05	7.07	20.08
7 мМ	26.05	8.07	18.08	28.05	10.07	26.08	27.05	8.07	21.08
8 мМ	27.05	9.07	19.08	29.05	11.07	27.08	28.05	9.07	22.08
9 мМ	28.05	10.07	20.08	30.05	12.07	28.08	29.05	10.07	23.08
10 мМ	29.05	11.07	21.08	31.05	13.07	29.08	30.05	11.07	24.08
11 мМ	30.05	12.07	22.08	32.05	14.07	30.08	31.05	12.07	25.08
12 мМ	31.05	13.07	23.08	33.05	15.07	31.08	32.05	13.07	26.08
13 мМ	32.05	14.07	24.08	34.05	16.07	32.08	33.05	14.07	27.08
14 мМ	33.05	15.07	25.08	35.05	17.07	33.08	34.05	15.07	28.08
15 мМ	34.05	16.07	26.08	36.05	18.07	34.08	35.05	16.07	29.08
16 мМ	35.05	17.07	27.08	37.05	19.07	35.08	36.05	17.07	30.08
17 мМ	36.05	18.07	28.08	38.05	20.07	36.08	37.05	18.07	31.08
18 мМ	37.05	19.07	29.08	39.05	21.07	37.08	38.05	19.07	32.08
19 мМ	38.05	20.07	30.08	40.05	22.07	38.08	39.05	20.07	33.08
20 мМ	39.05	21.07	31.08	41.05	23.07	39.08	40.05	21.07	34.08
21 мМ	40.05	22.07	32.08	42.05	24.07	40.08	41.05	22.07	35.08
22 мМ	41.05	23.07	33.08	43.05	25.07	41.08	42.05	23.07	36.08
23 мМ	42.05	24.07	34.08	44.05	26.07	42.08	43.05	24.07	37.08
24 мМ	43.05	25.07	35.08	45.05	27.07	43.08	44.05	25.07	38.08
25 мМ	44.05	26.07	36.08	46.05	28.07	44.08	45.05	26.07	39.08
26 мМ	45.05	27.07	37.08	47.05	29.07	45.08	46.05	27.07	40.08
27 мМ	46.05	28.07	38.08	48.05	30.07	46.08	47.05	28.07	41.08
28 мМ	47.05	29.07	39.08	49.05	31.07	47.08	48.05	29.07	42.08
29 мМ	48.05	30.07	40.08	50.05	32.07	48.08	49.05	30.07	43.08
30 мМ	49.05	31.07	41.08	51.05	33.07	49.08	50.05	31.07	44.08
31 мМ	50.05	32.07	42.08	52.05	34.07	50.08	51.05	32.07	45.08
32 мМ	51.05	33.07	43.08	53.05	35.07	51.08	52.05	33.07	46.08
33 мМ	52.05	34.07	44.08	54.05	36.07	52.08	53.05	34.07	47.08
34 мМ	53.05	35.07	45.08	55.05	37.07	53.08	54.05	35.07	48.08
35 мМ	54.05	36.07	46.08	56.05	38.07	54.08	55.05	36.07	49.08
36 мМ	55.05	37.07	47.08	57.05	39.07	55.08	56.05	37.07	50.08
37 мМ	56.05	38.07	48.08	58.05	40.07	56.08	57.05	38.07	51.08
38 мМ	57.05	39.07	49.08	59.05	41.07	57.08	58.05	39.07	52.08
39 мМ	58.05	40.07	50.08	60.05	42.07	58.08	59.05	40.07	53.08
40 мМ	59.05	41.07	51.08	61.05	43.07	59.08	60.05	41.07	54.08
41 мМ	60.05	42.07	52.08	62.05	44.07	60.08	61.05	42.07	55.08
42 мМ	61.05	43.07	53.08	63.05	45.07	61.08	62.05	43.07	56.08
43 мМ	62.05	44.07	54.08	64.05	46.07	62.08	63.05	44.07	57.08
44 мМ	63.05	45.07	55.08	65.05	47.07	63.08	64.05	45.07	58.08
45 мМ	64.05	46.07	56.08	66.05	48.07	64.08	65.05	46.07	59.08
46 мМ	65.05	47.07	57.08	67.05	49.07	65.08	66.05	47.07	60.08
47 мМ	66.05	48.07	58.08	68.05	50.07	66.08	67.05	48.07	61.08
48 мМ	67.05	49.07	59.08	69.05	51.07	67.08	68.05	49.07	62.08
49 мМ	68.05	50.07	60.08	70.05	52.07	68.08	69.05	50.07	63.08
50 мМ	69.05	51.07	61.08	71.05	53.07	69.08	70.05	51.07	64.08
51 мМ	70.05	52.07	62.08	72.05	54.07	70.08	71.05	52.07	65.08
52 мМ	71.05	53.07	63.08	73.05	55.07	71.08	72.05	53.07	66.08
53 мМ	72.05	54.07	64.08	74.05	56.07	72.08	73.05	54.07	67.08
54 мМ	73.05	55.07	65.08	75.05	57.07	73.08	74.05	55.07	68.08
55 мМ	74.05	56.07	66.08	76.05	58.07	74.08	75.05	56.07	69.08
56 мМ	75.05	57.07	67.08	77.05	59.07	75.08	76.05	57.07	70.08
57 мМ	76.05	58.07	68.08	78.05	60.07	76.08	77.05	58.07	71.08
58 мМ	77.05	59.07	69.08	79.05	61.07	77.08	78.05	59.07	72.08
59 мМ	78.05	60.07	70.08	80.05	62.07	78.08	79.05	60.07	73.08
60 мМ	79.05	61.07	71.08	81.05	63.07	79.08	80.05	61.07	74.08
61 мМ	80.05	62.07	72.08	82.05	64.07	80.08	81.05	62.07	75.08
62 мМ	81.05	63.07	73.08	83.05	65.07	81.08	82.05	63.07	76.08
63 мМ	82.05	64.07	74.08	84.05	66.07	82.08	83.05	64.07	77.08
64 мМ	83.05	65.07	75.08	85.05	67.07	83.08	84.05	65.07	78.08
65 мМ	84.05	66.07	76.08	86.05	68.07	84.08	85.05	66.07	79.08
66 мМ	85.05	67.07	77.08	87.05	69.07	85.08	86.05	67.07	80.08
67 мМ	86.05	68.07	78.08	88.05	70.07	86.08	87.05	68.07	81.08
68 мМ	87.05	69.07	79.08	89.05	71.07	87.08	88.05	69.07	82.08
69 мМ	88.05	70.07	80.08	90.05	72.07	88.08	89.05	70.07	83.08
70 мМ	89.05	71.07	81.08	91.05	73.07	89.08	90.05	71.07	84.08
71 мМ	90.05	72.07	82.08	92.05	74.07	90.08	91.05	72.07	85.08
72 мМ	91.05	73.07	83.08	93.05	75.07	91.08	92.05	73.07	86.08
73 мМ	92.05	74.07	84.08	94.05	76.07	92.08	93.05	74.07	87.08
74 мМ	93.05	75.07	85.08	95.05	77.07	93.08	94.05	75.07	88.08
75 мМ	94.05	76.07	86.08	96.05	78.07	94.08	95.05	76.07	89.08
76 мМ	95.05	77.07	87.08	97.05	79.07	95.08	96.05	77.07	90.08
77 мМ	96.05	78.07	88.08	98.05	80.07	96.08	97.05	78.07	91.08
78 мМ	97.05	79.07	89.08	99.05	81.07	97.08	98.05	79.07	92.08
79 мМ	98.05	80.07	90.08	100.05	82.07	98.08	99.05	80.07	93.08
80 мМ	99.05	81.07	91.08	101.05	83.07	99.08	100.05	81.07	94.08
81 мМ	100.05	82.07	92.08	102.05	84.07	100.08	101.05	82.07	95.08
82 мМ	101.05	83.07	93.08	103.05	85.07	101.08	102.05	83.07	96.08
83 мМ	102.05	84.07	94.08	104.05	86.07	102.08	103.05	84.07	97.08
84 мМ	103.05	85.07	95.08	105.05	87.07	103.08	104.05	85.07	98.08
85 мМ	104.05	86.07	96.08	106.05	88.07	104.08	105.05	86.07	99.08
86 мМ	105.05	87.07	97.08	107.05	89.07	105.08	106.05	87.07	100.08
87 мМ	106.05	88.07	98.08	108.05	90.07	106.08	107.05	88.07	101.08
88 мМ	107.05	89.07	99.08	109.05	91.07	107.08	108.05	89.07	102.08
89 мМ	108.05	90.07	100.08	110.05	92.07	108.08	109.05	90.07	103.08
90 мМ	109.05	91.07	101.08	111.05	93.07	109.08	110.05	91.07	104.08
91 мМ	110.05	92.07	102.08	112.05	94.07	110.08	111.05	92.07	105.08
92 мМ	111.05	93.07	103.08	113.05	95.07	111.08	112.05	93.07	106.08
93 мМ	112.05	94.07	104.08	114.05	96.07	112.08	113.05	94.07	107.08
94 мМ	113.05	95.07	105.08	115.05	97.07	113.08	114.05	95.07	108.08
95 мМ	114.05	96.07	106.08	116.05	98.07	114.08	115.05	96.07	109.08
96 мМ	115.05	97.07	107.08	117.05	99.07	115.08	116.05	97.07	110.08
97 мМ	116.05	98.07	108.08	118.05	100.07	116.08	117.05	98.07	111.08
98 мМ	117.05	99.07	109.08	119.05	101.07	117.08	118.05	99.07	112.08
99 мМ	118.05	100.07	110.08	120.05	102.07	118.08	119.05	100.07	113.08
100 мМ	119.05	101.07	111.08	121.05	103.07	119.08	120.05	101.07	114.08
101 мМ	120.05	102.07	112.08	122.05	104.07	120.08	121.05	102.07	115.08
102 мМ	121.05	103.07	113.08	123.05	105.07	121.08	122.05	103.07	116.08
103 мМ	122.05	104.07	114.08	124.05	106.07	122.08	123.05	104.07	117.08
104 мМ	123.05	105.07	115.08	125.05	107.07	123.08	124.05	105.07	118.08
105 мМ	124.05	106.07	116.08	126.05	108.07	124.08	125.05	106.07	119.08
106 мМ	125.05	107.07	117.08	127.05	109.07	125.08	126.05	107.07	120.08
107 мМ	126.05	108.07	118.08	128.05	110.07	126.08	127.05	108.07	121.08
108 мМ	127.05	109.07	119.08	129.05	111.07	127.08	128.05	109.07	122.08
109 мМ	128.05	110.07	120.08	130.05	112.07	128.08	129.05	110.07	123.08
110 мМ	129.05	111.07	121.08	131.05	113.07	129.08	130.05	111.07	124.08
111 мМ	130.05	112.07	122.08	132.05	114.07	130.08	131.05	112.07	125.08
112 мМ	131.05	113.07	123.08	133.05	115.07	131.08	132.05	113.07	126.08
113 мМ	132.05	114.07	124.08	134.05	116.07	132.08	133.05	114.07	127.08
114 мМ	133.05	115.07	125.08	135.05	117.07	133.08	134.05	115.07	128.08
115 мМ	134.05	116.07	126.08	136.05	118.07	134.08	135.05	116.07	129.08
116 мМ	135.05	117.07	127.08	137.05	119.07	135.08	136.05	117.07	130.08
117									

НДЭМ pH 5,0	1 мМ	85,0	69,8	90,5	71,3	56,3	93,0	79,8	53,4	84,9
	2 мМ	87,6	20,0	73,0	77,5	23,5	75,4	68,4	6,0	62,5
	2,5 мМ	65,8	0	0	74,3	4,8	64,9	74,8	4,8	59,6
	3 мМ	63,4	0	0	64,3	0	0	50,0	0	0
KNCO pH 5,0	4 мМ	21,0	0	0	16,3	0	0	13,8	0	0
	10 мМ	86,0	67,0	103,7	82,7	64,5	109,7	86,0	65,2	91,6
	20 мМ	79,4	59,4	106,5	72,1	55,3	109,1	80,4	62,4	95,1
	40 мМ	86,4	65,0	102,5	74,2	55,3	106,0	84,8	61,2	88,8
НМБ pH 5,0	50 мМ	86,0	62,0	102,7	70,3	51,7	108,7	80,0	60,4	88,9
	0,5 мМ	87,2	66,0	103,6	82,0	62,7	103,4	87,4	66,8	93,0
	1 мМ	84,4	59,8	103,2	81,2	62,2	104,5	86,2	65,0	93,3
	1,5 мМ	83,0	60,0	102,9	77,0	55,8	105,4	89,0	64,4	93,0
НЦМ pH 7,0	0,1 мМ	90,6	73,8	109,2	80,2	60,7	103,3	76,8	61,2	92,3
	0,2 мМ	83,6	71,8	106,2	84,8	60,7	104,2	77,2	59,4	93,5
	0,3 мМ	88,6	76,4	105,9	90,0	62,2	104,9	81,4	62,2	90,0
	Контроль pH 7,0	85,8	76,2	107,0	84,3	63,8	107,9	84,8	70,2	94,9
Контроль pH 5,0	Контроль pH 5,0	90,6	78,4	112,3	86,5	62,0	113,9	88,5	69,0	94,3
	Контроль, дистиллированная вода	86,8	71,0	105,4	81,1	61,0	110,1	86,2	71,8	97,6

Таблица 3

Действие химических мутагенов на меристему первичных корешков яровой пшеницы

Мутаген, концентрация, рН	'Норрэна'			'Диамант'		
	Число просмот- ренных корней	% клеток (ана- и телофаз) с аберра- циями	Среднее число кле- ток с мик- роядрами на один корень	Число просмот- ренных корней	% клеток (ана- и телофаз) с аберра- циями	Среднее число кле- ток с мик- роядрами на один корень
Контроль, дистил- лированная вода	27	$3,0 \pm 0,3$	—	23	$5,8 \pm 0,4$	18,7
Контроль рН 7	29	$5,9 \pm 0,4$	7,8	22	$5,6 \pm 0,4$	16,2
Контроль рН 5	30	$6,0 \pm 0,4$	5,2	23	$2,8 \pm 0,3$	13,6
НДММ 2 мМ рН 5	21	$12,7 \pm 0,7$	12,6	34	$8,2 \pm 0,4$	53,2
НДММ 3 мМ рН 5	23	$13,0 \pm 0,7$	99,9	25	$11,1 \pm 0,6$	105,1
НДММ 2 мМ рН 7	20	$6,5 \pm 0,8$	—	14	$5,4 \pm 0,7$	9,3
НДММ 3 мМ рН 7	23	$8,7 \pm 0,5$	—	23	$3,4 \pm 0,4$	7,1
НДЭМ 2 мМ рН 5	28	$14,6 \pm 0,6$	31,5	22	$7,1 \pm 0,5$	34,8
НДЭМ 3 мМ рН 5	31	$15,9 \pm 0,6$	114,4	20	$10,5 \pm 0,8$	67,0
НДЭМ 2 мМ рН 7	27	$9,7 \pm 0,5$	1,0	20	$5,7 \pm 0,4$	12,1
НДЭМ 3 мМ рН 7	20	$12,8 \pm 0,6$	7,0	21	$4,2 \pm 0,4$	13,1
НЭМ 3 мМ рН 5	36	$15,3 \pm 0,6$	39,8	26	$10,8 \pm 0,6$	51,9
НЭМ 3 мМ рН 7	27	$11,6 \pm 0,6$	6,3	20	$5,4 \pm 0,5$	13,6

вора. Данные цитологического анализа митоза хорошо согласуются с результатами полевых исследований — увеличение частоты хромосомных аберраций и среднего числа микроядер на один корень коррелировало со снижением всхожести семян, подавлением роста растений и повышением числа погибших растений.

ЛИТЕРАТУРА

- Абрамов В. И., Серебряный А. М., Зоз Н. Н., 1972. К механизму мутагенного действия N-нитрозо-N-метилмочевины. Цитогенетический эффект изоцианата калия. Цитология и генетика 6 (6) : 525—528.
- Гриних Л. И., 1971. Влияние условий обработки на эффективность мутагенного действия этилметансульфоната у *Crepis capillaris*. В кн.: Теория химического мутагенеза. М. : 48—54.
- Зоз Н. Н., Серебряный А. М., Бабаев М. Ш., Григорова Н. В., Прийлинн О. Я., Шнайдер Т. М., Вяльяотс А. Ю., Пярди Ю., 1974. Изучение механизма мутагенного действия N-нитрозо-N-алкилмочевин. VI. Зависимость цитогенетической активности новых N-нитрозо-N-алкилмочевин от рН раствора. В кн.: Успехи химического мутагенеза в селекции. М. : 86—96.
- Heddle J. A., 1973. A rapid *in vivo* test for chromosomal damage. Mutation research 18 (2) : 187—190.
- Hess R., Langauer M., Rathenberg R., Strasser F., Müller D., 1973. Evaluation of "micronucleus test" in comparison with chromosome studies on germ cells and on somatic cells of Chinese hamsters treated with cyclophosphamide. Mutation research 21 (1) : 36.

Институт экспериментальной биологии
Академии наук Эстонской ССР

Поступила в редакцию
12/III 1974

Oskar PRIILINN, Alli VÄLJAOTS, Tamara SNAIDER, Juta PÄRDI

N-NITROSO-N-ALKÜÜLKARBAMIIDIDE FÜSIOLOOGILISEST JA TSÜTOGENEETILISEST TOIMEST NISULE

Resümee

Seemnete töötlemiseks kasutati erinevates kontsentratsioonides ja erineva pH juures seitset erinevat mutageeni, milleks olid nitrosodimetüülkarbamiid (NDMK), nitrosodietüülkarbamiid (NDEK), nitrosometüülkarbamiid (NMK), nitrosoetüülkarbamiid (NEK), kaaliimsüanaat (KNCO), nitrosometüülbiureet (NMB) ja nitrosotsüaankarbamiid (NCK). Tehti kindlaks, et mutageenide NDMK, NDEK, NMK ja NEK lahuste kontsentratsiooni tõustes ja keskkonna happesuse suurenedes (pH 5,0) langes seemnete idanevus, pidurdus taime areng, lühenes pikkus ja üleelamine. Kõnesolevate mutageenide füsioloogilise ja tsütotoksilise toime kohta olemasolevad tsütoloogilise analüüsi andmed langevad hästi kokku põldkatsete tulemustega: mutageeni kontsentratsiooni ja keskkonna pH suurenemisel täheldati kromosoomaberratsioonide sageduse ja mikrotoumadega rakude keskmise arvu suurenemist ühe juure kohta.

Eesti NSV Teaduste Akadeemia
Eksperimentaalbioloogia Instituut

Toimetusele saabunud
12. III 1974

Oskar PRIILINN, Alli VÄLJAOTS, Tamara SHNAIDER, Juta PÄRDI

THE PHYSIOLOGICAL AND CYTOGENETICAL EFFECTS OF THE N-NITROSO-N-ALKYLUREAS ON WHEAT

Summary

The physiological and cytogenetical effects of the nitrosocompounds on the spring wheat varieties 'Norrena', 'Diamant' and 'Leningradka' were investigated. In experiments the number of mutagens (NDMU, NDEU, NMU, NEU, KNCO, NMB and NCU) in various concentrations and with different values of pH were used.

The studies indicated that an increasing concentration of mutagen (NDMU, NDEU, NMU, NEU) solution with a higher acidity (pH 5) of the treatment medium resulted in decreased field germination of seeds, delayed growth and development of plants and inhibited survival and height of plants. As to the physiological and cytotoxic effects of the mentioned mutagens, the data of the cytological analysis and the results of the field experiments are in good agreement — the increase in the mutagen concentration and acidity of the medium associated with an increased frequency of chromosomal disturbances and an increase in the mean value of the micronuclei per root tip.

Academy of Sciences of the Estonian SSR,
Institute of Experimental Biology

Received
March 12, 1974