

Список цитированных источников

1. Безуглая, Э. Ю. Воздух городов и его изменения / Э. Ю. Безуглая, Н. В. Смирнова. – СПб. : Астерион, 2008. – 254 с.
2. Какарека, С. В. Отчетность о выбросах загрязняющих веществ в рамках обязательств по конвенции о трансграничном загрязнении воздуха на большие расстояния: методология и результаты / С. В. Какарека, О. Ю. Круковская, А. В. Мальчихина // Материалы научно-практической конференции «Природопользование и экологические риски» (5 июня 2019 г.). – Минск, 2019. – С. 246–251.
3. Геоэкологическая оценка загрязнения атмосферного воздуха формальдегидом в городах Беларуси: дис. ... канд.геогр. наук : 25.03.13 / Ю. Г. Кокош. – Минск, 2017. – 248 л.
4. OMI Algorithm Theoretical – Basis Document – Volume IV: OMI Trace Gas Algorithms. – 2002. – 78 с.
5. TEMIS - Tropospheric Emission Monitoring Internet Service [Electronic source]. – Mode of Access: <http://www.temis.nl/index.php>. – Date of Access: 20.04.2018.
6. Национальная система мониторинга окружающей среды Республики Беларусь. Мониторинг атмосферного воздуха. Архив результатов наблюдений за 2005–2015 гг. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.nsmos.by/content/173.html>. – Дата доступа: 24.06.2022.

УДК 574.4; 631.45; 632.8

БИОТЕСТИРОВАНИЕ СМЕСЕЙ ЗОЛЫ С ПОЧВЕННЫМИ ДОБАВКАМИ НА МОДЕЛЬНЫХ КУЛЬТУРАХ В ЛАБОРАТОРНЫХ УСЛОВИЯХ

*А. П. Колбас¹, И. В. Бульская¹, И. Н. Яковук¹, В. С. Нестерук¹,
О. Н. Франчук¹, М. М. Дашкевич²*

¹УО «Брестский государственный университет имени А. С. Пушкина», Брест, Беларусь, kolbas77@mail.ru

²Полесский аграрно-экологический институт НАН Беларуси, Брест, Беларусь

Аннотация

Физико-химический анализ золы и лизиметрических вытяжек свидетельствует о повышенном содержании как биофильных, так и технофильных элементов. Причем значительное присутствие первых (Zn, Cu, Mo, Co, Mn, B, P, K) позволяет использовать данную золу в качестве минеральной добавки к почве. Проведенный анализ эффективности совместного применения золы и почвенных добавок методами биотестирования с использованием двух культур (кукуруза и подсолнечник) выявил видоспецифичность. При использовании золы (10 %) максимальный улучшающий эффект выявлен для массы надземных и подземных частей кукурузы при добавлении торфа (прирост на 271 % и 97 % соответственно). Для стеблей подсолнечника максимальный прирост биомассы наблюдался при совместном использовании торфа и комплексных удобрений (25 %).

Ключевые слова: зола, индикативность, почва, удобрения, торф, тяжелые металлы, фитотоксичность.

BIOTESTING OF ASH MIXTURES WITH SOIL ADDITIVES USING MODEL CROPS UNDER LABORATORY CONDITIONS

*A. P. Kolbas, I. V. Bulskaya, I. N. Yakovuk, V. S. Nesteruk,
O. N. Franchuk, M. M. Dashkevich*

Abstract

Physical and chemical analysis of ash and lysimetric extracts indicated an increased content of both biophilic and technophilic elements. The significant presence of the former (Zn, Cu, Mo, Co, Mn, B, P, K) allows to use tested ash as a mineral additive to the soil. The analysis of the effectiveness of the combined use of ash and soil additives by biotest method using two crops (corn and sunflower) revealed species specificity. The maximum improving effect was found for the mass of aboveground and underground parts of corn when using ash (10%) with the addition of peat (increase by 271% and 97%, respectively). For sunflower stems, the maximum increase in biomass was observed with the combined use of peat and complex fertilizers (25 %).

Keywords: ash, indicativity, soil, fertilizers, peat, heavy metals, phytotoxicity.

Введение. Одним из факторов обеспечения энергетической безопасности Республики Беларусь является широкое вовлечение в топливный баланс местных видов топлива, возобновляемых и нетрадиционных источников энергии, из которых значительная часть ресурсов приходится на древесное топливо и растительную биомассу [1]. Утилизация золы, полученной в результате, представляет собой непростую задачу. Золоотвалы с повышенным содержанием тяжелых металлов являются потенциальными источниками загрязнения окружающей среды [2]. Минеральный состав золы зависит от целого ряда внутренних и внешних факторов: вида растения, его жизненной формы, условий произрастания, геохимического фона, доступности элементов питания, технологических особенностей озоления и др. [3, 4].

Анализ отечественного и зарубежного опыта показывает, что золу и золошлаковые материалы можно использовать в различных отраслях народного хозяйства, например, в сельском и лесном хозяйстве, металлургии, нефтехимической промышленности, строительной индустрии, в зеленом и дорожном строительстве, биоэнергетике [5].

Способы применения золы в качестве удобрения также зависят от ряда условий: потребностей и лимитов растений, первоначального микрохимического состава и кислотности почвы [6]. Фитотоксические пороги по отдельным элементам довольно сильно варьируют у различных растений, поэтому для большинства из них золу нужно вносить в хорошо увлажненную почву или после предварительного разбавления органическими субстратами (компост, торф) [6].

Важной особенностью золы является отсутствие азота, поэтому многие авторы рекомендуют обогащать ее перед внесением комплексными минеральными удобрениями (NPK) [7].

Преимуществами применения золы в качестве почвенной добавки являются увеличение рН для кислых почв, возмещение запаса минеральных веществ, потребленных растениями (в том числе NPK до определенной степени), увеличение доступности для растений нутриентов и улучшение их роста. Сорбционные свойства золы и углей, полученных из растительной биомассы, способствуют снижению подвижности тяжелых металлов и устойчивых органических загрязнителей в почве, таким образом, уменьшая их доступность для растений и риск попадания тяжелых металлов в пищевые цепи [7, 8]. Следует отметить, что, несмотря на широкое применение данного метода на практике, в научной литературе отсутствует достаточное количество информации о фитотоксических порогах и рекомендуемых дозах для конкретных культур, долгосрочном влиянии высоких доз золы на лесное и сельское хозяйство, а также на почвенные микроорганизмы.

Целью данной работы был физико-химический анализ золы, а также оценка методом биотестирования эффективности совместного применения золы и почвенных добавок.

Материалы и методы. Почвенные смеси формировались после тщательного перемешивания незагрязненных контрольных почв (К – отдел Агробиология Центра экологии БрГУ имени А. С. Пушкина) с золой (З – КУМПП Кобринское ЖКХ) в соотношении от 90:10 %, данный фитотоксичный порог был выявлен в предварительных исследованиях.

В первоначальных субстратах было определено валовое содержание макро- и микроэлементов (табл. 1) на атомно эмиссионном спектрометре с индуктивно-связанной плазмой iCAP 7200 DUO (производство Thermo Scientific) в ГНУ «Полесский аграрно-экологический институт НАН Беларуси».

В качестве добавок использовался торф (10 и 20 % – Т10 и Т20 соответственно), а также комплексное минеральное удобрение (NPK – нитрофоска из расчёта 40 г/м²).

В качестве тест-объектов были выбраны кукуруза (*Zea mays* L.) и подсолнечник однолетний (*Helianthus annuus* L.). Выбор объектов обусловлен высокой скоростью роста и индикативностью к загрязнению почв, выявленных в предыдущих исследованиях [9, 10].

Для проведения анализа по 10 семян высевали в каждый горшок в четырехкратной повторности. Затем горшки помещали в климатизированное помещение Зимнего сада Центра экологии БрГУ имени А. С. Пушкина со следующими условиями: световой режим – 14 ч, освещение – 150 $\mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$, температура 25°C (день)/22°C (ночь), относительная влажность – 65 % [11]. Горшки были расставлены в случайном порядке и поливались водопроводной водой (50 % полевой влажности почвы).

Растения были собраны через три недели на стадии двух-трех настоящих листьев. Побеги и корни каждого растения были промыты, взвешены и измерены.

Статистическую обработку результатов проводили с использованием программы R версия 3.5.3 (Foundation for Statistical Computing, Вена, Австрия). Уровень достоверности был $p < 0,05$.

Результаты и обсуждение. Химический состав золы

Химический анализ золы выявил повышенные содержания как биофильных, так и некоторых технофильных элементов (таблица 1). Так содержание меди было в 15 раз выше фонового [12], марганца – более чем в 4 раза, бора – более, чем в 10 раз. Повышенными концентрациями характеризуются калий и кальций – в более чем в 40 и 17 раз соответственно.

Высокие концентрации щелочных и щелочноземельных металлов могут значительно повышать осмотическое давление почвенного раствора и затруднять его поглощение корнями. В то же время, содержания таких ТМ, как цинк и кадмий в золе превышает ПДК в 2,4 и 3,7 раза соответственно [13].

Таблица 1 – Химический состав субстратов (валовое содержание элементов)

А) в мкг/кг

вариант	Pb	Cd	Cu	Zn	Fe	Mn	Ni	Co	Cr	Mo	B
почва	7,6 9	0,1 2	9,7 8	28,94	4634,7 7	87,55	3,3 9	1,4 9	10,2 1	0,0 7	6,94
зола	6,3 7	1,8 5	29, 2	133,6 4	2865,8 4	456,5 2	3,0 2	3,3 7	9,66	0,3 2	68,7 6

Б) в г/кг

вариант	Al	P	S	K	Na	Ca	Mg
почва	4,78	0,45	0,57	0,79	0,09	7,29	1,24
зола	5,23	6,00	0,88	34,09	1,06	129,57	13,13

Биомасса тестовых растений

Анализ массы подземных и надземных частей тестовых растений представлен на рисунках 1 и 2. Как видно из приведенных данных, внесение золы в условиях вегетативного опыта оказало в основном угнетающее действие на подсолнечник, причем для корня эффект значительно более выражен, что связано с непосредственным контактом корня растений с тестируемым субстратом. Причиной негативного влияния золы на прирост вегетативной массы подсолнечника следует считать некоторые особенности данной культуры (чувствительность к уровню рН, минеральному составу по определенным элементам) [14]. Добавление торфа и комплексного минерального удобрения не помогло снизить негативное влияние добавки золы, а в варианте опыта 3 + НРК даже привело к еще большему снижению вегетативной массы за счет уменьшения массы побега. Ранее доказано, что факторы окружающей среды прямо или косвенно определяют доступность ионов и активность ферментов в почве, при этом рН почвы выступает в качестве доминирующего фактора [15].

Усиление негативного влияния при совместном внесении золы и комплексного минерального удобрения обусловлено в первую очередь солевым стрессом (повышение осмотического давления почвенного раствора). Поэтому рекомендовано раздельное внесение добавок, в частности более позднее внесение минерального удобрения в хорошо увлажненную почву.

В отличие от подсолнечника, внесение золы в качестве добавки в условиях вегетативного опыта положительно сказалось на массе надземной и подземной частей растений кукурузы, однако только в тех вариантах опыта, где одновременно с золой вносился торф. Причем с повышением дозы внесенного торфа значительно (на 50,7 %) увеличивается масса побега. Внесение только торфа так же приводит к увеличению вегетативной массы растений, причем масса корня увеличивается более значительно при внесении только торфа, а масса побега – при внесении золы и торфа одновременно.

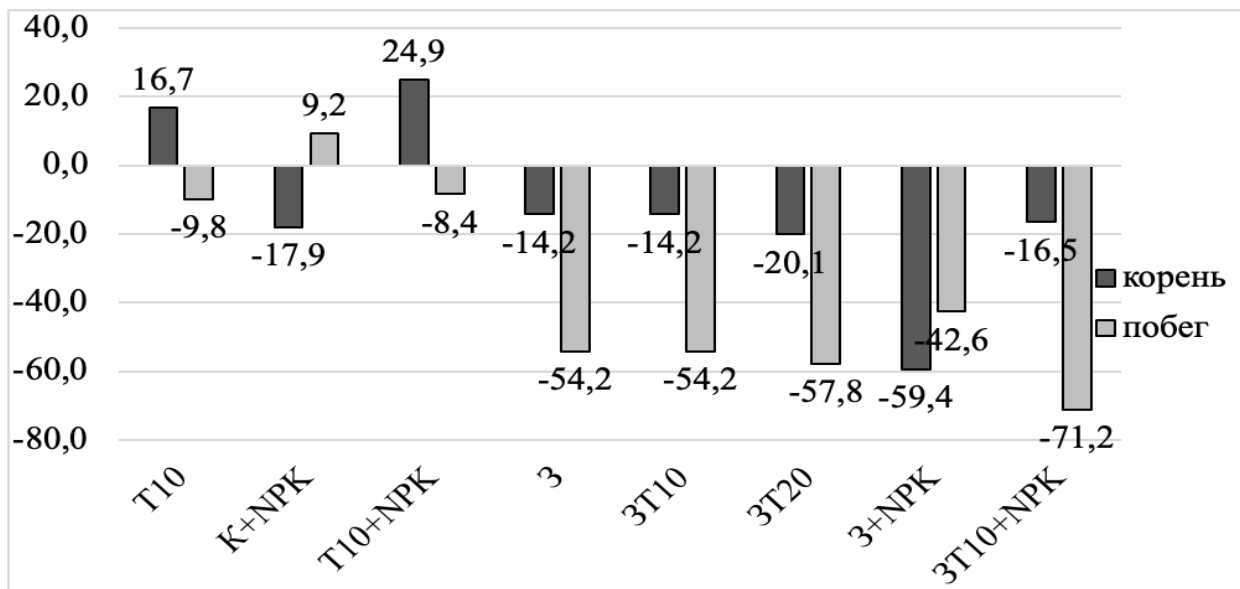


Рисунок 1 – Оценка влияния почвенных добавок на массы надземных и подземных органов подсолнечника в лабораторных условиях (в % к контролю): К – контрольная почва, 3 – 10 % золы, T10 или 20 – 10 или 20 % торфа (по массе), NPK-комплексное удобрение

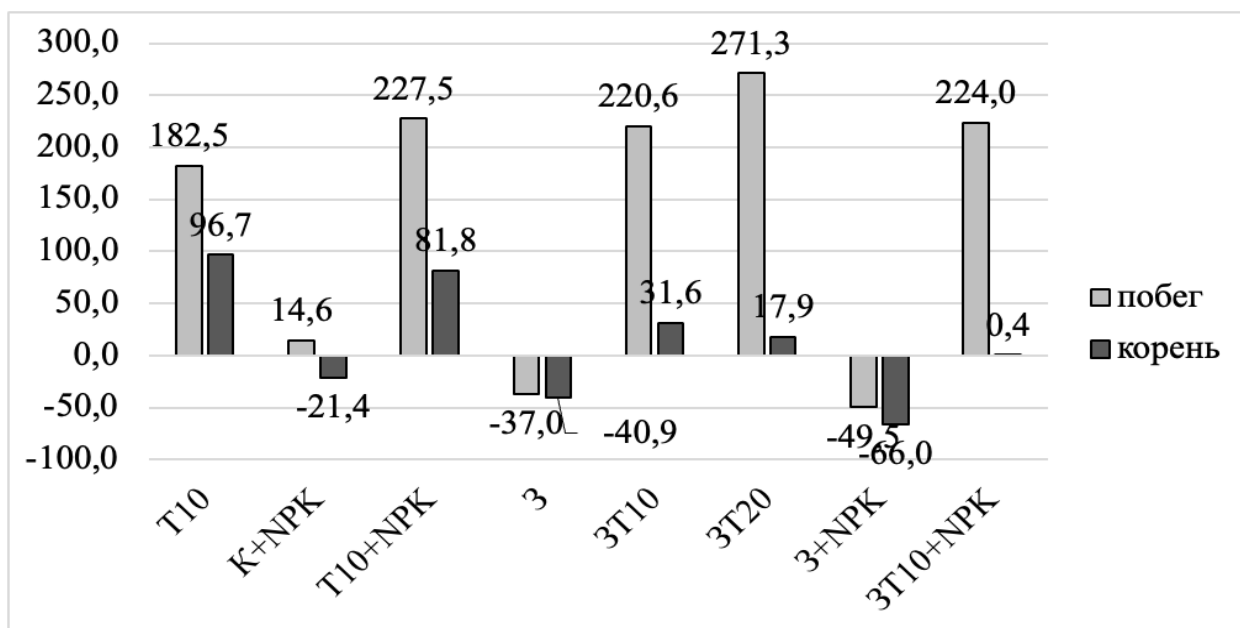


Рисунок 2 – Оценка влияния почвенных добавок на массы надземных и подземных органов кукурузы в лабораторных условиях : (в % к контролю): К – контрольная почва, 3 – 10 % золы, T10 или 20 – 10 или 20 % торфа (по массе), NPK-комплексное удобрение

Заключение. Подводя итог проведенного исследования, можно сделать следующие выводы:

1. Зола содержит как биофильные, так и технофильные элементы и может применяться в качестве почвенной добавки при значительном разбавлении. Совместное внесение золы и торфа имеет положительный эффект для толерантных к золе культур.

2. Применение минеральных комплексных удобрений лучше осуществлять отдельно от золы.

3. Степень фитотоксического влияния золы на сельскохозяйственные культуры видоспецифична, поэтому необходимы дальнейшие исследования для определения круга культур и агротехники применения золы в качестве почвенной добавки.

Благодарности. Работа выполнена в рамках проекта БРФФИ-БРЕСТ № Х22Б-009/С «Оценка свойств золы, получаемой на объектах биоэнергетики Брестской области, и разработка рекомендаций по ее использованию в народном хозяйстве».

Список цитированных источников

1. Мясникович, М. В. Управление системой обеспечения экономической безопасности / М. В. Мясникович, С. С. Полоник, В. В. Пузиков. – Минск : Право и экономика, 2006. – 380 с.
2. Хомич, В. С. Золоотвалы ТЭЦ как потенциальные источники загрязнения окружающей среды / В. С. Хомич [и др.] // Сб. науч. тр. / Национальная академия наук Беларуси, Государственное научное учреждение «Институт природопользования». – Минск, 2012. – Вып. 21. – С. 124–135.
3. Sarkar V. Biochar from Biomass: A Review on Biochar Preparation Its Modification and Impact on Soil Including Soil Microbiology / V. Sarkar [et al.] // Geomicrobiology, Volume 39, Issue 3–5: Microorganisms in Mining & Industrial Waste Management – 2022. – P. 373–388.
4. Etiegni L. Evaluation of wood ash disposal on agricultural land. I. Potential as a soil additive and liming agent / L. Etiegni, A. G. Campbell, R. L. Mahler // Communications in Soil Science and Plant Analysis. Volume 22, Issue 3-4. – 1991. – P. 243–256.
5. Родькин, О. И. Перспективы использования золы древесины ивы и соломы в растениеводстве / О. И. Родькин, И. В. Сай, С. К. Пронько // Экологический вестник. – 2013. – № 2 (24). – С. 84–90.
6. Палеев, П. Л. Использование золошлаковых отходов в сельском хозяйстве / П. Л. Палеев, Л. И. Худякова // XXI Век. Техносферная Безопасность, 6(4). – 2021. – P. 348–356.
7. Босак, В. Н. Применение древесной золы в питании растений / В. Н. Босак [и др.] // Труды БГТУ. – 2012. – № 1. – С. 158–160.
8. V. M. Dang Evaluation of fly ash, apatite and rice straw derived-biochar in varying combinations for in situ remediation of soils contaminated with multiple heavy metals / V. M. Dang [et al.] // Soil Science And Plant Nutrition, VOL. 66, NO. 2. – 2020. – P. 379–388.

9. Kolbas, A. Copper phytoextraction in tandem with oilseed production using commercial cultivars and mutant lines of sunflower / A. Kolbas [et al.] // Intern. J. Phytoremediation. – 2011. – Vol. 13, Suppl. 1. – P. 55–76.
10. Колбас, А. П. Структурные и функциональные ответы растений на полиэлементное загрязнение в почвенных сериях / А. П. Колбас, Н. Ю. Колбас, М. А. Пастухова // Веснік Брэсцкага ўніверсітэта, сер. 5. Хімія. Біялогія. Навукі аб Зямлі. – 2021. – № 1. – С.23–33.
11. ISO 11269-2:2012. Soil quality -Determination of the effects of pollutants on soil flora – Part 2: Effects of contaminated soil on the emergence and early growth of higher plants. – 2012. – P. 19.
12. Геохимическая оценка загрязнения тяжелыми металлами почв и огородных культур в урболандшафтах г. Бреста и разработка рекомендаций по снижению соответствующих рисков: отчет о НИР (промежуточный): Полесский аграрно-экологический институт НАН Беларуси; рук. Н. В. Михальчук. – Брест, 2017. – 15 с. –№ X17Б-002.
13. Перечень предельно допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно допустимых концентраций (ОДК) химических веществ в почве: ГН 2.1.7.12-1-2004. – введ. 25.02.2004. – Минск : постановление главного государственного санитарного врача РБ, 2004. –30 с.
14. Донцов, В. Г. Роль технологии возделывания при производстве подсолнечника / В. Г. Донцов, Л. П. Бельтюков, Е. К. Кувшинова // Вестник аграрной науки Дона. – 2013. – № 1 (21). – С. 83–89.
15. Кузина, Л. Б. Актуальное состояние изучения изменения форм и биодоступности меди и цинка в системе «почва - растение»: выбор дизайна исследования для мониторинга на большом массиве образцов/ Л. Б. Кузина // Бюллетень науки и практики. – 2018. – Т. 4. №7. – С. 120–152.

УДК 574.91:674.031.973.22(476)

МИГРАЦИЯ БУЗИНЫ ЧЕРНОЙ (*SAMBUCUS NIGRA* L.) В УСЛОВИЯХ ГЛОБАЛЬНОГО ПОТЕПЛЕНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

В. В. Крицкая, Е. Г. Бусько, Е. В. Акшевская

УО «Международный государственный экологический институт им. А. Д. Сахарова» Белорусского государственного университета, Минск, Беларусь, lerakritzkaaya@gmail.com

Аннотация

Проведена морфологическая и биохимическая оценка плодов, листьев и побегов *Sambucus nigra* L. Подчеркнуто широкое применение цветков и плодов *Sambucus nigra* L. в фармакологии и промышленности. Выполнена сравнительная оценка изменения ареала произрастания *Sambucus nigra* L. на территории Республики Беларусь.