

3. Личков Б.Л. О чертах симметрии Земли, связанных с ее гравитационным полем, тектоникой и гидрогеологией. - Земля во вселенной. - М. Мысль. - 1964. - С. 156-171
4. Петров Н. В. Погоду на Земле формирует Космос <http://www.proatom.ru/modules.php?name=News&file=article&sid=2319>
5. Приходько М. Г. Справочник инженера-синоптика. - Гидрометеиздат, Л. - 1986. - С. 109
6. Руткевич П.Б. О реакции атмосферы на локальные изменения плотности мантии земли. Гидродинамика. Сборник научных статей. Пермь, Изд. ПГУ, 1998. Вып. 11, С.241-248
7. Стовас М. В. Теория критических параллелей // Научная конференция по вопросам общей циркуляции атмосферы (тезисы докладов), 14-18 марта 1960 г.; М., 1960. - С. 26-28
8. Формування погодних умов в морський та прибережних районах, Одеса, 2007, 140 с.
9. Air Temperature and Anthropogenic Forcing: Insights from the Solid Earth Jean O. Dickey and Steven L. Marcus <http://journals.ametsoc.org/doi/abs/10.1175/2010JCLI3500.1>
10. В.В.Карочкин, V.D.Dolia Geodynamic processes in Antarctic as a course of global changes of movable spheres of Earth : тези міжнародна антарктична конференція ІАС2008 [„Україна в Антарктиці - національні пріоритети і глобальна інтеграція”], (Київ, 23-25 трав. 2008 р.) / Український науковий клуб. - К.: Український науковий клуб. 2008. - 80 с
11. Mission operations GOCE <http://earth.esa.int/GOCE/>
12. GOCE: Obtaining a Portrait of Earth's Most Intimate Features http://www.esa.int/esapub/bulletin/bulletin133/bul133b_drinkwater.pdf
13. Gravity Recovery and Climate Experiment <http://grace.jpl.nasa.gov/index.cfm>
14. Science 14 December 2001: Vol. 294. no. 5550, pp. 2342 – 2345 DOI: 10.1126/science.1065328 A New Global Mode of Earth Deformation: Seasonal Cycle Detected

УДК 581.2.07

Эмирова Д. Э., Ибрагимова Э. Э., Баличиева Д. В. (Украина, Симферополь)

СКРИНИНГ ТОКСИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ ПЕСТИЦИДА БИ-58 РАЗЛИЧНЫМИ МЕТОДАМИ БИОТЕСТИРОВАНИЯ

Загрязнение природной среды токсикантами техногенного происхождения за последние десятилетия приобрело угрожающие масштабы. Поступление в окружающую среду нехарактерных для нее веществ несет прямую угрозу для представителей биоценозов и экосистем в целом. К числу антропогенных источников загрязнения окружающей среды относится современное сельское хозяйство [1], в котором используется широкий арсенал средств защиты растений [2]. Использование пестицидов имеет значительную экономическую выгоду [3], однако возникает реальная угроза влияния этих соединений не только на вредителей сельскохозяйственных растений, но и на возделываемые культуры [4], поэтому изучение влияния пестицидов на культурные растения представляет значительный научный интерес и является одним из направлений современных экологических исследований. Большинство работ посвящено изучению влияния пестицидов на урожайность культур [5, 6], напрямую зависящую от функционирования генеративных органов, поэтому изучение влияния ксенобиотиков на генеративную функцию культурных растений весьма актуально. Следует отметить, что наряду с определением гаметоцидного эффекта ксенобиотиков, очень информативным является метод определения их фитотоксичности на основе угнетения корневого роста тест-растений [7].

Как правило, для определения токсического действия ксенобиотиков применяют один метод исследования, используя в качестве тест-системы либо вегетативные органы, либо генеративные. Однако интересным и мало изученным остается вопрос по определению влияния изучаемых препаратов на различные физиологические системы сельскохозяйственных культур и определение наиболее чувствительной к токсическому действию исследуемого ксенобиотика. В связи с этим в наших исследованиях мы использовали генеративные и вегетативные органы сельскохозяйственных растений для индикации палинотоксического и фитотоксического действия ксенобиотиков на примере БИ-58.

Цель работы – сравнительный анализ фитотоксического и палинотоксического действия различных концентраций БИ-58 на *Allium сера L.*

В своих исследованиях мы использовали БИ-58 (40% концентрат эмульсии с рекомендуемой нормой расхода 10 мл на 20 л воды), имеющий широкое применение в агропромышленном комплексе Крыма [2] как контактный и системный инсектоакарицид [8].

В качестве объекта исследования использовали проростки семян *Allium сера L.* сорта Халседон. У указанной культуры изучали: фитотоксичность, документированную на основе ингибирования корневого прироста и угнетения всхожести; палинотоксичность, определяемую по ингибированию продукции фертильной пыльцы.

Материалом для исследования фитотоксичности служили семена *A. сера*, обработанные 0,05; 0,1 (рекомендуемая доза); 0,2 и 0,4 мл/л концентрациями пестицида БИ-58 при 6-часовой экспозиции. Контроль – дистиллированная вода. Проращивание проводили при постоянной температуре и влажности. По всем вариантам исследования учитывали следующие параметры: всхожесть (%) – количество проросших семян

(отношение общего количества семян к проросшим); длину корешков, на основании которой рассчитывали показатель фитотоксичности [9]. Полученные данные ранжировали по классификации ЕС₁₀₋₉₀ [10].

Для определения палинотоксического эффекта тестируемого препарата А. сера выращивали в открытом грунте в условиях обработки БИ-58 в диапазоне концентраций 0,05 – 0,4 мл/л. Контрольные растения выращивали без обработки. Грунт экспериментальных делянок – чернозем, рН нейтральное. Рабочие концентрации готовили непосредственно перед применением. Обработку растений проводили однократно в фазу закладки и формирования соцветий при помощи пульверизатора, так как наиболее чувствительными стадиями онтогенеза к пестицидному воздействию являются бутонизация и цветение [11]. Собранные соцветия фиксировали в уксуснокислом спирте и хранили в 80%-ном этиловом спирте при $t = -2^{\circ}\text{C}$. Фертильность пылевых зерен определяли йодным методом на временных давленных препаратах [12]. Для сравнения полученные данные приводили к интенсивным показателям [13]. Изучение морфологической структуры пыльцы проводили при помощи системы анализа изображений, включающей микроскоп “LEICA DME”, видеокамеру “CANON S80” и ПК. Для скрининга палинотоксического влияния БИ-58 использовали тест на стерильность мужского гаметофита. Палинотоксический эффект (ПЭ, %) различных концентраций БИ-58 рассчитывали по формуле [14]. Статистическую обработку данных проводили с использованием пакета прикладных программ “Microsoft Excel 2000”, используя в качестве критерия оценки достоверности наблюдаемых изменений t-критерий Стьюдента [15]. Экспериментальные исследования проводились в 4-х кратной повторности.

Результаты проведенного исследования показали, что изученный препарат оказывал определенное влияние на тест-культуру, что проявлялось в ингибировании корневого прироста и снижении показателя всхожести. БИ-58 в дозе 0,05 мл/л оказывал положительное влияние на элонгацию корней лука, что проявлялось в ее увеличении на 7,14 ($p > 0,05$) по сравнению с контрольным вариантом. Отсутствие достоверных изменений длины корней тест-культур позволило прийти к заключению, что доза 0,05 мл/л фитотоксическим действием не обладает, однако показатель всхожести достоверно снижался на 22,85 %. При увеличении концентрации препарата проявлялось его негативное действие по всем вариантам исследования, проявляющееся в угнетении корневого прироста и снижении всхожести семян. При концентрации тестируемого препарата 0,1 мл/л наблюдалось снижение длины корней на 17,14 % ($p < 0,001$) по сравнению с контролем, всхожести – на 38,21% ($p < 0,001$) соответственно. Следует отметить, что данная доза является рекомендуемой для применения в сельскохозяйственном производстве, однако в наших исследованиях она оказалась фитотоксичной. При увеличении дозы БИ-58 наблюдалось дальнейшее снижение морфометрических показателей корней и всхожести семян. В частности, при дозе 0,2 мл/л длина корней лука уменьшилась на 34,28 % ($p < 0,001$) при снижении количества проросших семян на 40,66% ($p < 0,001$). Как видим, указанные концентрации БИ-58 (0,05; 0,1 и 0,2 мл/л) вызывали достоверное снижение всхожести семян в диапазоне 20–41 %. Аналогичное действие препарат оказывал в дозе 0,4 мл/л, в частности, длина корней снизилась на 44,28% ($p < 0,001$), а показатель всхожести – на 46,16% ($p < 0,001$) по сравнению с контролем. Ранжирование полученных показателей фитотоксичности по классификации ЕС₁₀₋₉₀, позволило прийти к заключению, что БИ-58 в диапазоне 0,1 – 0,4 мл/л оказывал среднетоксичное действие на клетки апикальной корневой меристемы лука. Таким образом, повышенные концентрации БИ-58 оказывали выраженное фитотоксическое действие на исследуемую культуру, проявлявшееся в снижении всхожести семян и угнетении ростовых процессов. Полученные данные подтверждают необходимость установления нетоксичных доз препаратов с целью рекомендации их к применению в сельскохозяйственном производстве.

Параллельно с определением фитотоксичности было исследовано гаметоцидное влияние различных доз БИ-58 на А. сера. Результаты проведенных исследований показали, что мужская генеративная сфера А. сера характеризуется высоким показателем фертильности пыльцы. В частности, фертильность контрольного варианта в наших исследованиях достигала 99,2 % при спонтанном уровне стерильности 0,8%. Обработка опытных растений 0,05 мл/л дозой тестируемого препарата существенного влияния на органы репродукции не оказывала, о чем свидетельствует высокий уровень фертильности мужского гаметофита (97,2%) и отсутствие достоверных отличий по сравнению с контрольным вариантом.

Дальнейшее увеличение концентрации БИ-58 вызывало достоверное снижение продукции фертильной пыльцы. Использование рекомендуемой к применению дозы (0,1 мл/л) практически не повлияло на показатель фертильности, величина которого достигла 97,2 %. При увеличении концентрации БИ-58 до 0,2 мл/л было отмечено снижение фертильности пыльцы в 1,16 раза ($p < 0,001$) по сравнению с контрольным вариантом, при 0,4 мл/л – в 1,19 раза ($p < 0,001$) соответственно. Таким образом, мужской гаметофит А. сера характеризуется высоким показателем фертильности, который достоверно снижался при концентрациях БИ-58 0,2 и 0,4 мл/л.

Параллельно была рассчитана величина индекса стерильности (показывающая во сколько раз частота индуцированного уровня стерильности, вызванная действием препарата, выше уровня спонтанной стерильности в контроле). При концентрации препарата 0,05 и 0,1 мл/л его величина колебалась в пределах 3,23–3,32. При повышенных концентрациях (0,2 и 0,04 мл/л) индекс стерильности резко увеличился в диапазоне 16,92–19,82. Следовательно, повышенные концентрации препарата БИ-58 вызывали увеличение индекса стерильности.

Палиноморфологическая оценка пыльцы показала, что практически вся пыльца имела идентичную морфоструктуру и нарушений морфологии обнаружено не было. В 4 и 5 вариантах исследования (0,2 и 0,4 мл/л) были обнаружены крупные abortивные пыльцевые зерна (рис. 1 а), что может быть результатом нарушения

расхождения тетрад микроспор при микроспорогенезе [16]. Количество крупных пыльцевых зерен составило 18 % от общего количества abortивной пыльцы в 4 варианте исследования (0,2 мл/л) и 25 % в 5 варианте (0,4 мл/л) соответственно.



Рис. 1. Гипертрофированное пыльцевое зерно *Allium cepa* L. (вверху слева; увел. 10х0.22, обработка 0,2 мл/л БИ-58)

Изменение фенотипа пыльцы, продуцируемой растениями, обработанными высокими концентрациями БИ-58, может свидетельствовать об их токсичном действии на органы мужской репродукции тест-растения. Данное предположение подтверждает расчет показателя палинотоксического эффекта (ПЭ) различных концентраций БИ-58. Низкие концентрации (0,05 мл/л), в том числе и рекомендуемая к применению доза (0,1 мл/л), палинотоксического эффекта на мужскую генеративную систему лука не оказывали.

Концентрации 0,2 и 0,4 мл/л обладали достаточно выраженной палинотоксичностью, ранжирование полученных показателей ПЭ по классификации ЕС₁₀₋₉₀, позволило прийти к заключению, что БИ-58 в указанном диапазоне концентраций оказывал среднетоксичное действие на мужскую генеративную сферу *A. cepa*. Таким образом, низкие концентрации тестируемого препарата (0,05 и 0,1 мл/л) палинотоксическим и модифицирующим действием на мужской гаметофит лука не обладали, высокие дозы БИ-58 оказывали среднетоксичное действие, проявляющееся в повышенной продукции стерильной пыльцы с нарушенной морфоструктурой.

Сравнительный анализ фито- и палинотоксического эффекта БИ-58 на *A. cepa* показал, что тест на определение показателя фитотоксического эффекта оказался более чувствительным, чем определение палинотоксичности. По-видимому, данное явление является результатом более длительной экспозиции семян в диапазоне исследованных концентраций тестируемого препарата (6 часов), в то время как при определении палинотоксичности соцветия обрабатывались однократно. В целом, полученные результаты позволили прийти к заключению, что оба теста дали практически сходные результаты и могут успешно применяться в экологических исследованиях.

Выводы

1. Концентрация БИ-58 (0,1 мл/л), рекомендуемая к применению, обладала выраженным фитотоксическим действием на *Allium cepa* L. Доза, ниже рекомендуемой (0,05 мл/л) не оказывала фитотоксического эффекта на тест-культуру, но вызывала снижение всхожести семян на 21,33%.
2. Выраженное фитотоксическое действие на семена *Allium cepa* L., проявляющееся в ингибировании корневого прироста и всхожести семян, оказывали высокие концентрации БИ-58 (0,2 и 0,4 мл/л).
3. Концентрации БИ-58 (0,05 и 0,1 мл/л) не оказывали палинотоксического эффекта на мужскую генеративную систему *Allium cepa* L. Высокие концентрации БИ-58 (0,2 и 0,4 мл/л) оказывали среднетоксичное действие на генеративную сферу, проявляющееся в повышенной продукции крупной пыльцы с нарушенной морфоструктурой.
4. Сравнительный анализ фито- и палинотоксического эффекта БИ-58 на *Allium cepa* L. показал, что тест на определение показателя фитотоксичности оказался более чувствительным, чем определение палинотоксичности.
5. Установлено, что мужская генеративная сфера *Allium cepa* L. характеризуется высоким показателем фертильности и рекомендуется для скрининга палинотоксического действия ксенобиотиков.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Kookana R.S. Pesticide fate in farming systems: Research and monitoring / R.S. Kookana, B.W. Simpson // 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. – 2000. – Vol. 31, № 11-14. – P. 1641-1659.
2. Эмирова Д.Э. Анализ пестицидной нагрузки на сельскохозяйственные почвы Крыма / Д.Э. Эмирова, Э.Р. Алиев // Materialy IV Międzynarodowej naukowo-praktycznej konferencji «Strategiczne pytania światowej nauki – 2008». – Тум 8. Rolnictwo. Weterynaria. Chemia i chemiczne technologie. Ekologia. Geografia i geologia: Przemysł. – Nauka i studia, 2008. – S. 63-66.
3. Лісовий М.П. Інтегровані методи захисту рослин і можливості альтернативного (біологічного) землеробства в Україні / М.П. Лісовий // Вісн. аграр. науки. – 1997. – № 9. – С. 37-40, 97, 99.
4. Охрана окружающей среды при использовании пестицидов / [Л.И. Бублик, В.П. Васильев, Н.А. Гороховский и др.]; под ред. В.П. Васильева. – К.: Урожай, 1983. – 128 с.
5. Blackshaw R.E. Dry bean (*Phaseolus vulgaris*) tolerance to imazethapyr / R.E. Blackshaw, G. Saindon // Can. J. Plant Sci. – 1996. – Vol. 76, № 4. – P. 915-919.
6. Rola H. Wpływ herbicydów na wzrost, rozwój i planowanie mieszańców *Kykyrydzy* / H. Rola // Ref. 38. Sec. nauk. Inst. ochr. rosl., Poznan, 1998 // Post. ochr. rosl. – 1998. – Vol. 38, № 1. – P. 73-78.

7. Magnani T. Saggi di fitotossicità su sottoprodotti destinati al suolo agricolo. Confronto fra metodiche / T. Magnani // *Biol. Ital.* – 1996. – Vol. 26, № 3. – P. 49–53.
8. Мартыненко В.И. Пестициды: Справочник. / В.И. Мартыненко, В.К. Промоненко и др. – М.: Агропроиздат, 1992. – 307 с.
9. Федорова Г. В. Практикум з біогеохімії для екологів: (Навчальний посібник) / Федорова Галина Володимирівна. – Київ: «КНТ», 2007. – 288 с.
10. 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 // *Цитология и генетика.* – 2001. – № 1. – Т. 35. – С. 3–9.
11. Жумашев Ж.А. Морфо-физиологические особенности кормовых бобовых видов растений, произрастающих на загрязненной пестицидами почве / Ж.А. Жумашев // III-ий Международный конгресс студентов и молодых ученых “Мир Науки”, посвященный 75-летию КазНУ им. Аль-Фараби (28-30 апреля 2009 г., г. Алматы): Материалы III-го Международного конгресса студентов и молодых ученых “Мир Науки”. – Алматы: Казахский Национальный университет им. Аль-Фараби, 2009. – С. 103–104.
12. Паушева З. П. Практикум по цитологии растений / Паушева Зоя Петровна. – М.: Колос, 1980. – 304 с.
13. Мерков А.М. Санитарная статистика / А.М. Мерков, Л.Е. Поляков – М.: Медицина, 1974. – 384 с.
14. Пат. 32513 України на корисну модель, МПК (2006) G01N 33/00 G01N 1/00 Спосіб визначення палінотоксичності техногенних хімічних забруднювачів навколишнього середовища / Д.В. Балічєва, Е.Е. Ібрагімова, Д.Е. Емірова – № u200711625; заявл. 22.10.2007; опубл. 26.05.2008, бюл. № 10.
15. Плохинский Н.А. Биометрия / Н.А. Плохинский – М.: МГУ, 1970. – 367 с.
16. Ібрагімова Е.Е. Екологічна оцінка дії техногенних хімічних забруднень на цитогенетичні показники вищих рослин в умовах Криму: Автореф. дис. ... канд. біол. наук: 03.00.16 / Ібрагімова Е.Е. – КНУ. – Київ, 2008. – 20 с.

УДК 628.543

Косогіна І. В., Астрелін І. М., Толстопалова Н. М. (Україна, Київ)

КОМПЛЕКСНЕ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД ВІД БАРВНИКІВ

Найбільш поширеними методами для дестабілізації стійкої колоїдної системи стічних вод (СВ), забруднених барвниками, є коагуляційні методи, оскільки крім зниження забарвлення води та хімічного і біологічного споживання кисню вони дозволяють видалити стабілізовані колоїдні домішки, які надають воді високої мутності.

Недоліками реагентних методів є невисокий ступінь очищення, особливо за знебарвленням, необхідність емпіричного підбору реагентів, труднощі в їх дозуванні, утворення значної кількості осадів, необхідність знешкодження, поховання або складування останніх.

Застосування деструктивних методів очищення стічних вод від барвників мають ряд істотних переваг в порівнянні з реагентними. В першу чергу, це їх висока ефективність і технологічність, компактність, простота автоматизації і керування. В більшості випадків при їх реалізації не утворюються осади. При деструктивному очищенні органічні барвники розщеплюються до більш простих, легко окисних органічних продуктів або мінеральних сполук. Проте використання методів каталітичного окиснення є доцільним як метод доокиснення після попередньої коагуляційної обробки стічних вод, забруднених барвниками, з метою видалення стійкої колоїдної системи.

Розповсюдженим деструктивним методом очищення СВ від барвників, характерних для стічних вод текстильних підприємств, є глибоке окиснення барвників у СВ за допомогою озону [1]. Порівняння методів коагуляції і озонування показало, що ефект знебарвлення у випадку озонування вищий, ніж при обробці коагулянтами [2]. В той же час, озонування СВ, які не пройшли попереднього очищення, нераціонально із-за різкого підвищення витрат озону на окиснення високих концентрацій різноманітних органічних речовин молекулярного і колоїдного ступеня дисперсності.

До деякої міри альтернативним озонуванню є глибоке окиснення продуктів руйнування барвників у СВ за допомогою інших видів окисників. В якості такого окисника використовують водню пероксид. До його основних технологічних переваг слід віднести високу розчинність у воді, стабільність, можливість обробки води в широкому діапазоні температур, просте апаратне оформлення. Особливо ефективно процес окиснення відбувається за присутності каталізатора. Проте при очищенні СВ водню пероксидом не завжди вдається досягти необхідного ступеня очищення, оскільки такі органічні сполуки, як бензол, толуол, етанол та інші є стійкими до дії H_2O_2 , а швидкість окиснення при обробці розбавлених СВ досить низька. У зв'язку з цим широко застосовуються окисні методи, засновані на диспропорціонуванні водню пероксиду з утворенням реакційно-спроможних гідроксидних радикалів $OH\cdot$; останні є електрофільними реагентами і можуть взаємодіяти з донорами електронів. До таких окисних методів можна віднести фотоліз H_2O_2 і його каталітичний розклад під дією іонів Fe^{2+} (система Фентона) [3,4].