

Учреждение образования
«Международный государственный экологический
университет имени А. Д. Сахарова»



НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ВЛЫРУАХК
Основан в мае 2007 года
Выходит 4 раза в год

№4(14)
2010

СОДЕРЖАНИЕ

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЭКОЛОГИИ

Н. В. Гончарова

ФИТОРЕМЕДИАЦИЯ: НОВАЯ СТРАТЕГИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
РАСТЕНИЙ ДЛЯ ОЧИСТКИ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА 5

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ

А. В. Щур, О. В. Валько, Т. Н. Агеева, В. П. Валько,
И. И. Куницкий, М. А. Бедуленко, О. В. Шкабров

СООБЩЕСТВО ПОЧВЕННЫХ БЕСПОЗВОНОЧНЫХ ЖИВОТНЫХ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ НА
ФОНЕ ПРИМЕНЕНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ
ПРЕПАРАТОВ В УСЛОВИЯХ РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ТЕРРИТОРИЙ 14

Ю. М. Бачура, О. М. Храмченкова

ПОЧВЕННЫЕ ВОДОРΟΣЛИ НЕКОТОРЫХ
АНТРОПОГЕННО-НАРУШЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ..... 21

ИЗУЧЕНИЕ И РЕАБИЛИТАЦИЯ ЭКОСИСТЕМ

А. П. Подтероб

ЗАКОНОМЕРНОСТИ НАКОПЛЕНИЯ МЕТАЛЛОВ ЛИШАЙНИКАМИ БЕРЕЗИНСКОГО
БИОСФЕРНОГО ЗАПОВЕДНИКА..... 29

О. В. Лозинская, Н. С. Крапивина, С. Б. Мельнов

БИОИНДИКАЦИОННАЯ ОЦЕНКА АНТРОПОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ Г. МИНСКА..... 37

В. К. Липский, Д. П. Комаровский, Л. М. Спириденко, А. А. Гвоздева

КОМПЛЕКСНЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС
ЗАЩИТЫ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ ПРИ АВАРИЙНЫХ РАЗЛИВАХ НЕФТИ И МЕТОД ОЦЕНКИ
ЕГО ЭФФЕКТИВНОСТИ..... 45

О. А. Шкутник, О. И. Родькин, Б. Крстич, М. Боришев

ЗАВИСИМОСТЬ МОРФО-ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК
КЛООНОВ ИВЫ ОТ ТИПОВ СУБСТРАТА И РЕЖИМОВ ПИТАНИЯ 53

РАДИОЭКОЛОГИЯ И РАДИОБИОЛОГИЯ

С. Н. Мельник, А. Д. Наумов

ЦИТОЗОЛЬНАЯ РЕЦЕПЦИЯ ЭСТРАДИОЛА В ТКАНЯХ С РАЗЛИЧНОЙ
ГОРМОНЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬЮ И КАРДИОМИОЦИТАМИ КРЫС В УСЛОВИЯХ
ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ И СТРЕССА 61

О. В. Максимчук, Н. А. Чащин

НАРУШЕНИЕ ДЕТОКСИКАЦИОННОЙ ФУНКЦИИ
ПЕЧЕНИ МЫШЕЙ В УСЛОВИЯХ ДЛИТЕЛЬНОГО
ДЕЙСТВИЯ НИЗКОИНТЕНСИВНОГО γ -ИЗЛУЧЕНИЯ 65

ЭКОЛОГИЯ И ЗДОРОВЬЕ

Е. П. Куц

ОЦЕНКА ДОЗ ОБЛУЧЕНИЯ ЩИТОВИДНОЙ ЖЕЛЕЗЫ ПРИ НОРМАЛЬНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ
АЭС 71

О. В. Лозинская, Н. С. Крапивина, С. Б. Мельнов

*Международный государственный экологический университет имени А. Д. Сахарова,
г. Минск, Республика Беларусь*

БИОИНДИКАЦИОННАЯ ОЦЕНКА АНТРОПОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ Г. МИНСКА

С использованием АШит-теста на примере г. Минска проведено биотестирование состояния урбанизированных территорий с разным уровнем антропогенной нагрузки. Сравнительный анализ содержания макро- и микроэлементов в пробах почв, отобранных на территории г. Минска и использованных при приготовлении водных вытяжек для проращивания семян тест-объекта, позволил выявить достоверное цито- и генотоксическое действие некоторых анализируемых образцов почв.

Полученные данные позволяют оценить экологический риск для биологических объектов на территориях с различным уровнем антропогенной нагрузки. Принимая во внимание, что указанный подход основывается на комплексном анализе, учитывающем многообразие взаимосвязей антропогенных поллютантов, полученные данные могут иметь большое значение при выделении экологически неблагоприятных зон.

> Ключевые слова: биотестирование, рентгенофлуоресцентный анализ, allium-тест, энергия прорастания, митотический индекс, цитогенетические нарушения

Введение

Сложившаяся в настоящее время на территории Республики Беларусь экологическая обстановка требует не только постоянного контроля, но и переоценки последствий воздействия радиационного и техногенного загрязнения на природные объекты и человека с учетом новых научных знаний. Существующая система контроля базируется на системе ПДК и не учитывает реакцию биообъектов при их комбинированном присутствии. Однако проблема сочетанного действия поллютантов в настоящее время становится все более острой, т. к. при повышении концентрации одного из загрязнителей реакция живых компонентов экосистем неизвестна. Возможны эффекты сочетанного действия, а именно: синергизм, антагонизм, аддитивность, сенсбилизация.

В связи с жизнедеятельностью человеческой цивилизации синтезируются и попадают в окружающую среду сотни тысяч новых химических соединений с невыясненными токсикологическими характеристиками [1]. Так, разнообразные соединения естественного и антропогенного происхождения, накапливаясь в почве, обуславливают ее загрязненность и токсичность. Методы биотестирования все чаще используются для определения токсических свойств окружающих нас сред: воздуха, воды, почвы, промышленных отходов, материалов и т. д. [2, 3], т. к. дают интегральную оценку сочетанного эффекта всех факторов среды на биологические структуры с учетом их взаимодействия, что невозможно сделать в модельном эксперименте.

Городские почвы являются депонирующей средой практически для всех поллютантов и при геохимическом изучении являются высоко информативными [4]. При оценке токсичности городских почв, содержащих в повышенных количествах кадмий, медь, свинец, цинк, никель, хром, кобальт, а также многие другие вещества, проводят опыты и по биотестированию с использованием проростков тест-растений [5].

Цитогенетический мониторинг - один из современных подходов к оценке влияния факторов окружающей среды на наследственный аппарат различных представителей биоты и прогнозирования темпов мутационного давления. Цитогенетические методы контроля за происходящими изменениями окружающей среды позволяют комплексно оценить эффекты всех неблагоприятных факторов на живые организмы в зависимости от их концентрации и времени их воздействия.

© Лозинская О. В., Крапивина Н. С., Мельнов С. Б., 2010

Целью данной работы явилась оценка эффективности комплексного биоиндикационного подхода в отношении экологической обстановки в крупном промышленном центре на примере г. Минска, основанного на цитогенетическом анализе клеток корневой меристеме *Allium cepa*.

Материалы и методы

Характеристика района исследования

Экспериментальной базой явились реперные точки территории г. Минска, приведенные в табл. 1

Таблица 1

Места сбора почв на территории г. Минска

№ п/п	Название улицы
Пункт 1	ул. Долгобродская, 23
Пункт 2	ул. Долгобродская, 35
Пункт 3	ул. Ташкентская, 18/1
Пункт 4	ул. Ташкентская, 20/1
Пункт 5	ул. Ванеева, 34
Пункт 6	ул. Ванеева, 4
Пункт 7	ул. Кабушкина, 18
Пункт 8	ул. Кулешова, 4
Пункт 9	ул. Дмитрова, 5
Пункт 10	ул. Великоморская, 12
Пункт 11	ул. Скорины, 10
Пункт 12	АЗС напротив ул. Долгобродской, 23
Пункт 13	ул. Запорожская
Пункт 14	ул. Толбухина, 9
Пункт 15	ул. Серова, 4
Пункт 16	ул. Варвашени, 20/1
Пункт 17	пр. Партизанский, 115
Пункт 18	ул. Розы Люксембург, 178/2
Пункт 19	ул. Розы Люксембург, 161

Объект настоящего исследования - почвы города, испытывающие на себе различное по интенсивности автотранспортное и промышленное воздействие; предмет исследования - цитогенетический статус клеток меристемы проростков семян *Allium cepa* сорта «Штутгартер-Ризен». Тест-система *Allium cepa* является широко распространенным примером использования растений для скрининга разнообразных мутагенов [6]. Кроме того, методика проведения экспериментов на луке обеспечивает длительный контакт тканей экспериментальных растений с тестируемой средой, что повышает вероятность идентификации даже минимальных цитопатогенных эффектов. *Allium-тест*, как уже было показано [7-9], можно эффективно использовать для тестирования чистых химических веществ, питьевой воды, природной воды, промышленных отходов. Также он является особенно полезным для быстрого скрининга химических веществ, представляющих риск для окружающей среды.

Отбор и химический анализ проб почв

Отбор проб почвы для изучения цито- и генотоксичности проводился на территории г. Минска. Для биотестирования почв и для последующего определения содержания элементного состава по городу отбирались объединенные пробы почв, состоящие из 5 точечных проб по стандартной методике [10, 11].

Исследуемые образцы почвы просушивались в термостате ($t = +35\text{ }^{\circ}\text{C}$) и измельчались до мелкодисперсного состояния. Подготовленную таким образом почву делили на две части. Одна часть использовалась для приготовления «таблетки» с целью дальнейшего определения элементного состава (рентгенофлуоресцентный анализатор СЕР-01 с оригинальным программным обеспечением) [12]. Вторая часть служила основой для приготовления почвенной вытяжки. Подготовленную почву развешивали и заливали дистиллированной водой в соотношении 1:2 соответ-1

ственно. Смесь интенсивно встряхивали и оставляли для экстракции в течение суток при температуре $t = +20$ °С, после чего центрифугировали с целью осаждения оставшихся в толще почвенных частиц. Надосадочную жидкость отбирали и фильтровали через складчатый фильтр.

Цитогенетический анализ клеток меристемы

Тест-система для оценки цитогенетических эффектов на клетках корневой меристемы лука репчатого (*Allium cepa* L.) широко используется в исследованиях генотоксичности природных сред [13, 14].

Для анализа всхожести, энергии прорастания и приготовления цитогенетических препаратов семена в количестве пятидесяти штук для каждого варианта закладывали в чашки Петри и добавляли вытяжку почв исследуемых пунктов. Контролем служили семена, проросшие на дистиллированной воде, а также на питательном растворе.

В каждом варианте фиксировали по 30-50 корешков в фиксаторе Карнуа (смесь 96% спирт : ледяная уксусная кислота (3:1)). Временные давленные препараты готовили по стандартной методике [15].

В каждом препарате подсчитывали митотический индекс (МИ; на 1000 клеток), а также проводили цитологический анализ. Анализ спектра aberrаций проводили по классификации [16] с выделением хроматидных и хромосомных фрагментов и мостов, а также отставания хромосом и патологических митозов. При оценке отставаний учитывали хромосомы, лежащие отдельно от разошедшихся анафазных шапок на расстоянии, превышающем толщину хромосомы не менее чем в два раза [17].

Результаты и обсуждения

Энергия прорастания характеризует «дружность» («синхронность») всхожести семян и позволяет оценить общую неспецифическую токсичность почв [18].

На рис. 1 приведены значения величины энергии прорастания семян *Allium cepa* L. на почвенных вытяжках, дистиллированной воде (контроль 1) и стандартном питательном растворе (контроль 2). Из данных следует, что значения величины энергии прорастания семян на тест-вытяжках варьируют в широком диапазоне значений (от 0,2 до практически 1), что свидетельствует о различной антропогенной нагрузке на почвы реперных точек.

Данные (рис. 1) свидетельствуют о том, что стандартный питательный раствор обеспечивает максимальный уровень величины энергии прорастания семян. Это логично объясняется тем, что питательный раствор содержит все необходимые растению неорганические компоненты в оптимальном количестве, в то время как дистиллированная вода, основа приготовления вытяжек, рост-стимулирующим эффектом не обладает.

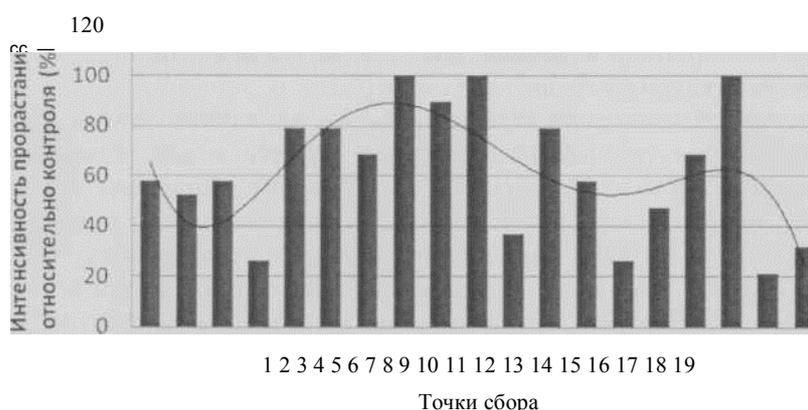


Рис. 1. Величина энергии прорастания семян для различных точек

Наименьшее значение величины энергии прорастания наблюдается для точки 18, значение которой практически соответствовало эффекту дистиллированной воды, что свидетельствует

о наиболее неблагоприятной ситуации. Величина энергии прорастания семян для точек 8, 9, 10 и 17 практически сходна с контрольным значением 2 (разница статистически недостоверна; $p > 0,05$), что указывает на оптимальное соотношение необходимых для растений элементов и свидетельствует об относительном экологическом благополучии в данных точках. Невысокая энергия прорастания характерна для точек 4, 11, 14 и 19, она составила $0,25 \pm 0,04$, $0,35 \pm 0,04$, $0,25 \pm 0,01$ и $0,3 \pm 0,02$ соответственно (разница относительно контроля 2 статистически достоверна при $p < 0,05$). Значение величины энергии прорастания от 0,4 до 0,6 наблюдается для пяти из обследованных точек: 1, 2, 3, 13 и 15. Различия достоверны на уровне тенденции $p < 0,1$.

Цитотоксичность вытяжек оценивалась цитологически по величине МИ в клетках корневой апикальной меристемы лука. Митотический индекс характеризует пролиферативную активность клеток корневой меристемы, которая, в свою очередь, подавляется токсичными компонентами почвенных вытяжек.

На рис. 2 приведены фотографии митотического деления клеток апикальной меристемы *Allium cepa* в норме, а также примеры различных фаз митоза.

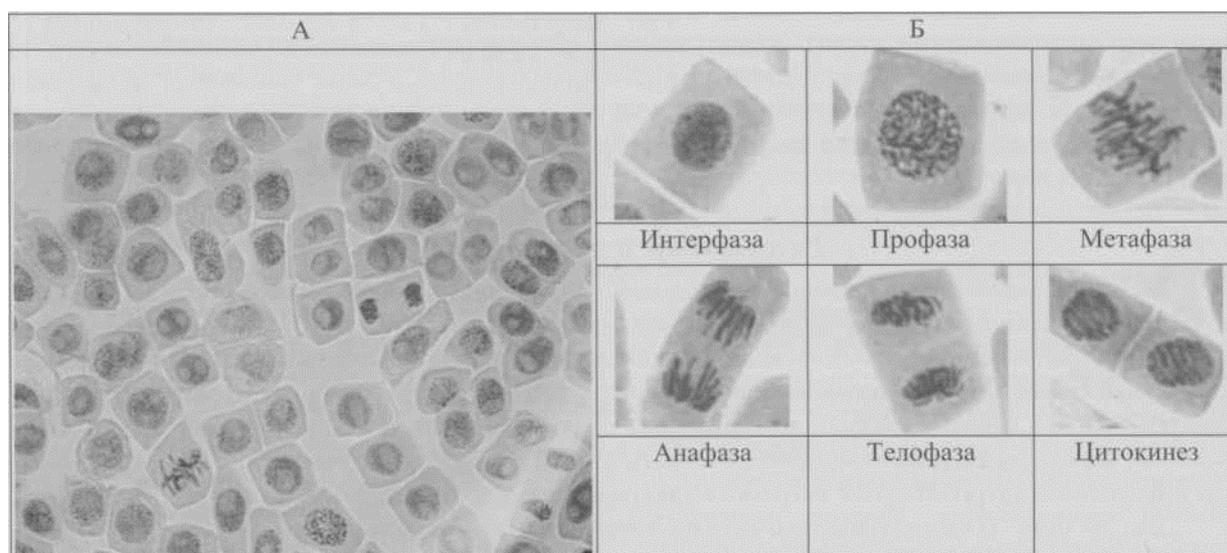


Рис. 2. А — общий вид препарата клеток апикальной меристемы *Allium cepa*, X200, ацетокармин. Б - цитологическая идентификация клеток *Allium cepa* на различных стадиях митоза

На рис. 3 суммированы результаты анализа цитотоксичности вытяжек. Как и в предыдущем случае, данные варьировали в широких пределах, митотическая активность клеток корневой меристемы лука при выращивании в воде, отобранной на улице Ванеева, 34 (пункт 5) (в сравнении с контролем 2), является достаточно высокой ($0,160 \pm 0,011$). Выдерживание луковиц в вытяжках почв пунктов 5, 12 и 15 привело к незначительному ингибированию пролиферативной активности меристематических тканей по сравнению с контролем 1.

В остальных случаях значения МИ ниже, чем в вариантах 5, 12 и 15, причем разница статистически достоверна ($p < 0,05$), подавление митотической активности наблюдалось в большинстве точек (2, 3, 4, 6, 7, 8, 10, 11, 13, 18 и 19). Контроль 1 представляет собой дистиллированную воду, поэтому естественно предположить, что снижение митотической активности в этом случае вызвано нарушением метаболизма клетки из-за отсутствия токсичных химических веществ, но в то же время и отсутствия в среде необходимых веществ / микроэлементов. Высокая цитотоксичность вытяжек в вариантах 7, 13, 18 и 19 также свидетельствует о неблагоприятном химическом составе почвы.

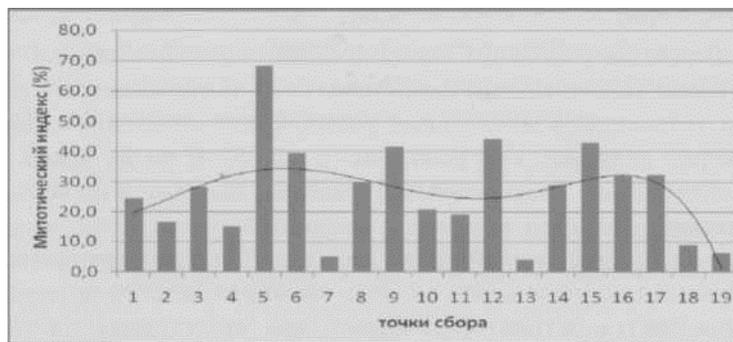


Рис. 3. Величина митотического индекса для клеток меристемы *Allium cepa*

Сравнительный анализ данных по ЭП и МИ свидетельствует о том, что их результаты хотя и не повторяют друг друга по единичным точкам, но в целом общая тенденция динамики по различным точкам города очень близка (см. линии тренда на рис. 1 и 3).

Генотоксичность вытяжек оценивалась по частоте aberrantных ана-телофаз в первом митозе в корневой меристеме лука. Клетки апикальной меристемы высших растений по чувствительности и реакциям на негативные воздействия окружающей среды схожи с клетками млекопитающих, что делает возможным моделирование и выявление степени мутационной нагрузки окружающей среды на биоту и человека при анализе степени цитогенетических нарушений в клетках тест-растения. Выделяют несколько механизмов формирования хромосомных aberrаций в анафазе или телофазе по Kihlmann, 1971: воздействие кластогенных химических веществ, появление хроматидных разрывов с возможным их воссоединением, формирование мостов и фрагментов в анафазе.

В процессе проращивания *Allium cepa* на почвенных вытяжках были зафиксированы такие нарушения нормального деления клеток, как формирование мостов, одиночных и двойных фрагментов, опережение или отставание хромосом при расхождении, выпадение хромосом, наличие трехполюсных митозов и микроядер в клетках, а также ядерных протрузий (табл. 2). Важная роль в формировании цитогенетических изменений принадлежит двойным мостам и трехполюсным митозам.

Таблица 2

Основные формы патологии митоза растительной клетки

мосты	наличие трехполюсных митозов	одиночные или двойные фрагменты
микроядра	опережение хромосом	смешанные
отставание хромосом	выпадение хромосом	ядерные протрузии

Анализ частот aberrаций указанных типов показал, что максимальной частотой микроядер в клетках характеризуются только клетки меристемы лука, выращиваемого на почвенной вытяжке 3. В этой же точке наблюдалось наибольшее разнообразие аномалий митоза, частота которых статистически достоверно отличается от контроля ($p < 0,05$). В то же время почвы в этой точке характеризуются относительным благополучием - свинец находится на верхней границе нормы, а цинк на нижней границе.

В настоящее время хорошо изучена роль цинка в процессах биосинтеза белка и нуклеиновых кислот, построении и регуляции свойств мембран клеток и субклеточных единиц. В ряде случаев цинк является активатором ферментов, кроме того, он может связываться с нуклеиновыми кислотами, участвуя тем самым в поддержании стабильности генома за счет участия в процессе репарации ДНК. Следует отметить, что обратимость процессов репарации ДНК также обеспечивается цинком - в нативной ДНК цинк связан с фосфатными группами, повышая тем самым их стабильность, а при расхождении нитей ДНК он образует координационные комплексы с азотистыми основаниями, способствуя их объединению в двойную спираль. Ингибирование активности металлофермента, специфически связывающего ионы цинка (ПАРП, входит в качестве связывающего компонента в мультипротеиновый комплекс эксцизионной репарации, включающий белок XRCC1, ДНК-лигазу III и ДНК-полимеразу бета), приводит к подавлению процесса репарации [19].

Свинец, являясь функциональным антагонистом цинка, способен замещать его во многих метаболических и репарационных процессах. В частности, свинец замещает ионы цинка в белках клеточных ядер, транскрипционных факторах и гормон-связывающих белках, что нарушает внутриклеточную трансдукцию сигналов и экспрессию генов, а также сказывается непосредственно на процессах репарации.

Высокой частотой aberrаций характеризуются также точки 5, 12, 16, 17 и 19. Статистический анализ полученных данных показал, что частота aberrантных клеток достоверно увеличивается в точках 12, 17 и 16, а в точках 1, 8, 9 и 19 различия не столь выражены. Мосты были зафиксированы для точек 1,5, 16, 17, 19.

Наличие аномалий в клетках является свидетельством существенной техногенной нагрузки на окружающую среду в точках сбора почвенных образцов.

Рис. 4 иллюстрирует частоту клеток (%) с цитогенетическими нарушениями, рассчитанных на 500 ана-тело фазных клеток.

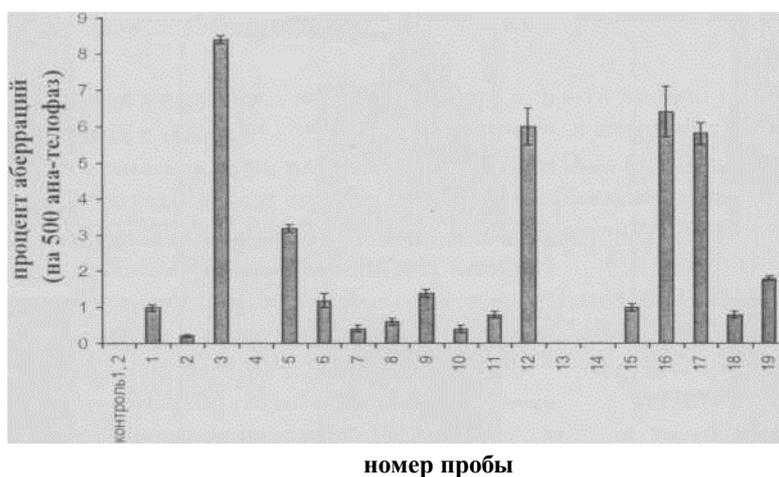


Рис. 4. Частота клеток (в %) с цитогенетическими нарушениями для растений, выращиваемых на почвенных вытяжках и контроле 1 и 2

В то же время для точек 4, 13 и 14 aberrантных клеток обнаружено не было, что может являться показателем отсутствия в почве соответствующих компонентов (или их сочетаний), вызывающих мутагенный эффект. Для точки 4 показано пониженное содержание большинства элементного состава, а для точек 13 и 14 содержание этих элементов на границе нормы.

Приведенные выше данные позволяют предположить, что в формировании цитогенетических патологий играет роль не только минеральная составляющая, но и органическая компонента, которая в данной работе не учитывалась. Кроме того, по-видимому, необходимо учитывать также и биологическую подвижность неорганической компоненты.

Заключение

В ходе анализа экологической обстановки в крупных промышленных городах на примере оценки техногенного загрязнения г. Минска методами биоиндикации и минерального загрязнения установлено следующее.

1. Химический анализ проб почв, отобранных на территории г. Минска в целом указывает на относительное благополучие почв города по наиболее опасным загрязнителям, включая соли свинца, кадмия, кобальта и др. В некоторых точках отмечается дисбаланс по отдельным элементам или их группам.

2. В пробах водных вытяжек почв ряда точек (1, 2, 3, 4, 7, 10, 11, 13, 18 и 19) существенно снижена митотическая активность клеток корневой меристемы *Allium cepa*, что может свидетельствовать либо о токсическом их эффекте, либо об активации репаративной системы и задержке клеток в контрольных точках клеточного цикла, что в целом подтверждает наличие вредных веществ в исследуемых образцах.

3. Очевиден генотоксический эффект по частоте аберрантных клеток и патологических митозов для точек 3, 12, 16 и 17 относительно контроля.

Представленные выше данные свидетельствуют о наличии явных сочетанных эффектов антропогенного воздействия и настоятельно диктуют необходимость комплексной оценки почв с учетом органических компонентов.

Список литературы

1. Дятлов, С. Е. Роль и место биотестирования в комплексном мониторинге загрязнения морской среды / С. Е. Дятлов // Экология моря. - 2000. - Вып. 51. - С. 83-87.
2. Илющенко, В. П. Чувствительность *Allium-testis* к присутствию тяжелых металлов в водной среде / В. П. Илющенко, В. Н. Щегольков // Химия и технология воды. - 1990. - Т. 12, №3.-С. 275-278.
3. Белоусова, З. П. Генотоксичность производных индола / З. П. Белоусова, Е. С. Селезнева // Вестник СамГУ. Естественнонаучная серия. - Второй спец. выпуск. - 2004. - С. 106-113.
4. Рыбальский, Н. Г. Критерии оценки экологической обстановки территорий для выявления зон чрезвычайной экологической ситуации и зон экологического бедствия / Н. Г. Рыбальский, В. Н. Кузьмич, Н. П. Морозов. - М. : МПР РФ. - 1992.
5. Шунелько, Е. В. Многокомпонентная биоиндикация городских транспортно-селитебных ландшафтов: дис. ... канд. биол. наук / Е. В. Шунелько. - Воронеж, 2000. - 245 с.
6. Nilan, R. A. Potential of plant genetic systems for monitoring and screening mutagens / R. A. Nilan // Environ. Health Perspect. - 1978. - Vol. 27. - P. 181-196.
7. Золотарева, Г. Н. Использование семян *Allium fistulosum* G. в качестве предварительного теста при изучении мутагенных факторов окружающей среды / Г. Н. Золотарева, Э. Н. Исхакова, Н. Г. Облапенко // Цитология и генетика. - 1977. - Т. 11, № 1. - С. 62-65.
8. Погосян, В. С. Выявление генотоксических агентов производственных загрязнителей с использованием теста по А. сера / В. С. Погосян, Э. А. Агаджанян, Н. К. Хачатрян // Биологический журнал Армении. - 1987. - Т. 40, № 6. - С. 497.
9. The *Allium cepa* chromosome aberration test reliable measures genotoxicity of soils of inhabited areas in the Ukraine contaminated by the Chernobyl accident / O. Kovalchuk [et al.] // Mutat Res. - 1998. - Vol. 415, N 1-2. - P. 47-57.
10. Охрана природы. Почвы. Общие требования к отбору проб почв: ГОСТ 17.4.3.01-83. - Введ. 21.12.1983. - М. : Гос. комитет СССР по стандартам.
11. Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки почв для химического, бактериологического и гельминтологического анализа: ГОСТ 17.4.4.02-84. - Введ. 01.01.1986. - М. : Гос. комитет СССР по стандартам.
12. Гуничева, Т. Н. Недеструктивный рентгенофлуоресцентный анализ почв / Т. Н. Гуничева // Научная мысль Кавказа. - 2000. - № 1 (6), (приложение). - С. 7-15.

13. Grant, W. F. Chromosome aberration assays in *Allium*. A report of the US Environmental Protection Agency Gene-Tox program / W. F. Grant // *Mutation Research*. - 1982. - V. 99. - P. 273-291.
14. Fiskesjo, G. The *Allium* test as a standard in environmental monitoring / G. Fiskesjo // *Hereditas*. - 1985. - V. 102. - P. 99-112.
15. Паушева, З. П. Практикум по цитологии растений / З. П. Паушева. - М. : Агропромиз-дат, 1988. - 272 с.
16. Бочков, Н. П. Классификация и методы учета хромосомных aberrаций в соматических клетках / Н. П. Бочков, Ю. С. Демин, Н. В. Лучник // *Генетика*. - 1972. - Т. 8, № 5. - С. 133-141.
17. Евсеева, Т. И. Комплексное изучение радиоактивного и химического загрязнения водоемов в районе расположения хранилища отходов радиевого промысла / Т. И. Евсеева, С. А. Гераськин, И. И. Шуктомова // *Экология*. - 2003. - № 3. - С. 176-183.
18. Гарипова, Р. Ф. Биотестирование водных вытяжек почв Оренбургского подвергшихся воздействию выбросов газохимического комплекса / Р. Ф. Гарипова, А. Ж. Калиев // *Вестник Оренбургского государственного университета*. - 2004. - № 9. - С. 90-92.
19. Poly(ADP-ribosyl)ation reactions in the regulation of nuclear functions / D. D'Amours [et al.] // *Biochem. J.* - 1999. - Vol. 342. - P. 249-268.

O. V. Lozinskaya, N. S. Krapivina, S. B. Melnov

BIOINDICATION ASSESSMENT OF THE ANTHROPOGENOUS POLLUTION OF MINSK

Based on *Allium-test* we conducted bioindication of big industrial city areas (Minsk) with different anthropogenic pressure. Comparative analysis of macro- and microelements contents in soil samples from studied areas with effects for seedling of test plant gave us the opportunity to clarify reliable cyto- and genotoxic effect of some samples.

Our data allow to determine ecological risk for biological objects on territories with various level of anthropogenic pressure. Taking into account that mentioned approach is based on complex analyses which includes all diversity of anthropogenic pollutants effects these data could be of high importance for ecologically unfavorable areas.