

Г.Т. Кыздарбекова^{1*}, А.Т. Хусаинов¹, Б.Х. Есенжолов¹,
А.А. Сарсенова², Н.С. Мамытова³

¹Кокшетауский университет им. Ш. Уалиханова, Кокшетау, Казахстан

²ОО «Экологический центр «Эко-Кокше», Кокшетау, Казахстан

³Казахский университет технологии и бизнеса, Астана, Казахстан

*Автор для корреспонденции: gulmira8001@mail.ru

Урожайность льна масличного и микробиоценоз чернозема обыкновенного при внесении золоуглеродного препарата агробионов

Аннотация. На территории Казахстана с каждым годом увеличивается антропогенное воздействие на природные ресурсы, в частности, на почвенный покров, что приводит к его деградации. Наряду с этим в почвах республики отмечается снижение содержания гумуса, доступных форм питательных веществ, что приводит к резкому снижению продуктивности сельскохозяйственных культур. В связи с этим усиливается тревога за сохранение стабильной биопродуктивности почвенных ресурсов страны. Для решения существующих проблем необходимо принятие мер со стороны государства по воспроизводству плодородия почв и рационального использования почвенных ресурсов и земель сельскохозяйственного назначения.

Глобальной и национальной экологической проблемой также является накопление отходов производства. Золошлаки относятся к отходам пятого класса опасности (практически безопасные), и они вполне применимы в качестве удобрений для сельского хозяйства и имеют большое значение для экологии, так как способствует утилизации отходов.

В статье приводятся результаты изучения влияния доз внесения препарата из золошлака и технического углерода на биологическую активность чернозема обыкновенного и урожайность льна масличного. Опыты проводились на опытном поле Учебно-научно-производственного центра «Элит» Кокшетауского университета имени Ш. Уалиханова. Микробиологическую активность почвы определяли методом аппликации льнополотна. Установлено, что внесение препарата, произведенного из золошлака и технического углерода, способствует активизации микробиологических процессов в черноземе обыкновенном и повышению урожайности льна масличного.

Ключевые слова: деградация, утилизация, чернозем, препарат, агробионов, микробиоценоз, урожайность.

DOI: 10.32523/2616-7034-2022-141-4-68-76

Введение

Защита и сохранение почвенного плодородия становится самой острой задачей современной мировой экологической политики, так как процессы деградации почв губительны по своим последствиям для существования жизни на Земле [1]. В настоящее время по всему миру деградированными являются более 2 млрд. гектаров продуктивных земель и ежегодное увеличение площадей деградированных земель достигает 12 млн. гектаров [2].

На территории Казахстана с каждым годом увеличивается антропогенное воздействие на природные ресурсы, в частности, на почвенный покров, что приводит к его деградации почти в каждой агроклиматической зоне республики. В Казахстане общая площадь сельскохозяйственных угодий составляет 222 млн. га, из них 27 млн. га - пашни. В республике наблюдаются значительное ухудшение почвенно-мелиоративного и почвенно-экологического состояния сельскохозяйственных угодий, интенсивное снижение плодородия пахотных почв, развитие водной и ветровой эрозии и вторичного засоления. Ситуация усугубляется еще и тем, что в республике очень низкие объемы внесения удобрений на 1 га посевной площади. Если в

1989 году (пик химизации) вносилось до 50 кг д.в./га, то в настоящее время это количество не превышает 5 кг д.в./га, то есть объемы применения удобрений снизились почти в 10 раз. Все это привело к тому, что почвы Казахстана характеризуются невысоким уровнем плодородия. В результате показатели урожайности сельхозкультур в республике заметно отстают от уровня стран, находящихся с нами в схожих природно-климатических условиях [3].

Исследования, проведенные Северо-Казахстанской опытной сельскохозяйственной станцией, доказывают высокую эффективность использования золы. Урожайность основной культуры – яровой пшеницы, как отмечает Белецкая Н.П., в среднем за годы исследований 0,9 ц/га [4]. В черноземной зоне Северного Казахстана подобных исследований было проведено не значительно.

В связи с вышеизложенным цель данной статьи - дать оценку применения препарата из золошлака и технического углерода для удобрения черноземных почв Северного Казахстана на посевах льна масличного.

В задачи исследования входили:

- установить влияние доз внесения препарата из золошлака и технического углерода на микробиологическую активность чернозема обыкновенного;
- изучить влияние доз внесения препарата из золошлака и технического углерода на урожайность семян льна масличного.

Материалы и методы исследования

Объекты исследования: чернозем обыкновенный, лен масличный. Предмет исследования: препарат из золошлака и технического углерода в порошковом виде, состав которого приведен в (таблице 1).

Таблица 1

Состав препарата из золошлака и технического углерода

C, %	SiO ₂ , %	Fe ₂ O ₃ , %	Al ₂ O ₃ , %	CaO, %	MgO, %	Na ₂ O, %	SO ₃ , %	K ₂ O, %	Влажность, %	Насыпная плотность, кг/м ³	Размер гранул, мм
30	44,03	4,45	18,45	1,33	0,44	0,16	0,84	0,5	1,5	610	0,5-0,6

Полевые исследования проводились на опытном поле Учебно-научно-производственного центра «Элит» Кокшетауского университета имени Ш. Уалиханова. Опыт заложен в 4-кратной повторности по следующей схеме: контроль - без удобрения; P₁₀ (1/10 от расчетной дозы) - фон; на минеральном фоне вносили препарат из золошлака и технического углерода в дозах 100, 200, 300, 400, 500 кг/га под предпосевную обработку почвы. Площадь делянки 125 м²; учетная площадь 100м².

Удобрение из золошлака и технического углерода и суперфосфат двойной гранулированный вносили согласно схеме опытов вручную, весной вразброс. Расчетную дозу фосфорных удобрений устанавливали по методике Ю.И. Ермохина по формуле (1) на планируемый урожай льна масличного:

$$D_p = 6 \times ПУ - 71 \times Эф, \quad (1)$$

где Д – доза, кг/га; ПУ – планируемый урожай; Эф – фактическое содержание элемента в почве. В среднем за три года расчетная доза фосфора составила 64 кг д.в./га. После внесения удобрений провели предпосевную культивацию на глубину 8-10 см культиватором КПШ-9. Посев произведен сеялкой «Бистрица» на глубину 4-5 см. Норма высева льна масличного - 35 кг/га.

Полевые опыты проводили по общепринятым методикам в соответствии с ГОСТ:

1. Активность целлюлозоразлагающих бактерий – методом льняных полотен по Е.Н. Мишустину (1979). Полотно закладывали ежегодно под посеvy льна масличного в слое почвы 0-20 см в 3-кратной повторности весной, летом и осенью.

2. Учет урожая и статистическая обработка урожайных данных проводились по Б.А. Доспехову (1985). Статистическая обработка результатов проводилась при помощи программы Microsoft Excel.

Обсуждение и анализ результатов исследования

Как показали результаты наших исследований, положительное действие препарата из золошлака и технического углерода на активность разложения целлюлозы наблюдалось в течение всей вегетации растений. Причем повышение активности разложения целлюлозы было прямо пропорционально увеличению доз внесения агробиона (рисунок 1).

В среднем за годы исследования (2018-2020 гг.) весной активность микроорганизмов находилась на высоком уровне, что объясняется интенсивным прогреванием почвы – процент разложения льна-волокна составил на контроле 27,2%, на удобренных вариантах 32,7-44,2%.

В летний период за счет высокой температуры и осадков процент разложения льняного волокна был выше весенних определений и составил от 28,7 до 46,1%, на что повлияло внесение агробиона, тогда как на контроле активность разложения целлюлозы была ниже – 25,2%.

К осени интенсивность микробиологических процессов снижалась за счет понижения температуры, однако на вариантах с внесением 300-500 кг препарата интенсивность разложения льняного волокна была все еще высокой – 45,1-48,1%.

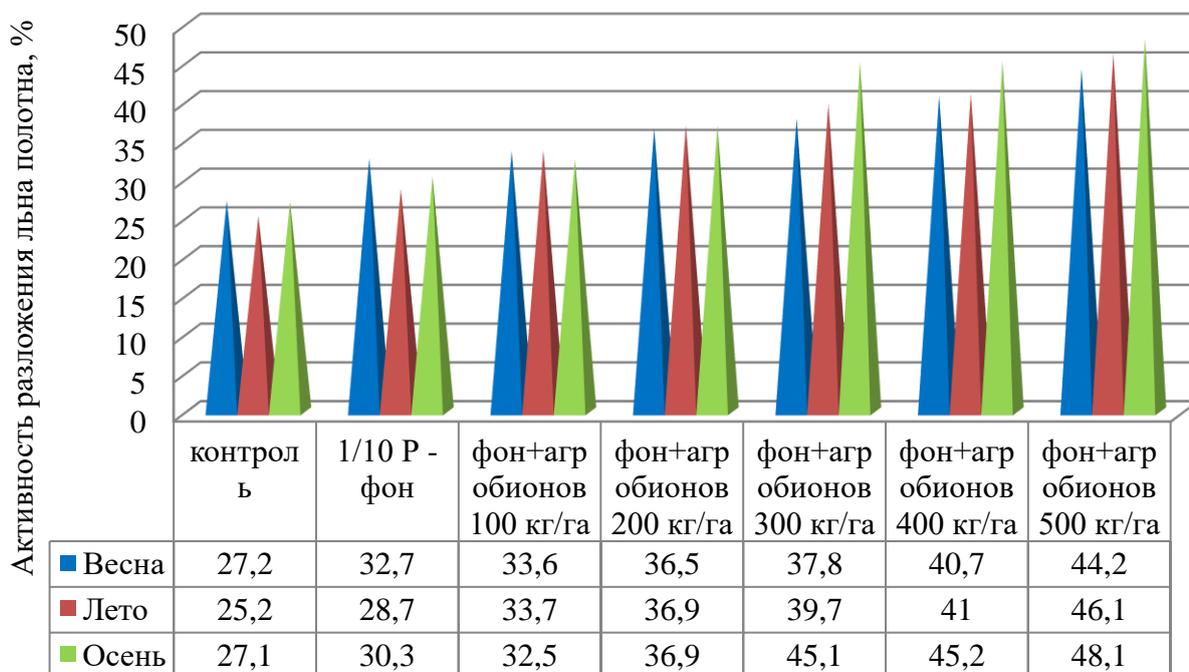


Рисунок 1. Влияние доз внесения удобрения из золошлака и технического углерода на активность целлюлозоразрушающих бактерий в почве, % (среднее за 2018-2020 гг.)

Для оценки биологической активности почв по интенсивности разрушения клетчатки (% разложившегося волокна за вегетационный сезон) была принята следующая шкала: очень слабая < 10, слабая 10-30, средняя 30-50, сильная 50-80, очень сильная > 80 [5]. В соответствии с этой шкалой в наших опытах на удобренных вариантах активность микроорганизмов оценивается как средняя – 30-50%, на контроле как слабая – 10-30%.

В среднем за три года наибольшая активность целлюлозоразрушающих бактерий (48,1%) проявляется на вариантах с внесением удобрения из золошлака и технического углерода в дозе 500 кг/га. Это можно объяснить более высоким содержанием углерода в макро- и микроэлементах золы в высоких дозах, которые являются питательной средой для микроорганизмов.

Величина урожая льна масличного, как и других сельскохозяйственных культур, в значительной степени зависит от условий минерального питания. В наших исследованиях закономерность действия препарата четко прослеживалась, величина урожая колебалась в широких пределах в зависимости от условий питания.

Урожайность льна масличного варьировала как от погодно-климатических условий, так и от различных доз применения агробииона. Так, в условиях 2018 года в целом урожайность была более высокой в сравнении с 2019 и 2020 гг. На удобренных вариантах наблюдалось повышение урожайности льна масличного в зависимости от дозы внесения препарата из золошлака и технического углерода, на 0,09-0,34 т/га (рисунок 2).

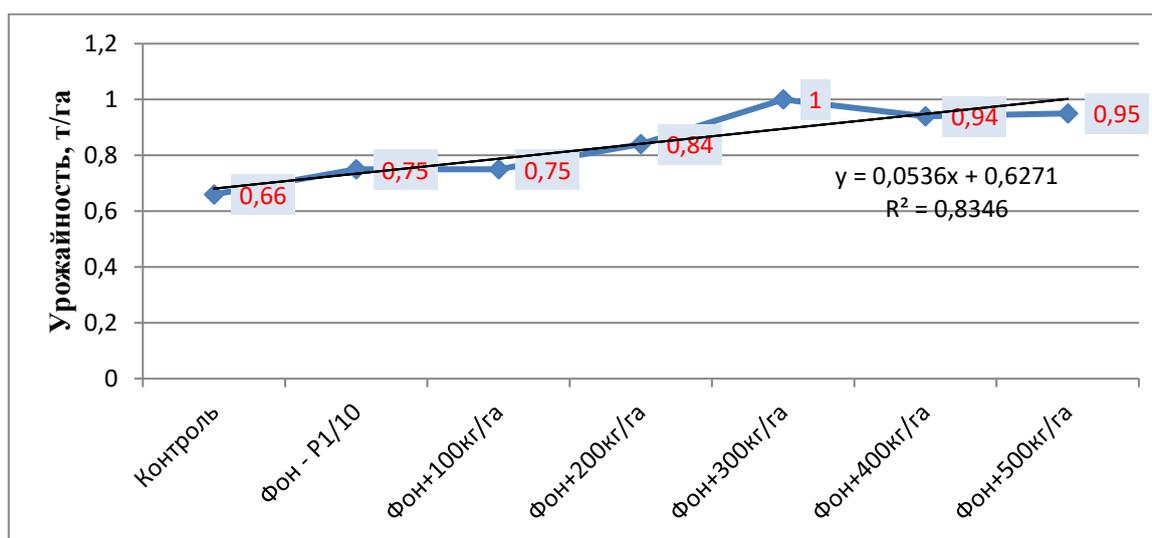


Рисунок 2. Влияние доз внесения препарата из золошлака и технического углерода на урожайность семян льна масличного, т/га (среднее за 2018-2020 гг.)

Нами установлена тесная корреляционная связь между дозами агробииона и урожайностью семян льна масличного (уравнение линейной регрессии): $y=0,0536x+0,6271$, коэффициент детерминации - $r^2=0,8346$.

Наибольшая прибавка урожайности получена на варианте с внесением агробииона 300 кг/га на фоне фосфорных удобрений – 1,00 т/га, что выше контроля на 0,34 т/га. Также достоверную прибавку к урожаю дали варианты фон + препарат 400-500 кг/га, равную 42,4% и 43,9%, однако в сравнении с дозой 300 кг/га их использование не выгодно с экономической точки зрения. Таким образом, существенная прибавка урожайности льна масличного достигается с применением дозы 300 кг/га и выше.

Положительное действие необходимых макро - и микроэлементов питания растений на урожайность сельскохозяйственных культур обусловлено также их влиянием на почвенную микрофлору, на взаимоотношения между растениями и почвенными микроорганизмами [6].

Микробиологическая активность почвы характеризуется соотношением и взаимосвязью всех живых организмов, находящихся в почве, и является одним из важных показателей определения плодородия почвы. Основная функция почвенных микроорганизмов – формирование почвенной структуры, образование гумуса, создание прочной комковатой структуры пахотного слоя почвы.

Микроорганизмы, находясь в пахотном слое почвы, в процессе своей жизнедеятельности выделяют различные физиологические активные соединения, которые способствуют появлению подвижных форм элементов, необходимых для роста и развития растений.

Изучение микробиологической активности почвы является необходимым, потому что повышение плодородия почвы и впоследствии урожайность сельскохозяйственных культур зависят от количества микроорганизмов, находящихся в почве.

В этой связи нами изучено влияние нового удобрения препарата, произведенного из золошлаков и технического углерода, на состояние микробиоценоза чернозема обыкновенного в посевах льна масличного.

Zeba Usmani, Vipin Kumar, Pratishtha Gupta, Gauri Gupta, Rupa Rani, Avantika Chandra (2019) сообщают, что потребление угля в Азиатско-Тихоокеанском регионе к 2035 году возрастет примерно до 87,2 процента. Управление остатками от сжигания угля (CCRs), образующимися в промышленности, является основным узким местом в преодолении последствий использования угля. Токсичность микроэлементов в вермикомпостированной летучей золе (VCF) не выявила явных рисков для окружающей среды. Авторы установили улучшение прорастания семян томатов *esculentum*, *melongena* на (82,22%), эффективность использования золоуносов (CCR) в сельском хозяйстве, особенно в развивающихся странах [7].

Наземное внесение угольной золы считается экологически чистым вариантом для улучшения качества почвы. Биодоступные концентрации металлов были очень низкими Munyaradzi Mtisi Willis Gwenzi (2019) [8].

Многолетние исследования Jadwiga Wierzbowska, Peter Kovacik, Stanisław Sienkiewicz, Sławomir Krzebietke, and Teresa Bowszys, (2018) сточных вод, компоста, бытовых отходов и навоза показали, что тяжелые металлы сильнее адсорбируются в почве, богатой органическим веществом, положительно коррелируют с содержанием органического углерода [9].

Adnan Shakeel, Abrar Ahmad Khan, Gufran Ahmad (2019) утверждают, что утилизация летучей золы вызывает значительные экономические и экологические проблемы. Поэтому авторы изучили возможность внесения летучей золы в почву для улучшения роста и урожайности индийской горчицы (*Brassica juncea* L.cv. *Varuna*), изучали влияние различных концентраций летучей золы (0%, 10%, 20%, 30%, 40% и 50% мас. / мас.) на рост растений (длина, свежая масса и сухой вес побегов и корней). Установили, что параметры значительно увеличились с 10 до 30%, уровень летучей золы был максимальным при 30%. Однако при более высоких уровнях, от 40 до 50%, летучей золы параметры роста были значительно снижены. Изучение данных показало, что 30% -ный уровень содержания летучей золы оказался идеальным для лучшего роста индийской горчицы [10].

По данным Сервелли Т. Б., Вонг Т. Б. и Питчела, внесение золошлакового шлака в почву показывает, что он значительно улучшает не только аэрацию и активность ферментов, но и процессы азотного цикла в почве, такие как нитрификация и минерализация [11-13]. Однако чрезмерное использование золошлака (400-700т/га) негативно влияет на микробиологическую активность почв [14].

Заключение

Результаты исследований показали, что внесение препарата из золошлака и технического повышает микробиологическую активность чернозема обыкновенного и урожайность льна масличного. В среднем за три года на вариантах, где вносился агробиионов, активность разложения льняного волокна возросла с 26,5% на контроле до 30,6-46,1%. Урожайность зерна льна масличного на варианте фон + агробиионов 300 кг/га была выше контроля на 51,5%.

Список литературы

1. Добровольский Г.В. Деградация почв – угроза экологического кризиса // Век глобализации. – 2008. – №2. – С. 54-65.
2. Статистическая комиссия: докл. о работе пятьдесят первой / ООН. [Электронный ресурс] – URL: <https://unstats.un.org/unsd/statcom/51st-session/documents/2020-37> (дата обращения: 15.03.2019).
3. Кененбаев С.Б., Рамазанова С.Б., Сулейменов Е.Т. Применение минеральных удобрений под сельскохозяйственные культуры в Республике Казахстан // Почвоведение и агрохимия. – 2009. – №9. – С. 69-76.
4. Удобрения на основе золы Экибастузского угля. [Электронный ресурс] – URL: <https://www.nkzu.kz/page/view?id=623&lang=ru> (дата обращения: 10.09.2019).
5. Кукишева А.А. Влияние экологических факторов на микрофлору и ферментативную активность дерново-подзолистой почвы Томской области и черноземы выщелоченного Алтайского Приобья: автореф. ... канд. биол. наук. – Новосибирск, 2011. – 20 с.
6. Звягинцев Д.Г. Почва и микроорганизмы. – Москва: Изд. МГУ, 1987. – 256 с.
7. Zeba Usmani, Vipin Kumar, Pratishtha Gupta, Gauri Gupta, Rupa Rani, Avantika Chandra. Enhanced soil fertility, plant growth promotion and microbial enzymatic activities of vermicomposted fly ash. – 2019.
8. Munyaradzi Mtisi, Willis Gwenzi. Evaluation of the phytotoxicity of coal ash on lettuce (*Lactuca sativa* L.) germination, growth and metal uptake. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. – 2019. – Vol. 170. – P. 750-762.
9. Jadwiga Wierzbowska, Peter Kovačik, Stanisław Sienkiewicz, Sławomir Krzebietke, Teresa Bowszys. Determination of heavy metals and their availability to plants in soil fertilized with different waste substances. *Environ Monit Assess*. – 2018. – № 90(10). – P. 567-579.
10. Adnan Shakeel, Abrar Ahmad Khan, Gufran Ahmad. The potential of thermal power plant fly ash to promote the growth of Indian mustard (*Brassica juncea*) in agricultural soils. *SN Applied Sciences*. – 2019. – № 1. – 375 p.
11. Cerevelli S., Petruzzelli G., Perna A., Menicagli R. "Soil Nitrogen and Fly Ash Utilization: a Laboratory Investigation," *Agrochimica*. – 1986. – No. 30. – P. 27-33.
12. Wong M.H., Wong J.W.C. "Effects of Fly Ash on Soil Microbial Activity," *Environ. Pollut.* – 1986. – No. A (40). – P. 127-144.
13. Pitchel J.R. "Microbial Respiration in Fly Ash/Sewage Sludge Amended Soils," *Environ. Pollut.* – 1990. – No. 63. – P. 225-237.
14. Arthur M.F., Zwick T.C., Tolle D.A., Vanvoris P. "Effect of Fly Ash on Microbial CO₂ Evolution from an Agricultural Soil," *Water, Air & Soil Pollution*. – 1984. – No. 22. – P. 209-216.

Г.Т. Қыздарбекова¹, А.Т. Хусаинов¹, Б.Х. Есенжолов¹, А.А. Сарсенова², Н.С. Мамытова³

¹Ш. Уәлиханов атындағы Қққшетау университеті, Көкшетау, Қазақстан

²«Эко-Көкше» Экологиялық орталығы» ҚБ, Көкшетау, Қазақстан

³Қазақ технология және бизнес университеті, Астана, Қазақстан

Агробиондардың күл-көміртекті препаратын енгізу кезінде майлы зығырдың өнімділігі және қарапайым чернозем микробиоценозы

Аңдатпа. Қазақстан аумағында табиғи ресурстарға, атап айтқанда, топырақ жамылғысына антропогендік әсер жыл сайын артып келеді, бұл оның тозуына әкеледі. Сонымен қатар, республиканың топырағында қарашірік құрамының, қоректік заттардың қолжетімді формасының төмендеуі байқалады, оның салдары ауыл шаруашылығы дақылдары өнімділігінің күрт төмендеуіне әкеледі. Осыған байланысты еліміздің топырақ ресурстарының тұрақты биоөнімділігінің сақталуына алаңдаушылық күшейе түсуде. Қазіргі проблемаларды шешу үшін мемлекет тарапынан топырақ құнарлылығын қалпына келтіру және топырақ ресурстары мен ауыл шаруашылығы мақсатындағы жерлерді тиімді пайдалану жөнінде шаралар қабылдау қажеттігі туындайды.

Ғаламдық және Ұлттық экологиялық проблемалардың бірі өндіріс қалдықтарының жиналуы болып табылады. Күл шлактар қалдықтары қауіптілігі жағынан бесінші сыныпқа жатады (іс жүзінде қауіпсіз) және олар ауыл шаруашылығы үшін тыңайтқыш ретінде қолданылады әрі экология үшін үлкен маңызға ие, өйткені ол қалдықтарды кәдеге жаратуға ықпал етеді.

Мақалада күл шлак және техникалық көміртегінен алынған препаратты қолдану дозаларының кәдімгі қаратопырақтың биологиялық белсенділігіне және майлы зығырдың өнімділігіне әсерін зерттеу нәтижелері келтірілген. Тәжірибелер Ш.Уәлиханов атындағы Көкшетау университетінің "Элит" оқу-ғылыми-өндірістік орталығының тәжірибелік алаңында өткізілді. Топырақтың микробиологиялық белсенділігі зығыр төсімшелерін аппликациялау әдісі арқылы анықталды. Күл шлактан және техникалық көміртектен өндірілген препаратты енгізу кәдімгі қара топырақтағы микробиологиялық процестерді белсендіруге және майлы зығырдың өнімділігін арттыруға ықпал ететіні анықталды.

Түйін сөздер: деградация, кәдеге жарату, қара топырақ, препарат, агробион, микробиоценоз, өнімділік.

G.T. Kyzdarbekova¹, A.T. Khusainov¹, B.Kh. Yessenzhlov¹, A.A. Sarsenova², N.S. Mamytova³

¹Kokshetau University named after Sh. Ualikhanov, Kokshetau, Kazakhstan

²Eco-Kokshe Ecological Center, Kokshetau, Kazakhstan

³Kazakh University of Technology and Business, Astana, Kazakhstan

The yield of oilseed flax and the microbiocenosis of ordinary chernozem when applying an ash-carbon preparation of agrobionnes

Abstract. Every year the anthropogenic impact on natural resources on the territory of Kazakhstan, in particular, on the soil cover, is increasing, which leads to its degradation. Along with this, there is a decrease in the content of humus, available forms of nutrients in the soils of the republic, which leads to a sharp decrease in the productivity of crops. In this regard, there is increasing concern for maintaining a stable bioproductivity of the country's soil resources. To solve existing problems, it becomes necessary to take measures on the part of the state to reproduce soil fertility and rational use of soil resources and agricultural land.

The accumulation of waste is also a global and national environmental problem. Ash and slag belong to V hazard class waste (practically safe), and they are quite applicable as fertilizers for agriculture and are of great importance for the environment, as they contribute to waste disposal.

The article presents the results of examining the doses effect of the preparation from ash and slag and technical fertilizer on the biological activity of ordinary chernozem and the yield of oil flax. The experiments were carried out on the experimental field of the Educational-Scientific-Production Center "Elite" of Sh. Ualikhanov Kokshetau University. The microbiological activity of the soil was determined by the method of application of flax. It has been established that the application of the preparation made from ash and slag and carbon black contributes to the activation of microbiological processes in ordinary chernozem and an increase in the yield of oil flax.

Keywords: degradation, disposal, chernozem, a preparation, agrobions, microbiocenosis, productivity.

References

1. Dobrovolskiy G.V. Degradatsiya pochv – ugroza ekologicheskogo krizisa, Vek globalizatsii [Soil degradation as a threat of ecological crisis, Age of globalization], 2, 54-65 (2008). [in Russian]
2. Statisticheskaya komissiya: dokl. o rabote pyat'desyat pervoj, OON [Statistical Commission: report. on the work of the fifty-first, UN]. [Electronic resource] – Available at: <https://unstats.un.org/unsd/statcom/51st-session/documents/2020-37> (Accessed: 15.03.2019). [in Russian]
3. Kenenbaev S.B., Ramazanova S.B., Sulejmenov E.T. Primenenie mineral'nyh udobrenij pod sel'skohozyajstvennyye kul'tury v Respublike Kazahstan, Pochvovedenie i agrohimiya [The use of mineral fertilizers for agricultural crops in the Republic of Kazakhstan, Soil Science and Agrochemistry], 9, 69-76 (2009). [in Russian]
4. Udobreniya na osnove zoly Ekibastuzskogo uglya [Fertilizers based on the ash of Ekibastuz coal]. [Electronic resource] – Available at: <https://www.nkzu.kz/page/view?id=623&lang=ru> (Accessed: 10.09.2019). [in Russian]
5. Kukisheva A.A. Vliyanie ekologicheskikh faktorov na mikrofloru i fermentativnyuyu aktivnost' dernovo-podzolistoj pochvy Tomskoj oblasti i chernozemy vyshchelochennogo Altajskogo Priob'ya: avtoref. ... kand. biol. nauk [Influence of environmental factors on the microflora and enzymatic activity of soddy-podzolic soil of the Tomsk region and leached chernozem of the Altai Ob region: author. ... cand. biol. Sciences] (Novosibirsk, 2011, 20 s.). [in Russian]
6. Zvyagincev D.G. Pochva i mikroorganizmy [Soil and microorganisms] (Moskva, Izd. MGU, 1987, 256 s.) [Moscow, Ed. Moscow State University, 1987, 256 p.]. [in Russian]
7. Zeba Usmani, Vipin Kumar, Pratishtha Gupta, Gauri Gupta, Rupa Rani, Avantika Chandra. Enhanced soil fertility, plant growth promotion and microbial enzymatic activities of vermicomposted fly ash, 2019.
8. Munyaradzi Mtisi, Willis Gwenzi. Evaluation of the phytotoxicity of coal ash on lettuce (*Lactuca sativa* L.) germination, growth and metal uptake. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 170, 750-762 (2019).
9. Jadwiga Wierzbowska, Peter Kovačik, Stanisław Sienkiewicz, Sławomir Krzebietke, Teresa Bowszys. Determination of heavy metals and their availability to plants in soil fertilized with different waste substances. *Environ Monit Assess.*, 90(10), 567-579 (2018).
10. Adnan Shakeel, Abrar Ahmad Khan, Gufran Ahmad. The potential of thermal power plant fly ash to promote the growth of Indian mustard (*Brassica juncea*) in agricultural soils. *SN Applied Sciences*, 1, 375 (2019).
11. Cerevelli S., Petruzzelli G., Perna A., Menicagli R. "Soil Nitrogen and Fly Ash Utilization: a Laboratory Investigation," *Agrochimica*, 30, 27-33 (1986).

12. Wong M.H., Wong J.W.C. "Effects of Fly Ash on Soil Microbial Activity," Environ. Pollut., A(40), 127-144 (1986).
13. Pitchel J.R. "Microbial Respiration in Fly Ash/Sewage Sludge Amended Soils," Environ. Pollut., 63, 225-237 (1990).
14. Arthur M.F., Zwick T.C., Tolle D.A., Vanvoris P. "Effect of Fly Ash on Microbial CO₂ Evolution from an Agricultural Soil," Water, Air & Soil Pollution, 22, 209-216 (1984).

Сведения об авторах:

Кыздарбекова Г.Т. – PhD, старший преподаватель кафедры «Биология и МП» Кокшетауского университета им. Ш. Уалиханова, ул. Абая, 76, Кокшетау, Казахстан.

Хусаинов А.Т. – доктор биологических наук, профессор кафедры «Почвоведение» Кокшетауского университета им. Ш. Уалиханова, ул., Абая 76, Кокшетау, Казахстан.

Есенжолов Б.Х. – PhD, старший преподаватель кафедры «Биология и МП» Кокшетауского университета им. Ш. Уалиханова, ул. Абая, 76, Кокшетау, Казахстан.

Сарсенова А.А. – кандидат сельскохозяйственных наук, исполнительный директор ОО «Экологический центр «Эко-Кокше» ул. Абая, 76, Кокшетау, Казахстан.

Мамытова Н.С. – PhD, старший преподаватель кафедры «Химия, химическая технология и экология» Казахского университета технологии и бизнеса, ул. К. Мухамедханова, 37 А, Астана, Казахстан.

Kyzdarbekova G.T. – Ph.D., Senior lecturer of the Department of "Biology and MP" of the Kokshetau University named after Sh. Ualikhanov, 76 Abaya str., Kokshetau, Kazakhstan.

Khusainov A.T. – Doctor of Biological Sciences, Professor, Lecturer of the Department of "Soil Science" of the Kokshetau University named after Sh. Ualikhanov, 76 Abaya str., Kokshetau, Kazakhstan.

Yessenzholov B.Kh. – Ph.D., Senior lecturer of the Department of "Biology and MP" of the Kokshetau University named after Sh. Ualikhanov, 76 Abaya str., Kokshetau, Kazakhstan.

Sarsenova A.A. – Candidate of Agricultural Sciences, Executive Director of the NGO "Eco-Kokshe Ecological Center", 76 Abaya str., Kokshetau, Kazakhstan.

Mamytova N.S. – Ph.D., Senior Lecturer of the Department of Chemistry, Chemical Technology and Ecology of the Kazakh University of Technology and Business, 37 A Kayym Mukhamedkhanov str., Astana, Kazakhstan.