

# **CHEMICAL BULLETIN**

**2020, Tom 3, № 3**

# CHEMICAL BULLETIN

*Главный редактор журнала:*  
*кандидат химических наук,*  
*доцент*

**Шачнева Евгения**  
**Юрьевна**

**Редакционная коллегия по основным направлениям работы журнала:**

Айзенштадт Аркадий Михайлович (РФ, г. Архангельск) – доктор химических наук, профессор

Алоев Владимир Закиевич (РФ, г. Нальчик) – доктор химических наук, профессор

Eleyan Issa Jamal Issa (Палестина, г. Вифлием) – доктор философии (Ph. D.), доцент

Лесовик Валерий Станиславович (РФ, г. Белгород) – доктор технических наук, профессор

Mahmoud Shakarnah (Палестина, г. Вифлеем) – доктор философии (Ph. D.)

Оробинская Валерия Николаевна (РФ, г. Пятигорск) – кандидат технических наук, доцент

Потапов Алексей Алексеевич (РФ, г. Иркутск) – доктор химических наук, кандидат физико-математических наук, профессор

Пухаренко Юрий Владимирович (РФ, Санкт-Петербург) – доктор технических наук, профессор

Строкова Валерия Валерьевна (РФ, г. Белгород) – доктор технических наук, профессор

Фишер Ханс-Бертрам (Германия, г. Веймар) – Dr.-Ing.

Хентов Владимир Яковлевич (РФ, г. Новочеркасск) – доктор химических наук, профессор

**Адрес редакции, издателя:**

308012,

г. Белгород, ул. Костюкова 46

**E-mail:** [alfimovan@mail.ru](mailto:alfimovan@mail.ru)

**Сайт:** <http://chemicalbulletin.bstu.ru>

© *Chemical Bulletin*, 2020

Содержание

**Порожняк Л.А., Лупандина Н.С., Непоменко А.В.**

ИНТЕГРАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ВОДНЫХ СРЕД, ОБРАБОТАННЫХ  
ЗООКОМПОСТОМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ *ALLIUM CEPA*

5-14

**Contents**

**Porozhnyuk L.A., Lupandina N.S., Nepomenko A.V.**

INTEGRAL ASSESSMENT OF WATER ENVIRONMENT TREATED  
WITH ZOOCOMPOST WITH THE USE OF ALLIUM SULFUR

5-14

**ИНТЕГРАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ВОДНЫХ СРЕД, ОБРАБОТАННЫХ  
ЗООКОМПОСТОМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ *ALLIUM SERA***

*Порожнюк Л.А., кандидат технических наук, доцент,*

*Лупандина Н.С., кандидат технических наук, доцент,*

*Непоменко А.В.,*

*Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова*

*Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (уникальный номер проекта 07519SU2000000) на базе БГТУ им. В.Г. Шухова*

**Аннотация:** под интегральной оценкой состояния водных сред с помощью биотестов понимают изучение комплексного воздействия ряда факторов – химических, физических и биологических – на функции живых организмов. Традиционные методы химического и физического анализа состояния различных сред (водных, воздушных, почвенных) основаны на сравнении полученных результатов с экологическими нормативами, такими как ПДК (предельно допустимая концентрация) или ПДУ (предельно допустимый уровень). Преимущество биотестирования по сравнению с другими методами оценки состояния сред заключается в скорости получения результатов и их наглядности, отсутствии дорогостоящих реактивов и оборудования. Организмы, используемые для биотестирования, называют биотестами или биоиндикаторами. При выборе биоиндикаторов учитывается чувствительность организма к факторам воздействия и простота культивирования. Биоиндикаторами могут выступать живые организмы из разных систематических групп. Таким биоиндикатором, признанным Международной программой химической безопасности (IPCS) является высшее растение *Allium сера L.* Аллиум-тест применяли для проведения оценки водных сред, обработанных зоокомпостом, образующимся в результате культивирования личинки мухи Черная львинка» (*Hermetia illucens*). В качестве первичного отклика на воздействие комплекса факторов была выбрана длина корней тестируемого растения. Эффект воздействия считается установленным, если наблюдается усиление или угнетение роста корней тестируемых растений по сравнению с контролем. Полученные результаты могут быть использованы для выработки рекомендаций по использованию зоокомпоста.

**Ключевые слова:** интегральная оценка сред, биотестирование, биоиндикатор, аллиум-тест, зоокомпост, муха Черная львинка

## INTEGRAL ASSESSMENT OF WATER ENVIRONMENT TREATED WITH ZOOCOMPOST WITH THE USE OF ALLIUM SULFUR

*Porozhnyuk L.A., Candidate of Engineering Sciences (Ph.D.), Associate Professor,  
Lupandina N.S., Candidate of Engineering Sciences (Ph.D.), Associate Professor,  
Nepomenko A.V.,  
Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov*

**Abstract:** *an integral assessment of the state of aquatic environments using biotests is understood as the study of the complex effect of a number of factors such as chemical, physical and biological - on the functions of living organisms. Traditional methods of chemical and physical analysis of the state of various environments (water, air, soil) are based on comparing the results obtained with environmental standards, such as MPC (maximum permissible concentration) or MAL (maximum allowable level). The advantage of biotesting in comparison with other methods for assessing the state of environments is the speed of obtaining the results and their clarity, the absence of expensive reagents and equipment. Organisms used for biotesting are called biotests or bioindicators. When choosing bioindicators the sensitivity of the organism to exposure factors is taken into account as well as the ease of cultivation. Living organisms from different taxonomic groups can act as bioindicators. Such a bioindicator recognized by the International Program for Chemical Safety (IPCS) is the higher plant *Allium sulfur* L. The *Allium* test was used to assess aquatic environment treated with zoo compost resulting from the cultivation of the Black Soldier fly larva (*Hermetia illucens*). The length of the roots of the tested plant was chosen as the primary response to the effect of a complex of factors. The effect of exposure is considered to be established if there is an increase or decrease in the growth of the roots of the tested plants in comparison with the control. The results obtained can be used to develop recommendations for the use of zoo compost.*

**Keywords:** *integral assessment of environments, biotesting, bioindicator, allium test, zoo compost, Black Soldier fly*

### Введение

Для полноценного развития культурных растений необходимо дополнительное внесение в почву или иную среду, предназначенную для культивирования, минеральных и/или органический удобрений. В ряде зарубежных стран в качестве источника биологически активных веществ стали использовать водные вытяжки из зоокомпостов, полученных в результате переработки органических отходов различными представителями животного мира, грибов и микроорганизмов. Такие вытяжки

получили название компостные и вермикомпостные «чай». Автором данной технологии считается Элайн Ингхем (Elaine Ingham) [1, 2]. Существует ряд работ, где рассматриваются воздействие водных вытяжек из зоокомпостов на процессы подавления фитопатогенов и других опасных заболеваний полевых томатов, картофеля, огурцов путем внекорневого опрыскивания растений [3-8].

Особый интерес в последнее время у ряда исследователей вызывает зоокомпост культивирования личинок мухи Черной львинки. Водная вы-

тяжка из этого биоудобрения содержит, по результатам исследований авторов, необходимые для развития растений макро и микроэлементы, а также биогенные соединения кальция, магния и железа [9].

При разработке минерально-органических удобрений важен не только химический состав, но и доза вносимых компонентов. От дозы биологически активных веществ зависит проявление стимулирующего или угнетающего эффекта развития растений.

Вместе с тем разработка и внедрение новых биологически активных препаратов, направленных на стимулирование роста растений, требует проведения многочисленных необходимых процедур и экспертиз. Целью таких исследований является не только выявление стимулирующего эффекта, но и установление не токсичности препарата.

Процедурой, позволяющей получить предварительную оценку по влиянию компонентов препарата на развитие растений в короткие сроки, является биотестирование [10]. Биотестирование, являясь частью биоиндикации, основано на применении живых организмов в условиях лаборатории. При биотестировании учитывается ответная реак-

ция организмов на компоненты среды, в том числе токсичные. Данный метод позволяет учесть синергический и антагонистический эффекты воздействия компонентов препаратов, содержащих биологически активные веществ (БАВ) [11-20].

### Материалы и методы

Среди высших растений качестве тестового объекта в последнее время у исследователей вызывает интерес *Allium cepa* L. (отдел *Angiospermae*, класс *Liliopsida*, подкласс *Lilidae*, порядок *Liliales*, семейство *Alliaceae*, род *Allium* L.) для оценки генетического эффекта химических соединений, природных и сточных вод [21-23].

Кончик корня прикрыт корневым чехликом, выполняющим защитную функцию при росте корня. Непосредственно под корневым чехликом находятся инициальные клетки, дающие начало меристеме или конусу нарастания. Клетки меристемы активно делятся путем митоза, что обусловило название этого участка корня – зона деления (рис. 1). Протяженность зоны деления составляет порядка 1 мм. Ядра крупные и отчетливо видны в интерфазе и на стадиях митоза. Интерфазные ядра клеток *Allium cepa* L. содержат 16 хромосом, что делает этот объект удобным для генетических исследований.

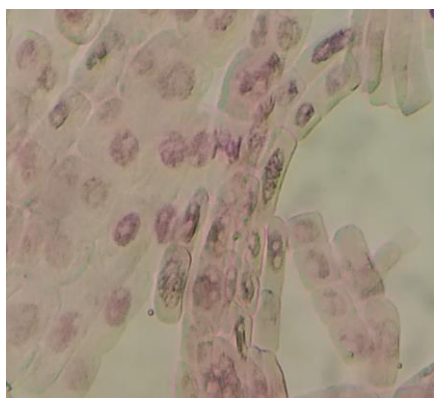


Рис. 1. Делящиеся клетки меристемы кончика лука (*Allium cepa*)

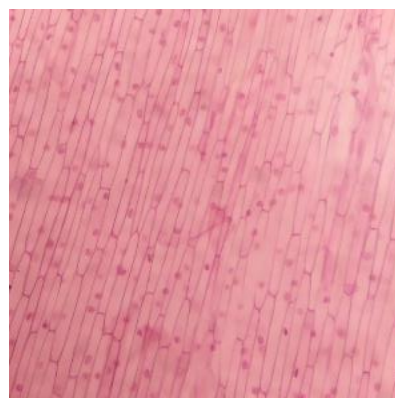


Рис. 2. Зона растяжения

Цитоплазма клетки имеет ячеистую структуру благодаря наличию мелких вакуолей. По мере старения клеток меристемы наблюдается увеличение вакуолей и происходит смещение ядра к клеточной стенке.

За зоной деления находится зона растяжения (рис. 2). Клетки этой зоны не делятся, рост корня происходит за счет вытягивания клеток. Зона растяжения переходит в зону всасывания.

С целью установления возможного влияния биологически активных веществ (БАВ) в составе зоокомпоста Черной львинки на рост корней *A. сера*, готовили водную вытяжку на основе дехлорированной путем отстаивания в течение 24 часов водопроводной воды. Перед заполнением емкостей для тестирования воду фильтровали через складчатый фильтр для удаления возможных механических примесей.

Перед проведением водного экстрагирования БАВ зоокомпост высушивали до постоянной массы при температуре 100-105°C. Водную вытяжку готовили в соотношении зоокомпост:вода = 1:10. Суспензию (зоокомпост + вода) помещали на перемешивающее устройство LS 110 и проводили экстракцию в течение 24 часов при комнатной температуре. Субстрат отделяли фильтрованием и определяли pH водной вытяжки с использованием ионометрического преобразователя И-500. Активность по водороду (pH) составила  $8,32 \pm 0,2$ .

Для проведения процедуры *Allium*-теста готовили серию разбавлений водной вытяжки из зоокомпоста. В полученных разбавлениях гравиметрически определяли сухой остаток. В качестве контроля использовали дехлорированную, отстоянную водопроводную воду.

Водными вытяжками заполняли пробирки и высаживали луковицы *A. сера*. Для тестирования отбирали здоровые неповрежденные луковицы,

которые перед посадкой калибровали по размерам и массе.

Для проведения анализа для каждой серии экспериментов использовали выборку из 10 луковиц.

Определение длины корней начинали на вторые сутки, начиная с момента помещения их на среды. На протяжении всего эксперимента растворы (водные вытяжки) меняли каждые 2-3 дня с целью недопущения их закисания. Корни промывали от бактериальной пленки дистиллированной водой. Для определения параметра длины корни растений срезали у основания. В анализе не учитывали поврежденные корни. Измеряли длину каждого корешка и рассчитывали среднее арифметическое значение для каждого растения. На следующем этапе рассчитывали среднее значение длины корней для всей выборки луковиц как опытных, так и контрольных образцов. Рассчитывали в процентах, во сколько раз длина корней опытных образцов отличается (больше/меньше) от контрольных образцов.

### Результаты и обсуждение

Определение длины корней в ответ на стимулирующее или ингибирующее действие веществ в составе водной вытяжки из зоокомпоста культивирования личинок мухи «Черная львинка» (*Hermetia illucens*) является первичным простейшим тестом, который показывает, обладает ли изучаемый фактор выраженной биологической активностью или оказывает токсический эффект. Если под действием изучаемого фактора (в нашем случае содержание сухого остатка в составе водной вытяжки) происходит значительное угнетение роста корней по сравнению с контролем, то отмечают его токсический эффект. В случае значительного прироста корней, говорят о стимулирующем воздействии компонентов водной вытяжки. Результаты эксперимента приведены на рис. 3-5.



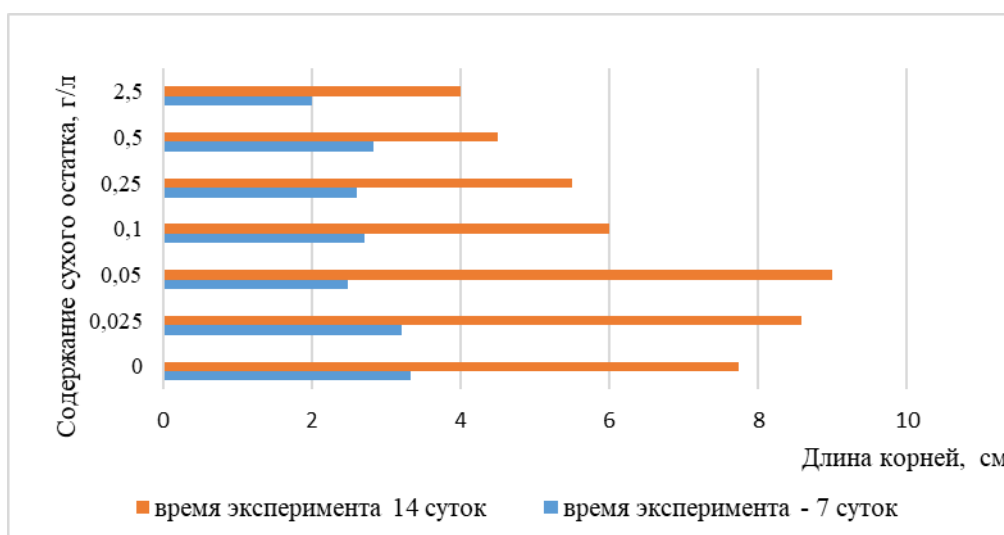


Рис. 3. Зависимость длины корневого пучка от содержания сухого остатка компонентов водной вытяжки из субстрата зоокомпоста в динамике

Точка «0» на диаграмме (рис. 3) соответствует контрольному образцу. Приведенные значения длин корней соответствуют среднему арифметическому значению выборки из 10 растений.

Как следует из экспериментальных данных компоненты водной вытяжки могут оказывать как стимулирующее, так и ингибирующее действие на рост корней лука. Так в образцах 1-4 наблюдается угнетение роста корневой системы (рис. 4). В образце №1 и №2 наблюдались такие явления как снижение тургесцентности, то есть снижение плотности корней и их размягчение. В дальнейшем это может привести к гибели корней. В образце №1 и №2 были отмечены изменение цвета кончиков корней (потемнение) и изменение их формы (закручивание), что свидетельствует о токсическом влиянии компонентов водной вытяжки на ростовые процессы.

Ингибирующее действие компонентов водной вытяжки может быть обусловлено химическим

составом зоокомпоста культивирования мухи Черная львинка. Согласно [3] зоокомпост характеризуется высоким содержанием аммиака и ионов аммония. Есть данные о том, что повышенная концентрация ионов аммония способствует увеличению внутриклеточного рН, ингибирует ряд ферментов, приводит к образованию свободных радикалов, вызывает аммиачное отравление клеток растений. Этими же авторами выявлено повышенное солесодержание с преобладанием сульфатов и гидрокарбонатов в образцах компоста. Можно предположить, что в образцах №№ 1-4 наблюдается суммарный эффект от действия комплекса негативных факторов, таких как повышенное солесодержание и состояние алколоза. Это влияет на биохимические и физиологические процессы в клетках *A. cerea*, что в свою очередь негативно сказывается на росте корневой системы лука.

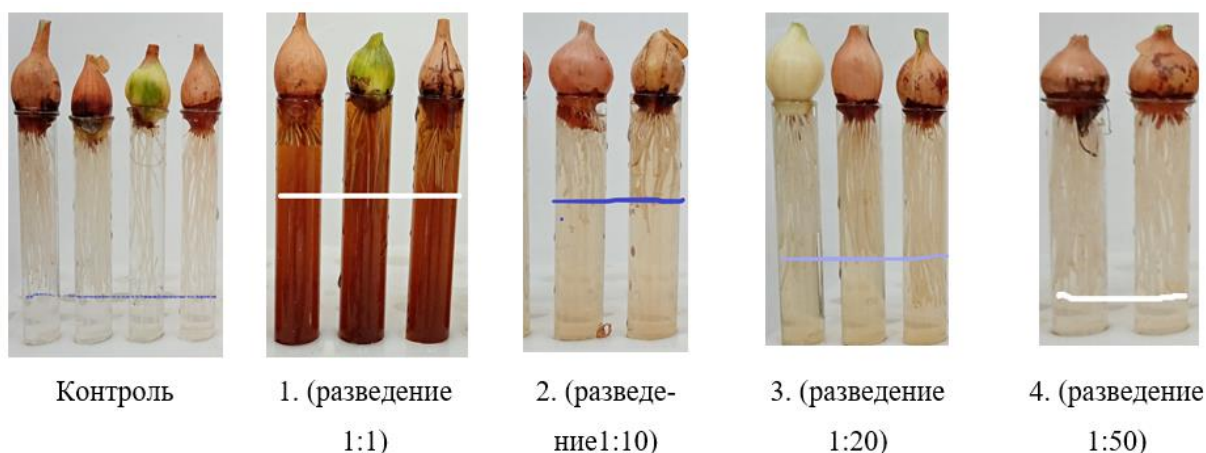


Рис. 4. Фотофиксация ингибирующего действия компонентов вытяжки на рост корневой системы на 14 сутки эксперимента (черта – нижняя граница корневого пучка)

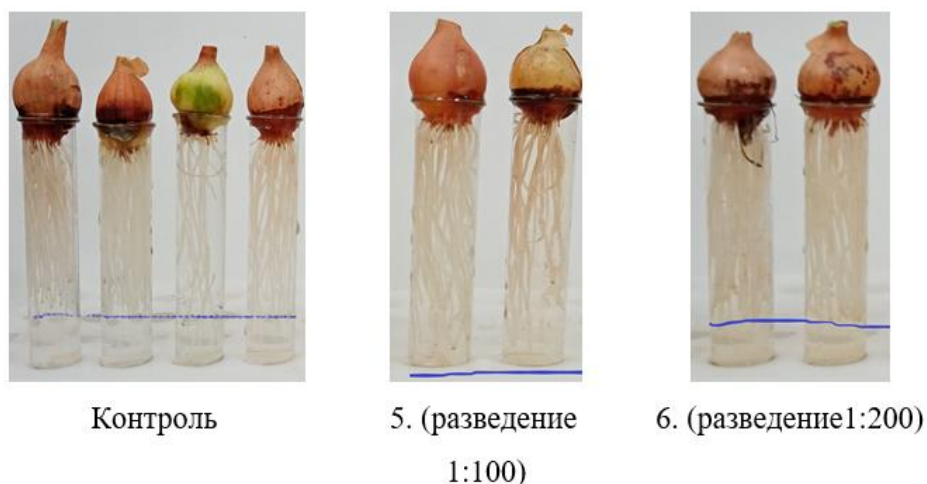


Рис. 5. Фотофиксация стимулирующего действия компонентов вытяжки на рост корневой системы на 14 сутки эксперимента (черта – нижняя граница корневого пучка)

Стимулирующий эффект наблюдался при содержании сухого остатка 0,025 – 0,05 г/л (образцы №5 и №6 рис. 5). Положительная тест реакция отражена в приросте длины корней по сравнению с контролем и составила 10,6% для образца №5 и 12,5% для образца №6. Стимуляция роста корневого пучка обусловлена содержанием биогенных элементов таких как азот, фосфор, калий, кальция, магний в необходимых для развития растений дозах.

### Выводы

Исследованные тест-реакции позволяют, на наш взгляд, лишь частично соотнести полученные

данные с возможным воздействием водорастворимых компонентов из зоокомпоста культивирования мухи Черной львинки на растения, выращиваемые в почвенных условиях.

Вместе с тем, полученные результаты рекомендуется учитывать при разработке составов и вносимых дозах органо-минеральных удобрений на основе зоокомпоста культивирования личинок мухи Черной львинки с целью повышения плодородия почв, а также при разработке составов питательных смесей для подкормки растений, в частности лука (*A. sepa*) на основе зоокомпоста.

## Литература

1. Ingham E.R. Заваривание компостного чая // Огородник. 2000. № 29. С. 16 – 19.
2. Ingham E.R. Руководство по завариванию компостного чая. Институт устойчивых исследований, Юджин, ОР. 2000. 60 с.
3. Zaller J.G. Внекорневое опрыскивание экстрактами вермикомпоста: влияние на качество плодов и показания к подавлению фитотрофа полевых томатов // Биологическое сельское хозяйство и садоводство. 2006. № 24 (2). С. 165 – 180.
4. Аль-Муграби К.И. Подавление фитотрофа *infestans* в картофеле путем внекорневого внесения пищевых питательных веществ и компостного чая // Австралийский журнал фундаментальных и прикладных наук. 2007. № 1 (4). С. 785 – 792.
5. Чжан W., Хан D.Y., Дик W.A., Дэйвс K.R., Нойтинк H.A.J. Компост и компостный водный экстракт-индуцированная системная приобретенная резистентность у огурца и арабидопсиса // Фитопатология. 2007. № 8 (5). С. 450 – 455.
6. Аль-Муграби К.И., Бертелеми К., Ливингстон Т., Бургойн А., Пуарье Р., Викрам А. Аэробный компост чай, компост и сочетание того и другого уменьшают выраженность парши обыкновенной (*Streptomyces scabiei*) на клубнях картофеля // Журнал наук о растениях. 2008. № 3. С. 168 – 175.
7. Керкени А., Даами-Ремади М., Тарчун Н., Хеджер М.Б. Влияние бактериальных изолятов, полученных из экстрактов компоста навоза животных, на развитие *fusarium oxysporum f. sp. Radicis-lycopersici* // Азиатский журнал патологии растений. 2008. № 2 (1). С. 15 – 23.
8. Ларкин Р.П. Относительное влияние биологических поправок и севооборотов на почвенные микробные сообщества и почвенные болезни картофеля // Почвенная биология и биохимия. 2008. № 40 (6). С. 1341 – 1351.
9. Пендюрин Е.А., Рыбина С.Ю., Смоленская Л.М. Использование зоокомпоста Черной львинки в качестве органического удобрения // Аграрная наука. 2020. № 7-8. С. 106 – 110.
10. Булгаков Н.Г. Контроль природной среды как совокупность методов биоиндикации, экологической диагностики и нормирования // Проблемы окружающей среды и природных ресурсов: Обзорная информация. ВИНТИ. 2003. № 4. С. 33 – 70.
11. Багдасарян А.С. Эффективность использования тест-систем при оценке токсичности природных сред // Экология и промышленность России. 2007. № 1. С. 44 – 48.
12. Олькова А.С. Биотестирование в научно-исследовательской и природоохранной практике России // Успехи современной биологии. 2014. Том 134. № 6. С. 614 – 622.
13. Хотько Н.И. Биомониторинг окружающей среды в районах размещения опасных промышленных объектов. Теория и практика. Саратов. Изд-во ГосНИИЭНП. 2015. 184 с.
14. Виталиев А.Б., Туребаев М.Н., Елемесова М.Ш., Бигалиева Р.К. Культура клеток как тест-система для исследования потенциальной мутагенной активности промышленных загрязнителей // Генетические последствия загрязнения окружающей среды. М.: Изд-во Мысль, 1977. Вып. 2. С. 74 – 84.

15. Дубинина Л.Г. Культура лейкоцитов человека как тест-система при анализе мутагенности факторов среды // Генетические последствия загрязнения окружающей среды. М.: Изд-во Наука, 1977. Вып. 1. С. 89 – 95.
16. Сибирцев В.С., Красникова Л.В., Шлейкин А.Г., Строев С.А., Наумов И.А., Олехнович Р.О., Терещенко В.Ф., Шабанова Э.М., Мусса Аль-Хатиб. Новый метод биотестирования с применением современных импедансных технологий // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2015. № 2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/novyy-metod-biotestirovaniya-s-primeneniem-sovremennyh-impedansnyh-tehnologiy>
17. Дерябин Д.Г., Алешина Е.С. Методика экспрессного определения токсичности питьевых минеральных бутилированных вод с помощью люминесцентны бактериальных биосенсоров // Методические рекомендации ФГУЗ «Центр гигиены эпидемиологии в Оренбургской области» от 27.08. 2007. 24 с.
18. Сазоновец М.А., Игнатенко А.В. Анализ детоксикации водных сред методом биотестирования // Труды БГТУ. Минск. 2014. № 4. С. 179 – 182.
19. Пронина Н.А. Биотестирование воздушного загрязнения бензолом при помощи кресс-салата (*Lepidium Sativum*) // Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем. 2019. С. 101 – 103.
20. Constantin M.J., Owens E.T. Introduction and perspectives of plant genetic and cytogenetic assay. *Mutat. Res.*, М. 99. 1982. P. 1 – 12.
21. Концевая И.И., Толкачева Т.А. Совершенствование методики биотестирования на основе *Allium*-теста // Веснік Віцебскага дзяржаўнага ўніверсітэта. 2012. Т. 6. №72. С. 57 – 65.
22. Песня Д.С., Романовский А.В., Прохорова И.М. Исследование токсического и генотоксических эффектов синтетических пищевых красителей методом *Allium test* // Ярославский педагогический вестник. 2012. Т. 3. № 3. С. 86 – 93.
23. *Fiskesjö, Geirid Allium screening test.* Fiskesjo G. The *Allium* test as a standard in environmental monitoring, *Hereditas*. 1985. V. 102. P. 99 – 112. Швеция: Институт генетики Лундского университета, сентябрь 1989.

### References

1. Ingham E.R. Zavarivanie kompostnogo Chaya. *Ogorodnik*. 2000. № 29. S. 16 – 19.
2. Ingham E.R. Rukovodstvo po zavarivaniyu kompostnogo chaya. Institut ustojchivyh issledovanij, YUdzhin, OR. 2000. 60 s.
3. Zaller J.G. Vnekornevoe opryskivanie ekstraktami vermikomposta: vliyanie na kachestvo plodov i pokazaniya k podavleniyu fitoftoroza polevyh tomato. *Biologicheskoe sel'skoe hozyajstvo i sadovodstvo*. 2006. № 24 (2). S. 165 – 180.
4. Al'-Mugrabi K.I. Podavlenie fitoftory infestans v kartofele putem vnekorneвого vneseniya pishchevyh pitatel'nyh veshchestv i kompostnogo Chaya. *Avstralijskij zhurnal fundamental'nyh i prikladnyh nauk*. 2007. № 1 (4). S. 785 – 792.

5. CHzhan W., Han D.Y., Dick W.A., Davis K.R., Hoitink H.A.J. Kompost i kompostnyj vodnyj ekstrakt-inducirovannaya sistemnaya priobretennaya rezistentnost' u ogurca i arabidopsisa. *Fitopatologiya*. 2007. № 8 (5). S. 450 – 455.
6. Al'-Mugrabi K.I., Bertelemei K., Livingston T., Burgojn A., Puar'e R., Vikram A. Aerobnyj kompost chaj, kompost i sochetanie togo i drugogo umen'shayut vyrazhennost' parshi obyknovnojj (Streptomyces scabiei) na klubnyah kartofelya. *ZHurnal nauk o rasteniyah*. 2008. № 3. S. 168 – 175.
7. Kerkeni A., Daami-Remadi M., Tarchun N., Hedher M.B. Vliyanie bakterial'nyh izolyatov, poluchennyh iz ekstraktov komposta navoza zhivotnyh, na razvitie fusarium oxysporum f. sp. Radicis-lycopersici. *Aziatskij zhurnal patologii rastenij*. 2008. № 2 (1). S. 15 – 23.
8. Larkin R.P. Otnositel'noe vliyanie biologicheskikh popravok i sevooborotov na pochvennye mikrobnye soobshchestva i pochvennye bolezni kartofelya. *Pochvennaya biologiya i biohimiya*. 2008. № 40 (6). S. 1341 – 1351.
9. Pandyurin E.A., Rybina S.YU., Smolenskaya L.M. Ispol'zovanie zookomposta CHernoj l'vinki v kachestve organicheskogo udobreniya. *Agrarnaya nauka*. 2020. № 7-8. S. 106 – 110.
10. Bulgakov N.G. Kontrol' prirodnoj sredy kak sovokupnost' metodov bioindikacii, ekologicheskoi diagnostiki i normirovaniya. *Problemy okruzhayushchej sredy i prirodnyh resursov: Obzornaya informaciya*. VINITI. 2003. № 4. S. 33 – 70.
11. Bagdasaryan A.S. Effektivnost' ispol'zovaniya test-sistem pri ocenke toksichnosti prirodnyh sred. *Ekologiya i promyshlennost' Rossii*. 2007. № 1. S. 44 – 48.
12. Ol'kova A.S. Biotestirovanie v nauchno-issledovatel'skoj i prirodoohrannojj praktike Rossii. *Uspekhi sovremennoj biologii*. 2014. Tom 134. № 6. S. 614 – 622.
13. Hot'ko N.I. Biomonitoring okruzhayushchej sredy v rajonah razmeshcheniya opasnyh promyshlennyh ob'ektov. *Teoriya i praktika*. Saratov. Izd-vo GosNIIENP. 2015. 184 s.
14. Vitaliev A.B., Turebaev M.N., Elemesova M.SH., Bigaliev R.K. Kul'tura kletok kak test-sistema dlya issledovaniya potencial'noj mutagennoj aktivnosti promyshlennyh zagryaznitelej. *Geneticheskie posledstviya zagryazneniya okruzhayushchej sredy*. M.: Izd-vo Mysl', 1977. Vyp. 2. S. 74 – 84.
15. Dubinina L.G. Kul'tura lejkocitov cheloveka kak test-sistema pri analize mutagennosti faktorov sredy. *Geneticheskie posledstviya zagryazneniya okruzhayushchej sredy*. M.: Izd-vo Nauka, 1977. Vyp. 1. S. 89 – 95.
16. Sibircev V.S., Krasnikova L.V., SHlejkin A.G., Stroev S.A., Naumov I.A., Olekhnovich R.O., Tereshchenko V.F., SHabanova E.M., Mussa Al'-Hatib. Novyj metod biotestirovaniya s primeneniem sovremennyh impedansnyh tekhnologij. *Nauchno-tekhnicheskij vestnik informacionnyh tekhnologij, mekhaniki i optiki*. 2015. № 2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/novyy-metod-biotestirovaniya-s-primeneniem-sovremennyh-impedansnyh-tehnologiy>
17. Deryabin D.G., Aleshina E.S. Metodika ekspressnogo opredeleniya toksichnosti pit'evykh mineral'nyh butilirovannyh vod s pomoshch'yu lyuminescentnyh bakterial'nyh biosensorov. *Metodicheskie rekomendacii FGUZ «Centr gigieny epidemiologii v Orenburgskoj oblasti» ot 27.08. 2007*. 24 s.
18. Sazonovec M.A., Ignatenko A.V. Analiz detoksikacii vodnyh sred metodom biotestirovaniya. *Trudy BGTU*. Minsk. 2014. № 4. S. 179 – 182.

19. Pronina N.A. Biotestirovanie vozdušnogo zagryazneniya benzolom pri pomoshchi kress-salata (*Lepidium Sativum*). Bodiagnostika sostoyaniya prirodnyh i prirodno-tekhnogennyh sistem. 2019. S. 101 – 103.
20. Constantin M.J., Owens E.T. Introduction and perspectives of plant genetic and cytogenetic assay. *Mutat. Res.*, M. 99. 1982. R. 1 – 12.
21. Koncevaya I.I., Tolkacheva T.A. Sovershenstvovanie metodiki biotestirovaniya na osnove *Allium* testa. *Vesnik Vicebskaga dzyarzhaj'naga ŷniversiteta*. 2012. T. 6. №72. S. 57 – 65.
22. Pesnya D.S., Romanovskij A.V., Prohorova I.M. Issledovanie toksicheskogo i genotoksicheskikh effektov sinteticheskikh pishchevyh krasitelej metodom *Allium* test. *Yaroslavskij pedagogicheskij vestnik*. 2012. T. 3. № 3. S. 86 – 93.
23. Fiskesjö, Geirid *Allium* screening test. Fiskesjo G. The *Allium* test as a standard in environmental monitoring, *Hereditas*. 1985. V. 102. P. 99 – 112. SHveciya: Institut genetiki Lundskego universiteta, sentyabr' 1989.