

Сельскохозяйственное направление

УДК 631.847.2:631.461:633.16

ГРНТИ 68.35.29

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ МИКРОБНЫХ БИОПРЕПАРАТОВ НА ЧИСЛЕННОСТЬ ЭКОЛОГО-ТРОФИЧЕСКИХ ГРУПП МИКРООРГАНИЗМОВ В ПОСЕВАХ ЯЧМЕНЯ И ОЗИМОЙ РЖИ

Дайнеко Николай Михайлович

к.б.н., доцент кафедры биологии

Тимофеев Сергей Федорович

к.с.- х.н., доцент кафедры биологии

Концевая Ирина Ильинична

к.б.н., доцент кафедры биологии

Гомельский государственный университет им. Ф.Скорины

Республика Беларусь, г.Гомель

Аннотация: Объектом исследования являлась биологическая активность агрономически полезных групп микроорганизмов при обработке микробными биопрепаратами «Ресойлер», «Полибакт», «Гордебак» посевов озимой ржи и ячменя. Исследование проводили в 2021-2022гг. на землях агрокомбината «Южный» Гомельского района. Сравнительный анализ численности микроорганизмов в посевах озимой ржи и ячменя в среднем за 2021-2022гг. показал, что у целлюлозоразрушающих, олигокарбофильных бактерий численность в 1,6 раза, у олигонитрофильных в 1,2 раза выше в посевах озимой ржи. Численность аммонифицирующих, фосфатмобилизирующих, усваивающих минеральный азот в посевах озимой ржи и ячменя изменялась в зависимости от фаз развития озимой ржи и ячменя. В основном, более высокая численность бактерий отмечалась в варианте «Гордебак» в посевах ячменя и озимой ржи.

Ключевые слова: микроорганизмы, численность, микробные биопрепараты, дерново-подзолистая легкосуглинистая почва.

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF MICROBIAL BIOLOGICAL PRODUCTS ON THE NUMBER OF ECOLOGICAL_TROPHIC GROUPS OF MICROORGANISMS IN CROPS OF BARLEY AND WINTER RYE

Daineko Nikolai Mikhailovich

Ph.D., Associate Professor, Department of Botany and Plant Physiology

Timofeev Sergey Fyodorovich

Ph.D., Associate Professor of the Department of Botany and Plant Physiology

Kontsevaya Irina Ilinichna

Ph.D., Associate Professor, Department of Botany and Plant Physiology

Gomel State University F. Skorina

Belarus, Gomel

Annotation: The object of the study was the biological activity of agronomically useful groups of microorganisms during the treatment of winter rye and barley crops with microbial biologics "Resoiler", "Polybact", "Gordebak". The study was carried out in 2021-2022 on the lands of the agro-combine "Yuzhny" of the Gomel region. A comparative analysis of the number of microorganisms in winter rye and barley crops on average for 2021-2022 showed that the number

of cellulose-destroying, oligocarbophilic bacteria is 1.6 times, in oligonitrophilic bacteria it is 1.2 times higher in winter rye crops.

The number of ammonifying, phosphatemobilizing, assimilating mineral nitrogen in winter rye and barley crops varied depending on the phases of development of winter rye and barley.

Basically, a higher number of bacteria was observed in the "Gordebak" variant in barley and winter rye crops.

Keywords: microorganisms, abundance, microbial biopreparations, sod-podzolic light loamy soil.

Введение. Важнейшими свойствами почвы, определяющими плодородие, являются параметры биологической активности. В общем случае биологическая активность почвы – совокупность биологических и биохимических процессов, протекающих в почве и связанных с жизнедеятельностью почвенной фауны, микрофлоры почвы и корней растений. Сохранение почвенного плодородия в условиях интенсивного земледелия является весьма актуальным, а изучение факторов, влияющих на него, является теоретически и практически необходимым. Почвенная микрофлора и микробиологические процессы играют особую роль в плодородии почвы [1].

Активизация микробно-растительного взаимодействия – мощный фактор продуктивного функционирования агрофитоценоза, используемый сегодня крайне неудовлетворительно. Накопленные знания о механизмах взаимодействия микробов и растений позволяют ставить вопрос о направленном конструировании фитомикробных систем и оптимизации их адаптационных свойств с целью обеспечения воспроизводства почвенного плодородия, высокой продуктивности растений, их устойчивости к неблагоприятным факторам и стрессам при минимальных ресурсо- и энергозатратах. Микробные препараты позволяют направленно регулировать состав и численность микробного комплекса на корнях в соответствии с потребностями и возможностями растений [2].

Применение микробных препаратов является одним из экологически безопасных и эффективных приемов при выращивании различных сельскохозяйственных культур. Бактеризация способствует повышению ростовых процессов растений, увеличивает их урожайность [3–5], а также повышает устойчивость к негативному влиянию тяжелых металлов [6].

Определение биологической активности и биогенности почв позволяет оценить уровни почвенного плодородия.

Целлюлозолитическая активность почвы – один из показателей биологической активности или способность почвенных микроорганизмов разлагать целлюлозу. Интенсивность разложения клетчатки зависит от обработки почвы, ее увлажнения, от количества доступных форм азота, удобрений и других показателей. Значительное количество микроорганизмов обладает способностью к растворению фосфора. К ним относятся бактерии, грибы, актиномицеты и даже водоросли. Эти микроорганизмы способны развиваться в различных условиях, но существенно различаются по способности к растворению минерального фосфата, которая зависит от типа почвы, его физико-химического состава, а также культуры, которая на ней будет произрастать. Концентрация железа, температура и источники углерода и азота в значительной степени влияют на фосфатмобилизирующие потенциалы этих микроорганизмов [7].

Организмы, участвующие в круговороте фосфора в почвах, очень разнообразны, и микроорганизмы, вероятно, играют самую важную роль. Способность к фосфатмобилизации и стимуляции роста корневой системы определяет положительное влияние внесения фосфатмобилизирующих бактерий на режим питания и урожайность сельскохозяйственных культур. Применение бактерий может способствовать устранению дефицита фосфора в критический период питания в начале вегетации растений.

Установлена взаимосвязь эффективности фосфатмобилизующих бактерий с содержанием подвижных форм фосфора в дерново-подзолистых рыхло- и связно супесчаных почвах [8].

Процессу аммонификации подвергаются азотсодержащие соединения с различной структурой – белки, аминокислоты, гликопептиды, нуклеиновые кислоты, амиды, алкалоиды, амины и др. Запасы азота в почве и ее нитрификационная способность являются объективными показателями плодородия [9].

Аммонифицирующие бактерии при помощи ферментов, выделяемых ими в почву, разлагают сложные белковые молекулы на более простые соединения. Эти соединения осмотическим путем проникают в клетки микроорганизмов и под действием внутриклеточных ферментов подвергаются дезаминированию, при котором высвобождается аммиак [10].

Материалы и методы. Исследования выполняли в осенне-весенний период 2020-2021 года на землях агрокомбината «Южный» вблизи н.п. Еремино Гомельского района Гомельской области. Объектом исследований являлась биологическая активность агрономически полезных групп микроорганизмов при обработке микробными биопрепаратами «Полибакт», «Гордебак» и «Ресойлер» посевов озимой ржи.

Комплексный микробный препарат «Полибакт», который применяли в своих исследованиях, восстанавливает микробоценоз почвы и повышает урожайность сельскохозяйственных культур, разработан в Институте микробиологии НАН РБ. Препарат «Полибакт» стимулирует жизнедеятельность микроорганизмов основных экологотрофических групп, ускоряет процессы минерализации растительных остатков в почве. Характеризуется фитопротекторным, ростстимулирующим, деструктивным, фосфатмобилизующим и азотфиксирующим свойствами. Экологически безопасен.

Комплексный микробный препарат «Гордебак» позволяет получить экологически чистую продукцию и снизить пестицидную нагрузку на агробиоценозы. Не фитотоксичен, безвреден для человека, животных, рыб, полезных насекомых.

Микробный биопрепарат «Ресойлер», применяемый в исследованиях, разработан в РУН «Институт защиты растений» и позволяет осуществлять биоконтроль за фитопатогенами, обеспечивает получение экологически чистой продукции растениеводства и кормов, а также предназначен для оздоровления почвы и почвогрунтов и повышения продуктивности агробиоценозов, повышения роста и урожайности растений.

Для оценки эффективности микробных биопрепаратов были заложены полевые опыты на дерновоподзолистой легкосуглинистой почве на посевах озимой ржи и ячменя.

Опыт I:

- 1) контроль – без обработки посевов озимой ржи микробными биопрепаратами;
- 2) обработка посевов озимой ржи микробным биопрепаратом «Полибакт»;
- 3) обработка посевов озимой ржи микробным биопрепаратом «Гордебак»;
- 4) обработка посевов озимой ржи микробным биопрепаратом «Ресойлер».

Агрохимическая характеристика почвы опыта следующая: рН в KCl – 5,9; фосфор – 284 мг/кг; калий – 278 мг/кг.

Опыт II:

- 1) контроль – без обработки посевов ячменя микробными биопрепаратами;
- 2) обработка посевов ячменя микробным биопрепаратом «Полибакт»;
- 3) обработка посевов ячменя микробным биопрепаратом «Гордебак»;
- 4) обработка посевов ячменя микробным биопрепаратом «Ресойлер».

Агрохимическая характеристика почвы опыта следующая: рН в KCl – 5,9; фосфор – 281 мг/кг; калий – 262 мг/кг.

Площадь опытных делянок составляла 5 м², размещение рендомизировано: повторность опытов – 4-х кратная. Нормы расхода по изучаемым микробным биопрепаратам «Полибакт», «Гордебак» и «Ресойлер» составляли 3 л/га.

Микробиологическую индикацию почвы выполняли согласно общепринятым в почвенной микробиологии методам [11, 12].

Для оценки влияния препаратов «Полибакт», «Гордебак» и «Ресойлер» на микробонаселение почвы (зимогенную, олиготрофную, автохтонную группы) использовали чашечный метод Коха, с помощью которого определяли численность аммонифицирующих, амилолитических, олигонитрофильных, олигокарбофильных, автохтонных микроорганизмов на селективных питательных средах: мясопептонном (МПА), крахмало-аммиачном (КАА), среда Эшби, голодном (ГА), нитритном (НА) агарах, соответственно. Все посеы проводили в трехкратной повторности.

Результаты и обсуждение. Сравнительный анализ численности микроорганизмов в посевах ячменя и озимой ржи за 2021-2022гг. выявил следующую картину. В фазе выхода в трубку в варианте контроль численность аммонифицирующих бактерий у ячменя в 1,6 раза, в варианте «Ресойлер» в 1,7 раза, «Полибакт» в 1,7 раза, в варианте «Гордебак» в 1,5 раза меньше, чем в посевах озимой ржи.

В фазе цветения в контроле численность аммонифицирующих бактерий в посевах ячменя в 1,2 раза, а в варианте «Гордебак» в 1,1 раза выше, чем в посевах озимой ржи, тогда как варианте «Ресойлер» в 1,74 раза, в варианте «Полибакт» в 1,3 раза, наоборот, численность больше в посевах озимой ржи.

В фазе восковая спелость численность бактерий в контроле в посевах ячменя и озимой ржи отличалась незначительно. В варианте «Ресойлер» в посевах ячменя численность в 1,4 раза, в варианте «Полибакт» в 1,6 раза, в варианте «Гордебак» в 2,9 раза выше, по сравнению с посевами озимой ржи.

Таким образом, в фазе выхода в трубку численность аммонифицирующих бактерий во всех вариантах опыта у озимой ржи оказалась выше в среднем в 1,6 раза, чем в посевах ячменя. В фазе восковая спелость уже наблюдалось увеличение численности бактерий в посевах ячменя (рисунок 1).

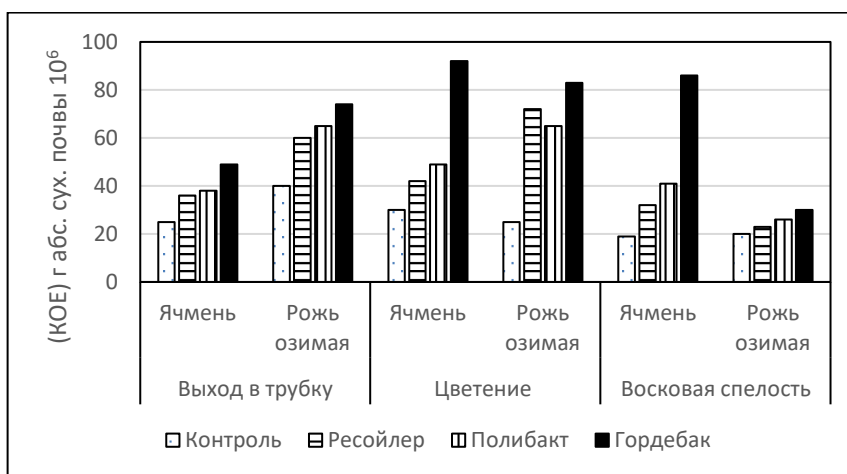


Рисунок 1 – Сравнительный анализ численности аммонифицирующих бактерий в почве в посевах ячменя и озимой ржи в среднем за 2021-2022г.

Сравнительный анализ численности целлюлозоразрушающих бактерий-общее количество за 2021-2022гг. показал, что в фазу выхода в трубку в контроле численность в 1,25 раза, в варианте «Ресойлер» в 1,5 раза оказалась выше в посевах озимой ржи. Численность целлюлозоразрушающих бактерий в варианте «Полибакт» и «Гордебак» как в посевах ячменя, так и в посевах озимой ржи практически мало отличалось между собой (рисунок 2).

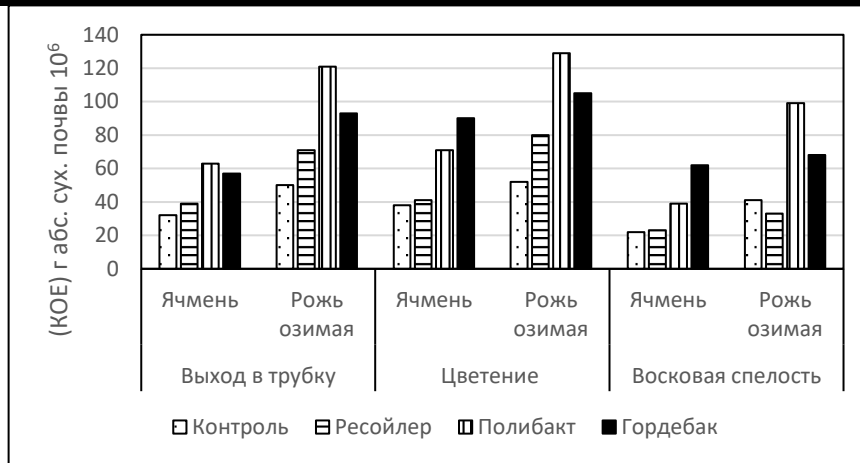


Рисунок 2 – Сравнительный анализ численности целлюлозоразрушающих бактерий в почве в посевах ячменя и озимой ржи в среднем за 2021-2022г.

В фазе цветения в варианте контроль численность бактерий в посевах озимой ржи в 1,5 раза превышала численность в посевах ячменя, в варианте «Ресойлер» в 1,4 раза, в варианте «Полибакт» и «Гордебак» как и в фазе выхода в трубку в посевах ячменя и озимой ржи численность бактерий практически между собой не отличалась.

Анализируя численность целлюлозоразрушающих бактерий в фазе восковая спелость, видно, что в контроле она в 1,9 раза выше, чем в посевах ячменя, варианте «Ресойлер» в 2,1 раза, в 2,5 раза в варианте «Полибакт», в 1,1 раза в варианте «Гордебак» выше в посевах озимой ржи, чем в посевах ячменя.

Таким образом, сравнительный анализ численности целлюлозоразрушающих бактерий-общее количество, показал, что в посевах озимой ржи численность бактерий в среднем за два года в 1,6 раза оказалась выше в посевах озимой ржи, чем в посевах ячменя. Более высокая численность бактерий по сравнению с другими вариантами наблюдалась в варианте «Гордебак» и «Полибакт» как в посевах озимой ржи, так и в посевах ячменя.

Сравнительный анализ численности олигокарбофильных бактерий в посевах ячменя и озимой ржи выявил, что в фазу выхода в трубку в контроле численность бактерий в посевах озимой ржи 1,7 раза, в варианте «Ресойлер» в 2 раза, в варианте «Полибакт» в 1,5 раза выше в посевах озимой ржи, чем в посевах ячменя (рисунок 3).

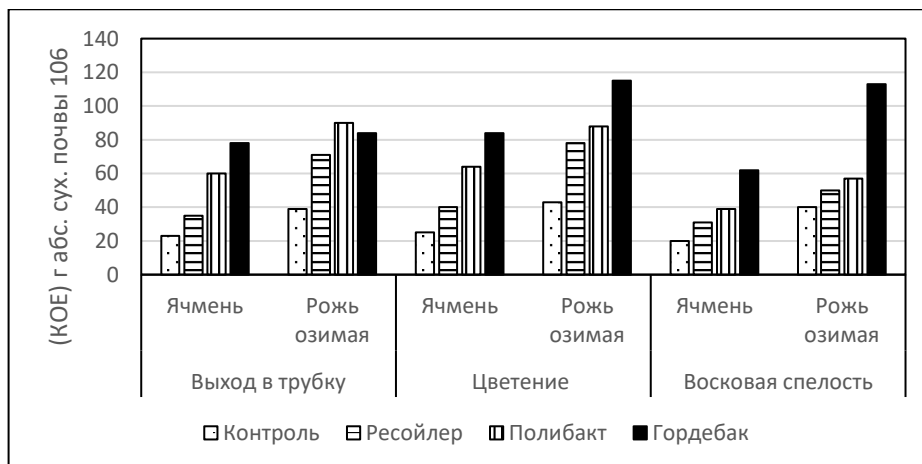


Рисунок 3 – Сравнительный анализ численности олигокарбофильных бактерий в почве в посевах ячменя и озимой ржи в среднем за 2021-2022г.

В фазе цветения в варианте контроль численность бактерий в 1,7 раза, в варианте «Ресойлер» в 1,9 раза, в варианте «Полибакт» в 1,5 раза, в варианте «Гордебак» в 1,3 раза выше в посевах озимой ржи по сравнению с посевами ячменя.

В фазе восковой спелости в варианте контроль численность в 2 раза, в варианте «Ресойлер» в 1,6 раза, в варианте «Полибакт» в 1,5 раза, в варианте «Гордебак» в 1,7 раза больше в посевах озимой ржи, чем в посевах ячменя.

Итак, сравнительный анализ численности олигокарбофильных бактерий выявил, что в посевах озимой ржи численность бактерий в среднем за два года в 1,6 раза была выше в посевах озимой ржи, чем в посевах ячменя. Более высокая численность бактерий наблюдалась в варианте «Гордебак» в посевах ячменя и озимой ржи во всех фазах развития.

Рассматривая численность олигонитрофильных бактерий в посевах ячменя и озимой ржи в среднем за 2021-2022гг., выявил, что в фазу выхода в трубку численность бактерий в посевах озимой ржи в варианте контроль была в 1,5 раза, в варианте «Ресойлер» в 1,6 раза, в варианте «Полибакт» в 1,1 раза выше по сравнению с посевами ячменя. В варианте «Гордебак» уже численность бактерий в посевах ячменя оказалась выше в 1,5 раза, чем в посевах озимой ржи.

В фазу цветения в варианте контроль численность бактерий в посевах озимой ржи в 1,5 раза, в варианте «Ресойлер» в 1,5 раза, в варианте «Полибакт» в 1,7 раза выше, чем в посевах ячменя, тогда как в вариантах «Гордебак» в 1,1 раза численность больше в посевах ячменя.

Анализируя численность олигонитрофильных бактерий в фазу восковой спелости видно, что в варианте контроль численность в посевах озимой ржи в 2 раза, в варианте «Ресойлер» в 1,6 раза, в варианте «Полибакт» в 1,7 раза, в варианте «Гордебак» в 1,2 раза выше в посевах озимой ржи по сравнению с посевами ячменя (рисунок 4).

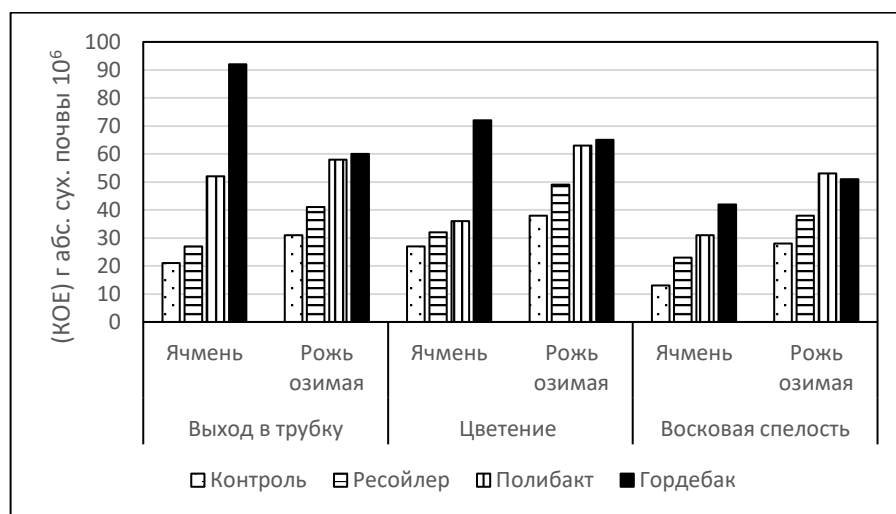


Рисунок 4 – Сравнительный анализ численности олигонитрофильных бактерий в почве в посевах ячменя и озимой ржи в среднем за 2021-2022г.

Таким образом, сравнительный анализ численности олигонитрофильных бактерий в посевах ячменя и озимой ржи в среднем за два года показал, что в посевах озимой ржи она в среднем в 1,2 раза превышала численность в посевах ячменя. Наибольшая численность олигонитрофильных бактерий отмечалась в варианте «Гордебак» во всех фазах развития ячменя и озимой ржи.

Сравнительный анализ численности фосфатмобилизирующих бактерий в посевах ячменя и озимой ржи показал, что в фазу выхода в трубку в варианте контроль численность в посевах озимой ржи в 1,2 раза выше, чем в посевах ячменя. В варианте «Ресойлер»

численность в 1,7 раза, в варианте «Полибакт» в 2 раза, в варианте «Гордебак» в 1,6 раза численность уже оказалась выше в посевах ячменя (рисунок 5).

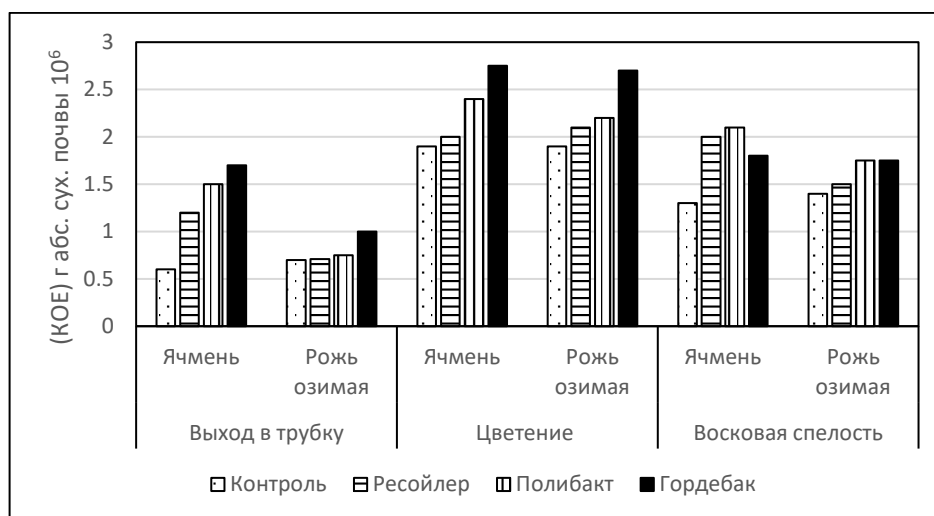


Рисунок 5 – Сравнительный анализ численности фосфатмобилизирующих бактерий в почве в посевах ячменя и озимой ржи в среднем за 2021-2022г.

В фазу цветения не наблюдалось значительных отличий в численности бактерий как в посевах ячменя, так и в посевах озимой ржи во всех вариантах опыта. Однако, в посевах ячменя и озимой ржи разница между вариантом контроль и «Гордебак» составила 1,5 раза.

В фазу восковая спелость численность в контроле как в посевах ячменя, так и в посевах озимой ржи была одинаковой. В варианте «Ресойлер» численность бактерий в посевах ячменя в 1,3 раза выше, чем в посевах озимой ржи. В вариантах «Полибакт» и «Гордебак» численность бактерий практически не отличалась в обоих посевах.

Таким образом, в фазе выхода в трубку численность бактерий в удобренных вариантах оказалась выше в посевах ячменя, по сравнению с озимой рожью. В остальных в фазах развития разница в численности бактерий как в посевах ячменя, так и в посевах озимой ржи была не значительной.

Сравнительный анализ численности бактерий усваивающих минеральный азот-общее количество в посевах ячменя и озимой ржи показал, что в фазе выхода в трубку в варианте контроль численность в посевах озимой ржи в 1,8 раза выше, чем в посевах ячменя. В варианте «Ресойлер» в 1,6 раза, в варианте «Полибакт» в 1,9 раза также оказалась выше в посевах озимой ржи. Тогда как в варианте «Гордебак» численность в посевах ячменя в 1,1 раза была выше, чем в посевах озимой ржи (рисунок 6).

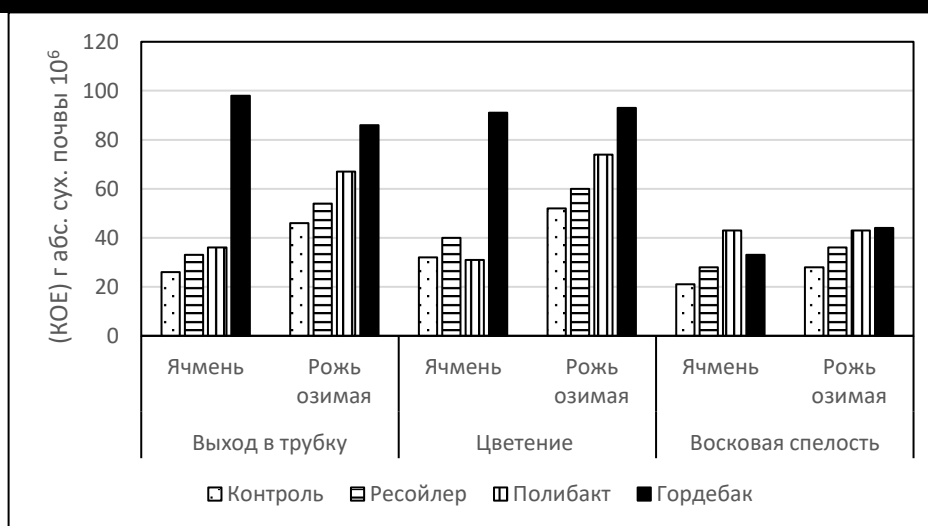


Рисунок 6 – Сравнительный анализ численности бактерий усваивающих минеральный азот-общее количество в почве в посевах ячменя и озимой ржи в среднем за 2021-2022гг.

В фазе цветения численность бактерий усваивающих минеральный азот-общее количество в контроле в 1,6 раза, в варианте «Ресойлер» в 1,5 раза, в варианте «Полибакт» в 2,4 раза выше в посевах озимой ржи, по сравнению с посевами ячменя. Численность бактерий в варианте «Гордебак» в посевах ячменя и озимой ржи практически не отличалась.

В фазе восковая спелость численность бактерий в контроле в посевах озимой ржи в 1,3 раза, в варианте «Ресойлер» в 1,3 раза выше в посевах озимой ржи, в варианте «Полибакт» численность в посевах ячменя и озимой ржи была практически одинаковой. В варианте «Гордебак» снова численность бактерий была в 1,3 раза выше в посевах озимой ржи.

На наш взгляд, более высокая численность микроорганизмов в посевах озимой ржи, по сравнению с посевами ячменя, может быть связана с более мощной корневой системой и надземной фитомассой озимой ржи, которая прикрывает почву от испарения и лучше сохраняет и влагу атмосферных осадков, которая опускается к корням, а также более длительным вегетационным периодам (осенний и весенне-летний).

Заключение. Сравнительный анализ численности агрономически полезных групп микроорганизмов в посевах ячменя и озимой ржи в среднем за 2021-2022гг. выявил следующую картину. Численность аммонифицирующих бактерий в фазе выхода в трубку во всех вариантах опыта в посевах озимой ржи оказался выше в среднем в 1,6 раза чем в посевах ячменя. В фазе цветения в контроле в 1,2 раза, в варианте «Гордебак» в 1,1 раза численность бактерий выше в посевах ячменя, тогда как в варианте «Ресойлер» в 1,7 раза и в варианте «Полибакт» в 1,3 раза, наоборот, численность выше в посевах озимой ржи. В фазе восковая спелость отмечено увеличение численности бактерий в посевах ячменя.

В посевах озимой ржи численность целлюлозо-разрушающих бактерий-общее количество в среднем за два года во всех вариантах опыта и фазах развития в 1,6 раза оказалась выше, чем в посевах ячменя. Высокая численность бактерий отмечена в вариантах «Гордебак» и «Полибакт» в посевах озимой ржи и ячменя.

В посевах озимой ржи численность олигокарбофильных бактерий в среднем за два года в 1,6 раза была выше, чем в посевах ячменя. Более высокая численность бактерий отмечена в варианте «Гордебак» по сравнению с другими вариантами как в посевах ячменя, так и в посевах озимой ржи во всех фазах развития. Численность олигонитрофильных бактерий в посевах озимой ржи в 1,2 раза превышала численность в посевах ячменя. Также наибольшая численность олигонитрофильных бактерий отмечалась также в варианте «Гордебак» во всех фазах развития ячменя и озимой ржи.

Численность фосфатмобилизирующих бактерий в фазе выхода в трубку в удобрениях оказалась выше в посевах ячменя, по сравнению с озимой рожью. В фазе цветения и восковой спелости разница в численности бактерий, как в посевах ячменя, так и в посевах озимой ржи была незначительной.

Численность бактерий усваивающих минеральный азот-общее количество показала, что в варианте «Гордебак» численность в посевах ячменя в фазе выхода в трубку в 1,1 раза была выше в посевах ячменя по сравнению с посевами озимой ржи, в фазе цветения и восковой спелости в варианте «Гордебак» численность бактерий в посевах ячменя и озимой ржи была практически одинаковой, в остальных вариантах и фазах развития численность выше в посевах озимой ржи.

Список литературы:

1. Демина, О.Н. Влияние минеральных удобрений на микрофлору пахотного чернозема лесостепной зоны Зауралья / О.Н. Демина, Д.И. Еремин. – Вестник КрасГАУ, 2020. – С. 63-71
2. Использование биопрепаратов как дополнительный источник элементов питания растений / И. А. Тихонович [и др.] // Плодородие. – 2011. – № 3. – С. 9–13.
3. Завалин, А. А. Применение биопрепаратов и биологический азот в земледелии Нечерноземья / А. А. Завалин, Н. С. Алметов. – М., 2009. – 152 с.
4. Курдиш, І. К. Інтродукція мікроорганізмів у агроєкосистемі / І. К. Курдиш. – К. : Наукова думка, 2010. – 255 с.
5. Турина, Е. Л. Применение полифункциональных биопрепаратов при выращивании бобовых культур в Крыму / Е. Л. Турина, С. В. Дидович, Р. А. Кулинич // Земледелие. – 2015. – № 2. – С. 31–33.
6. Белимов, А. А. Микробиологические аспекты устойчивости и аккумуляции тяжелых металлов у растений / А. А. Белимов, И. А. Тихонович // Сельскохозяйств. биол. – 2011. – № 3. – С. 17–22.
7. Физикохимия и биология торфа. Методы оценки численности и разнообразия бактериальных и актиномицетных комплексов торфяных почв: учебное пособие / Т.Г. Добровольская [и др.]. – Томск: Том. гос. пед. ун-т, 2010. – 108 с.
8. Выделение и характеристика почвенных фосфатмобилизирующих микроорганизмов / Н.А. Беясова [и др.] // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2018. – № 2. – С. 93 – 97. 10.
9. Еремин, Д.И. Влияние минеральных удобрений на содержание легкогидролизуемого азота и нитрификационную способность пахотного чернозема в лесостепи зауралья / Д.И. Еремин, О.Н. Демина – Вестник КрасГАУ. – С. 26-31
10. Свойства фосфатмобилизирующих бактерий и их влияние на урожайность зерновых культур на дерново-подзолистых супесчаных почвах / Н.А. Михайловская [и др.] // Почвоведение и агрохимия. – 2011. – №2(47). – С.120 – 128
11. Основные микробиологические и биохимические методы исследования почв // под ред. Возняковской Ю. М. – Л.: ВНИИСХМ, 1987. – 47 с.
12. Теппер, Е.З., Практикум по микробиологии / Е.З. Теппер, В.К. Шильникова, Г.И. Переверзева. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Агропромиздат, 1987. – 239 с.