

ДЕЙСТВИЕ АССОЦИАТИВНЫХ ДИАЗОТРОФОВ НА МИКРОБИОЛОГИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ ПОЧВЫ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ЗЕРНОВЫХ И ЗЕРНОБОБОВЫХ КУЛЬТУР

Н. А. Поползухина², П. В. Поползухин¹, О. Ф. Хамова¹

¹Омский аграрный научный центр, г. Омск, Россия
popolzukhin@anc55.ru

²Омский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина, г. Омск, Россия
popolzuxinana@mail.ru

АННОТАЦИЯ. На основании многолетних исследований было установлено, что использование предпосевной инокуляции семян зерновых и зернобобовых культур биопрепаратами оказывает положительное воздействие на микробиологическую активность почвы в ризосфере культур, увеличивая их численность, соотношение отдельных групп, направленность процессов, способствуя в то же время повышению урожайности. Установлено, что действие препаратов характеризуется сортовой специфичностью, зависит от складывающихся гидротермических условий, питательного режима почв, определяется эффективностью действия конкретного препарата и штамма.

Ключевые слова: яровая мягкая пшеница, ячмень, овес, соя, сорт, биопрепараты, микробоценоз.

Актуальность. Диазотрофная бактериализация, направленная на усиление ассоциативной азотфиксации путем использования биологических препаратов, находит в последнее время все большее применение. Положительное влияние инокуляции на растение обусловлено не только улучшением азотного питания при внедрении в их ризосферу ассоциативных ди-азотрофов, но и увеличением количества необходимых для растения витаминов, ферментов, ростовых веществ, являющихся продуктами жизнедеятельности микроорганизмов [1, 2].

Для решения прикладных задач ассоциативной азотфиксации необходимо всесторонне изучить условия, при которых внесенный штамм способен вступать в тесное взаимодействие с растениями, достигать доминирующего положения в ризосфере культуры и проявлять положительное действие на адаптивные свойства растений.

Исследования по изучению влияния предпосевной инокуляции семян биопрепаратами комплексного действия на биологическую активность почвы, а также на рост и развитие зерновых (яровой мягкой пшеницы, ярового овса и ячменя) и зернобобовых культур (гороха и сои) проводятся в Омском ГАУ совместно с СибНИИСХ с 2011 г. [4–9].

Цель представляемых исследований заключалась в оценке влияния инокуляции семян ассоциативными диазотрофами на численность микроорганизмов в ризосфере различных сортов яровой мягкой пшеницы, ярового ячменя и овса, сои в агроэкологических условиях южной лесостепи Западной Сибири.

Условия, объекты и методы исследования. Полевые опыты проводились на опытных полях отдела семеноводства ФГБНУ «Омский АНЦ» (бывший СибНИИСХ) в 2011–2021 гг. В качестве объекта исследований были использованы 9 сортообразцов яровой мягкой пшеницы селекции ФГНУ «Омский аграрный научный центр» 3-х групп спелости: среднеранней (Памяти Азиева, Катюша, Омская юбилейная (Г 2755/04), среднеспелой (Дуэт, Светланка, Мелодия), среднепоздней (Омская 35, Серебристая, Волошина (Г 540/05); 6 сортов овса посевного двух групп: пленчатые (Орион, Мутика 4021, Иртыш 23) и голозерные (Сибирский голозерный, Прогресс, ТР 12–115); 6 сортов ярового ячменя – зернофуражного направления Омский 95 и Саша (пленчатые), Омский голозерный 1 и Омский голозерный 2 (голозерные); пивоваренного направления – Омский 90 и Омский 91; 2 сорта сои – Сибириада и Черемшанка. Площадь делянки составляла 3 м², повторность опыта 5-кратная – для зерно-

вых; 10 кв.м в 4-х кратной повторности – для сои. Сроки посева – оптимальные, с учетом метеорологических условий (23–25 мая). Гидротермические условия периода вегетации культур в годы исследований отличались контрастностью.

Для обработки семян применяли биопрепараты Ризоагрин (пшеница, ячмень и овес), Азоризин (ячмень и овес), Ризоторфин (штаммы ВР 835 и ВР 610 (соя), полученные из ФГБНУ ВНИИСХМ (Санкт-Петербург). Использовали как отдельную, так и совместную инокуляцию препаратами.

Полевой опыт закладывали на лугово-черноземной среднесиловой среднегумусовой тяжелосуглинистой почве. Агротехника в опыте соответствовала рекомендуемой для зоны южной лесостепи Западной Сибири. Уборку урожая проводили прямым комбайнированием в фазу полной спелости комбайном Неже-125. Отбор почвенных проб производился по основным фазам развития растений. Численность почвенных микроорганизмов определяли в лаборатории микробиологии ФГБНУ «Омский АНЦ» (СибНИИСХ) путем посева на твердые питательные среды: мясо-пептонный агар (МПА) для бактерий, утилизирующих органические соединения азота; крахмало-аммиачный агар (КАА) для потребляющих аммиачный азот микроорганизмов; олигонитрофилы определяли на среде Мишустинской; водный выщелоченный агар с добавлением двойной аммонийно-магниевой соли фосфорной кислоты использовали для нитрификаторов; подкисленную среду Чапека – для грибов [10].

Статистическую обработку экспериментальных данных проводили методом дисперсионного анализа по Б. А. Доспехову [11].

Обсуждение результатов. Как показали исследования на яровой мягкой пшенице, численность нитрификаторов и олигонитрофилов в большей степени определялась действием абиотических факторов, инокуляция Ризоагрином способствовала увеличению общей численности микроорганизмов, в то же время количество бактерий на МПА и микроорганизмов на КАА в большей степени зависело от генотипических особенностей сортов. Было выявлено, что наибольшую долю микробного населения составляли олигонитрофилы,

бактерии на МПА и микроорганизмы на КАА. Кроме того, было установлено, что в ризосфере пшеницы преобладали минерализационные процессы, интенсивность которых увеличивалась к фазе налива зерна. Инокуляция биопрепаратом способствовала активизации этого процесса, к моменту созревания зерна этот эффект сглаживался. Наиболее интенсивно процесс минерализации проходил в ризосфере сортов Памяти Азиева и Омская 35. Интенсивность иммобилизационных процессов снижалась к фазе налива зерна, преимущества инокуляции отмечались лишь в эту фазу развития растений. Наибольшая интенсивность иммобилизационных процессов была характерна для ризосферы сорта Памяти Азиева. Отмечено, что к уборке урожая происходит накопление в почве подвижных элементов питания для растений – N-NO₃ до 10 мг/кг; P₂O₅ до 197 мг/кг; K₂O до 366,7 мг/кг.

Исследования по оценке действия предпосевной инокуляции семян различных сортов овса препаратами Ризоагрин и Азоризин выявили положительное влияние агроприема на увеличение как общего количества микроорганизмов, так и численности отдельных групп. У сорта Орион отмечалась тенденция повышения общего количества микроорганизмов при обработке Ризоагрином на 16,5 млн. КОЕ/г (9%) к контролю и на 16,7 млн. КОЕ/г (10%) в сравнении с контролем при бактериализации семян Азоризином. Похожая тенденция прослеживалась и по отдельным группам микроорганизмов: бактерий, растущих на МПА – на 6,8 млн. КОЕ/г (21%) при обработке семян Ризоагрином; микроорганизмов, растущих на КАА – на 3,8 млн. КОЕ/г (12%) и на 6,1 млн. КОЕ/г (19%) при инокуляции Ризоагрином и Азоризином соответственно; а также олигонитрофилов – на 5,9 млн. КОЕ/г (5%) и на 11,3 млн. КОЕ/г (10%) соответственно. Отрицательной на обработку семян биопрепаратами была реакция голозерного сорта овса Омский голозерный 1 по количеству большинства групп микроорганизмов. Была выявлена зависимость урожайности овса посевного от численности отдельных групп микроорганизмов, растущих на КАА ($r=0,80\pm0,30$), закрепляющих азот в минеральной форме и нитрификаторов ($r=0,69\pm0,36$), обеспечивающих по-

ступление доступного растениям азота. В то же время наблюдалась сильная отрицательная связь между урожайностью зерна овса и количеством микроскопических почвенных грибов ($r = -0,84 \pm 0,27$), среди которых много патогенных видов, негативно влияющих на рост и развитие растений. На протяжении трех лет исследований прослеживалась положительная корреляционная связь от низкой до средней степени между урожайностью зерна и численностью общего количества микроорганизмов в ризосфере культуры ($r = 0,30 - 0,54$).

Исследования на яровом ячмене показали, что численность нитрификаторов и олигонитрофилов в ризосфере различных сортов в большей степени определялась действием метеорологических факторов, общая численность микроорганизмов – инокуляцией биопрепаратами, а количество бактерий на МПА и микроорганизмов на КАА определялось преимущественно генотипическими особенностями сортов. Трехфакторный анализ общей численности микроорганизмов выявил определяющую долю вклада генотипа – 69,63%, вклад взаимодействия факторов «сорт x препараты» составил 18,28%, используемых препаратов – 10,83%. Доля влияния других факторов была незначительной – от 0,01 до 0,43%. Выявлено, что высокий коэффициент минерализации был в ризосфере пленчатых сортов – Омский 90 и Омский 95, низкий – у голозерного ячменя. Наибольший коэффициент иммобилизации (МПА/КАА) минерального азота и его перево-

да в азотсодержащие органические соединения (Пм) был отмечен, напротив, для голозерного ячменя. Применение биопрепаратов усиливало иммобилизационные процессы в ризосфере всех изучаемых сортов, но наиболее высоким коэффициент трансформации органического вещества был у голозерного ячменя – >100 ед.

В результате проведенных исследований на различных сортах сои было установлено, что применение биопрепарата Ризоторфин для обработки семян перед посевом оказало положительное влияние на численность микроорганизмов в ризосфере растений. Увеличилась численность аммонификаторов, олигонитрофилов, фосфатмобилизующих бактерий, а также общее количество микроорганизмов: в ризосфере сорта Черемшанка – на 17%, Сибирячка – 75%. Штамм ВР 835 показал большую эффективность.

Заключение. Таким образом, использование предпосевной инокуляции семян зерновых и зернобобовых культур биопрепаратами оказывает положительное воздействие на микробиологическую активность почвы в ризосфере культур, увеличивая их численность, соотношение отдельных групп, направленность процессов, способствуя в то же время повышению урожайности. Установлено, что действие препаратов характеризуется сортовой специфичностью, зависит от складывающихся гидротермических условий, питательного режима почв, определяется эффективностью действия конкретного препарата и штамма.

THE EFFECT OF ASSOCIATIVE DIAZOTROPHS ON THE MICROBIOLOGICAL ACTIVITY OF SOIL DURING THE CULTIVATION OF GRAIN AND LEGUMINOUS CROPS

N. A. Pololzukhina², P. V. Popolzukhin¹, O. F. Khamova¹

¹Omsk Agrarian Research Center, Omsk, Russia

popolzukhin@anc55.ru

²Omsk State Agrarian University named after P. A. Stolypin, Omsk, Russia

popolzuxinana@mail.ru

ABSTRACT. Based on many years of research, it was established that the use of pre-sowing inoculation of seeds of grain and leguminous crops with biological products has a positive effect on the microbiological activity of the soil in the rhizosphere of crops, increasing their numbers, the ratio of individual groups, the direction of processes, while at the same time contributing to an increase in productivity. Determined that, the effect of the drugs is characterized by varietal specificity, depends on the prevailing hydrothermal conditions, the nutritional regime of the soil, and is determined by the effectiveness of the specific drug and strain.

Keywords: *spring soft wheat, barley, oats, soybean, variety, biological products, microbial cenosis*

Литература

- 1 Емцев В. Т. Об эффективности азотфиксирующего ассоциативного симбиоза у небобовых растений / В. Т. Емцев, М. И. Чумаков // Почвоведение. 1990. № 11. – С. 116–126.
- 2 Завалин А. А. Оценка эффективности микробных препаратов в земледелии / А. А. Завалин. М.: РАСХН, 2000. 82 с.
- 3 Леппянен И. В. Анализ эффектов совместной инокуляции грибами арбускулярной микоризы и ризобиями на рост и развитие растений гороха *Pisum sativum* L. / И. В. Леппянен, О. Ю. Штарк, О. А. Павлова, А. Д. Бовин, К. А. Иванова, Т. С. Серова, Е. А. Долгих // Сельскохозяйственная биология. 2021. Том 56(3). С. 475–486.
- 4 Аужанова А. Д. Микробиологическая активность лугово-черноземной почвы в зависимости от агроэкологических условий выращивания различных генотипов яровой мягкой пшеницы при инокуляции ассоциативными diaзотрофами / А. Д. Аужанова, Н. А. Поползухина, О. Ф. Хамова и др. // Омский научный вестник. 2014. № 2 (134). С. 235–239.
- 5 Biological products to improve the adaptability and productivity of grain and leguminous crops / Popolzuahina N. A., Seituarova A. D., Bojko A. A., Kiselev A. S., Kadermas I. G., Popolzuahin P. V. // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2020 International Science and Technology Conference on Earth Science, ISTCEarthScience 2020. IOP Publishing Ltd, 2021. С. 062022.
- 6 Оценка действия препаратов Ризоагрин и Азоризин на различные сорта овса посевного в южной лесостепи Западной Сибири. / Поползухина Н. А., Божко А. А., Хамова О. Ф., Поползухин П. В., Сейтуарова А. Д. Монография. Омск, 2022.
- 7 Эффективность diaзотрофной бактеризации на яровой мягкой пшенице / Сейтуарова А. Д., Поползухина Н. А., Хамова О. Ф., Поползухин П. В. Монография. Омск, 2019.
- 8 Божко А. А. Биологическая активность почвы ризосферы овса посевного (*Hordeum vulgare* L.) при инокуляции семян ассоциативными diaзотрофами / А. А. Божко, Н. А. Поползухина, О. Ф. Хамова и др. // Проблемы агрохимии и экологии. 2019. № 2. С. 60–64.
- 9 Стрелецкий А. М. Эффективность препаратов ассоциативных diaзотрофов при инокуляции семян различных сортов ячменя в условиях юга Западной Сибири / А. М. Стрелецкий, О. Ф. Хамова, Н. А. Поползухина и др. // Плодородие. 2018. № 4 (103). С. 49–52.
- 10 Теппер, Е. З. Практикум по микробиологии учебное пособие для вузов / Е. З. Теппер, В. К. Шильникова; под ред. В. К. Шильниковой // 5-е изд., перераб. и доп. М.: Дрофа, 2004. С. 256.
- 11 Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта / Б. А. Доспехов. М.: Колос, 1985. 308 с.