УДК 631.8

А.Н. Бондаренко

РЕЗУЛЬТАТЫ ПРИМЕНЕНИЯ АЗОТФИКСИРУЮЩИХ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИХ ПРЕПАРАТОВ КАК ФАКТОР СНИЖЕНИЯ УРОВНЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ЗЕРНЕ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ

Ключевые слова: микробиологические препараты; яровая пшеница; тяжелые металлы; почвы; концентрация; спектральный анализ.

Введение. Одним из возможных путей снижения содержания тяжелых металлов в сельскохозяйственной продукции может быть обработка регуляторами роста. Большинство современных регуляторов имеют растительное природное происхождение; их применение в малых концентрациях способно инициировать в растениях существенные изменения жизнедеятельности [2, 7, 8, 10]. Экологически безопасными могут быть технологии возделывания сельскохозяйственных культур, которые не приводят к эрозии почвы, снижению ее плодородия, загрязнению нежелательными элементами и обеспечивают получение продукции с содержанием радионуклидов, тяжелых металлов и пестицидов, не превышающим предельно допустимое [5].

Нормирование содержания тяжелых металлов в почве и растениях является чрезвычайно сложным из-за невозможности полного учета всех факторов природной среды [1]. Так, изменения только агрохимических свойств почвы (рН содержание гумуса, степень насыщенности оснований, гранулометрический состав) может в несколько раз уменьшить или увеличить содержание тяжелых металлов в растениях. Подвижность тяжелых металлов существенно зависит от типа почвы, содержания органического вещества, кислотности, плотности почвы и других факторов [4].

Среди тяжелых металлов одно из первых мест по токсичности занимает свинец [3, 11]. Кадмий относится к числу наиболее фитотоксичных загрязняющих веществ, обладающих высокой способностью аккумулироваться в биологических объектах и проявляющих сходство с физиологическими важными органическими соединениями в растительном организме. Соединения кадмия очень ядовиты [6, 9]. Урожайность сельскохозяйственной культуры зависит от условий выращивания, одними из которых являются регулируемыми, другие определяются особенностями данной природно-климатической зоны. Научно обоснованное внесение микроудобрений под сельскохозяйственные культуры требует строгого учета биологических особенностей и свойств этих культур, а также содержания микроэлементов в почве.

Цели исследования. В связи с высокой угрозой влияния степени накопления тяжелых металлов на растения была поставлена цель доказать снижение токсичности почв и растений и сравнение с ПДК при использовании азотфиксирующих микробиологических препаратов предпосевной инокуляции семян, такими как флавобактерин, мизорин, ризоагрин.

Материалы и методы исследований. Опыт был заложен на орошаемом участке в условиях

светло-каштановой солонцеватой и бурой полупустынной почв в трехкратной повторности. Площадь опыта под яровой пшеницей составила 30 м², площадь 1 учетной делянки, где оценивалось действие азотфиксирующего микробиологического препарата, – 6 м². Материалами исследований явились азотфиксирующие микробиологические препараты: флавобактерин, мизорин, ризоагрин. Норма расхода азотфиксирующих микробиологических препаратов 600 г/га. Для более полной эффективности инокуляции семян была внесена стартовая доза аммиачной селитры – 45 кг/га действующего вещества. Метод измерений массовой концентрации Cd, Pb, Cu, Zn, Fe, Co, Ni, Mn, Cr проводился с использованием атомно-абсорбционного спектрометра МГА-915, МГА-915М, МГА-915 МД в лаборатории инженерно-технического центра отдела по охране окружающей среды (ООО «Газпром добыча Астрахань»).

ПДК_{кормов} взяты из Гигиенических нормативов ГН 2.1.7.2041-06 (инв. № 2.2.2.25). ОДК взяты из Гигиенических нормативов ГН 2.1.7.2511-09 (инв. № 2.2.2.26). Нижний предел обнаружения элемента выбран по методике М 03-07-2009.

Результаты исследований и их обсуждение. Почва опытного участка № 1 светло-каштановая солонцеватая, среднесуглинистая с маломощным гумусовым горизонтом (0,2–0,25 м) и низким содержанием гумуса 0,92–1,05 % в пахотном слое. Плотность почвы для расчетных слоев почвогрунта 0,7 м составляет 1,36 т/м³, наименьшая влагоемкость – 28–30 % массы сухой почвы.

Почва опытного участка № 2 бурая полупустынная, по механическому составу в основном легкая (супесь). Почвы также имеют малую (10–15 см) мощность гумусового горизонта, содержание гумуса – 1–1,3 % и емкость катионного обмена – 15–20 мг-экв.

Результаты проведенных исследований показали, что содержание тяжелых металлов в зерне яровой пшенице Саратовская 70 не превышало ПДК. Анализ изменения содержания тяжелых металлов под воздействием азотфиксирующих микробиологических препаратов показал, что они могут существенно влиять на концентрацию вредных веществ в зерне яровой пшенице. Так, в условиях светло-каштановой солонцеватой почвы по концентрации микроэлемента Pb содержание на контрольном варианте составило по результатам анализа $1,5 \pm 2,234$ мг/кг, на вариантах, где проводилась предпосевная инокуляция семян, содержание данного микроэлемента варьировало от 1,76 до 5,47 мг/кг; это не превышало ПДК_{кормов}. Минимальное значение отмечено на варианте В4 (ризоагрин) – $1,76 \pm 0,374$ мг/кг.

Следует отметить, что содержание Fe и Mn в образцах зерна яровой пшеницы хотя и было ниже ПДК_{кормов} и нижнего предела обнаружения, но превосходило значение всех элементов определения в исследовании (рисунок 1). На варианте В2 с предпосевной обработкой семян препаратом флавобактерин содержание тяжелых металлов мг/кг, сухого вещества было минимальным относительно других изучаемых препаратов в опыте: Zn $6,37 \pm 1,355$ мг/кг; Fe $21,2 \pm 4,511$ мг/кг; Co $0,11 \pm 0,023$ мг/кг; Ni $0,92 \pm 0,196$ мг/кг; Mn $21,2 \pm 4,511$ мг/кг; Cr $0,46 \pm 0,098$

мг/кг. Ряд по убыванию микроэлементов в случае со светло-каштановой солонцевой почвой выглядит следующим образом: Mn > Fe > Zn > Pb > Cu > Cr > Ni > Ca > Co. Анализируя полученные результаты исследований оценки содержания тяжелых металлов в образцах зерна яровой пшеницы Саратовская 70 в условиях бурой полупустынной почвы, необходимо отметить аналогичную тенденцию. Содержание тяжелых металлов, мг/кг сухого вещества в зерне не превышало ПДК_{кормов} и также было ниже нижнего предела обнаружения (рисунок 2).

Рисунок 1
Результаты спектрального анализа образцов зерна яровой пшеницы Саратовская 70 на содержание тяжелых металлов, (мг/кг) в условиях светло-каштановой солонцеватой почвы

Рисунок 2
Результаты спектрального анализа образцов зерна яровой пшеницы Саратовская 70 на содержание тяжелых металлов, (мг/кг) в условиях бурой полупустынной почвы

Максимальные показатели содержания тяжелых металлов в зерне яровой пшеницы Cd – 0,12 мг/кг; Fe – 38,6 мг/кг; Ni – 1,46 мг/кг; Mn – 38,6 мг/кг; Cr – 2,23 мг/кг в среднем за период проведенных исследований получены на варианте с предпосевной инокуляцией семян препаратом мизорин. Ряд по убыванию микроэлементов на бурой полупустынной почве выглядит следующим образом: Fe > Mn > Zn > Pb > Cu > Ni > Cr > Ca > Co.

Выводы. Полученные данные свидетельствуют об эффективности применения азотфиксирующих микробиологических препаратов при возделывании яровой пшеницы Саратовская 70 в условиях светло-каштановой солонцевой и бурой полупустынной почв Астраханской области. Результаты исследований доказывают, что стартовая доза аммиачной селитры 45 кг/га действующего вещества совместно со

штаммами флавобактерин, мизорин и ризоагрин не превышает показания ПДК_{кормов}, это в свою очередь не сказывается отрицательно на выращенной продукции.

Многочисленными исследованиями установлена положительная роль микробиологических препаратов в продуктивности, росте и развитии сельскохозяйственных культур. Использование препаратов флавобактерин и ризоагрин в наших исследованиях привело к существенному снижению концентрации микроэлементов в выращенной продукции. Анализ изменения концентрации тяжелых металлов под воздействием азотфиксирующих микробиологических препаратов показал, что они могут оказывать существенное влияние на концентрацию вредных веществ в зерне и препятствуют выносу тяжелых металлов из почвы.

Библиографический список

1. Аминев, И.Н. Влияние биологических препаратов на содержание тяжелых металлов в клубнях картофеля в условиях южной лесостепи Республики Башкортостан [Текст] / И.Н. Аминев, М.М. Хайбуллин // Вестник Оренбургского государственного университета. 2011. № 12 (131). С. 369–371.
2. Болотова, О.И. Агроэкологическое обоснование применения росторегулирующих веществ при выращивании овощных культур в условиях Саратовской области [Текст]: автореф. канд. дис. ... к. с.-х. н. / О.И. Болотова. Саратов, 2010. 22 с.
3. Кузнецова, Е.А. Содержание тяжелых металлов в зерне озимой пшеницы разных сортов [Текст] / Е.А. Кузнецова, Ю.И. Алехина, А.А. Щербакова // Зерновое хозяйство. 2008. № 3. С. 10–12.
4. Куликова, А.Х. Содержание тяжелых металлов в почве в зависимости от способов ее основной обработки [Текст] / А.Х. Куликова, М.И. Ходько, Н.Г. Захаров // Вестник УГСХА. 2001. № 5. С. 22–30.
5. Матвеев, Н.М. Экологические основы аккумуляции тяжелых металлов сельскохозяйственными растениями в лесостепном и степном Поволжье [Текст] / Н.М. Матвеев, В.А. Павловский, Н.В. Прохорова. Самара: Самарский госуниверситет, 1997. С. 90–95.
6. Провалова, Е.В. Влияние мелована и пиратона на формирование элементов структуры урожайности озимой пшеницы и инновация сегодня: образование, наука, производство [Текст] / Е.В. Провалова. Ульяновск, 2009. С. 139–141.
7. Сюбаева, А.О. Эффективность биологического удобрения азобактерин-АФ на столовой свекле [Текст] / А.О. Сюбаева, В.И. Титова // Достижения науки и техники АПК. 2015. № 1. С. 36–38.
8. Титов, В.Н. Регуляторы роста растений как биологический фактор снижения уровня тяжелых металлов в растениях [Текст] / В.Н. Титов, Д.Г. Смыслов, Г.А. Дмитриева, О.И. Болотова // Вестник ОрелГАУ. 2012. № 4 (31). С. 4–6.
9. Фатхутдинова, Р.А. Влияние Гуми М на урожайность пшеницы к токсичному действию кадмия [Текст] / Р.А. Фатхутдинова, М.В. Безруков, А.Р. Лубянова, Ф.М. Шакирова // Агрохимический вестник. 2008. № 3. С. 33–35.
10. Чурсина, Е.В. Действие цинка, кадмия и свинца на продуктивность различных сортов яровой пшеницы в зависимости от уровня азотного питания при применении регулятора роста [Текст]: автореф. канд. дис. ... к. с.-х. н. / Е.В. Чурсина. Москва, 2012. 28 с.
11. Щербаков, В.Г. Биохимия [Текст] / В.Г. Щербаков, В.Г. Лобанов, Т.Н. Прудникова, А.Д. Минакова. М.: ГИОРД, 2005. С. 228–236.

Сведения об авторе

Бондаренко Анастасия Николаевна, кандидат географических наук, заведующая лабораторией адаптивной селекции ФГБНУ «ПНИИАЗ». 416251, Астраханская область, Черноярский район, с. Соленое Займище, ул. Козлова, д. 105. Телефон: 8 (8249) 25-4-65. E-mail: bondarenko-a.n@mail.ru.

Результатами проведенных исследований доказана эффективность предпосевной инокуляции азотфиксирующими микробиологическими препаратами семян яровой пшеницы, что нашло свое отражение в анализе содержания тяжелых металлов.

Проведенные исследования доказывают, что применение штаммов флавобактерин, мизорин, ризоагрин, а также стартовой дозы аммиачной селитры не приводит к превышению ПДК_{кормов}.

A. Bondarenko

RESULTS OF NITROGEN-FIXING MICROBIOLOGIC AGENTS USAGE AS A FACTOR REDUCING THE RATE OF HEAVY METALS IN SPRING WHEAT

Key words: *microbiologic agents; spring wheat; heavy metals; soils; concentration; spectral analysis.*

Authors' personal details

Bondarenko Anastasia, Candidate of Geographical Sciences, Head of the Adaptive Selection laboratory. Federal State Budgetary Scientific Institution Near-Caspian Scientific Research Institute of Arid Agriculture. 416251, Astrakhan region, Chernoyarsk district, Solenoe Zaymishche settlement, Kozlov St., 105. Phone: 8 (8249) 25-4-65. E-mail: bondarenko-a.n@mail.ru.

The results of the conducted studies proved effectiveness of pre-sowing nitrogen-fixing microbiologic agent inoculation of spring wheat seeds that is presented in the analysis of heavy metals content. The given re-

search claims that using such strains as Flavobacterium, Mizorin, Risogrin as well as the starting dose of ammonium nitrate don't result in higher fodder MPC.

© Бондаренко А.Н.