

УДК 632.952:576.356:633.16

Т. Е. Копытчук, аспирант,

А. Л. Сечняк, к.б.н., доцент

Одесский национальный университет имени И. И. Мечникова, кафедра генетики и молекулярной биологии, ул. Дворянская, 2, Одесса, 65082, Украина
e-mail: tatyana_kopytchuk@i.ua, sechnyak@ukr.net

ЦИТОГЕНЕТИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ ФУНГИЦИДОВ В КОРНЕВОЙ МЕРИСТЕМЕ ЯЧМЕНЯ

Изучали воздействие фунгицидов нового поколения Амистар Экстра и Альто Супер на проростки ярового ячменя. Показано достоверное снижение всхожести семян всех сортов пропорционально концентрации препаратов фунгицидов. Наиболее чувствительным оказался сорт Гелиос, а наиболее толерантным – сорт Сталкер. Препарат Альто Супер меньше нарушал митоз в корневой меристеме, чем препарат Амистар Экстра. Наименьшую частоту нормальных анафаз продемонстрировали сорта Сталкер и Эней. Сорта различались по спектру аномальных анафаз под воздействием фунгицидов. В корневой меристеме проростков сорта Эней преобладали клетки с отставаниями хромосом в анафазе, а у сорта Сталкер – с мостами и с фрагментами. У других сортов это зависело от сочетания сорта и препарата.

Ключевые слова: фунгициды, ячмень, всхожесть, корневая меристема, анафазный тест.

Пестициды широко используются в сельскохозяйственном производстве, чтобы свести к минимуму потери от вредителей и болезней. Однако их применение связано со значительным риском для здоровья человека [12]. Широкое применение пестицидов привело ко многим побочным эффектам, включая мутагенные и / или канцерогенные эффекты у растений, животных и человека [13]. Доказательства, накопленные в течение последних двух десятилетий, показали, что многие из пестицидов имеют мутагенные эффекты и способны индуцировать хромосомные аберрации или повреждение ДНК в клетках разных организмов [8, 17, 24, 25]. Опасность пестицидов часто обусловлена не непосредственным контактом с ними, а способностью пестицидов накапливаться в пище до токсического уровня [12]. В экспериментах *in vitro* [23] с лимфоцитами человека обнаружены мутагенные эффекты фунгицида **Thiram** (тетраметилтиурамдисульфид), при обработке в концентрациях, сопоставимых с остаточными количествами, обнаруженными в некоторых фруктах и овощах в Италии. В связи с этим, огромное внимание уделяется загрязнению окружающей среды пестицидами. Высшие растения представляют собой ценные системы генетического анализа для скрининга и мониторинга загрязнителей окружающей среды [14, 20]. Исследования генотоксичности пестицидов с применением модельных растений являются относительно недорогими, быстрыми

и дают надежные результаты. Тест с использованием *Allium cepa* L. широко используется для оценки генетического риска интегрированных воздействий различных химических веществ [7, 18, 31].

Не менее важной проблемой остается способность пестицидов, в частности фунгицидов, влиять на генетический аппарат объектов защиты – обрабатываемых растений сельскохозяйственных культур [9]. В исследованиях, посвященных изучению цитогенетической активности фунгицидов Витавакс (5,6-дигидро-2-метил-1,4-оксатиин-3-карбоксамил) и Топсин-Метил 70 ВП (тиофаиатметил) на растениях ячменя, обнаружены многочисленные нарушения структуры хроматид и хромосом в результате метафазного анализа хромосомных аберраций в клетках корневой меристемы. Кроме того, выявлена закономерность возрастания числа аберраций в зависимости от количества обработок и временного интервала между ними [22].

Цитогенетические эффекты фунгицидов выявлены также при изучении действия препаратов Нимрод (бупиримат) и Рибигон-4 (фенаримол) на клетки корневой меристемы *Vicia faba*. Обработка с использованием различных концентраций препаратов и экспозиций приводила к множественным хромосомным нарушениям и имела генотоксический эффект. Среди аномалий наблюдались клетки с отставаниями хромосом, двуядерные клетки, К-митозы, слипание хромосом. Выяснилось, что на частоту аберраций влияет не только концентрация фунгицидов, но и продолжительность обработки препаратами [26]. Подобные цитогенетические эффекты фунгицида Ridomil Gold Plus 42,5 WP (манкоцеб + мефеноксам) были выявлены в корневой меристеме *A. cepa* L. Помимо снижения митотического индекса, с высокой частотой наблюдали слипание хромосом, отставания хромосом в анафазе и многополюсный митоз, а также нарушения конденсации хромосом и инактивацию веретена деления [28].

Появившиеся в последнее время фунгициды представляются производителями как менее вредные. В связи с этим, целью работы было изучение возможной цитогенетической активности современных фунгицидов, зарегистрированных для применения в Украине – Амистар Экстра и Альто Супер в отношении клеток корневой меристемы различных сортов ячменя.

Материалы и методы исследования

Материалом исследований служили сорта ярового ячменя Галактик, Эней, Водограй, Сталкер и Гелиос, созданные в Селекционно-генетическом институте – Национальном центре семеноведения и сортоизучения.

Амистар Экстра и Альто Супер – системные комбинированные фунгициды для защиты зерновых колосовых культур от комплекса болезней листьев и колоса. Большая часть действующих веществ поглощается ассимилирующими частями растения в течение 1 часа и распространяется акропетально по ксилеме растения, с этого момента начинается воздействие препарата на возбудителя болезни. Действующие вещества препарата Амистар Экстра – азоксистро-

бин + ципроконазол, 200 + 80 г/л. Класс опасности – 2. Действующие вещества препарата Альто Супер – пропиконазол + ципроконазол, 250 + 80 г/л. Класс опасности – 3. Запрещено применение фунгицидов в санитарной зоне вокруг рыбохозяйственных водоемов [6].

Оценивали влияние препаратов на лабораторную всхожесть семян и на регулярность митоза в корневой меристеме проростков.

Лабораторную всхожесть оценивали, проращивая в чашках Петри по 20 семян в 5-ти кратной повторности для каждого варианта опыта. Для оценки всхожести семена проращивали в растворах фунгицида в разбавлении 1 : 4, 1 : 8 и 1 : 16 от рабочей концентрации препаратов. Концентрации рабочих растворов соответствуют соотношениям: 1,6 мл препарата Амистар Экстра на 10 мл воды; 0,5 мл препарата Альто Супер на 10 мл воды [3]. В качестве контроля использовали дистиллированную воду. Влияние препарата на корневую меристему оценивали при помощи анафазного метода [2]. Семена проращивали, чередуя тепло и холод, фиксировали и окрашивали 1 % ацетокармином, для цитологического анализа готовили давленые препараты. Статистическую обработку проводили в соответствии с критерием Стьюдента [4], а также используя двухфакторный дисперсионный анализ без повторений [5] после предварительного преобразования процентной оценки по формуле: $\varphi = 2 \arcsin \sqrt{p}$.

Результаты и обсуждение

В результате действия обоих препаратов на прорастающие семена ячменя наблюдалось высоко достоверное снижение всхожести ($P \leq 0,001$) семян всех сортов, при этом, чем выше была концентрация препарата, тем сильнее угнеталось прорастание семян (табл. 1).

Таблица 1

Лабораторная всхожесть семян ярового ячменя при обработке фунгицидами

Сорт	Контроль	Фунгицид и варианты его разбавления					
		Амистар Экстра (азоксистробин + ципроконазол, 200 + 80 г/л)			Альто Супер (пропиконазол + ципроконазол, 250 + 80 г/л)		
		1: 16	1: 8	1: 4	1: 16	1: 8	1: 4
Галактик	97,0±1,7	27,0±4,4	19,0±3,9	11,0±3,1	26,0±4,4	18,0±3,8	11,0±3,1
Эней	96,0±2,0	32,0±4,7	23,0±4,2	12,0±3,2	35,0±4,8	27,0±4,4	19,0±3,9
Водограй	98,0±2,2	22,0±4,1	14,0±3,5	7,0±2,6	39,0±4,9	31,0±4,6	24,0±4,3
Сталкер	93,0±2,6	25,0±4,3	16,0±3,7	10,0±3,0	48,0±5,0	34,0±4,7	41,0±4,9
Гелиос	92,0±2,7	11,0±3,1	6,0±2,4	3,0±1,7	17,0±3,8	13,0±3,4	7,0±2,6

Дисперсионний аналіз оцінки впливу фунгіцидів на проростаючі зерна ячменя показав, що препарат Альто Супер діяв трохи м'якше, ніж Амистар Екстра. Проявилися також відмінності сортів у реакції на дію фунгіцидних препаратів. У найменшій ступені знижувалася всхожість сорту Сталкер, сорту Водограй, Эней і Галактик продемонстрували проміжні значення зниження всхожості зерен, а в найбільшій ступені знизилася всхожість зерен сорту Геліос (табл. 2).

Таблиця 2

**Дисперсионний аналіз лабораторної всхожості зерен ячменя
під впливом фунгіцидів Амистар Екстра і Альто Супер**

Варіювання	SS	df	mS	F	F _{табл} при p≤0,01
Обще	16,28	34	–	–	–
Между сортами	0,84	4	0,21	10,50	4,22
Между препаратами	14,94	6	2,49	124,5	3,67
Остаточное	0,50	24	0,02	–	–

Відмінності у всхожості зерен під впливом фунгіцидів може бути обумовлено різною проникністю покривів зерновки і проростка або функціонуванням ферментативних систем, які забезпечують руйнування проникаючих токсичних речовин. Однак найважливішим ланкою механізму угнетення всхожості зерен є подавлення митотическої активності в результаті впливу пестицидів. В частині, при оцінці впливу фунгіцидів попередніх поколінь – Дитан (манкоцеб) і Denmart (S-4-test butyl-benzyl N-3 pyridyle) – на кореневу меристему *A. cerea* виявлено їх здатність інгібувати митотическу активність меристематических клітин більше ніж в два рази [9]. Зниження митотическої активності залежить від дози препарату. Значення митотического індексу поступово знизалося з збільшенням концентрації фунгіцидів і часу обробки. При цьому препарат Дитан інгібує митоз не пізніше початку профазы, в той час як Denmart не впливав на частоту профаз, однак суттєво знизав частоту анафаз і телофаз, що вказує на дію препарату на більш пізніх стадіях митоза. Вероятно, дію останнього пов'язано з впливом на апарат веретена, в той час як застосування першого препарату пов'язано з подавленням синтезу ДНК. Об інгібуванні митоза в зв'язі з дією на синтез ДНК повідомляється в ряду робіт [11, 16]. В частині, зменшення вмісту 2с ДНК у *A. cerea* пов'язують з встраюванням фосфорорганіческих пестицидів і триазолів в подвійну спіраль ДНК, в результаті чого синтез ДНК подавляється [30]. Це інгібування може бути пов'язано або з блокуванням стадії G1, що по-

давляет подготовку к синтезу ДНК [10], или с блокированием стадии G2, что препятствует вхождению клетки в митоз [26].

Для исследования цитогенетических последствий воздействия препаратов Амистар Экстра и Альто Супер остановились на разведении 1 : 8 от рабочей концентрации препаратов. Это дало возможность получить достаточную выборку для цитологического исследования и, вместе с тем, не очень сильно снижало концентрацию действующего вещества.

Применение препаратов приводило к достоверному снижению частоты нормальных анафаз (рис. 1а, табл. 3).

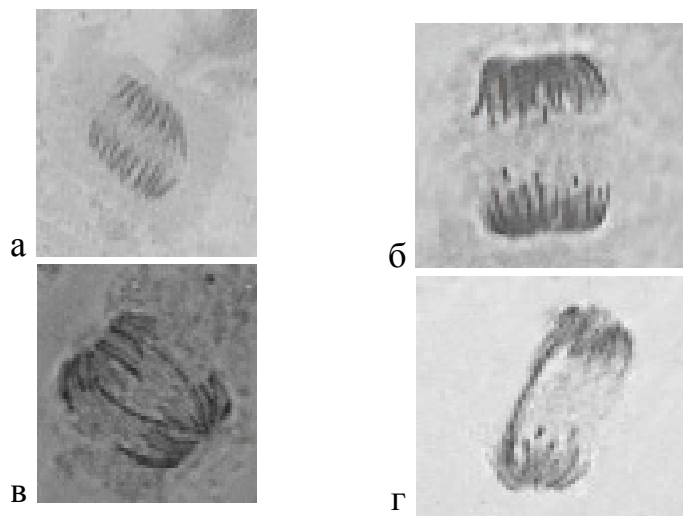


Рис. 1. Нормальная (а) аномальные анафазы. Объектив $\times 40$, окуляр $\times 10$: б) анафаза с тремя фрагментами; в) анафаза с двумя мостами; г) анафаза с мостом и фрагментами

Дисперсионный анализ показал, что различия достоверны как между вариантами обработки препаратами, так и между сортами. Частота нормальных анафаз при обработке препаратом Альто Супер была более высокой, чем при обработке Амистар Экстра. Наименьшую частоту нормальных анафаз продемонстрировали сорта Сталкер и Эней, у остальных трех сортов ячменя частота нормальных анафаз была достоверно большей. Обращает на себя внимание, что лучшая всхожесть семян была у сорта Сталкер, вероятно, поэтому была и лучше выживаемость клеток с хромосомными aberrациями. Напротив, у сорта Гелиос всхожесть семян была наименьшей, вместе с тем частота нормальных анафаз у него была выше, чем у сортов Сталкер и Эней. Видимо, это связано с более высокой степенью гибели клеток с хромосомными aberrациями (табл. 4).

Таблиця 3

Влияние обработки фунгицидами Амистар Экстра и Альто Супер на частоту (%) возникновения хромосомных aberrаций в корневой меристеме ячменя

Сорт	Вариант опыта	Анафазы			
		нормальные	с отставаниями хромосом	с мостами	с фрагментами
Галактик	Контроль, n=391	91,3±1,4	2,0±0,7	3,1±0,9	3,6±0,9
	Амистар Экстра, n=385	64,9±2,4	15,6±1,8	7,2±1,3	12,2±1,7
	Альто Супер, n=422	84,8±1,7	7,6±1,3	5,0±1,1	2,6±0,8
Эней	Контроль, n=412	82,5±1,9	8,5±1,4	6,3±1,2	2,7±0,8
	Амистар Экстра, n=452	57,1±2,3	26,8±2,1	8,8±1,3	7,4±1,2
	Альто Супер, n=376	61,2±2,5	20,7±2,1	12,5±1,7	5,6±1,2
Водограй	Контроль, n=410	91,2±1,4	2,7±0,8	3,4±0,9	2,7±0,8
	Амистар Экстра, n=431	79,4±2,1	13,5±1,6	4,4±1,0	2,8±0,8
	Альто Супер, n=373	72,7±2,3	13,7±1,8	6,2±1,2	7,5±1,4
Сталкер	Контроль, n=382	90,3±1,5	2,9±0,9	4,5±1,1	2,4±0,8
	Амистар Экстра, n=369	55,6±2,6	22,5±2,2	11,7±1,7	10,3±1,6
	Альто Супер, n=393	54,2±2,5	16,5±1,9	14,8±1,8	14,5±1,8
Гелиос	Контроль, n=405	90,6±1,5	2,2±0,7	5,2±1,1	2,0±0,7
	Амистар Экстра, n=431	61,5±2,3	16,9±1,8	11,1±1,5	10,4±1,5
	Альто Супер, n=378	83,1±1,9	9,0±1,5	4,0±1,0	4,0±1,0

Как известно, основными группами аномалий митоза являются нарушения, связанные с повреждением хромосом, митотического аппарата, а также нарушения цитотомии [1]. В нашем исследовании среди аномалий в анафазе митоза наблюдали клетки с отстающими хромосомами (нарушение функции митотического аппарата), а также клетки с мостами и с фрагментами (следствие повреждения хромосом) (рис. 1б-г).

Частота клеток с отстающими хромосомами колебалась от 13,5 до 26,8 % при обработке фунгицидом Амистар Экстра и от 7,6 до 20,7 % при обработке Альто Супер. Однако достоверных отличий между препаратами по частоте анафаз с отставаниями хромосом не выявлено. Вместе с тем, в корневой меристеме проростков сорта Эней при обоих вариантах обработки наблюдалось наибольшее

количество клеток с отставаниями хромосом в анафазе. Аналогичная картина наблюдалась и в отношении аномалий, связанных с хромосомными перестройками. Хотя не выявлено достоверных различий по суммарной частоте анафаз с мостами и с фрагментами ни между препаратами, ни между сортами, однако в корневой меристеме проростков сорта Сталкер наблюдалось максимальное количество анафаз с мостами и с фрагментами.

Таблица 4

Дисперсионный анализ частоты нормальных анафаз в корневой меристеме ячменя под воздействием фунгицидов Амистар Экстра и Альто Супер

Варьирование	SS	df	mS	F	F _{табл.} при p≤0,05
Общее	1,615	14	–	–	–
Между сортами	0,327	4	0,082	2,56	3,475
Между препаратами	1,032	2	0,516	16,13	3,399
Остаточное	0,256	8	0,032	–	–

Выявлены также особенности реакции различных сортов на фунгициды. У сортов Эней и Сталкер число анафаз с мостами и с фрагментами при обработке обоими препаратами было сопоставимым. Сорта Гелиос и Галактик при обработке препаратом Амистар Экстра в корневой меристеме имели значительно больше анафаз с мостами и с фрагментами, чем при обработке препаратом Альто Супер. Кроме того, у сорта Эней среди аномальных анафаз преобладали клетки с отставаниями хромосом, в то время как у сорта Сталкер (при обработке фунгицидом Альто Супер) и у сортов Гелиос и Галактик (при обработке фунгицидом Амистар Экстра) чаще наблюдали мосты и фрагменты.

Мутагенное действие пестицидов в целом и фунгицидов в частности, было неоднократно подтверждено многочисленными исследованиями, которые проводились на меристеме ячменя [25, 29], лука [21, 27, 28], садовых бобов [19, 26], маша черного [15]. Результаты, полученные при изучении фунгицидных препаратов нового поколения, согласуются с ранее опубликованными данными о том, что в зависимости от концентрации и продолжительности воздействия фунгициды способны проявлять мутагенную активность, изменяя структуру хромосом, а также течение митоза.

Выводы

1. Под воздействием исследованных фунгицидов высоко достоверно ($p \leq 0,01$) и прямо пропорционально концентрации препаратов снижается всхожесть семян всех сортов. Наиболее чувствительным оказался сорт Гелиос (при наибольшей концентрации препаратов всхожесть составляла 3,3–7,5 % от контроля), а наиболее толерантным – сорт Сталкер (10,8–44,1 % от контроля).

2. Препарат Альто Супер меньше нарушал митоз в корневой меристеме, чем препарат Амистар Экстра. Наименьшую частоту нормальных анафаз продемонстрировали сорта Сталкер и Эней.

3. Сорта различались по спектру аномальных анафаз под воздействием фунгицидов. В корневой меристеме проростков сорта Эней преобладали клетки с отстаиваниями хромосом в анафазе, а у сорта Сталкер – с мостами и с фрагментами. У других сортов это зависело от сочетания сорта и препарата.

Список использованной литературы

1. Алов И. А. Цитофизиология и патология митоза / И. А. Алов. – Москва: Мир, 1972. – 214 с.
2. Гостимский С. А. Практикум по цитогенетике / С. А. Гостимский, М. И. Дьякова, Е. В. Ивановская, М. А. Монахова. – Москва: Изд-во МГУ, 1974. – 172 с.
3. Официальный сайт производителя // Регламенты применения фунгицидов – Электронный ресурс. – Режим доступа: <http://www3.syngenta.com>
4. Рокицкий П. Ф. Биологическая статистика / П. Ф. Рокицкий. – Минск: Вышэйшая школа, 1973. – 319 с.
5. Седловский А. И. Генетико-статистические подходы к теории селекции самоопыляющихся культур / А. И. Седловский, С. П. Мартынов, Л. К. Мамонов. – Алма-Ата: Наука, 1982. – 200 с.
6. Справочник «Средства защиты растений». – Электронный ресурс. – Режим доступа: <http://www.agro-sp.ru/info>
7. Asita A. O. Genotoxicity of hormoban and seven other pesticides to onion root tip meristematic cells / A. O. Asita, L. P. Matebesi // Afr. J. Biotechnol. – 2010. – V. 9, № 27. – P. 4225–4232.
8. Asya D. Cytotoxic and Genotoxic Effects of Diphenyl-ether Herbicide GOAL (Oxyfluorfen) using the *Allium cepa* test / D. Asya, K. Vanya, H. Nurzhihan, S. Stoicho // Res. J. Mutag. – 2012. – V. 2, № 1. – P. 1–9.
9. Badr A. Cytogenetic activities of some fungicides / A. Badr // Cytologia (Tokyo). – 1988 – V. 53, № 4. – P. 635–640.
10. Bell S. L. Studies of the herbicide "paraquat" I. Effects of cell cycles and DNA synthesis in *Vicia faba* / S. L. Bell, O. J. Schwarz, K. W. Hughes // Can. J. Genet. Cytol. – 1976. – V. 18, № 1. – P. 93–99.
11. Chand S. Effect of herbicide 2, 4-dinitrophenol on mitosis, DNA, RNA and protein synthesis in *Nigella sativa* L. / S. Chand, S. C. Roy // Biologia Plantarum. – 1981. – V. 23, № 3. – P. 198–202.
12. Ergonen A. T. Pesticides use among greenhouse works in Turkey / A. T. Ergonen, S. Salacin, H. Ozdemir // J. Clin. Foren. Med. – 2005. – V. 12, № 4. – P. 205–208.
13. Gopalan H. N. Ecosystem health and human wellbeing: the mission of the international programme on plant bioassays / H. N. Gopalan // Mutat. Res. – 1999. – V. 426, № 2. – P. 99–102.
14. Grant W. F. *Zea mays* assays of chemical/radiation genotoxicity for the study of environmental mutagens / W. F. Grant, E. T. Owens // Mutat. Res. – 2006. – V. 613, № 1. – P. 17–64.
15. Maity S. K. Effects of Dithane M-45 (a fungicide) on root meristem of *Vigna mungo* (L.) Hepper / S. K. Maity // International Journal of Advanced Research in Engineering and Applied Sciences. – 2014. – V. 3, № 4. – Электронный ресурс. – Режим доступа: www.garph.co.uk
16. Mohandas T. Cytogenetic effects of 2,4-d and amitrole in relation to nuclear volume and DNA content in some higher plants / T. Mohandas, W. F. Grant // Canadian Journal of Genetics and Cytology. – 1972. – V. 14, № 4. – P. 773–783.
17. Mossa A.-T.H. Adverse haematological and biochemical effects of certain formulated insecticides in male rats / A.-T. H. Mossa, M. Abbassy // Res. J. Environ. Toxicol. – 2012. – V. 6, № 4. – P. 160–168.
18. Mustafa Y. Genotoxicity testing of quizalofop-P-ethyl herbicide using the *Allium cepa* anaphase-telophase chromosome aberration assay / Y. Mustafa, E. S. Arkan // Caryologia. – 2008. – V. 61, № 1. – P. 45–52.
19. Pandey R. M. Cytotoxic effects of pesticides in somatic cells of *Vicia faba* L. / R. M. Pandey // Цитология и генетика. – 2008. – Т. 42, № 6. – С. 13–18.
20. Pesnya D. S., Romanovsky A. V. Comparison of cytotoxic and genotoxic effects of plutonium-239 alpha particles and mobile phone GSM 900 radiation in the *Allium cepa* test / D. S. Pesnya, A. V. Romanovsky // Mutat. Res. – 2013. – V. 750, № 1. – P. 27–33.
21. Pulate P. V. Cytogenetic effect of systemic fungicide Calixin on root meristem cells of *Allium cepa* L. / P. V. Pulate, J. L. Tarar // Int. J. of Life Sciences. – 2014. – V. 2, № 4. – P. 341–345.

22. Puzstai T. Chromosomal aberrations and chlorophyll mutations induced by some pesticides in barley / T. Puzstai // Acta Bot. Hungarica – 1993 – V. 29, № 1–2 – P. 55–66.
23. Santovito A. Chromosomal aberration in cultured human lymphocytes treated with the fungicide Thiram / A. Santovito, P. Cervella, M. Delpero // Drug Chemotoxicol. – 2012. – V. 35, № 3. – P. 347–351.
24. Sibhghatulla S. Dichlorophen and Dichlorovos mediated genotoxic and cytotoxic assessment on root meristem cells of *Allium cepa* / S. Sibhghatulla, N. Nazia, I. Mohammad, A. Waseem // Sci. Diliman. – 2012. – V. 24, № 1. – P. 13–22.
25. Singh P. Comparative sensitivity of barely (*Hordeum vulgare* L.) to insecticide and fungicide on different stages of cell cycle / P. Singh // Pesticide Biochem. Physiol. – 2007. – V. 89, № 3. – P. 216–219.
26. Shahin S. A. Introduction of numerical chromosomal aberrations during DNA synthesis using the fungicides Nimrod and Rubigan 4 in root tips of *Vicia faba* L. / S. A. Shahin, K. H. Ammodi // Mut. Res. 1991 – V. 261, № 3. – P. 169–176.
27. Somashekar R. K. Effects of fungicide Vitavax on *Allium cepa* / R. K. Somashekar, M. T. G. Gowda // Cytologia (Tokyo). – 1984 – V. 49, № 1. – P. 177–181.
28. Şuçan N. A. Evaluation of cytotoxic and genotoxic potential of the fungicide Ridomil in *Allium cepa* L. / N. A. Şuçan, A. Popescu, C. Mihăescu, L. C. Soare, M. V. Marinescu // Analele Ştiinţifice ale Universităţii „Al. I. Cuza” Iaşi s. II a. Biologie vegetală. – 2014. – V. 60, № 1. – P. 5–12.
29. Tulay A. Cytogenic effects of some fungicides on barley root tip meristem cells / A. Tulay // Pakistan journal of biological sciences. – 2006. – V. 9, № 13. – P. 2508–2511.
30. Turkoglu S. Determination of genotoxic effects of chlorfenvinphos and fenbuconazolein *Allium cepa* root cells by mitotic activity, chromosome aberration, DNA content, and comet assay / S. Turkoglu // Pesticide Biochemistry and Physiology. – 2012. – V. 103, № 3. – P. 224–230.
31. Yuzbasioğlu D. F. Genotoxic effects of herbicide Illoxan (Diclofop-Methyl) on *Allium cepa* L. / D. F. Yuzbasioğlu, C. Unal, K. Sanca // Turk. J. Biol. – 2009. – V. 4, № 33. – P. 283–290.

Стаття надійшла _____

Т. Є. Копитчук, О. Л. Січняк

Одеський національний університет імені І. І. Мечникова,
кафедра генетики та молекулярної біології,
вул. Дворянська, 2, Одеса, 65082, Україна

ЦИТОГЕНЕТИЧНІ ЕФЕКТИ ФУНГІЦИДІВ У КОРЕНЕВІЙ МЕРИСТЕМІ ЯЧМЕНЮ

Резюме

Вивчали вплив фунгіцидів нового покоління Амістар Екстра і Альто Супер на проростки ярого ячменю. Показано достовірне зниження схожості насіння всіх сортів пропорційно концентрації препаратів фунгіцидів. Найбільш чутливим виявився сорт Геліос, а найбільш толерантним – сорт Сталкер. Препарат Альто Супер менше порушував мітоз у кореневій меристемі, ніж препарат Амістар Екстра. Найменшу частоту нормальних анафаз продемонстрували сорти Сталкер і Еней. Сорти розрізнялися за спектром аномальних анафаз під впливом фунгіцидів. У кореневій меристемі проростків сорту Еней переважають клітини з відставаннями хромосом в анафазі, а у сорту Сталкер – з мостами і з фрагментами. У інших сортів це залежало від поєднання сорту і препарату.

Ключові слова: фунгіциди, ячмінь, схожість, коренева меристема, анафазний тест.

T. E. Kopytchuk, A. L. Sechnyak

Odesa National Mechnykov University,
Department of Genetics and Molecular Biology,
2, Dvoryanska str., Odesa, 65082, Ukraine

CYTOGENETIC EFFECTS OF FUNGICIDES IN ROOT MERISTEM OF BARLEY

Summary

We studied the impact of fungicides a new generation of Amistar Extra`s and Alto Super on plantlets of spring barley. It is shown reliable decrease germinating capacity of seeds all grades proportional to the concentration of preparations fungicides. The most sensitive turned out to be cultivar Helios, and the most tolerant – cultivar Stalker. The drug is Alto Super less than the violated the mitosis in the root meristem, than the drug Amistar Extra`s. The smallest the frequency of normal anaphases demonstrated the varieties Stalker and Eney. Sorts differed over the spectrum of anomalous anaphases under the influence of fungicides. In the root meristem of seedlings varieties Eney prevailed cells with a lag of chromosomes in anaphase, and at varieties Stalker – with bridges and with fragments of. Do other varieties it depended on the combination of varieties and of the drug.

Keywords: fungicides, barley, germination, root meristem, anaphase test.