

Оптимизация биологической активности чернозёма южного в ризосфере озимой пшеницы при стрессовом воздействии тяжёлых металлов

Л.А. Чайковская, д.с.-х.н., М.И. Баранская, к.с.-х.н., О.Л. Овсиенко, н.с., ФГБУН НИИСХ Крыма, В.В. Ключенко, к.с.-х.н., Агропромышленный колледж ФГАОУ ВО Крымский ФУ

Увеличение антропогенной нагрузки на окружающую среду (ОС) оказывает всё более негативное влияние на биологические объекты. Одними из наиболее распространённых загрязнителей являются тяжёлые металлы (ТМ), которые наносят значительный вред различным компонентам ОС, в том числе и почве. Включаясь в трофические цепи, ТМ могут значительно изменять интенсивность метаболических процессов в растениях, что снижает их продуктивность и качество урожая. В загрязнённых ТМ почвах нарушается интенсивность микробиологических процессов, снижается количество полезных микроорганизмов, что также негативно влияет на культурные растения [1].

В то же время известно, что симбиотрофные микроорганизмы выступают посредниками между почвенными условиями и растениями, они могут значительно повысить устойчивость макросимбионта к стрессу [2, 3]. Применение биопрепаратов на основе полезных штаммов микроорганизмов является одним из аспектов биологизации современного земледелия [4–6]. Биопрепараты не только улучшают питание и повышают продуктивность сельскохозяйственных культур, но и позволяют получить экологически чистую продукцию. Учитывая изложенное, цель нашего исследования состояла в изучении влияния предпосевной инокуляции семян на показатели биологической активности почвы: динамику численности эколого-трофических групп

микроорганизмов и ферментативную активность (на примере каталазы) в ризосфере пшеницы озимой при воздействии ТМ в условиях полевых опытов.

Материал и методы исследования. Полевые эксперименты проведены на опытном поле Крымского агропромышленного колледжа (Симферопольский р-н), почва участка – чернозём южный карбонатный. Агрохимическая характеристика почвы: содержание гумуса – 2,5%; подвижных форм азота и фосфора – 5,3 и 2,6 мг/100 г почвы соответственно; рН водной вытяжки – 7,0–7,2. Площадь посевной делянки – 10 м², учётной – 5 м², размещение рендомизированное; повторность опытов 4-кратная.

Соли ТМ (Сг, Сu, Рb) вносили в почву ранней весной в виде водных растворов из расчёта 5, 10 и 20 ПДК, в контрольном варианте – ТМ не вносили. Отбор образцов почвы для анализов проводили в слое 0–30 см по фазам развития озимой пшеницы: весеннее кущение, выход в трубку, молочно-восковая спелость зерна. Численность микроорганизмов определяли путём высева почвенных суспензий на питательные среды по общепринятым методикам [7, 8]. Активность каталазы в почвенных образцах определяли газометрическим методом [8]. Для предпосевной бактеризации семян использовали препарат Фосфоэнтерин [9]. Статистическая обработка полученных результатов проведена по общеизвестной методике [10].

Результаты исследования. Рассмотрим данные по влиянию бактеризации на динамику численности важных с агрономических позиций сообществ бактерий (участвующих в трансформации азотных и фосфорных соединений) в ризосфере пшеницы

озимой при загрязнении почвы ТМ. Установлено, что на фоне высоких доз ТМ (20 ПДК) численность бактерий, трансформирующих труднорастворимые фосфаты, уменьшается в фазы кушения и выхода в трубку в 2–3,5 раза против контроля. В фазу молочно-восковой спелости зерна пшеницы количество колониеобразующих единиц (КОЕ) бактерий, растворяющих минеральные фосфаты, возрастает и на всех уровнях загрязнения почвы ТМ достигает контроля (рис. 1). Однако сообщество бактерий, трансформирующих органические фосфаты, находится в угнетённом состоянии – при 20 и 10 ПДК ТМ их численность составляет 5,5 и 6,8 млн КОЕ/г сухой почвы соответственно против 8,2 млн в контроле (рис. 2).

Анализ полученных результатов свидетельствует о положительном влиянии бактериализации на численность фосфатмобилизующих бактерий в ризосфере пшеницы в наблюдаемые фазы развития растений – она увеличивается по сравнению с контролем на фоновых участках и при загрязнении почвы ТМ.

Выявлено, что на фоне 5 и 10 ПДК ТМ в ризосфере бактериализованных растений количество бактерий, трансформирующих труднорастворимые фосфаты, превышает контроль в течение весенне-летней вегетации. Лучшие показатели отмечены в фазу молочно-восковой спелости зерна: при 20 ПДК ТМ количество бактерий, трансформирующих органические фосфаты, достигает контроля, а численность бактерий, растворяющих минеральные фосфаты, превышает его и составляет 6,3 млн КОЕ/г сухой почвы против 4,9 млн КОЕ в контроле.

Отмечено также негативное воздействие ТМ на сообщество бактерий, утилизирующих соединения азота: их количество в ризосфере пшеницы при 20 ПДК ТМ снижается в 2,5–3 раза против контроля в фазы кушения и выхода в трубку и в 1,5 раза – в фазу молочно-восковой спелости зерна. Установлено, что сообщество бактерий, утилизи-

рующих преимущественно минеральные формы азота, подвержено негативному воздействию ТМ в большей мере: их количество в почве с высоким уровнем загрязнения (10 и 20 ПДК) снижается по сравнению с контролем в фазы кушения и выхода в трубку растений в 3 и 2–2,5 раза соответственно (рис. 3).

Бактеризация улучшает жизнедеятельность бактерий, участвующих в трансформации азотных соединений, в ризосфере пшеницы на фоновых участках (без ТМ): в ранние фазы вегетации численность аммонификаторов и бактерий, утилизирующих минеральные соединения азота, увеличивается по сравнению с контролем в 1,5–2 раза и на 20–35% соответственно. Положительное воздействие Фосфоэнтерина на развитие этих сообществ бактерий в чернозёме южном отмечено и при загрязнении почвы ТМ, а численность КОЕ аммонифицирующих бактерий в ризосфере бактериализованных растений превышала показатели контроля в течение весенне-летней вегетации растений при загрязнении почвы из расчёта 5 и 10 ПДК ТМ (рис. 4). Однако необходимо отметить, что при 20 ПДК ТМ численность бактерий этих сообществ в ризосфере приближается к значениям контроля только в фазу молочно-восковой спелости зерна пшеницы.

Таким образом, полученные результаты свидетельствуют о положительном влиянии Фосфоэнтерина на динамику численности бактерий, трансформирующих соединения фосфора и азота в ризосфере озимой пшеницы при загрязнении почвы ТМ в условиях полевого эксперимента. Бактеризация способствует увеличению их количества в течение весенне-летней вегетации растений даже при загрязнении почвы на уровне 20 ПДК ТМ.

Анализ полученных результатов свидетельствует о негативном воздействии ТМ на ферментативные процессы, протекающие в почве: отмечено снижение показателей каталазной активности в ризосфере

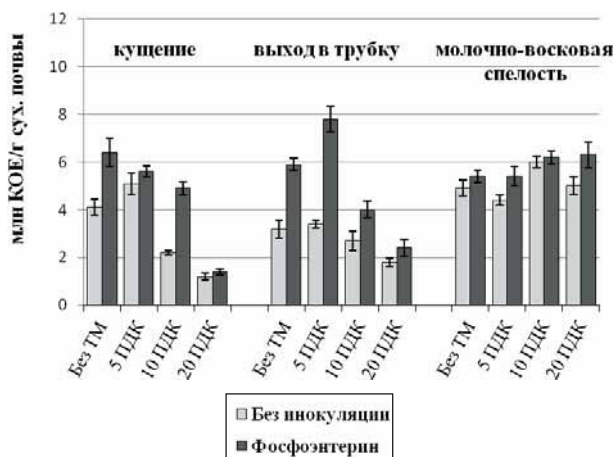


Рис. 1 – Динамика численности бактерий, растворяющих минеральные труднорастворимые фосфаты, в ризосфере озимой пшеницы (среднее за 3 года)

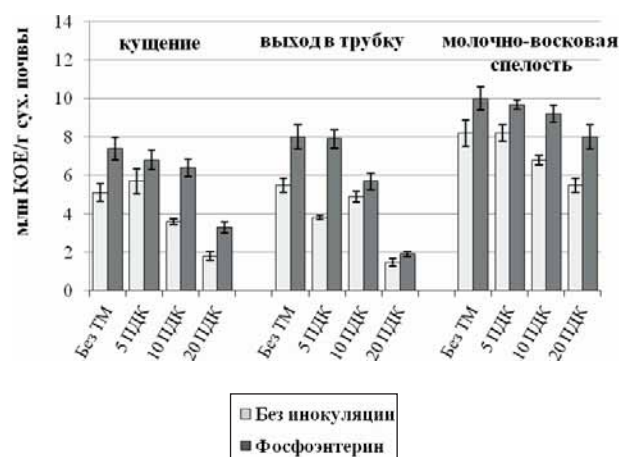


Рис. 2 – Динамика численности бактерий, трансформирующих органические труднорастворимые фосфаты, в ризосфере озимой пшеницы (среднее за 3 года)

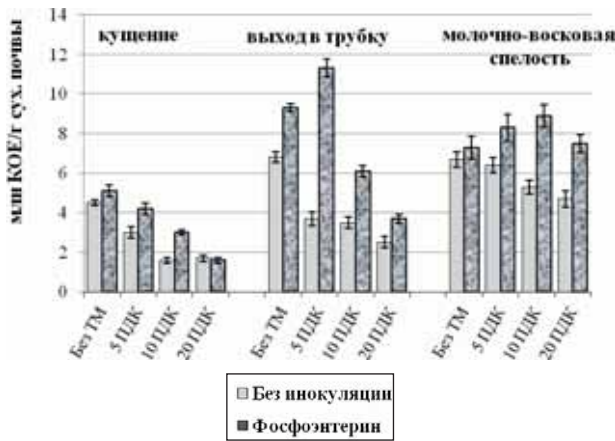


Рис. 3 – Динамика численности бактерий, утилизирующих минеральные соединения азота, в ризосфере озимой пшеницы (среднее за 3 года)

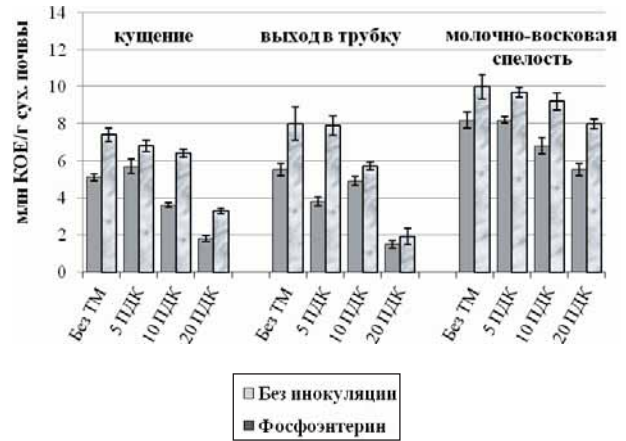


Рис. 4 – Динамика численности аммонифицирующих бактерий в ризосфере озимой пшеницы (среднее за 3 года)

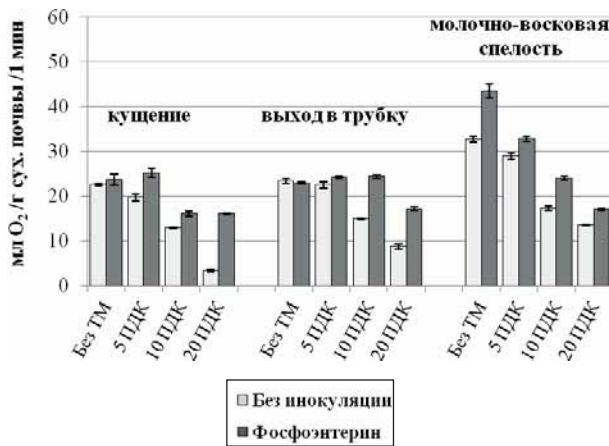


Рис. 5 – Динамика активности термолabile каталазы в ризосфере озимой пшеницы, мл O₂/г сухой почвы / 1 мин (среднее за 3 года)

на всех уровнях загрязнения в течение весенне-летней вегетации озимой пшеницы (рис. 5). Так, при внесении в почву высоких доз ТМ (из расчёта 10 и 20 ПДК) отмечено снижение показателей каталазной активности в ризосфере: в 1,7–6 раз против контроля в фазу весеннего кушения растений и в 1,5–2,5 раза – в фазы выхода в трубку и молочно-восковой спелости зерна пшеницы.

Необходимо отметить, что инокуляция способствует повышению активности термолabile каталазы в ризосфере как при загрязнении почвы ТМ, так и на делянках без их внесения. Наибольшее увеличение показателей каталазной активности в ризосфере бактеризованных растений по сравнению с контролем отмечено в фазу весеннего кушения (незагрязнённые делянки и ТМ из расчёта 5 ПДК): до 24 и 25 мл O₂/г почвы / 1 мин соответственно против 22 и 20 мл O₂/г почвы / 1 мин в контроле. Активность каталазы в ризосфере бактеризованных растений возрастает даже при внесении в почву ТМ из расчёта 20 ПДК: почти в 4,5 раза против контроля (16 мл O₂/г

почвы / 1 мин против 3,4 мл). Наиболее высокие показатели активности термолabile каталазы в ризосфере контрольных и бактеризованных растений отмечены в фазу молочно-восковой спелости зерна пшеницы. Однако необходимо отметить, что только в фазы выхода в трубку и молочно-восковой спелости зерна (при загрязнении почвы из расчёта 5 и 10 ПДК ТМ) в ризосфере бактеризованных растений наблюдается полное восстановление показателей активности термолabile каталазы.

Таким образом, результаты трёхлетних опытов свидетельствуют о том, что применение Фосфоэнтерина для предпосевной инокуляции семян озимой пшеницы способствует оптимизации биологической активности в ризосфере бактеризованных растений при загрязнении чернозёма южного ТМ (Сг, Сu, Рb).

Наше исследование подтвердило положительное влияние предпосевной инокуляции на зерновую продуктивность озимой пшеницы. Установлено, что урожайность бактеризованных растений на участках с различными уровнями загрязнения почвы ТМ увеличилась на 0, 84–1,16 т/га (30–50%) по сравнению с контролем. Наибольшая продуктивность озимой пшеницы получена на участках, не загрязнённых ТМ, однако прибавка за счёт инокуляции составляла 0,25 т/га (6,8% против контроля).

Выводы. Загрязнение почвы тяжёлыми металлами (Сг, Сu, Рb) негативно влияет на показатели биологической активности в ризосфере озимой пшеницы: снижает численность бактерий, трансформирующих соединения фосфора и азота, а также угнетает ферментативную активность (термолabile каталазу). Предпосевная инокуляция (Фосфоэнтерин) семян пшеницы способствует восстановлению численности бактерий и оптимизации показателей активности термолabile каталазы в ризосфере в течение весенне-летней вегетации растений.

Литература

1. Иутинская Г.А., Коппа Ю.В., Степашко В.С. Моделирование динамики численности микроорганизмов в почве, загрязнённой тяжёлыми металлами // Микробиологический журнал. 2002. Т. 64. № 3. С. 59–67.
2. Белимов А.А., Кунакова А.М., Сафронова В.И. Использование ассоциативных бактерий для инокуляции ячменя в условиях загрязнения почвы свинцом и кадмием // Микробиология. 2004. № 3. С. 10–15.
3. Белимов А.А., Тихонович И.А. Микробиологические аспекты устойчивости и аккумуляции тяжёлых металлов у растений // Сельскохозяйственная биология. 2011. № 3. С. 17–22.
4. Завалин А.А., Алметов Н.С. Применение биопрепаратов и биологический азот в земледелии Нечерноземья. М.: Издательство ВНИИА, 2009. 152 с.
5. Чеботарь В.К., Завалин А.А., Кипрушкина Е.И. Эффективность применения биопрепарата Экстрасол. М.: Издательство ВНИИА, 2007. 216 с.
6. Тихонович И.А., Проворов Н.А. Сельскохозяйственная микробиология как основа экологически устойчивого агропроизводства: фундаментальные и прикладные аспекты // Сельскохозяйственная биология. 2011. № 3. С. 3–9.
7. Теппер Е.З., Шильникова В.К., Переверзева Г.И. Практикум по микробиологии. М.: Дрофа, 2005. 256 с.
8. Методы почвенной микробиологии и биохимии / Под ред. Д.Г. Звягинцева. М.: Изд-во МГУ. 1991. 304 с.
9. Удобривальний біопрепарат «ФОСФОЕНТЕРИН» на основі штаму фосфатмобілізуєчих бактерій *Enterobacter nimipressuralis* 32-3 / Чайковська Л.А., Мельничук Т.М., Пархоменко Т.Ю., Татарин Л.М., Грітчина Л.Ю., Каменєва І.О. / Деклараційний патент України на корисну модель, № заявки у 2005 07621, рішення від 10.11.05. Бюл. 2006. № 2. 8 с.
10. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат, 1985. 352 с.