

УДК 631.847.2.+631.175:633.2/3

ВЛИЯНИЕ УДОБРЕНИЙ НА СОДЕРЖАНИЕ НЕКОТОРЫХ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ И БИОЛОГИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ В ЧЕРНОЗЕМЕ ОБЫКНОВЕННОМ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ЭХИНАЦЕИ ПУРПУРНОЙ (*ECHINACEA PURPUREA* MOENCH.)

¹Симонович Е.И., ²Гончарова Л.Ю., ¹Шиманская Е.И.

¹Научно-исследовательский институт биологии Южного федерального университета, Ростов-на-Дону, e-mail: elena_ro@inbox.ru;

²Южный федеральный университет, кафедра почвоведения и оценки земельных ресурсов, Ростов-на-Дону, e-mail: goncharova_1958@mail.ru

В результате исследований установлено, что различные удобрения оказывают различное влияние на содержание тяжелых металлов в черноземе обыкновенном при возделывании Эхинацеи пурпурной (*Echinacea purpurea* Moench.). Содержание Cu в июле на варианте с «Поконом» снижается, а в сентябре на варианте с «Белогором» достоверно уменьшается по сравнению с контролем в 1,1 раз. Содержание Zn в почвенных образцах на варианте с «Белогором» увеличивается к концу вегетации эхинацеи по сравнению с контролем в 1,1 раза. «Лигногумат» и «Покон», наоборот, вызывают снижение концентрации Zn в черноземе обыкновенном. При внесении удобрений наблюдается снижение содержания MnO на варианте с «Поконом», но в последствии его количество возрастает, особенно на вариантах с «Белогором». Выявлен положительный эффект влияния применения удобрений («Белогор», «Лигногумат» и «Покон») на урожайность и на биологическую активность чернозема обыкновенного под эхинацеей пурпурной. Результаты исследований показали, что удобрения активизируют ферментативную активность почвы в течение трех месяцев после внесения. Наивысшая каталазная активность отмечена для вариантов с «Лигногуматом» и «Белогором», на которых получена максимальная урожайность в данном опыте. Установлено, что фитотоксичность чернозема обыкновенного под растениями эхинацеи пурпурной разного возраста не одинакова: с увеличением возраста токсичность почвы снижается. Продуктивность эхинацеи пурпурной увеличилась в 1,2 раза по сравнению с контролем, что позволяет говорить о перспективах использования концентрата микроорганизмов «Белогор» с целью повышения урожайности ценных лекарственных растений.

Ключевые слова: тяжелые металлы, удобрения, Белогор, Лигногумат, Покон, эхинацея пурпурная, фитотоксичность, урожайность, ферментативная активность

THE INFLUENCE OF FERTILIZERS ON THE CONTENT OF SOME HEAVY METALS AND BIOLOGICAL ACTIVITY OF ORDINARY CHERNOZEM SOIL IN TILL OF *ECHINACEA PURPUREA* (*ECHINACEA PURPUREA* MOENCH.)

¹Simonovich E.I., ²Goncharova L.Y., ¹Shimanskaya E.I.

¹Scientific Research Institute of Biology of Southern Federal University, Russia (344090 Rostov-on-Don, Stachki Ave, 194/1) e-mail: elena_ro@inbox.ru;

²Southern Federal University, Department of soil science and valuation of landed resources, Russia (344090 Rostov-on-Don, Stachki Ave, 194/1), e-mail: goncharova_1958@mail.ru

The results of produced investigations revealed that various fertilizers exert different influence on the content of heavy metals in ordinary chernozem in till of *Echinacea purpurea* (*Echinacea purpurea* Moench.). The content of Cu in July in variant of «Pokon» decreased, and in September in variant of «Belogor» reliable decreased in comparison for control in 1,1 times. The content of Zn in soil specimens in variant of «Belogor» was increase for the end of vegetation of *Echinacea purpurea* in comparison for control in 1,1 times. «Lignogumat» and «Pokon» conversely call up decrease of concentration of Zn in ordinary chernozem soil. For bring in fertilizers observe decreasing of content of MnO in variant of «Pokon», but in consequence it quantity increased, particular in variant of «Belogor». The positive effect of using fertilizers («Belogor», «Lignogumat» and «Pokon») on yield and biology activity of ordinary chernozem on *Echinacea purpurea* was discovered. The results of produced investigations revealed that the fertilizers activated fermentation activity of soil in three months after entry. The highest catalaz activity is note in variant of «Lingumat» and «Belogor» in the highest yield was receive. It was fix that the fitotocsic of ordinary chernozem soil under *Echinacea purpurea* is not equal for the different age: with the increase of age fitotocsic of soil is lower. The productivity of *Echinacea purpurea* was increase in 1,2 time in comparison for control, and can be talk about perspective of application of concentrate of microorganisms «Belogor» with the aim of promotion of yield of valuable medicinal plants.

Keywords: heavy metals, fertilizers, Belogor, Lignogumat, Pokon, *Echinacea purpurea*, fitotocsic, yield, fermentation activity

С биологической активностью почвы тесно взаимосвязаны ее физические и химические свойства. Интегральным показателем биологических процессов в почве можно считать ее гумусное состояние. Следует отметить, что физические и химиче-

ские свойства характеризуют относительно консервативные накопившиеся признаки и свойства почв; биология почв располагает показателями, которые отражают динамические свойства, являющиеся индикаторами состояния почв [7].

Валовой или элементный состав микроэлементов позволяет в некоторой степени судить о потенциальном плодородии почв. Растениям доступна только часть (и не всегда большая) находящихся в почве элементов питания растений. Элементы, входящие в кристаллические решетки алюмосиликатов, в состав труднорастворимых соединений или в состав негидролизуемых компонентов гумусовых веществ, становятся доступными растениям только после их мобилизации, то есть после полного или частичного разрушения исходной структуры и перехода элемента в форму легкорастворимого соединения. Тем не менее валовое содержание элемента показывает, как долго та или иная почва потенциально может обеспечивать растения при условии полной мобилизации запасов [6].

К тяжелым металлам относят более 40 металлов периодической системы Д.И. Менделеева с атомной массой свыше 50 атомных единиц: V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Mo, Cd, Sn, Hg, Pb, Bi и др. Таким образом, элементы, рассматриваемые нами как микроэлементы, являются одновременно и тяжелыми металлами.

Эхинацея пурпурная (*Echinacea purpurea* Moench.) – ценное лекарственное растение. Род эхинацеи включает пять видов травянистых растений, которые в диком виде встречаются в приатлантических районах Северной Америки и Мексики. Это многолетние корневищные растения с прямым стеблем до 1–1,5 м высоты с красивыми пурпурными соцветиями. Имеет специфический вкус и запах. Наземная и подземные части эхинацеи служат сырьем для промышленного получения препаратов иммуномодулирующего действия. Выпускаемые из нее препараты представляют собой извлечения из всех частей как свежего, так и высушенного растения [1; 2].

Цель настоящих исследований – изучить воздействие различных видов удобрений («Белогор», «Лигногумат» и «Покон») на содержание некоторых тяжелых металлов и биологическую активность почвы в черноземе обыкновенном под эхинацеей пурпурной и урожайность этой лекарственной культуры.

Материал и методы исследования

Исследования проводились на территории Ботанического сада ЮФУ, с мая по сентябрь 2009–2011 гг. под лекарственным растением – эхинацеей пурпурной (*Echinacea purpurea* Moench.) на черноземе обыкновенном.

Изучали 3 вида удобрений – микробиологическое удобрение (концентрат микроорганизмов) «Белогор» производства ООО «Научно-технологического центра биологических технологий в сельском хозяйстве» (г. Шебекино Белгородской области), «Лигногумат К» марка БМ производства «Научно-производственное

объединение «Реализация экологических технологий» (Санкт-Петербург), «Покон» жидкое минеральное удобрение с микроэлементами производства Голландия.

Концентрат микроорганизмов «Белогор» серии КМ-104 содержит комплекс молочно-кислых, пропионово-кислых бактерий, дрожжи и фитопатогенные культуры микроорганизмов родов *Bacillus* и *Pseudomonas*, а также бактериальные продукты метаболизма, макро- и микроэлементы, необходимые для жизнедеятельности микроорганизмов и полезные для развития растений. Его состав включает элементы: общий азот – 1,4%, общий фосфор – 0,9%, общий калий – 1,5%, Zn – 55 мг/кг, Mn – 31 мг/кг, Mg – 9,6 мг/кг, Fe – 5,7 мг/кг, Cu – 7,1 мг/кг, Se – 1,0 мг/кг, B – 6,0 мг/кг, Mo – 2,7 мг/кг.

В составе «Лигногумата К» марки БМ содержание солей гуминовых веществ – 18%. pH = 8,5–10,0. Массовая доля сухих веществ: K = 9%, S = 3%, Fe = 0,2%, Mn = 0,12%, Cu = 0,12%, Zn = 0,12%, Mo = 0,015%, B = 0,15%, Co = 0,12%, а также присутствуют Ca, Si, Mg.

Состав «Покона»: N = 7% (2,9% – нитратный; 1,8% – аммиачная форма; 2,3% – в форме мочевины), P₂O₅ водорастворимый – 3%, K₂O водорастворимый – 7%, B – 0,02%, Cu – 0,004%, Fe – 0,04%, Mn – 0,02%, Mo – 0,002%, Zn – 0,004%.

Изучение эффективности удобрений проводили по следующей схеме, включающей варианты: 1 – контроль, 2 – концентрат микроорганизмов «Белогор», 3 – «Лигногумат К» марка БМ, 4 – жидкое минеральное удобрение «Покон» с микроэлементами. Повторность вариантов – 3-кратная. Полив проводили поверх растений раствором удобрений (100 мл/10 л воды) из расчета 400 л/га (эта концентрация рекомендована производителями удобрений). Растения контрольного участка поливали таким же количеством воды. Почвенные образцы отбирали по вариантам опыта через 1 месяц и через 3 месяца после внесения удобрений.

Валовое содержание тяжелых металлов в порошковых пробах проводили методом рентгенофлуоресцентного анализа на «Спектроскане Макс GV». Активность каталазы определяли методом Ф.Х. Хазиева (1976). Фитотоксичность почвы определяли методом биотеста с использованием семян редиса [6; 5]. Данные по активности прорастания семян были переведены в условные единицы УКЕ (условные кумариновые единицы).

Результаты исследования и их обсуждение

Результаты рентгенофлуоресцентного анализа почвы выявили, что внесение разных видов удобрений снижало содержание Cr на всех вариантах опыта по сравнению с контролем, что можно объяснить более интенсивным поглощением этого элемента растениями эхинацеи и формированием большей фитомассы (табл. 1).

Достоверных различий между вариантами опыта и контролем по содержанию Co не было установлено (см. табл. 1). Содержание никеля в почве оставалось на одном уровне с контролем во всех вариантах. Несколько пониженное содержание относительно контроля было отмечено для варианта с удобрением «Белогор», а для варианта с удобрением «Покон» наблю-

далось повышенное содержание. Так же, как и для кобальта достоверных различий между вариантами опыта не было установлено. Содержание Cu в июле на варианте с «Поконом» снижалось, а в сентябре на варианте с «Белогором» достоверно уменьшалось по сравнению с контролем в 1,1 раза. На варианте с «Лигногуматом» изменение концентрации меди не наблюдалось, достоверных различий с контролем не было установлено. Содержание Zn

в почвенных образцах на варианте с «Белогором» увеличивалось к концу вегетации эхинацеи по сравнению с контролем в 1,1 раза. «Лигногумат» и «Поко», наоборот, вызывали снижение концентрации Zn в черноземе обыкновенном. При внесении удобрений наблюдалось снижение содержания MnO на варианте с «Поконом», но впоследствии его количество возрастало, особенно на вариантах с «Белогором» (см. табл. 1).

Таблица 1

Валовое содержание тяжелых металлов (ppm) в черноземе обыкновенном (0–25 см, 2009–2011 гг, усредненные данные)

Элемент	ПДК	Июль				Сентябрь			
		Вариант 1 Контроль	Вариант 2 Белогор	Вариант 3 Лигногумат	Вариант 4 Поко	Вариант 1 Контроль	Вариант 2 Белогор	Вариант 3 Лигногумат	Вариант 4 Поко
Cr	90	123,6	113,6	111,4	110,8	127,5	103,0	111,1	116,4
Co		11,0	11,0	10,9	10,2	10,6	9,3	10,6	11,8
Ni	85	52,1	51,7	52,0	51,1	51,0	49,6	52,1	54,8
Cu	55	48,6	46,8	46,7	45,0	46,3	41,6	48,2	48,7
Zn	100	88,2	86,8	88,5	86,2	87,5	96,3	83,1	83,4
MnO		803,2	820,0	829,3	795,1	765,0	807,9	798,6	774,1

Результаты исследований показали, что изучаемые удобрения активизировали ферментативную активность почвы в течение трех месяцев после внесения. Так, активность каталазы увеличивалась в 1,8–2,9 раза на всех вариантах, по сравнению с контролем при внесении удобрений (табл. 2). Наивысшая каталазная активность была отмечена для вариантов с «Лигногуматом» и «Белогором», на которых была получена максимальная урожайность в данном опыте (см. табл. 2).

Таблица 2

Каталазная активность чернозема обыкновенного под эхинацеей пурпурной через 3 месяца после внесения удобрений, в среднем за 2009–2011 гг.

Вариант опыта	Каталаза (мл O ₂ за 1 мин/г почвы)
Контроль	2,5
«Белогор»	5,9
«Лигногумат»	7,2
«Поко»	4,6

Эхинацея характеризуется наличием соединений с высокой биологической активностью: фенольных веществ, органических кислот, сапонинов, эфирных масел и т.д. Эти вещества могут накапливаться в надземных органах, корнях, ризосфере,

в почве и выделяться в окружающую среду, определяя уровень токсичности почвы. Изучение токсичности почв под культурой эхинацеи имеет важное значение при ее интродукции с целью создания высокопродуктивных посевов. Через 1 месяц после внесения удобрений токсичность почвы на варианте с удобрением «Белогор» снизилась в 1,8 раза, по сравнению с контролем. При использовании «Лигногумата» и минерального удобрения «Поко» токсичность почвы возросла в 3–6 раза (табл. 3).

В сентябре – через 3 месяца после внесения удобрений – на контроле токсичность почвы не изменилась. На вариантах с «Лигногуматом» и минеральным удобрением «Поко» происходило снижение токсичности почвы в 3 раза. На варианте с «Белогором», наоборот, токсичность почвы увеличивалась в 5 раз. Уровень токсичности почвы на всех вариантах можно оценить как среднюю.

Установлено, что фитотоксичность чернозема обыкновенного под растениями эхинацеи пурпурной разного возраста была не одинакова: с увеличением возраста токсичность почвы снижалась. В 2010 г. под растениями эхинацеи 3-го года развития фитотоксичность почвы на всех вариантах, кроме «Покона», снизилась в 2,5–3,8 раза. На варианте с «Поконом» токсичность почвы наоборот возрастала в 2 раза.

Таблица 3

Фитотоксичность чернозема обыкновенного под эхинацеей пурпурной при внесении удобрений (0–25 см) (средние данные 2009–2010 гг.)

Вариант опыта	Июль 2009		Сентябрь 2009		Сентябрь 2010	
	Количество проросших семян, шт.	УКЕ	Количество проросших семян, шт.	УКЕ	Количество проросших семян, шт.	УКЕ
Контроль	63	43	62	47	80	19
«Белогор»	74	24	34	135	68	35
«Лигногумат»	21	270	44	90	75	24
«Покон»	38	130	61	48	43	100

Внесение удобрений под культуру эхинацеи пурпурной положительно повлияло на развитие растений [3; 4].

Учет урожайности сухой массы эхинацеи проводился по вариантам опыта в г/м² с последующим пересчетом данных в ц/га (табл. 4).

Таблица 4

Урожайность эхинацеи пурпурной (сухая масса, ц/га) на черноземе обыкновенном при внесении удобрений (0–25 см)

Вариант опыта	2009 г.	2010 г.
Контроль	3,60	41,03
«Белогор»	4,51	46,26
«Лигногумат»	4,15	45,24
«Покон»	3,65	42,93

Заключение

Внесение микробиологических и гуматных удобрений увеличивало урожайность эхинацеи пурпурной в 1,1 – 1,2 раза по сравнению с контролем, что позволяет говорить о перспективах использования концентрата микроорганизмов «Белогор» и «Лигногумат». Минеральное удобрение «Покон» не оказало положительного воздействия на урожайность эхинацеи, а также на биологическую активность чернозема обыкновенного под исследуемой культурой по сравнению с микробиологическим и гуматным удобрением.

Список литературы

1. Анищенко Л.В., Федяева В.В., Шишлова Ж.Н. Рост и развитие эхинацеи пурпурной при интродукции на Нижнем Дону // Сохранение и воспроизводство растительного компонента биоразнообразия: материалы международной конференции, посвященной 75-летию Ботанического сада РГУ (Ростов-на-Дону, 28-31 мая, 2002 г.) – Ростов-на-Дону, 2002 – С. 172–175.
2. Анищенко Л.В., Федяева В.В., Шишлова Ж.Н. Опыт выращивания эхинацеи пурпурной на Нижнем Дону // С эхинацеей в третье тысячелетие: материалы международной научной конференции (Полтава, 25–28 сентября, 2003 г.) – Полтава, 2003 – С. 5–8.
3. Использование удобрений в культуре эхинацеи пурпурной / Л.Ю. Гончарова, Е.И. Симонович, Л.В. Бурлуцкая, С.В. Сахарова // Удобрения, мелиоранты и средства защиты растений в современном земледелии: материалы научной конференции (пос. Персиановский, 13–14 мая 2010 г.) – пос. Персиановский, 2010. – С. 204–209.

4. Сахарова С.В., Гончарова Л.Ю., Симонович Е.И. Агрехимические аспекты применения удобрений в культуре эхинацеи пурпурной (*Echinacea purpurea* Moench.) // Инновационные направления исследований в селекции и технологии возделывания масличных культур: Сборник материалов 6-й международной конференции молодых ученых и специалистов (Краснодар, 24–25 февраля 2011 г.) – Краснодар, 2011. – С. 270–273.

5. Симонович Е.И., Гончарова Л.Ю. Влияние биологических активаторов почвенного плодородия на биологическую активность чернозема обыкновенного под агроценозом многолетних трав // Известия вузов. Сев.-Кавк. Регион. Естеств. Науки. – 2011. – № 3. – С. 62–65.

6. Хазиев Ф.Х. Ферментативная активность почв. – М., 1976. – 180 с.

7. Хазиев Ф.Х. Системно-экологический анализ ферментативной активности почв. – М., 1982. – С. 36–37, 62–73.

References

1. Anishenko L.V., Fedaeva V.V., Shishlova G.N. Growth and development of *Echinacea purpurea* from introduction on Lower Don. *Trudy Mezhdunarodnogo Simpoziuma (Proc. Mezhd. Symp. "Conservation and reproduce of the plant component of biodiversity")*. Rostov-on-Don, 2002, pp. 172–175.
2. Anishenko L.V., Fedaeva V.V., Shishlova G.N. Experience of grow of *Echinacea purpurea* on Lower Don *Trudy Mezhdunarodnogo Simpoziuma (Proc. Mezhd. Symp. «With Echinacea in third millenium»)*. Poltava, 2003, pp. 5–8.
3. Goncharova L.Y., Simonovich E.I., Burluckaya L.V., Sacharova S.V. Agrochemical aspects of application of fertilizers in culture of *Echinacea purpurea* *Trudy Nauchnogo Simpoziuma (Proc. Nauch. Symp. «Fertilizers, meliorants ana means of plant protaction in modern egryculture»)*. Pos. Persianovsky, 2010, pp. 204–209.
4. Sacharova S.V., Goncharova L.Y., Simonovich E.I. The agrochemical aspects of fertilizers application *Trudy 6 Mezhdunarodnogo Simpoziuma (Proc. Mezhd. Symp. «Innovation trends of reserches in breeding and crop management of oil crops»)*. Krasnodar, 2011, pp. 270–273.
5. Simonovich E.I., Goncharova L.Y. The influence of the bio activitsys of the soil fertility for the biology activity of the ordinary chernozem soil under perennial grass agrocnos. *Ivestia Vusov.Sev. Kav.Region.Estestv. Nauki*. 2011, no.3, pp. 62–65.
6. Chasiav F.X. Fermentation activity of soil. Moscow, 1976. 180 p.
7. Chasiav F.X. Sistem-ecological analysis of fermentation activity of soil. Moscow. 1982. pp. 36–37, 62–73.

Рецензенты:

Безуглова О.С., д.б.н., профессор кафедры почвоведения и оценки земельных ресурсов Южного федерального университета, г. Ростов-на-Дону;

Миранский В.А., д.с.-х.н., профессор кафедры зоологии Южного федерального университета, г. Ростов-на-Дону.

Работа поступила в редакцию 25.06.2012.