

**УДК 502.5:576.353**

## **ИССЛЕДОВАНИЕ СОВМЕСТНОГО ДЕЙСТВИЯ ОСТАТОЧНЫХ КОЛИЧЕСТВ ПЕСТИЦИДОВ И ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ НА ЧАСТОТУ МУТИРОВАНИЯ КЛЕТОК КОРНЕВОЙ МЕРИСТЕМЫ *ALLIUM SEPA* L.**

*Ибрагимова Э.Э.*

*Республиканское высшее учебное заведение «Крымский инженерно-педагогический университет», Симферополь, Республика Крым, Россия  
E-mail: evelina\_biol@mail.ru*

В статье приведены результаты исследования совместного действия остаточных количеств пестицидов и тяжелых металлов на частоту мутирования клеток корневой меристемы *Allium sepa* L. Установлено, что тяжелые металлы в высоких концентрациях совместно с остаточными количествами пестицидов вызывают выраженное негативное цитогенетическое действие на тест-систему *Allium sepa*. Тестируемые поллютанты проявляют большую способность вызывать нарушения митоза, связанные с повреждением митотического аппарата, чем нарушения, связанные с повреждением и нарушением структуры хромосом.

**Ключевые слова:** тяжелые металлы, остаточные количества пестицидов, хромосомные нарушения, *Allium sepa* L.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Использование пестицидов в сельском хозяйстве имеет регулярный характер, в силу чего приобретает все более широкие масштабы. Систематическое использование этих веществ может привести к загрязнению и последующей деградации почв сельскохозяйственных угодий [1]. В связи с этим сельскохозяйственное производство стало одним из основных загрязнителей окружающей среды [2]. Беспокойство общественности вызывает возможность загрязнения почв [3], воды [4], растений [5, 6], в том числе урожая и продуктов его переработки [7, 8] остаточными количествами пестицидов, поскольку установлено, что только некоторая часть пестицидов поглощается растительностью, большая же часть из загрязненной почвы выносится с поверхностным и грунтовым стоком, загрязняя водоисточники [9]. Проблема применения пестицидов также обостряется в результате того, что основной ассортимент пестицидов, представленных на рынке, относится к веществам импортного производства [10], на которые отсутствуют паспортные данные об экологической и генетической опасности. По данным Пилинской М.А. [11], из 407 проверенных на мутагенность пестицидов, генетическая активность зафиксирована у 263 соединений, независимо от числа используемых тест-систем и частоты совпадений положительных результатов. Несмотря на это, отказаться от использования пестицидов невозможно, так как, их исключение из сельскохозяйственной практики приведет к уменьшению урожая в 2

раза и возрастанию цены на продукцию на 100–300% [12]. В связи с этим, сельское хозяйство должно рассматриваться в тесной связи с качеством окружающей среды [13] для чего необходимо проводить изучение токсического действия пестицидов на биоту. Для определения механизмов токсического действия пестицидов на организм того или иного вида, важно исследовать влияние этих соединений на функционирование ядерного аппарата клетки и частоту мутирования в нем. В частности, установлено отрицательное генетическое действие на семена сельскохозяйственных культур дильдрин, ДДТ [14], 2,4-Д [15], хлорсульфурона [16], атразина и глифосата [17], прометрина [18], раундепа [19], титуса [20] и других препаратов [21-23], о чем свидетельствует достоверное увеличение частоты разных типов хромосомных aberrаций и достоверное снижение митотического индекса.

В литературе имеются сведения, что пестициды, как мутагены сами по себе, могут вступать в соединение с другими мутагенами, образуя сложные, более токсичные комплексы, создающие дополнительный мутагенный фон [24]. В связи с этим изучалось цитогенетическое действие солей марганца и цинка с гербицидом 2М–4ХП [25]. Известно, что 2,4-дихлорфеноксиуксусная кислота и ее натриевая соль проявляют незначительную мутагенную активность [26]. Однако при совместном действии выше названных веществ мутагенный эффект в корешках *Vicia faba* значительно превышал мутагенный эффект действия этих веществ в отдельности. Следовательно, большое количество используемых в сельскохозяйственном производстве препаратов оказывают цитогенетическое действие на культурные растения. Однако вопрос совместного действия различных поллютантов антропогенного происхождения остается малоизученным. В связи с этим целью наших исследований явилось изучение комплексного воздействия тяжелых металлов и остаточных количеств пестицидов, содержащихся в почвах агроценозов, расположенных вдоль автострад, на частоту мутирования клеток корневой меристемы лука.

#### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Нами был проведен анализ загрязнения сельскохозяйственных почв Крыма остаточными количествами пестицидов (байлетон, БИ-58, инсегар) и тяжелыми металлами (медь, цинк, свинец). Для исследования были выбраны следующие территории, расположенные вдоль автотрасс с различной интенсивностью движения: I – Бахчисарайский район (с. Брянское) – низкая интенсивность движения, II – пригородная зона г. Алушты – средняя загруженность, III – Симферопольский район (с. Кольчугино) – высокая интенсивность движения автотранспорта. Методы определения тяжелых металлов (ГМ) и остаточных количеств пестицидов (ОКП), а также их содержание описаны в предыдущей публикации [27]. Контролем служили почвенные образцы с территорий, находящихся на значительном расстоянии от техногенных источников, в качестве фоновых (Ф) использовались образцы почв придорожной зоны автотрасс с интенсивным движением автотранспорта. В исследованных почвенных образцах сельскохозяйственных угодий обнаружены ОКП (байлетон, БИ-58, инсегар) в

количествах ниже ПДК, ТМ (свинец и медь) – выше ПДК. Содержание ТМ в почвах: Симферопольский район > Алушта > Бахчисарайский район > Фон. В фоновых образцах концентрация ТМ – в пределах ПДК.

Для скрининга цитогенетической активности совместного действия ТМ и ОКП использовали модифицированный Allium-тест, дающий возможность изучить цитогенетичность, документированную микроскопическим исследованием хромосомных aberrаций и ядерных аномалий в клетках корневой меристемы [28, 29]. Генотоксические эффекты указанных экотоксикантов выявляли путем анализа частоты встречаемости разных типов цитогенетических аномалий, для чего в каждом варианте исследования были рассмотрены следующие параметры: количество клеток с хромосомными мостами, фрагментами и слипанием хромосом, отставанием хромосом, мультиполярными митозами, количество двуядерных клеток, неравномерная окрашиваемость (сегментированность) хромосом по длине, метафазные пластинки с диспергированными, а также укороченными и утолщенными хромосомами (К-митоз) [28]. Указанные аномалии были суммированы в общий количественный показатель – индекс митотических aberrаций (ИА), указывающий на соотношение между суммарным количеством aberrаций определенного типа в различных вариантах и суммарным количеством этих aberrаций в контроле. Все наблюдаемые аномалии были ранжированы по следующей классификации [30, 31]:

1. патологии, связанные с повреждением хромосом (кластогенный эффект), а также с нарушением их структуры;
2. патологии, связанные с повреждением митотического аппарата;
3. патологии, являющиеся следствием нарушения прохождения цитокинеза.

К первой группе аномалий, наблюдаемых в митотических клетках, относятся патологии, связанные с нарушением или повреждением структуры хромосом. Аномалии 2-й и 3-й – анеугенные эффекты (цитогенетические повреждения на надхромосомном уровне).

Для определения мутагенного эффекта экотоксикантов применяли ана-телофазный метод учета перестроек хромосом в клетках корневых меристем лука [29, 32]. Методика фиксации, хранения, мацерации материала, окрашивание и приготовление временных препаратов описаны в предыдущей публикации [33]. Исследования проводили в четырехкратной повторности. Статистическую обработку полученных экспериментальных данных осуществляли с использованием пакета прикладных программ “Microsoft Excel 2000”. Достоверность различий данных определяли с помощью t-критерия Стьюдента [34].

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

На микропрепаратах кончиков корней лука, пророщенных на субстратах с различным содержанием поллютантов, были зарегистрированы многочисленные нарушения в митотических и интерфазных клетках. Основными хромосомными дефектами клеток корневой меристемы были: сегментированная окраска хромосом, фрагментация, ана-телофазные мосты, слипание (табл. 1).

**Таблица 1**  
**Показатели хромосомных дефектов в делящихся клетках *Allium cepa* L.**  
**в различных вариантах исследования**

	Вариант	Хромосомные дефекты, %				ИАк
		сегментиро- ванная окраска	Кластогенные эффекты			
			фрагментация	мосты	слипание	
.	К	0,2±0,03	0,2±0,03	0,3±0,06	–	–
.	Ф	0,9±0,09**	1,3±0,03**	1,2±0,1**	0,5±0,03	5,1±0,74
.	I	1,0±0,09**	2,1±0,1**	2,3±0,1***	0,9±0,1	9,8±1,08
.	II	1,8±0,06***	2,1±0,07**	0,8±0,06**	1,4±0,09	12,1±2,08
.	III	2,0±0,07***	2,4±0,07**	0,7±0,05*	2,7±0,07	12,3±2,00

*Примечание.* Отличия от контроля достоверны при \* –  $p \leq 0,1$ ; \*\* –  $p \leq 0,05$ ; \*\*\* –  $p \leq 0,001$

При учете мутагенного действия тестируемых почв, загрязненных ТМ и ОКП, были отмечены образования фрагментов хромосом и хромосомных мостов. Также была обнаружена такая аномалия как неравномерное или полное неокрашивание хромосом. По-видимому, данное повреждение является следствием нарушения структуры белковых соединений, входящих в состав хромосом. Наше предположение основано на том, что ядерные красители, используемые при цитогенетическом анализе, окрашивают белки, входящие в состав хромосом и отсутствие или сегментированность их окраски может свидетельствовать о нарушении структуры белковых молекул хромосом. Согласно литературным данным [35], неполное окрашивание является дефектом функции структурных белков хромосом, а также нарушением функционирования ферментов, ответственных за формирование метафазной пластинки. Данная аномалия имела дозозависимый характер: количество клеток с неравномерным окрашиванием увеличивалось по мере возрастания загрязняющих компонентов в почвах. Количество клеток с указанным типом повреждения увеличивалось в фоновом и I варианте исследования в 4,5-5 раз ( $p < 0,01$ ) по сравнению с контролем, во II варианте – в 9 раз ( $p < 0,001$ ), в III – в 10 раз ( $p < 0,001$ ) соответственно. Аналогичная картина наблюдалась с фрагментированными хромосомами. Так, в фоновом варианте регистрировалось увеличение клеток с данным повреждением в 6,5 раза ( $p < 0,001$ ), в I и II вариантах исследования – в 10,5 раза ( $p < 0,001$ ), в III – в 12 раз ( $p < 0,001$ ) по сравнению с контролем. Следует отметить, что не все виды повреждений ядерного аппарата имели дозозависимый характер. Количество клеток с хромосомными мостами было наибольшим в I варианте и увеличивалось в 7,7 раза ( $p < 0,001$ ) по сравнению с контролем, тогда как в III варианте их количество превышало наблюдаемое в контроле в 2,5 раза ( $p < 0,01$ ).

Во II и III вариантах исследования на препаратах регистрировалось увеличение меристематических клеток со слипшимися хромосомами. Fiskesj G. [36] указывает, что данная хромосомная aberrация является результатом действия высокотоксичных веществ и представляет собой нерепарируемый эффект, приводящий в конечном счете к элиминации клетки. Установлено [30], что эту митотическую аномалию индуцируют ТМ в летальных концентрациях. Следовательно, суммарное количество тестируемых соединений в исследуемых почвах достигало летальных концентраций, что проявлялось в увеличении числа клеток со слипшимися хромосомами. О смерти клеток также свидетельствует пикноз ядерного аппарата, наблюдаемый в интерфазных клетках II и III вариантов исследования. Довгалюк А.И. с соавторами [30] установили, что пикноз ядерного аппарата свидетельствует о некрозе ткани.

При микроскопическом исследовании были выявлены единичные клетки с сильно выраженным плазмолизом, также в зоне дифференциации многие клетки корешков лука имели плотную конденсированную цитоплазму. Полещук Н.А. [37] отмечает, что такая морфологическая картина типична для процесса программируемой клеточной гибели у растений при действии ксенобиотиков. При анализе корешков лука, выращенных на контрольных и фоновых субстратах, подобных аномалий выявлено не было, что является аргументом в пользу того, что подобная аномалия может быть последствием неблагоприятного действия пестицидов, причем в сублетальных, «малых» концентрациях.

Сравнительный анализ индексов aberrаций кластогенного типа (ИА<sub>к</sub>) позволил построить ряд генотоксичности тестируемых почвенных образцов. Самым выраженным кластогенным эффектом обладали токсиканты почвы II и III зон. Полученные данные согласуются с положением о том, что токсический и кластогенный эффект соединений тяжелых металлов увеличивается по мере возрастания их концентраций [30, 31]. По способности индуцировать кластогенный эффект, тестируемые объекты расположились в следующей последовательности: Симферопольский район ≥ г. Алушта > Бахчисарайский район > Фон.

Анеугенная активность – способность нарушать прохождение митоза и цитокинеза – оказалась характерной для изученных экотоксикантов (табл. 2).

Таблица 2

Показатели анеугенного эффекта в клетках корневой меристемы *Allium cepa* L.

№	Вариант	Патологии митоза, связанные с повреждением митотического аппарата				
		отставание хромосом	мультиполярные митозы	К-митозы	двухядерные клетки	ИАа
1.	К	0,1±0,03	0,06±0,003	0,2±0,009	0,1±0,003	–
2.	Ф	1,1±0,06***	0,6±0,03***	0,8±0,06**	0,9±0,1**	4,8±0,64
3.	I	0,8±0,1**	0,6±0,09**	0,8±0,03***	1,4±0,07***	6,4±1,28
4.	II	0,9±0,07**	1,8±0,07***	1,7±0,06***	1,7±0,1***	13,3±2,07
5.	III	0,6±0,03	1,9±0,03***	3,1±0,1***	3,6±0,1***	15,7±1,53

Примечание. Отличия от контроля достоверны при \* – p ≤ 0,1; \*\* – p ≤ 0,05; \*\*\* – p ≤ 0,001

Основными патологиями митоза, связанными с повреждением митотического аппарата, в проведенном исследовании оказались: многополосный и колхициновый (К-) митоз, которые мы наблюдали при комплексном воздействии всех тестируемых соединений. Частота колхициновых митозов отличалась от контрольного и фонового и увеличивалась во II и III ( $p < 0,001$ ) вариантах исследования. Также основными нарушениями меристематических клеток были следующие: сегментированная окраска и фрагментация хромосом, диспергированность хромосом по метафазной пластинке, а также укорочение и утолщение хромосом.

Повреждения третьей группы, связанные с запаздыванием цитокинеза, приводили к образованию двуядерных клеток, что являлось результатом нарушения процесса образования внутри родительской клетки клеточной перегородки – фрагмопласта [38]. Сравнительный анализ тестируемых почвенных образцов позволил выявить дозозависимый характер данной аномалии. Причем следует отметить, что указанный тип нарушения митоза индуцируется и пестицидами [37] и солями тяжелых металлов [31]. При их совместном действии наблюдалось увеличение количества клеток с данной аномалией (Фон (ТМ) – Бахчисарайский район (ТМ+ОКП)). Как видно из представленных данных наиболее выраженным цитокинезблокирующим эффектом обладали почвы пригородной зоны г. Алушты и Симферопольского района.

Антимитотическое действие исследуемых токсикантов имело дозозависимый характер. При инициальных концентрациях ( $EC_{10}$ ) тестируемых соединений в изученных почвах имели место следующие виды повреждений: сегментированная окраска и отставание хромосом. При среднеэффективных концентрациях ( $EC_{10-50}$ ) наиболее ярко были выражены такие повреждения как фрагментация и слипание хромосом, хромосомные мосты, К-митозы, двуядерные клетки.

При довольно низком спонтанном уровне мутирования (контроль) во всех вариантах исследования регистрировалось увеличение процента аберрантных клеток по мере увеличения токсических веществ в исследованных почвенных образцах. Так повреждения, связанные с нарушением функционирования митотического аппарата, в частности, отставание хромосом, мультиполярные и К-митозы, практически оставались на одном уровне в фоновых почвах и образцах Бахчисарайского района. Аналогичная картина наблюдалась и с хромосомными дефектами, в частности, со слипанием хромосом. Хромосомные мосты явились аномалией наиболее ярко выраженной в Бахчисарайском районе, в то время как в зонах с большей концентрацией загрязняющих веществ, наблюдалось снижение данной хромосомной аберрации. По-видимому, пониженные концентрации изученных загрязнителей индуцировали данное повреждение. С повышением токсических веществ в почвах резко возрастало количество клеток с сегментированной окраской хромосом, их фрагментацией и слипанием, с мультиполярными и К-митозами. Увеличение продукции двуядерных клеток явилось аномалией, характерной для всех вариантов исследования, о чем свидетельствует рост количества двуядерных клеток по мере увеличения токсических веществ в изученных почвах. Отставание хромосом в нашем исследовании оказалось наименее редкой по частоте встречаемости аномалией –

процентное увеличение клеток с данным повреждением несколько возросло, а в III варианте снижалось до уровня контроля.

Анализ контрольного и опытных вариантов исследования показал, что в контрольном варианте частота встречаемости изученных аномалий (хромосомных дефектов и патологий митоза) отмечалась практически на одном уровне – 0,1 – 0,3%. В фоновом варианте увеличивалась продукция aberrантных клеток с фрагментацией и отставанием хромосом, двуядерностью. Для загрязнителей почв I варианта была наиболее выражена индукция таких повреждений как хромосомные мосты, фрагментация хромосом, а также резкое увеличение продукции двуядерных клеток, характерных для фона. При экологической оценке степени загрязнения было установлено, что количество ТМ в почвах Бахчисарайского района приближено к фоновым показателям. Однако наряду с ТМ исследованные почвы содержали и ОКП. По-видимому, данные химические загрязнители оказывают неблагоприятное совместное влияние на клетки корневой меристемы, что проявляется в увеличении спектра повреждений делящихся клеток и частоты мутирования в них.

Почвы II варианта характеризовались повышенной продукцией клеток с сегментированными хромосом, мультиполярными митозами и двуядерностью. В III варианте исследования наиболее выраженными были такие повреждения как сегментированная окраска, фрагментация и слипание хромосом, К-митозы, двуядерность. Следовательно, при фоновом и близком к нему содержанию поллютантов в почвах наиболее были выражены хромосомные дефекты ( $IA_k > IA_a$ ). При увеличении концентрации ТМ и ОКП в исследованных почвах (II и III варианты) отмечалось увеличение повреждений митотического аппарата ( $IA_k < IA_a$ ).

Проведенные опыты по изучению влияния комплексов остаточных количеств пестицидов и тяжелых металлов на процессы деления клеток корневой меристемы *Allium cepa* L., позволили прийти к заключению, что эффект воздействия данных поллютантов зависит от их концентрации.

Антимитотическое действие исследуемых поллютантов (ТМ и ОКП) имело дозозависимый характер – при увеличении концентраций загрязняющих веществ в почвах частота аномалий меристематических клеток повышалась. Довгалюк с соавторами [44] установили, что высокие (как правило, сублетальные) концентрации тяжелых металлов индуцируют в меристематических клетках *Allium cepa* К-митозы и многополюсные митозы. Сравнительный анализ индексов aberrаций кластогенного типа ( $IA_a$ ) позволил построить ряд генотоксичности тестируемых почвенных образцов: Симферопольский район > г. Алушта > Бахчисарайский район > Фон.

Сравнительный анализ индексов aberrаций кластогенного типа ( $IA_k$ ) и индексов aberrаций анеугенного типа ( $IA_a$ ) по всем вариантам исследования позволил прийти к заключению, что тестируемые поллютанты проявляют большую способность вызывать нарушения митоза, связанные с повреждением митотического аппарата, чем нарушения, связанные с повреждением и нарушением структуры хромосом ( $IA_k < IA_a$ ). При фоновых и близких к ним концентрациях токсических веществ (I вариант) наиболее ярко были выражены повреждения кластогенного типа.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты проведенного исследования свидетельствуют, что содержащиеся в почвах агроценозов тяжелые металлы и остаточные количества пестицидов, оказывают совместное негативное цитогенетическое влияние, проявляющееся в увеличении частоты мутирования клеток корневой меристемы лука.

Фоновые почвы, загрязненные тяжелыми металлами, обладали практически одинаковым кластогенным (5,1) и анеугенным эффектом (4,8). Сельскохозяйственные почвы, загрязненные тяжелыми металлами и остаточными количествами пестицидов обладали более выраженным анеугенным эффектом на клетки корневой меристемы лука, что свидетельствует о совместном мутагенном действии тяжелых металлов и остаточных количеств пестицидов.

Тяжелые металлы и остаточные количества пестицидов, содержащиеся в почвах Симферопольского района и г. Алушты, индуцировали повышенную продукцию клеток с пикнотическими ядрами, К-митозами, слившимися хромосомами, двуядерностью, что свидетельствует о нарушении цитокинеза.

## Список литературы

1. Inomata O.N.K. Avaliação dos teores de endossulfan em diferentes profundidades do solo / Inomata O.N.K., Lemes Vera R.R., Baretto H.H.C. // Rev. Inst. A. Lutz. – 1996. – Vol. 56. – № 2. – P. 53-56.
2. Kookana R.S. Pesticide fate in farming systems: Research and monitoring: Abstr. International Symposium in Soil and Plant Analysis „Opportunities for the 21st Century: Expanding the Horizons for Soil, Plant and Water Analysis”, Brisbane, March 22-26, 1999 / Kookana R.S., Simpson B.W. // Commun. Soil Sci. and Plant Anal. – 2000. – Vol. 31, № 11–14. – P. 1641-1659.
3. Мельников Н.Н. Сравнительная опасность загрязнения почвы гербицидами / Н.Н. Мельников, С.П. Белан // Агрехимия. – 1997. – № 2. – С. 66-67.
4. Vencill W.K. Herbicide surface runoff and leaching from a cotton-rye cropping system under contrasting tillage and nutrient management levels / Vencill W.K., Radcliffe D.E., Cabrera M.L., Endale D., Steiner J.L., Schomberg H.H. // Brighton Conf. “Weeds”: Proc. Int. Conf., Brighton, 15-18 Nov., 1999. – Vol. 2. – Farnham, 1999. – P. 663-668.
5. Ortega M. Respuesta de *Pinus halepensis* Mill y *Pinus pinaster* Ait. a herbicidas en condiciones de vivero / Ortega M., Villarroya M., Montero G. // Invest. agr. Sist.y recurs. forest. – 2000. – Vol. 9, № 1. – P. 137-145.
6. Wojdyla A.T. Efficacy of fungicides in the control of *Sphaerotheca pannosa* var. *rosal* on greenhouse rose cultivars and their influence on the growth of plants / Wojdyla A.T. // J. Plant Prot. Res. – 2000. – Vol. 40, № 1. – P. 60-67.
7. Mattina M.J.I. Chlordane uptake and its translocation in food crops / Mattina M.J.I., Iannucci-Berger W., Dykas L. // J. Agr. and Food Chem. – 2000. – Vol. 48, № 5. – P. 1909-1915.
8. Sawicka B. Ciemnienie miąższu bulw surowych ziemniaka w warunkach stosowania herbicydu Sencor 70 WP / Sawicka B., Dialo A.S. // Biul. Inst. hod.: aklim. rosl. – 1997. – № 203. – P. 187-197.
9. El-Kabbany S. Monitoring of the pesticide levels in some water supplies and agricultural lands, in El-Haram, Gisa (A.R.E.) / El-Kabbany S., Rashed M.M., Zayed M.A. // J. Hazardous Mater. – 2000. – Vol. 72, № 1. – P. 11-21.
10. Пестициды на вибір // Захист рослин. – 2001. – № 2. – С. 1-2
11. Пилинская М.А. Мутагенное действие пестицидов / М.А. Пилинская // Итоги науки и техники. – Серия общая генетика. – Т. 9: Химич. мутагенез. – 1986. – С. 97–151
12. Лісовий М.П. Інтегровані методи захисту рослин і можливості альтернативного (біологічного) землеробства в Україні / Лісовий М.П. // Вісн. аграр. науки. – 1997. – № 9. – С. 37-40, 97, 99.
13. Kamegama H. Влияние инструментов экологической политики на разработку сельскохозяйственной технологии, щадящей окружающую среду. Теория и практика /

- Kamegama H. // Kagawa daigaku nogakubu gakujuitsu hokoku = Techn. Bull. Fac. Agr. Kagawa Univ. – 1998. – Vol. 50. – № 1. – P. 17-32.
14. Шапкин В.А. Влияние хлорсульфурина на содержание фосфорных соединений в корнях проростков хлопчатника / В.А. Шапкин, А.К. Демурина, Л.И. Крюкова // Узб. биол. журн. – 1992 – № 4. – С.21-24.
  15. Chung R.A. Synthesis and aminoacyl transfer RNA activity of L-2071 cells exposed to dieldrin and DDT / Chung R.A., Williams C.S. // Arch. Environ. Contam. Toxicol. – 1986. – Vol. 15. – P. 581-588.
  16. Kriton K. In fluence of herbicides hexazione and chlorsulfuron on the metabolism of isolated soybean leaf cells. / Kriton K., Natrios L., Howe M. // Pestic. biochem and Physiol. – 1988. – № 3. – P. 17-22.
  17. Енцова Т.А. Цитологическое изучение действия гербицидов в системе in vitro у гороха / Т.А. Енцова, Н.С. Ляпкина, Н.Т. Нюн Ван, Т.В. Петрова // Генетика. – 1992. – Т.29. – № 8. – С. 26-28.
  18. Восканян Ф.З. Цитогенетический эффект арометрина на хромосомный аппарат *Crepis capillaries* / Ф.З. Восканян, В.А. Авакян // Биол. ж. Армении. – 1984. – Т. 37. – № 2. – С. 93-97.
  19. Попов П. Влияние на пестициды Раундп вверху интенсивности на клеточная репродукция и хода на митозата при клетки от *C. capillaries*, Третирани в G<sub>1</sub>-период / Попов П., Попов Н. // Науч. тр. Биол. / Пловдив. унив. – 1987. – Т. 25, № 6. – С. 287-294.
  20. Григоренко Н.В. Цитогенетическое действие гербицида титуса на кукурузе / Н.В. Григоренко, Е.А. Ларченко // 4-й Съезд О-ва физиологов раст. России. Междунар. конф. «Физиол. раст.» – 2. – М., 1999. – С. 557-558.
  21. Butani J.V. Cytological effects of pesticides on onion (*Allium cepa* L.) root tip / Butani J.V., Shukla P.T. // Gujarat. Agr. Univ. Res. J. – 1994. – Vol. 20, № 1. – P. 60-65.
  22. Arif M. Toxicity of fungicides Nimrod and Dithane M-45 on mitotic cells of *Allium cepa* L. / Arif M., Vahidy A. A. // Phillip. J. Sci. – 1996. – Vol. 125, № 4. – P. 271-289.
  23. Priya E. Genotoxic effect of an organophosphorous pesticide on *Allium* root meristems in vivo / Priya E., Joyce S., Gowrishankar B., Rajaiah D. // Indian J. Exp. Biol. – 1996. – Vol. 34, № 4. – P. 320-324.
  24. Куринный А.И. Индикация загрязнения окружающей среды пестицидами-мутагенами по их гаметоидному действию на растения / Куринный А.И. // Цитол. и генетика. – 1988. – Т. 17. – № 4. – С. 32-35.
  25. Скоблин В.П., Козлова П.В. Цитогенетическая оценка действия солей марганца и цинка с гербицидом 2М-4ХП / В.П. Скоблин, П.В. Козлова // Цитол. и генетика. – Т. 25. – № 2. – С. 21-23.
  26. Сидоров В.П. Изучение мутагенной активности 2,4-Д-натриевой соли на клетках скерды и сосны обыкновенной / В.П. Сидоров, К.Д. Мухамедшин, Т.И. Кудрявцева, В.А. Попова // Генетика. – 1989. – Т. 25. – № 4. – С. 161-165.
  27. Ибрагимова Э.Э. Экологическая и фитотоксическая оценка загрязнения сельскохозяйственных почв Крыма пестицидами и тяжелыми металлами / Э.Э. Ибрагимова // Ученые записки Таврического нац-го ун-та им. В.И. Вернадского (серия «Биология, химия»). – 2007. – Т. 20 (59). – № 2. – С. 16-25.
  28. Дарлингтон С.Д., Ла Кур Л.Ф. Хромосомы. Методы работы / Под ред. Н.Н. Воронцова. – М.: Атомиздат, 1980. – 216 с.
  29. Паушева З. П. Практикум по цитологии растений / З.П. Паушева. – М.: Колос 1980. – 304 с.
  30. Довгалюк А.И. Оценка фито- и цитотоксической активности соединений тяжелых металлов и алюминия с помощью корневой апикальной меристемы лука / А.И. Довгалюк, Т.Б. Калиняк, Я.Б. Блюм // Цитол. генетика. – 2001. – № 1. – Т. 35. – С. 3-9.
  31. Довгалюк А.И. Цитогенетические эффекты солей тяжелых металлов в клетках апикальной меристемы корней проростков *Allium cepa* L. / А.И. Довгалюк, Т.Б. Калиняк, Я.Б. Блюм // Цитол. и генетика. – 2001. – № 2. – Т. 36. – С. 3-9
  32. Евсеева Т.И. Токсические и цитогенетические эффекты, индуцируемые у *A. cepa* низкими концентрациями Cd и <sup>232</sup>Th / Т.И. Евсеева, Т.А. Майстренко, С.А. Гераськин, Е.С. Белых, Е.В. Казакова // Цитол. и генетика. – 2005. – № 5. – С. 73-80.
  33. Ибрагимова Э.Э. Митотическая активность клеток корневой меристемы *Allium cepa* L. при совместном действии пестицидов и тяжелых металлов / Э.Э. Ибрагимова // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Серия «биология, химия». – 2014. – Т. 27 (66), № 1. – С. 56-63.
  34. Плохинский Н.А. Биометрия / Н.А. Плохинский. – М.: МГУ, 1970. – 367 с.

35. Strunnikov A.V. SMC proteins and chromosome structure / A.V. Strunnikov // Trends Cell Biol. – 1998. – № 8. – P. 454-459.
36. Fiskesj G. Allium test / Fiskesj G. // Methods in Molecular Biology – 43. In Vitro Toxicity Testing Protocols / Ed. S. O'Hare and C. K. Atterwill – Totowa, NJ: Copyright Humana Press Inc. – 1995. – P. 119-127.
37. Полещук Н.А. Цитологический анализ токсического действия гербицида трефлана на клетки развивающегося корешка ярового ячменя *Hordeum vulgare* L. / Н.А. Полещук // Ломоносов – 2006: XIII междунар. конф. студ., аспирантов и молодых ученых, секция «Биология»; 12-15 апр. 2006 г., Москва, МГУ, Биол. ф-т: Тез. докл. / Сост. Коновалов Ф.А. – М.: МАКС ПРЕСС, 2006. – С. 180-181.
38. Малецкий С.И. Генетическая изменчивость в популяциях соматических клеток и ее влияние на репродуктивные признаки у покрытосеменных растений / С.И. Малецкий, Я.С. Колодяжная // Успехи совр. биологии. – 1999. – Т. 119. – № 2. – С. 128-143.

**RESEARCH OF COMBINED EFFECTS OF RESIDUAL AMOUNTS OF PESTICIDES AND HEAVY METALS ONTO THE FREQUENCY OF CELL MUTATIONS OF *ALLIUM CEPA* L. ROOT MERISTEM**

*Ibragimova E.E.*

*Crimean Engineering-Pedagogical University, Simferopol, Russia  
E-mail: evelina\_biol@mail.ru*

The article deals with the results of research of combined effects of residual amounts of pesticides and heavy metals onto the frequency of cell mutations of *Allium cepa* L. root meristem. The analysis of the data allows to reach the conclusion, that in agricultural soils, located along motorways, the progressing accumulation of heavy metals forming complexes with residual amounts of pesticides is observed the effect of which depends on concentration and is accompanied by decrease of mitotic activity.

According to the experiment, highly concentrated heavy metals together with residual amounts of pesticides prove to cause the evident negative cytogenetic reaction on *Allium cepa* test-system. The tested pollutants demonstrate the high capability to cause the violations of a mitosis connected with the damage of the mitotic system than the violations connected with damage and violation of chromosome structure.

**Keywords:** heavy metals, residual amounts of pesticides, chromosomal violations, *Allium cepa* L.

**References**

1. Inomata O.N.K., Lemes Vera R.R., Baretto H.H.C. Avaliação dos teores de endossulfan em diferentes profundidades do solo, Rev. Inst. A. Lutz., 56, 2 (1996), p. 53.
2. Kookana R.S., Simpson B.W. Pesticide fate in farming systems: Research and monitoring: *Abstr. International Symposium in Soil and Plant Analysis „Opportunities for the 21st Century: Expanding the Horizons for Soil, Plant and Water Analysis”*, Brisbane, March 22-26, 1999. Commun. Soil Sci. and Plant Anal., 31, 11–14 (2000), p.1641.
3. Melnikov N.N., Belan S.R., Comparative danger of pollution of the soil herbicides, *Agrochemistry*, 2 (1997), p. 66.
4. Vencill W.K., Radcliffe D.E., Cabrera M.L., Endale D., Steiner J.L., Schomberg H.H., Herbicide surface runoff and leaching from a cotton-rye cropping system under contrasting tillage and nutrient management levels, *Brighton Conf. “Weeds”: Proc. Int. Conf.* (Farnham, Brighton, 1999), p. 663.

5. Ortega M., Villarroya M., Montero G. Respuesta de *Pinus halepensis* Mill y *Pinus pinaster* Ait. a herbicidas en condiciones de vivero, *Invest. agr. Sist.y recurs. Forest*, 9, 1 (2000), p. 137.
6. Wojdyla A.T. Efficacy of fungicides in the control of *Sphaerotheca pannosa* var. *rosal* on greenhouse rose cultivars and their influence on the growth of plants, *J. Plant Prot. Res.*, 40, 1 (2000), p. 60.
7. Mattina M.J.I., Iannucci-Berger W., Dykas L. Chlordane uptake and its translocation in food crops, *J. Agr. and Food Chem.*, 48, 5 (2000), p. 1909.
8. Sawicka B., Dialo A.S. Ciemnienie mięszu bulw surowych ziemniaka w warunkach stosowania herbicydu Sencor 70 WP, *Biul. Inst. hod.: aklim. rosl.*, 203 (1997), p. 187.
9. El-Kabbany S., Rashed M.M., Zayed M.A. Monitoring of the pesticide levels in some water supplies and agricultural lands, in El-Haram, Gisa (A.R.E.), *J. Hazardous Mater*, 72, 1 (2000), p. 11.
10. Pesticides on a choice, *Protection of plants*, 2 (2001), p. 1.
11. Pilinskaya M. A. Mutagen effect of pesticides, Results of science and equipment. Series general genetics: *Chemical mutagenesis*, 9 (1986), p. 97.
12. Lisovy M.P. Integrations of protection of plants and possibility of alternative (biological) agriculture in Ukraine, *Agrarian science*, 9 (1997), p. 37.
13. Kamegama H. Influence of instruments of environmental policy on development of the agricultural technology sparing environment. Theory and practice, *Kagawa daigaku nogakubu gakujutsu hokoku = Techn. Bull. Fac. Agr. Kagawa Univ.*, 50, 1 (1998), p. 17.
14. Shapkin V.A., Demurina A.K., Kryukova L.I. Influence of a Chlorsulfuron on the content of phosphoric connections in roots of sprouts of a cotton, *Uzbek biological magazine*, 4 (1992), p. 21.
15. Chung R.A., Williams C.S. Synthesis and aminoacyl transfer RNA activity of L-2071 cells exposed to dieldrin and DDT, *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, 15 (1986), p. 581.
16. Kriton K., Hatrios L., Howe M. Influence of herbicides hexazone and chlorsulfuron on the metabolism of isolated soybean leaf cells, *Pestic. biochem and Physiol.*, 3 (1988), p. 17.
17. Entsova T.A., Lyapkov N.S., Niun Wang N.T., Petrova T.V. Cytological studying of effect of herbicides in in vitro system at peas, *Genetics*, 29, 8 (1992), p. 26.
18. Voskanyan F.Z., Avakyan V.A. Cytogenetic effect of an aromethrin on the chromosomal device of *Crepis capillaries*, *Biological magazine of Armenia*, 37, 2 (1984), p. 93.
19. Popov P., Popov N. Influence of pesticide Raundap on intensity of a cellular reproduction and the course of a mitosis in *C. capillaries* cages, in G<sub>1</sub> period, *Biology*, 25, 6 (1987), p. 287.
20. Grigorenko N.V., Larchenko E.A. Cytogenetic effect of herbicide of a titus on corn, *The 4<sup>th</sup> Congress of Society of physiologists of plants of Russia. The international conference "Physiology of Plants" – 2*, (Moscow, 1999), p. 557.
21. Butani J.V., Shukla P.T. Cytological effects of pesticides on onion (*Allium cepa* L.) root tip, *Gujarat. Agr. Univ. Res. J.*, 20, 1 (1994), p. 60.
22. Arif M., Vahidy A.A. Toxicity of fungicides Nimrod and Dithane M-45 on mitotic cells of *Allium cepa* L., *Phillip. J. Sci.*, 125, 4 (1996), p. 271.
23. Priya E., Joyce S., Gowrishankar B., Rajaiah D. Genotoxic effect of an organophosphorous pesticide on *Allium* root meristems in vivo, *Indian J. Exp. Biol.*, 34, 4 (1996), p. 320.
24. Kurinny A.I. Indication of environmental pollution by pesticides mutagens on their gametotic action on Plant, *Cytology and genetics*, 17, 4 (1998), p. 32.
25. Skoblin V.P., Kozlova P.V. Cytogenetically an assessment of effect of salts of manganese and zinc with herbicide 2M-4HP, *Cytology and genetics*, 25, 2 (1994), p. 21.
26. Sidorov V.P., Mukhamedshin K.D., Kudryavtseva T.I., Popova V.A. Studying of mutagen activity 2,4-D on cages of a pine ordinary, *Genetic*, 25, 4 (1989), p. 161.
27. Ibragimova E.E. Ecological and phytotoxic assessment of pollution of agricultural soils of the Crimea pesticides and heavy metals, *Scientific notes of Taurida national univ. of V.I. Vernadsky (Biology, Chemistry series)*, 20 (59), 2 (2007), p. 16.
28. Darlington S.D., La Cour L.F. *Chromosomes. Work methods*, Under the editorship of N.N. Vorontsov, 216 p. (Atomizdat, Moscow, 1980).
29. Pausheva Z. P. *Practicum on cytology of plants*, 304 p. (Ear, Moscow, 1980).
30. Dovgalyuk A.I., Kalinyak T.B., Blum Ya.B. Assessment of phyto- and cytotoxic activity of compounds of heavy metals and aluminum by means of a root meristem of onions, *Cytology and genetics*, 35, 1 (2001), p. 3.

31. Dovgalyuk A.I., Kalinyak T.B., Blum Ya.B. Cytogenetic effects of salts of heavy metals in cages of meristem of roots of sprouts of *Allium cepa* L., *Cytology and genetics.*, 36, 2 (2001), p. 3.
32. Evseeva T.I., Maystrenko T.A., Geraskin S.A., Belykh E.S., Kazakova E.V. The toxic and cytogenetic effects induced at *A. cepa* by low concentration of Cd and <sup>232</sup>Th, *Cytology and genetics*, 5 (2005), p. 73.
33. Ibragimova E.E. Mitotic activity of cages of a root meristem of *Allium cepa* L. at joint effect of pesticides and heavy metals, *Scientific notes of Taurida national univ. of V.I. Vernadsky (Biology, Chemistry series)*, 27 (66), 1 (2014), p. 56.
34. Plokhinsky N.A. *Biometriya*, 367 p. (MGU, Moscow, 1970).
35. Strunnikov A.V. SMC proteins and chromosome structure, *Trends Cell Biol.*, 8 (1998), p. 454.
36. Fiskesj G., Ed.S. O'Hare and C.K. Atterwil Allium test, Methods in Molecular Biology – 43. *In Vitro Toxicity Testing Protocols* (1 – Totowa, NJ: Copyright Humana Press Inc., 1995), p. 119.
37. Poleshchuk N.A. Cytological analysis of toxic effect of herbicide of a treflan on cell root of *Hordeum vulgare* L. *Lomonosov – 2006: XIII international conference of students, graduate students and young scientists, section "Biology"*, (MAX. PRESS, Moscow, MGU, 2006), p. 180.
38. Maletsky S.I., Kolodyazhnaya Ya.S. Genetical variability in populations of somatic cages and its influence on reproductive signs at angiospermous plants, *Achievements of modern biology*, 119, 2 (1999), p. 128.

Поступила в редакцию 14.10.2014 г.