

ОЦЕНКА ТОКСИЧНОСТИ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ РЕКИ ЧУМЫШ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ALLIUM-ТЕСТА

TOXICITY EVALUATION OF BOTTOM SEDIMENTS OF THE CHUMYSH RIVER USING THE ALLIUM TEST

Ключевые слова: донные отложения, генотоксичность, *Allium*-тест, корневая меристема, митотический индекс, аномалии митоза, река Чумыш.

Изучены цитогенетические и биохимические эффекты донных отложений р. Чумыш в окрестностях населенного пункта Тальменка (Алтайский край). Установлено, что водные вытяжки донных отложений оказывают негативное цитотоксическое действие на тест-систему *Allium cepa* L., снижая в 1,7 раза митотическую активность клеток корневой меристемы. Уровень патологических митозов (14,01%), существенно превышающий фоновое значение, указывает на присутствие в донных отложениях водоема факторов, обладающих суммарной мутагенной активностью. Основными нарушениями являются различные виды неравномерного расхождения хромосом (более 60%). Доминирование в спектре аномалий патологий веретена деления дает основание полагать о химическом загрязнении донных отложений р. Чумыш. Причиной нарушения клеточного гомеостаза корневой меристемы *A. cepa* является генерация активных форм кислорода, приводящая к развитию окислительного стресса. Уровень ма-

лонового диальдегида в корнях лука репчатого в 2,5-3 раза превысил контрольный показатель.

Keywords: bottom sediments, genotoxicity, *Allium* test, root meristem, mitotic index, mitotic abnormalities, Chumysh river.

Cytogenetic and biochemical effects of the bottom sediments of the Chumysh River near Talmenka settlement (Altai Region) were studied. It has been found that the aqueous extracts of the bottom sediments induced a strong cytotoxic effect reducing 1.7 times the mitotic activity in the apical root meristem in *Allium cepa* test system. The level of pathological mitoses (14.01%) was significantly higher than the background value and indicated the presence of factors with a total mutagenic activity in the bottom sediments of the river. The different types of unequal chromosome segregation (60%) were the main violations during cell divisions. The dominance of metaphase spindle pathologies gave reason to consider the chemical contamination of bottom sediments of the Chumysh River. The production of reactive oxygen species causing oxidative stress was the reason for violations in cellular homeostasis of *A. cepa* root meristem. The level of malondialdehyde in onion roots exceeded the control values 2.5-3 times.

Чернышева Наталья Николаевна, д.с.-х.н., проф. каф. плодовоовощеводства, технологии хранения и переработки продукции растениеводства, Алтайский государственный аграрный университет. Тел.: (3852) 62-83-67. E-mail: nnchernisheva@mail.ru.

Хлебова Любовь Петровна, к.б.н., доцент каф. экологии, биохимии и биотехнологии, Алтайский государственный университет. Тел.: (3852) 36-76-00. E-mail: hlebova61@mail.ru.

Горянинова Ольга Сергеевна, магистрант, Алтайский государственный университет. Тел.: (3852) 36-76-00. E-mail: oljga.m-m@mail.ru.

Крайнов Артем Павлович, магистрант, Алтайский государственный университет. Тел.: (3852) 36-76-00. E-mail: tema_rid@mail.ru.

Chernysheva Natalya Nikolayevna, Dr. Agr. Sci., Prof., Chair of Fruit and Vegetable Growing, Crop Storage and Processing Technology, Altai State Agricultural University. Ph.: (3852) 62-83-67. E-mail: nnchernisheva@mail.ru.

Khlebova Lyubov Petrovna, Cand. Bio. Sci., Assoc. Prof., Chair of Ecology, Biochemistry, Altai State University. Ph.: (3852) 36-76-00. E-mail: hlebova61@mail.ru.

Goryaninova Olga Sergeevna, master's degree student, Altai State University. Ph.: (3852) 36-76-00. E-mail: oljga.m-m@mail.ru.

Kraynov Artem Pavlovich, master's degree student, Altai State University. Ph.: (3852) 36-76-00. E-mail: tema_rid@mail.ru.

Введение

Растительные тест-системы в настоящее время широко используются как в качестве индикаторов генотоксичности различных факторов, так и сигнальных объектов при мониторинге состояния окружающей среды [1, 2]. Биотестирование с применением лука репчатого (*Allium cepa* L.) показало его высокую эффективность для оценки токсической и му-

тагенной активности большого ряда соединений [3-5]. Показатели *Allium*-теста хорошо коррелируют с результатами, полученными на других объектах, в том числе клетках млекопитающих [6]. Данную систему широко используют и для оценки биологических эффектов загрязнения водных сред.

Большая роль в функционировании водной экосистемы отводится донным отложениям,

которые, с одной стороны, являются средой обитания бентосных организмов и источником пищи для многих гидробионтов, а с другой, – местом депонирования загрязняющих веществ. При этом степень накопления токсиантов, особенно органических, может быть столь высока, что они способны полностью подавить процесс самоочищения в придонном слое воды [7, 8]. В связи с этим исследование потенциального воздействия на биологические объекты веществ, аккумулярованных в донных отложениях, является актуальным.

Цель работы – оценка суммарной мутагенной активности донных отложений реки Чумыш с использованием в качестве тест-системы лука репчатого.

Материалы и методы

Материалом для исследования служили пробы донных отложений р. Чумыш, собранные в периоды максимального половодья (конец апреля) и пониженного потенциала самоочищения водоема (первая декада октября) [9]. Река Чумыш – один из наиболее крупных притоков верхней Оби, протекает в основном по Бийско-Чумышской возвышенности и в своем среднем и нижнем течении пересекает ряд населенных пунктов Алтайского края, в том числе г. Заринск и р.п. Тальменка. Исследованы участки, расположенные в окрестностях населенного пункта р.п. Тальменка (Алтайский край). Отобрано 8 образцов (по 4 в каждый период исследования): ДО-1 – правый берег, 1 км выше поселка; ДО-2 – левый берег, 1 км выше поселка; ДО-3 – правый берег, 1 км ниже поселка; ДО-4 – левый берег, 1 км ниже поселка. Пробы отбирали вблизи берега из верхнего слоя толщиной до 20 см, протирали через полиэтиленовую сеть с размером ячейки 0,9 см и хранили при 4-5°C.

О токсичности донных отложений судили на основании биотестирования их водных вытяжек. Для приготовления водной вытяжки каждую пробу смешивали с водопроводной водой в объемном соотношении 1:4, встряхивали в течение 2 ч, затем отстаивали в течение 1 ч. Полученную надосадочную жидкость сливали и центрифугировали 10 мин. при скорости 4000 об/мин. Потенциальный биологический эффект водных вытяжек оценивали с использованием тест-объекта – лука репчатого. Перед началом тестирования удаляли внешние чешуи и нижнюю пластинку, не повреждая первичные корешки. С целью синхронизации клеточных делений стандартные луковицы замачивали в водопроводной воде и выдерживали в течение суток в темноте при температуре +4°C, затем температуру повышали до +22°C. Когда корни достигали длины 2-3 мм, луковицы переносили в

стаканы, содержащие приготовленные вытяжки ДО, и культивировали в течение нескольких дней при температуре +24...+25°C. Контролем служила проба с отфильтрованной водопроводной водой средней жесткости. Кроме того, был заложен вариант, в котором луковицы проращивали в стаканах с дистиллированной водой (проба 5). Корни длиной 10-12 мм фиксировали по методу Карнуа в смеси 96%-ного этанола и уксусной кислоты (3:1). Материал хранили в 70%-ном этиловом спирте при температуре +4°C. Цитологический анализ митоза в клетках корневой меристемы проводили на микроскопе AXIO ZEISS Imager.Z1 при увеличении 10x15x90 на временных давленных препаратах после окрашивания ацетоарсеином [6]. Учитывали общее количество клеток на препарате, количество делящихся клеток, количество и тип патологических митозов. Анализировали не менее 2000 шт. на образце.

Цитотоксичность донных отложений оценивали по показателю интенсивности пролиферации клеток корневой меристемы – митотическому индексу (MI, %). Для оценки генотоксичности проб определяли долю патологических митозов среди общего числа делящихся клеток (ПМ, %), а также типы и частоту различных нарушений клеточного деления. Развитие окислительного стресса в клетках тест-объекта определяли спектрофотометрически по уровню перекисного окисления липидов (ПОЛ), основанному на определении количества соединений, взаимодействующих с тиобарбитуровой кислотой в пересчете на малоновый диальдегид (МДА) [10]. Каждый опыт проводили в трех биологических и 2-3 аналитических повторностях. Достоверность различий полученных результатов оценивали с помощью критерия Стьюдента. Статистическую обработку данных проводили с использованием пакета прикладных программ Microsoft Excel 2010.

Результаты и их обсуждение

Цитогенетические методы рассматривают как наиболее чувствительные для эффективной оценки мутагенного и токсического эффектов неблагоприятных экологических факторов на окружающую среду. Анализ нарушений митотических циклов дает возможность выявлять ранние изменения цитогенетической системы организма в отсутствие фенотипических проявлений и на основании этого делать адекватные прогнозы дальнейшего состояния системы в меняющихся условиях среды. Известно, что целый ряд мутагенов оказывает синергетический и кумулятивный эффекты на клеточный аппарат, что позволяет оценивать их комплексное воздействие даже при незначительном уровне загрязнения.

Одна из основных характеристик митотического режима организма – митотическая активность клеток меристематических тканей, показателем которой является митотический индекс. На рисунке 1 представлена пролиферативная активность клеток апикальной меристемы тест-объекта.

Водные вытяжки донных отложений р. Чумыш независимо от срока отбора проб оказывали угнетающее действие на клеточное деление при формировании корневой системы лука репчатого. Среднее значение MI в опытных вариантах составило 5,67% (ДО-1 – ДО-4), что в 1,7 раза уступало контрольному показателю (9,66%, $p \leq 0,05$). Наиболее выраженный эффект наблюдали в пробах, отобранных в первую декаду октября, когда показатель митотической активности достигал лишь 50,52% относительно контрольного значения ($p \leq 0,01$). Донные отложения правобережного участка реки (ДО-1, ДО-3) вызывали достоверное снижение ($p \leq 0,05$) митотического индекса клеток биотестатора в сравнении с ДО левого берега (ДО-2, ДО-4) на 21,3 и 23,3% в периоды максимального половодья (апрель) и осенней межени (октябрь) соответственно. Статистически значимые различия действия проб, собранных выше и ниже населенного пункта, не установлены.

Таким образом, полученные результаты свидетельствуют о наличии в донных отложениях водоема компонентов токсического действия, обуславливающего депрессивный характер митотической активности апикальной меристемы корешков лука репчатого. Выполненное нами ранее исследование проб воды р. Чумыш выявило аналогичную неоднородность временного и пространственного распределения характеристик в пределах одного створа. Однако образцы, отобранные в апреле во время половодья, в отличие от проб осеннего периода, оказывали митозостимулирующее действие на пролифериру-

ющие ткани, что характерно для слабых стрессовых воздействий поллютантов либо их синергетического эффекта [11]. Подобной стимуляции клеточных делений в тканях тест-объекта, культивируемого на водных вытяжках ДО, не наблюдали, что свидетельствует о более высоких концентрациях негативных компонентов либо различиях их состава.

Таким образом, речная вода и донные отложения одного и того же водоема имеют различные экологические эффекты на тестируемые объекты. Вероятно, это связано с тем, что в воде присутствуют вещества, транзитно поступающие с вышерасположенных участков реки, поэтому возможны кратковременные острые загрязнения, которые в дальнейшем могут нивелировать и не оказывать заметного отрицательного воздействия на экосистему водоема. В донных отложениях происходят накопление поллютантов и их трансформация в течение длительного периода, что приводит к более выраженному токсическому влиянию на биоту. Подтверждением данного тезиса может служить вышеотмеченный факт существенно более сильного угнетающего воздействия водных вытяжек ДО, отобранных осенью, в период пониженного потенциала самоочищения водоема, на пролиферацию клеток.

Представляет интерес обсуждение результатов проращивания тест-объекта, погруженного в дистиллированную воду (проба 5). Среднее значение MI составило 12,25%, что существенно превысило контрольный показатель ($p \leq 0,05$). Митозостимулирующий эффект дистиллированной воды как среды для культивирования лука репчатого был сходен по силе воздействия с опытными пробами весеннего периода [11], что свидетельствует о ее токсическом воздействии на живой объект. Следовательно, использование дистиллированной воды в качестве контроля при биотестировании различных сред или веществ является нежелательным.

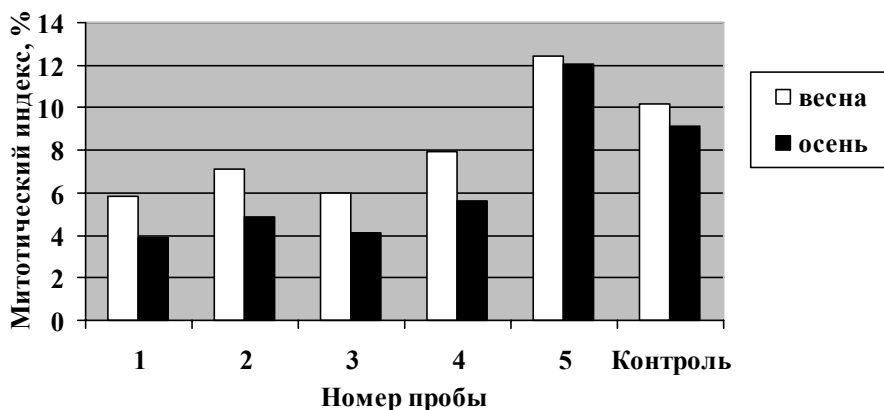


Рис. 1. Митотическая активность клеток корневой меристемы лука репчатого

На рисунке 2 представлены результаты цитогенетического исследования уровня патологических митозов в клетках апикальной меристемы корешков лука репчатого, позволяющего провести оценку суммарной мутагенной активности компонентов донных отложений р. Чумыш.

Фоновое значение различных нарушений клеточного деления составило 0,86%. Патологии, индуцированные опытными образцами ДО, в среднем в 16,3 раза превысили контрольный показатель. Наиболее часто аномальные клетки встречались в корнях лука, выросших на пробах, отобранных в октябре (15,34%). В отличие от общего уровня митотической активности корневой меристемы тест-объекта пространственные различия частоты патологических митозов в зависимости от места отбора материала статистически незначимы. Среди выявленных аномалий доминировали различные виды неравномерного расхождения хромосом (более 60%). Кроме того, регистрировали клетки с хромосомными мостами, фрагментами и микроядрами. Довольно высокий уровень цитогенетических нарушений является показателем генотоксического воздействия донных отложений на растительный организм. Следует отметить, что спектр митотических нарушений в данном эксперименте не отличался от aberrаций, отмеченных ранее при исследовании проб воды р. Чумыш [11].

Существует мнение, что характер аномалий клеточных делений может отражать природу фактора, присутствующего в окружающей среде. Так, воздействие радиации приводит к возрастанию частоты хромосомных aberrаций в клетке (делеции, транслокации), а действие химических мутагенов чаще всего вызывает генные мутации или повреждения

митотического веретена [12, 13]. Преобладание в нашем исследовании патологий веретена деления, приводящих к дезориентации хромосом в метафазе и многополюсному и ассиметричному митозу в ана-телофазе, дает основание полагать о химическом загрязнении донных отложений реки Чумыш в районе р.п. Тальменка.

Повышенный уровень различных аномалий клеточного деления в корневой меристеме лука репчатого (3,58%), культивируемого на дистиллированной воде (проба 5), подтверждает вывод о нецелесообразности ее использования для оценки фоновых значений частоты спонтанных нарушений митотических циклов растительных тест-систем.

Как известно, значительную роль в ответных реакциях растений на неблагоприятные условия среды оказывают окислительно-восстановительные процессы, протекающие с участием кислородных радикалов. Образование активных форм кислорода (АФК), называемое «окислительным взрывом», является одним из ранних ответов на стрессовое воздействие [14]. Повышенная генерация АФК в растительных клетках представляет серьезную угрозу, так как радикалы кислорода и продукты их превращения могут подавлять активность ферментов, вызывать деградацию белков, углеводов, липидов, повреждать ДНК и РНК, дезорганизовывать цитоскелет. Одной из наиболее распространенных неспецифических реакций растительных клеток на действие стресс-фактора является индукция процессов пероксидного окисления липидов (ПОЛ) [15]. Количество малонового диальдегида, являющегося продуктом ПОЛ, может служить индикатором развития окислительного стресса в клетках в ответ на неблагоприятное воздействие.

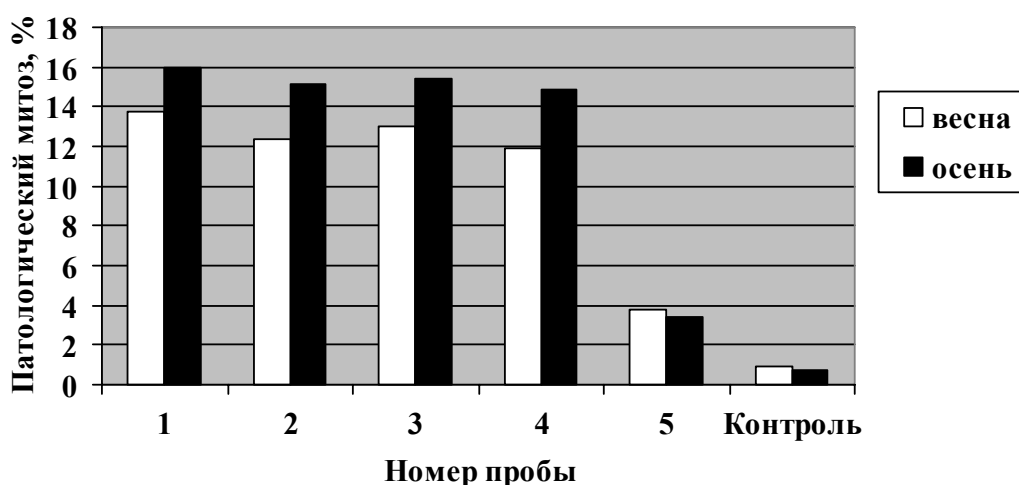


Рис. 2. Частота патологических митозов, индуцированных водными вытяжками донных отложений р. Чумыш, в апикальной меристеме корней лука репчатого

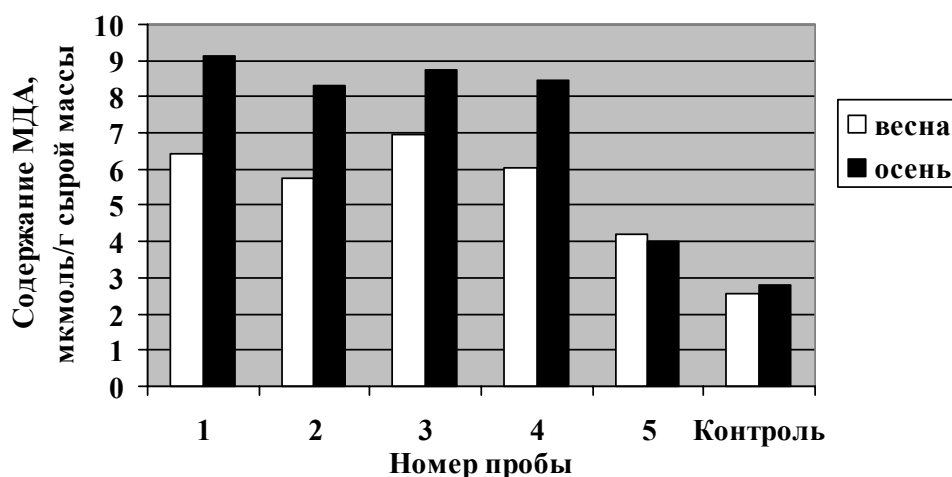


Рис. 3. Содержание малонового диальдегида, индуцированного водными вытяжками донных отложений р. Чумыш, в корнях лука репчатого

Выполненное исследование показало, что конститутивный уровень МДА в корнях лука репчатого в контрольном варианте не превысил 3 мкмоль/г сырой массы (рис. 3).

Проращивание тест-объекта на вытяжках донных отложений р. Чумыш обусловило существенное увеличение искомого продукта: более чем в 3 раза в пробах осеннего отбора и в 2,5 раза в материале, отобранном весной. Максимальный показатель наблюдали при действии на корневую систему лука репчатого компонентов донных отложений правого берега ($9,12 \pm 1,19$ мкмоль/г, ДО-1).

Значения, полученные при биохимическом анализе материала, выращенного на дистиллированной воде (проба 5), существенно отличались как от контрольного, так и опытных вариантов ($p \leq 0,05$). Среднее содержание диальдегида составило $4,21 \pm 0,56$ и $3,99 \pm 0,34$ мкмоль/г сырой массы в зависимости от сезона отбора проб. Установленный показатель МДА служит индикатором стрессовой ситуации, подтверждая негативный эффект дистиллированной воды на цитогенетические характеристики растительных организмов.

Таким образом, повышенный уровень содержания МДА в корнях лука репчатого, культивируемого на водных вытяжках донных отложений р. Чумыш, свидетельствует об интенсивной генерации АФК и развитии окислительного стресса, что находит отражение в нарушении стабильности цитогенетического статуса апикальной меристемы.

Заключение

В результате биотестирования водных вытяжек донных отложений (ДО) р. Чумыш с использованием лука репчатого выявлено наличие в исследованных пробах компонентов токсического действия, обуславливающих де-

прессивный характер митотической активности апикальной меристемы тест-объекта. Уровень патологических митозов, существенно превышающий фоновое значение, свидетельствует о присутствии в ДО факторов, обладающих суммарной мутагенной активностью. Доминирование в спектре аномалий патологий веретена деления дает основание полагать о химическом загрязнении донных отложений р. Чумыш в окрестностях р.п. Тальменка. Причиной нарушения клеточного гомеостаза корневой меристемы *A. cepa* является генерация активных форм кислорода, приводящая к развитию окислительного стресса.

Библиографический список

1. Хлебова Л.П., Ерещенко О.В. Ритмы суточной митотической активности у березы повислой (*Betula pendula* Roth.) в условиях Алтайского края // Известия Алтайского гос. ун-та. – 2014. – № 3-1 (83). – С. 100-104.
2. Хлебова Л.П., Ерещенко О.В. Качество пыльцы березы повислой (*Betula pendula* Roth.) в условиях Барнаула // Известия Алтайского гос. ун-та. – 2012. – № 3-1. – С. 89-92.
3. Евсеева Т.И., Майстренко Т.А., Гераськин С.А., Белых Е.С., Казакова Е.В. Токсические и цитогенетические эффекты, индуцируемые у *Allium cepa* низкими концентрациями Cd и ^{232}Th // Цитология и генетика. – 2005. – Т. 39. – № 5. – С. 73-80.
4. Trushin M.V., Ratushnyak A.Yu., Arkharova I.A., Ratushnyak A.A. Genetic alterations revealed in *Allium cepa*-test system under the action of some xenobiotics // World Appl. Sci. J. – 2013. – V. 22 (3). – 342-344.
5. Firbas P., Amon T. Chromosome damage studies in the onion plant *Allium cepa* L. // Caryologia. – 2014. – V. 67(1). – P. 315-318.

6. Barberrio A., Voltolini J.C., Mello M.L.S. Standardization of bulb and root sample sizes for the *Allium* test // *Ecotoxicology*. – 2011. – V. 20. – P. 927-935.
7. Щербань Э.П., Арсан О.М., Шаповал Т.Н., Цветкова А.М., Пищолка Ю.К., Кукля И.Г. Методика получения водных вытяжек из донных отложений для их биотестирования // *Гидробиол. журнал*. – 1994. – Т. 30. – № 4. – С. 100-111.
8. Степанова Н.Ю., Ахметшина А.Д., Латыпова В.З. Сравнение чувствительности тест-объектов при токсикологической оценке донных отложений, загрязненных нефтью разного происхождения // *Поволжский экологический журнал*. – 2012. – № 3. – С. 319-325.
9. Силантьева М.М., Безматерных Д.М., Ирисова Н.Л. и др. Изучение биологического разнообразия в комплексном заказнике «Усть-Чумышский» Тальменского района Алтайского края // *Особо охраняемые природные территории Алтайского края и сопредельных территорий, тактика сохранения видового разнообразия и генофонда: матер. регион. науч.-практ. конф.* – Барнаул: АлтГУ, 2002. – С. 165-173.
10. Kumar G.N., Knowles N.R. Changes in lipid peroxidation and lipolytic and free-radical scavenging enzyme during aging and sprouting of potato (*Solanum tuberosum* L.) seed-tubers // *Plant Physiol.* – 1993. – V. 102. – P. 115-124.
11. Чернышева Н.Н., Хлебова Л.П., Пронина Р.Д. Использование тест-системы *Allium cepa* L. для оценки генотоксичности воды р. Чумыш // *Вестник Алтайского ГАУ*. – 2016. – № 3 (137). – С. 90-95.
12. Geras'kin S., Oudalova A., Michalik B. et al. Genotoxicity assay of sediment and water samples from the Upper Silesia post-mining areas Poland by means of *Allium*-test // *Chemosphere*. – 2011. – V. 83. – P. 1133-1146.
13. Медведева М.Ю., Болсуновский А.Я. Спектр хромосомных aberrаций в корневой меристеме *E. canadensis* из районов реки Енисей с разными типами техногенного загрязнения экологическая генетика. – 2016. – Т. 14. – № 2. – С. 57-66.
14. Колупаев Ю.Е. Активные формы кислорода в растениях при действии стрессоров: образование и возможные функции // *Вестник Харьковского нац. аграр. ун-та. Сер. Биология*. – 2007. – Вып. 3(12). – С. 6-26.
15. Полесская О.Г. Растительная клетка и активные формы кислорода. – М.: Изд-во КДУ, 2007. – 140 с.
- gosudarstvennogo universiteta. – 2014. – № 3-1 (83). – С. 100-104.
2. Khlebova L.P., Ereshchenko O.V. Kachestvo pyl'tsy berezy povisloy (*Betula pendula* Roth.) v usloviyakh Barnaula // *Izvestiya AGU*. – 2012. – № 3-1. – С. 89-92.
3. Evseeva T.I., Maystrenko T.A., Geras'kin S.A., Belykh E.S., Kazakova E.V. Toksicheskie i tsitogeneticheskie efekty, indutsiruemye u *Allium cepa* nizkimi kontsentratsiyami Cd i ²³²Th // *Tsitologiya i genetika*. – 2005. – Т. 39. – № 5. – С. 73-80.
4. Trushin M.V., Ratushnyak A.Yu., Arkharova I.A., Ratushnyak A.A. Genetic alterations revealed in *Allium cepa*-test system under the action of some xenobiotics // *World Appl. Sci. J.* – 2013. – V. 22 (3). – P. 342-344.
5. Firbas P., Amon T. Chromosome damage studies in the onion plant *Allium cepa* L. // *Caryologia*. – 2014. – V. 67 (1). – P. 315-318.
6. Barberrio A., Voltolini J.C., Mello M.L.S. Standardization of bulb and root sample sizes for the *Allium* test // *Ecotoxicology*. – 2011. – V. 20. – P. 927-935.
7. Shcherban' E.P., Arsan O.M., Shapoval T.N., Tsvetkova A.M., Pishcholka Yu.K., Kuklya I.G. Metodika polucheniya vodnykh vytyazhek iz donnykh otlozheniy dlya ikh biotestirovaniya // *Gidrobiol. zhurn.* – 1994. – Т. 30. – № 4. – С. 100-111.
8. Stepanova N.Yu., Akhmetshina A.D., Latypova V.Z. Svravnenie chuvstvitel'nosti test-ob'ektov pri toksikologicheskoy otsenke donnykh otlozheniy, zagryaznennykh neft'yu raznogo proiskhozhdeniya // *Povolzhskiy ekologicheskii zhurnal*. – 2012. – № 3. – С. 319-325.
9. Silant'eva M.M., Bezmaternykh D.M., Irisova N.L. i dr. Izuchenie biologicheskogo raznoobraziya v kompleksnom zakaznike «Ust'-Chumyshskiy» Tal'menskogo rayona Altayskogo kraya // *Osobo okhranyaemye prirodnye territorii Altayskogo kraya i sopredel'nykh territoriy, taktika sokhraneniya vidovogo raznoobraziya i genofonda: Mater. region. nauch.-prakt. konf.* – Barnaul: AltGU, 2002. – С. 165-173.
10. Kumar G.N., Knowles N.R. Changes in lipid peroxidation and lipolytic and free-radical scavenging enzyme during aging and sprouting of potato (*Solanum tuberosum* L.) seed-tubers // *Plant Physiol.* – 1993. – V. 102. – P. 115-124.
11. Chernysheva N.N., Khlebova L.P., Pronina R.D. Ispol'zovanie test-sistemy *Allium cepa* L. dlya otsenki genotoksichnosti vody r. Chumysh // *Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. – 2016. – № 3 (137). – С. 90-95.
12. Geras'kin S., Oudalova A., Michalik B. et al. Genotoxicity assay of sediment and water samples from the Upper Silesia post-mining areas Poland by means of *Allium*-test // *Chemosphere*. – 2011. – V. 83. – P. 1133-1146.

References

1. Khlebova L.P., Ereshchenko O.V. Ritmy sutochnoy mitoticheskoy aktivnosti u berezy povisloy (*Betula pendula* Roth.) v usloviyakh Altayskogo kraya // *Izvestiya Altayskogo*

13. Medvedeva M.Yu., Bolsunovskiy A.Ya. Spektr khromosomnykh aberratsiy v kornevoy meristeme *E. canadensis* iz rayonov reki Enisey s raznymi tipami tekhnogennogo zagryazneniya // *Ekologicheskaya genetika*. – 2016. – T. 14. – № 2. – S. 57-66.

14. Kolupaev Yu.E. Aktivnye formy kisloroda v rasteniyakh pri deystvii stressorov: obra-

zovanie i vozmozhnye funktsii // *Vestnik Khar'kovskogo natsional'nogo agrarnogo universiteta. Ser. Biologiya*. – 2007. – Vyp. 3 (12). – S. 6-26.

15. Poleskaya O.G. Rastitel'naya kletka i aktivnye formy kisloroda. – M.: Izd-vo KDU, 2007. – 140 s.



УДК 631.861:579.222.2:608.3

В.Е. Суховеркова
V.Ye. Sukhoverkova

СПОСОБЫ УТИЛИЗАЦИИ ПТИЧЬЕГО ПОМЕТА, ПРЕДСТАВЛЕННЫЕ В СОВРЕМЕННЫХ ПАТЕНТАХ

THE TECHNIQUES OF POULTRY MANURE RECYCLING AS PRESENTED IN MODERN PATENTS

Ключевые слова: птичий помет, утилизация помета, компостирование, ферментирование, переработка птичьего помета, патент.

Приведены современные технологии и способы утилизации птичьего помета. В каждой из приведенных технологий есть видимые и скрытые погрешности. Птичий помет используется нерационально и неэкологично при буртовом компостировании, хранении в помехохранилищах, сжигании помета для получения тепловой и электроэнергии, анаэробном процессе разложения компонентов компоста для получения биогаза, сушке помета различной влажности, термической сушке для получения сухого птичьего помета, используемого как органическое удобрение, сжигании помета, переработке помета методом биоферментации в установках, вермикомпостировании, проведении пиролиза. Представлены краткие описания патентов по современным подходам к технологиям утилизации птичьего помета. Показано отсутствие экологического и системного подхода к решению проблемы утилизации птичьего помета. Птицефабрики формируют все более сложную экологическую ситуацию, так как накапливаемый птичий помет стал серьезным источником загрязнения окружающей природной среды.

Необходимы специализированные предприятия по переработке птичьего помета.

Keywords: poultry manure, manure recycling, composting, fermenting, poultry manure disposal, patent.

Modern technologies of poultry manure recycling are reviewed. There are obvious and latent drawbacks in each of the presented technologies. Poultry manure is not used rationally and environment-friendly when being composted in heaps, stored in dung pits, when burnt to generate heat and electric power, at anaerobic decomposition to produce biogas, when drying poultry manure of different moisture content, at thermal drying to produce dry poultry manure to be applied as organic fertilizer, when burnt and recycled by bio-fermentation, vermicomposting and pyrolysis. Brief descriptions of the patents grouped by advanced approaches to poultry manure recycling are presented. The lack of environmental and system approach to the problem resolution of poultry manure disposal is shown. Specialized poultry manure recycling enterprises are required.

Суховеркова Вера Егоровна, к.б.н., доцент, зав. отделом НТИ; с.н.с., лаб. агрохимии и экологии, Алтайский НИИ сельского хозяйства (ФГБНУ Алтайский НИИСХ), г. Барнаул. Тел.: (3852) 49-68-37. E-mail: aniish.nti@mail.ru.

Sukhoverkova Vera Yegorovna, Cand. Bio. Sci., Assoc. Prof., Head, Scientific and Technical Information Division; Senior Staff Scientist, Agro-Chemistry and Ecology Lab., Altai Research Institute of Agriculture, Barnaul. Ph.: (3852) 49-68-37. E-mail: aniish.nti@mail.ru.

Введение

Вопрос переработки птичьего помета один из актуальнейших в мире с точки зрения экологии. Современные птицеводческие комплексы являются производителями не только мяса и яиц птицы, но и отходов, причем в количестве гораздо большем, чем основной продукции. Наибольший удельный вес среди

них принадлежит помету (по приказу МПР России от 1 5.06.01 № 511 установлено пять классов опасности, птичий помет относится к отходам 3-го (умеренно опасные) и 4-го (малоопасные) класса. По данным Федеральной службы государственной статистики поголовье птицы в 2015 г. в РФ в хозяйствах всех категорий составляет 503063,6 тыс. гол. В