

DOI 10.5281/zenodo.10141525

EDN ZENEUO

УДК 632.4.01/08: 631.874

Нековаль С. Н., Маскаленко О. А., Муравьев В. С.

ВЛИЯНИЕ СИДЕРАТОВ И МИКРОБИОЛОГИЧЕСКОГО УДОБРЕНИЯ НА ЧИСЛЕННОСТЬ ПОЧВЕННЫХ ГРИБОВ РОДА *FUSARIUM* В ЗАЩИЩЁННОМ ГРУНТЕ

ФГБНУ «Федеральный научный центр биологической защиты растений»

Реферат. Совместное применение сидератов и микробиологических удобрений для снижения количества патогенных микромицетов в почве является актуальной задачей в сельском хозяйстве. Цель работы – оценить влияние посевов сидератов (горчицы белой (*Sinapis alba* L.) и овса посевного (*Avena sativa*)) при совместном использовании микробиологического удобрения «Геостим» (0,3 мл/м²) и без него на содержание грибов рода *Fusarium* в почве. Исследование проводили в 2023 г. в условиях защищенного грунта в ФГБНУ «Федеральный научный центр биологической защиты растений» в весенний и осенний обороты. Опыт включал шесть вариантов. На опытных участках почвенные образцы отбирали три раза с интервалом два месяца и проводили микологический анализ. Результаты в контроле показали низкую супрессивность в отношении *Fusarium*. В варианте с посевом горчицы содержание КОЕ *Fusarium* снизилось на 11,6 КОЕ/г а.с.п. (95,9 %). В варианте с посевом овса количество грибов рода *Fusarium* незначительно снижалось по сравнению с контролем. Внесение удобрения «Геостим» без сидератов снизило численность фитопатогенов на 6,1 КОЕ/г а.с.п. (62,9 %). Использование препарата «Геостим» и посев горчицы усилили фунгицидное действие сидерата против грибов рода *Fusarium*, снизив содержание КОЕ/г а.с.п. на 11,9 тыс. (99,2 %), а при совместном использовании с посевом овса содержание *Fusarium* снизилось на 3,7 тыс. КОЕ/г а.с.п. (45,7 %), что свидетельствует об усилении фунгицидного эффекта овса. Спустя два месяца после посева сидератов и внесения удобрения влияние сидератов на численность *Fusarium* составило 41,1 %, влияние удобрения «Геостим» – 5,9 %, а их совместное влияние на этот показатель составило 50,4 %. Через два месяца после заделки сидератов и повторного внесения биопрепарата, влияние сидератов составляло 83,6 %, препарата «Геостим» – 4,9 %, а их взаимодействие – 9,2 %, что говорит об усилении фунгицидного эффекта при посеве сидератов и использовании препарата «Геостим».

Ключевые слова: сидераты, грибы, род *Fusarium*, «Геостим», фунгицидная активность, почвенная микробиота, овес (*Avena sativa*), горчица (*Sinapis alba* L.).

Для цитирования: Нековаль С. Н., Маскаленко О. А., Муравьев В. С. Влияние сидератов и микробиологического удобрения на численность почвенных грибов рода *Fusarium* в защищённом грунте // Таврический вестник аграрной науки. 2023. № 3 (35). С. 170–178. EDN: ZENEUO. DOI: 10.5281/zenodo.10141525.

For citation: Nekoval S. N., Maskalenko O. A., Muraviev V. S. Effect of green manure and microbiological fertilizer on the population of fungi of the genus *Fusarium* in a greenhouse // Taurida Herald of the Agrarian Sciences. 2023. No. 3(35). P. 170–178. EDN: ZENEUO. DOI: 10.5281/zenodo.10141525.

Введение

В последние годы использование защищенного грунта в России интенсивно наращивает площади и соответственно объемы производства. В результате привлечения крупных инвестиций за последние пять лет валовой сбор овощных культур в теплицах вырос почти в 2,5 раза [1]. Однако, несмотря на повсеместное

внедрение высокотехнологичных приемов в растениеводстве, использование оборудования и конструкций многие фермеры в личных подсобных хозяйствах (ЛПХ) и крестьянско-фермерских хозяйствах (КФХ), а иногда и крупные комбинаты зачастую применяют более простые сооружения и утепленный грунт. На сегодняшний день в России самым распространенным видом культивационных сооружений являются весенние теплицы, где производят большие объемы ранней продукции. В данном случае основной проблемой является защита сельскохозяйственных культур от болезней и вредителей [2].

Сельхозтоваропроизводители не всегда могут соблюдать правила севооборота в защищенном грунте, часто применяют химические средства защиты, что в итоге приводит к резкому снижению общей численности микроорганизмов в почве, уничтожению полезной микробиоты. В дальнейшем это провоцирует массовое размножение вредных организмов, негативно сказывающееся на развитии растений и урожайности сельскохозяйственных культур [3].

Среди общего числа патогенных микроорганизмов чрезвычайно высокой агрессивностью по отношению к растениям обладают грибы рода *Fusarium* [4]. Они обитают не только на растительных остатках и семенах в почве, но и могут развиваться в почве в отсутствие растения-хозяина, что снижает её супрессивность и может приводить к полной гибели сельскохозяйственных культур, а образуемые грибами токсины могут быть причиной острых и хронических интоксикаций людей и животных [5, 6].

Одним из важнейших приемов, которые влияют на устойчивость растений к болезням, способствуют увеличению урожайности, а также повышают супрессивность почвы, является применение зеленых (сидератов) и микробиологических удобрений [7].

Сидерация решает задачи севооборота и одновременно улучшает почву в условиях ограниченного пространства в теплицах. С помощью этих культур можно за короткий промежуток времени восполнить нехватку различных микро- и макроэлементов в почве, увеличить урожайность и снизить содержание патогенной микрофлоры, в частности представителей рода *Fusarium* [8].

По литературным данным, прибавка урожая от сидерации для зерновых культур варьирует от 0,4 до 1,5 т/га, овощных – от 5,0 до 14,0 т/га. Н.С. Матюк и ряд других авторов утверждают, что сидераты увеличивают продуктивность полевых севооборотов практически до 20 %. К примеру, при запашке зеленой массы пожнивной горчицы урожайность картофеля и ячменя повышалась почти на 50,0 %, а овса – более чем на 51,0 % [9]. К тому же, сидераты влияют на фитосанитарное состояние почвы. В работе Я. А. Волкова, Н. Н. Клименко и др. показано, что посев сидеральных культур способствовал значительному повышению численности микроорганизмов и почвенно-трофических групп в сравнении с вариантами, где вносили обычные удобрения [10].

Исследования других авторов показали, что при насыщении севооборота зерновыми до 80 % посевы одних и тех же культур в большей степени подвержены поражению болезнями корневых гнилей, вызываемые грибами рода *Fusarium*. Отмечено, что заделка сидератов в почву снижает поражённость растений болезнями в два раза и предотвращает недобор урожая. Это связано с тем, что зеленая масса сидератов провоцирует активное развитие сапрофитной микрофлоры, которая ускоряет разложение растительных остатков – основного субстрата, на котором развиваются возбудители корневой гнили и других болезней. Кроме этого, заделка сидератов способствует увеличению числа актиномицетов в почве, которые являются антагонистами почвенных фитопатогенов [11]. Похожие результаты получены Е.Ю. Тороповой и другими учеными, где применение сидератов – гороха, донника жёлтого и рапса способствовало трех-четырёхкратному увеличению количества КОЕ

азотфиксирующих микроорганизмов и сапротрофных грибов, а для численности фитопатогенных микроорганизмов, вызывающих корневые гнили, была выявлена отрицательная корреляция. Данные факты показывают, что разумное применение сидератов способствует поддержанию баланса почвенной микрофлоры, при этом уменьшая количество фитопатогенных возбудителей гнилей и снижая их вредоносность [12].

Кроме того, для ускорения процессов разложения растительных остатков в поверхностном слое почвы и подавления развития фитопатогенов также активно применяют микробиологические препараты. Имеются данные, доказывающие, что совместное применение сидератов с микробиологическими удобрениями увеличивает численность целлюлозолитической микробиоты, повышает супрессивность почвы, накопление азота и других питательных веществ растениями [13].

Цель исследований – оценка эффективности применения сидератов и микробиологического удобрения на численность грибов рода *Fusarium* в защищенном грунте.

Материалы и методы исследований

Опыт по изучению влияния сидератов и микробиологического удобрения «Геостим» на содержание в почве патогенной микрофлоры проводили в условиях защищенного грунта в ФГБНУ «Федеральный научный центр биологической защиты растений» в весенний и осенний обороты. В ходе исследования установлены закономерности влияния сидератов – горчицы и овса, а также внесения в почву удобрения «Геостим» на степень развития фитопатогенных микроорганизмов. Опыт проводили в четырёхкратной повторности с площадью опытных делянок 10 м².

Посев сидератов проводили вручную с нормой высева горчицы 0,7 г/м², овса – 20 г/м², препарат «Геостим» вносили двукратно в норме применения 0,3 мл/м² при норме расхода рабочего раствора 30 мл/м².

Отборы проб почвы осуществляли три раза согласно общепринятой методике по ГОСТ 17.4.4.02-2017: первый отбор – 15.04.2023 г. перед посевом сидератов и внесением в почву удобрения «Геостим», второй отбор – 15.06.2023 г. перед заделкой сидератов в почву и повторным внесением «Геостим» (два месяца после первой обработки), третий отбор – 15.08.2023 г. (два месяца после повторного внесения удобрения «Геостим»). Все образцы помещали в бумажные пакеты и доставляли в исследовательскую лабораторию. Микологический анализ почвы проводили по методике С.В. Еремеевой [14]. Схема опыта включала в себя шесть вариантов:

- К – контроль без посева сидератов и без внесения препарата «Геостим»;
- В1 – вариант с посевом сидерата (горчицы) без внесения препарата «Геостим»;
- В2 – вариант с посевом сидерата (овса) без внесения препарата «Геостим»;
- В3 – вариант без посева сидератов, с двукратным внесением препарата «Геостим»;
- В4 – вариант с посевом сидерата (горчицы) и двукратным внесением препарата «Геостим»;
- В5 – вариант с посевом сидерата (овса) и двукратным внесением препарата «Геостим».

Данные, полученные в результате почвенного анализа образцов, обрабатывали методами однофакторного и двухфакторного дисперсионного анализа [15] с повторениями при уровне значимости $\alpha = 0,05$ с использованием пакета Microsoft Office Excel 2007.

Результаты и их обсуждение

По результатам первого микологического анализа, проведённого до обработки почвы было определено, что патогенную группу грибов на опытных участках

представляли виды родов *Fusarium*, *Helmithosporium*, *Verticillium*, *Stachybotrys*, *Cladosporium*, *Cephalosporium*, *Alternaria*. При этом грибы рода *Fusarium* занимали доминирующую позицию в патогенной группе. Поэтому влияние приёмов повышения супрессивности почвы было решено оценивать на грибах рода *Fusarium*.

В контрольном варианте без внесения удобрения «Геостим» и в отсутствие посева сидератов спустя два месяца после первого отбора наблюдали снижение количества КОЕ (колониеобразующих единиц) *Fusarium spp.* на 50 % и последующий рост к прежним значениям при следующем отборе, что обусловлено отсутствием факторов, препятствующих размножению *Fusarium*. На опытных делянках без обработок биопрепаратом и посевом горчицы (В1) наблюдали резкий, более чем трёхкратный рост – с 3,8 до 12,1 КОЕ/г а.с.п. (абсолютно сухой почвы) *Fusarium* в течение двух месяцев. Однако заделка сидерата в почву оказала обратный эффект: содержание фитопатогенных грибов снизилось более чем на 11,6 тыс. КОЕ/г а.с.п. (95,9 %) в пробах почвы, отобранных спустя два месяца после заделки сидератов, что, вероятно, обусловлено токсичностью веществ, содержащихся в верхней части растений горчицы по отношению к возбудителям фузариоза.

При этом в случае с посевом овса (В2) наблюдали картину, аналогичную контрольному варианту, выражающуюся в почти двукратном уменьшении количества КОЕ *Fusarium* относительно результатов почвенного анализа первого отбора и частичном восстановлении содержания фитопатогена, обнаруженное в пробах почвы третьего отбора.

Внесение в почву биопрепарата «Геостим» в отсутствие посева сидератов (В3) снижает развитие представителей *Fusarium* на 6,1 тыс. КОЕ/г а.с.п. (62,9 %) через два месяца после внесения, а также продлевает супрессивное действие почвы при повторном внесении, что выражено в увеличении на 0,6 тыс. КОЕ/г а.с.п. (16,7 %) содержания фитопатогена. В тех же условиях в отсутствие внесения в контрольном варианте происходил рост *Fusarium* на 1,8 тыс. КОЕ/г а.с.п. (85,7 %).

Совместное использование посева горчицы и микробиологического удобрения «Геостим» (В4) спустя два месяца после обработки почвы позволило значительно снизить численность грибов р. *Fusarium* на 8,1 тыс. КОЕ/г а.с.п. (67,5 %). Анализ почвы третьего отбора спустя два месяца после второй обработки почвы и заделки сидератов показал почти полное отсутствие жизнеспособных патогенных микроорганизмов при 0,1 тыс. КОЕ/г а.с.п., что является свидетельством более сильного супрессивного действия (97,4 %) в сравнении с вариантом посева горчицы без внесения биопрепарата.

В последнем варианте опыта с посевом овса и двукратным внесением удобрения «Геостим» (В5) также наблюдали снижение количества КОЕ *Fusarium* в 1 г а.с.п.: на момент второго отбора оно составило порядка 1,9 тыс. КОЕ/г а.с.п. (23,5 %), что показало меньший эффект относительно варианта без обработки почвы с сидератом. Тем не менее, повторная обработка почвы и заделка сидерата не позволяют вновь повысить количество КОЕ *Fusarium* и способствуют дальнейшему его снижению до уровня 4,4 тыс. КОЕ/г а.с.п. (рисунок).

Также для сравнения эффективности указанных вариантов внесения удобрений в почву нами была определена степень изменения численности грибов рода *Fusarium* (%) относительно исходных значений первого отбора.

С целью оценки влияния внесения микробиологического удобрения «Геостим» и заделки сидератов в почву, нами была произведена дополнительная математическая обработка экспериментальных данных в виде двухфакторного дисперсионного анализа с повторениями (таблицы 2, 3). Для корректной интерпретации результатов математической обработке подвергались данные анализов почвы второго и третьего

отбора, поскольку проявление действия «Геостим» и сидератов могло быть обнаружено только на момент указанных промежутков.

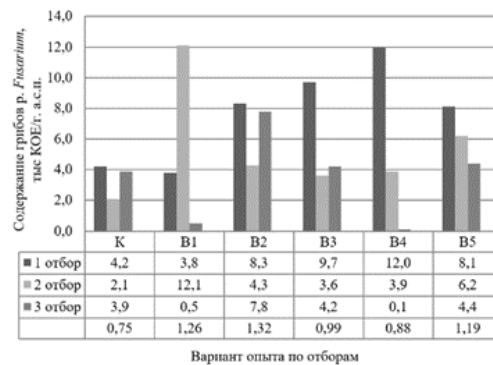


Рисунок – Динамика изменения численности грибов рода *Fusarium*

Таблица 1 – Изменение количества КОЕ грибов рода *Fusarium* (%)

| Вариант | Второй отбор | Третий отбор |
|-------------------|--------------|--------------|
| К | -50,0 | 85,7 |
| В1 | 218,4 | -95,9 |
| В2 | -48,2 | 81,4 |
| В3 | -62,9 | 16,7 |
| В4 | -67,5 | -97,4 |
| В5 | -23,5 | -29,0 |
| НСР ₀₅ | 4,18 | 5,91 |

Согласно рассчитанным данным второго отбора (таблица 2), значение критерия Фишера (F) значительно превышает F критическое для обоих факторов, что свидетельствует об их значимом влиянии на результаты опыта. При этом, исходя из полученных результатов, степень влияния внесения препарата «Геостим» в почву на количество КОЕ *Fusarium* на момент второго отбора можно оценить в 5,9 %, в то время, как влияние посева сидератов на эту же величину оказалось равным 41,1 %, что указывает на то, что спустя два месяца после первой обработки почвы содержание возбудителей фузариоза в большей степени зависит от внесения микробиологического удобрения, чем от наличия сидератов. При этом доля влияния взаимодействия этих двух факторов (совместное применение удобрения «Геостим» и сидератов) равна 50,4 %, что указывает на то, что совместное использование этих двух удобрений спустя два месяца оказывает более значимый эффект, чем применение сидератов и «Геостим» по отдельности.

Таблица 2 – Данные двухфакторного дисперсионного анализа для второго отбора

| Источник вариации | Среднее по факторам | F | F критическое | Доля влияния факторов, % |
|-------------------------------|---------------------|--------|---------------|--------------------------|
| Фактор 1 (внесение «Геостим») | 2,86 | 41,33 | 4,41 | 5,5 |
| Фактор 2 (посев сидератов) | 6,18 | 143,72 | 3,55 | 41,1 |
| Взаимодействие | 5,38 | 175,97 | 3,55 | 50,4 |
| НСР ₀₅ | 0,35 | - | - | - |

По результатам третьего отбора (таблица 3) отмечено, что критерии Фишера (F) обоих факторов значительно больше, чем F критическое, благодаря чему оба фактора

оказывают значимое влияние на количество КОЕ *Fusarium*. Оценивая влияние каждого из факторов на данный показатель, можно увидеть, что на момент третьего отбора, спустя два месяца после повторной обработки «Геостим» и заделки сидератов, внесение биопрепарата определяет количество КОЕ *Fusarium* лишь на 4,9 %, в то время, как фактор 2 в виде перепаханного посева сидератов определяет изменение численности фитопатогена на 83,6 %, что делает использование сидеральных культур наиболее важным фактором в сравнении с применением микробиологического удобрения.

Совместное использование сидератов и препарата «Геостим» оказывает небольшой эффект в 9,2 %, однако несмотря на это, эффект взаимного влияния оказывается значимым, поэтому можно сделать вывод, что микробиологическое удобрение «Геостим» усиливает действие заделанных в почву сидератов, снижая численность видов *Fusarium*.

Таблица 3 – Данные двухфакторного дисперсионного анализа для третьего отбора

| Источник вариации | Среднее по факторам | F | F критическое | Доля влияния факторов, % |
|-------------------------------|---------------------|--------|---------------|--------------------------|
| Фактор 1 (внесение «Геостим») | 4,03 | 38,09 | 4,41 | 4,9 |
| Фактор 2 (посев сидератов) | 2,18 | 325,17 | 3,55 | 83,6 |
| Взаимодействие | 3,47 | 35,73 | 3,55 | 9,2 |
| НСР ₀₅ | 0,21 | - | - | - |

В процессе роста и развития сидератов, их влияние на патогенную микробиоту в почве оказывается достаточно значимым для повышения супрессивности почвы. При этом совместное использование с микробиологическим удобрением «Геостим» позволяет повысить супрессивность почвы. После заделки сидератов снижение количества КОЕ *Fusarium* также обеспечивается главным образом благодаря наличию сидератов. Предположительно, это связано с продукцией веществ, проявляющих фунгицидные свойства в верхних частях растений, высвобождаемых при заделке сидератов в почву вследствие их разложения микроорганизмами, а внесения удобрения «Геостим» не имеет особого влияния на супрессивность почвы.

Выводы

На основании проанализированных экспериментальных данных, наиболее выраженными фунгицидными свойствами в отношении возбудителей фузариоза обладает горчица белая. Стоит отметить, что фунгицидный эффект проявляется только после её заделки в почву и выражается в снижении количества КОЕ *Fusarium* в 1 грамме а.с.п. на 11,6 тыс. (95,9 %). Добавление к посеву горчицы удобрения «Геостим» позволяет усилить этот эффект и снизить численность *Fusarium* в почве на 11,8 тыс. КОЕ/г а.с.п. (99,2 %). Посев овса проявляет крайне слабый фунгицидный эффект – 6,0 %, близкий к почве без сидерата, при этом овёс ослабляет фунгицидный эффект препарата «Геостим», снижая его с 56,7 % до 45,7 %.

Согласно данным двухфакторного дисперсионного анализа, спустя два месяца после первого внесения удобрения «Геостим» и посева сидератов последние оказывали значительное влияние на численность *Fusarium* в почве – 41,1 %. Внесение удобрения «Геостим» в посев сидератов позволяло увеличить фунгицидный эффект, повышало степень влияния на численность *Fusarium* до 50,4 %. Заделка сидератов в почву оказала более значительное влияние на её супрессивные свойства – 83,6 %, в то время, как внесение удобрения «Геостим», как и на делянках с сидератами оказывало незначительное влияние – 4,9 % и 9,2 % соответственно.

Таким образом, использование посевов горчицы белой позволяет значительно снизить численность возбудителей фузариозной корневой гнили, а дополнительное внесение в почву микробиологического удобрения «Геостим» (0,3 мл/м²) способствует усилению этого эффекта как до заделки в почву, так и после неё. Необходимо отметить, что эффективность микробиологического удобрения «Геостим» после заделки в почву сидератов снижается, тем не менее, сохраняется его существенное влияние на снижение численности грибов рода *Fusarium*.

Исследования выполнены в рамках Государственного задания Министерства науки и высшего образования РФ в рамках НИР по теме № FGRN-2021-0001.

Литература

1. Тепличный бизнес: прогноз развития отрасли защищенного грунта // Агробизнес. 2020. № 1. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://trost.ru/news_articals/research_news/last_research_news_greenhouse/new_greenhouse_progect_russia/greenhouse_trends (дата обращения 25.07.2023).
2. Чернова Т. В., Огнев В. В., Авдеев С. С., Габибова Е. Н., Корсунов Е. И. Совершенствование технологии возделывания томата и конструкции весенних теплиц для получения экологически безопасной продукции // Картофель и овощи. 2020. № 5. С. 11–16. DOI: 10.25630/PAV.2020.10.27.002.
3. Сокирко В. П. Оздоровление почв Кубани от фузариозно-альтернариозной инфекции - источник повышения урожая зерновых культур // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2015. № 53. С. 154–156.
4. Домрачева Л. И., Фокина А. И., Скугорева С. Г., Ашихмина Т. Я. Почвенные грибы рода *Fusarium* и их метаболиты: опасность для биоты, возможность использования в биотехнологии (обзор) // Теоретическая и прикладная экология. 2021. № 1. С. 6–15. DOI: 10.25750/1995-4301-2021-1-006-015.
5. Walter S., Nicholson P., Doohan F. M. Action and reaction of host and pathogen during *Fusarium* head blight disease // New Phytologist. 2010. Vol. 185. P. 54–66. DOI: 10.1111/j.1469-8137.2009.03041.x.
6. Okhapkina V. Yu., Khanzhin A. A. Ecological and epidemiological significance of micromycetes of the genus *Fusarium* // Theoretical and Applied Ecology. 2012. No. 2. P. 5–14. DOI: 10.25750/1995-4301-2012-2-005-014.
7. Mishchenko Y., Kovalenko I., Butenko A., Danko Y., Trotsenko V., Masyk I., Radchenko M., Hlupak Z., Stavyskiy A. Microbiological activity of soil under the influence of post-harvest siderates // Journal of Ecological Engineering. 2022. Vol. 23. No. 4. P. 122–127. DOI: 10.12911/22998993/146612.
8. Нековаль С. Н., Беляева А. В., Маскаленко О. А., Чурикова А. К., Лукина А. Е., Горло В. Е. Перспективы производства органической продукции в России // Агрехимический вестник. 2019. № 5. С. 77–82. DOI: 10.24411/0235-2516-2019-10080.
9. Матюк Н. С., Гогмачадзе Г. Д., Солдатова С. С., Безуглов В. Г. Роль сидератов в экологизации и биологизации земледелия // АгроЭкоИнфо. 2010. № 1(6). С. 1.
10. Волков Я. А., Клименко Н. Н., Странишевская Е. П., Волкова М. В. Влияние посевов растений-сидератов на динамику численности микроорганизмов основных экологотрофических групп в почве виноградника // Магарач. Виноградарство и виноделие. 2019. Т. 21. № 1. С. 36–40.
11. Mishchenko Y., Kovalenko I., Butenko A., Danko Y., Trotsenko V., Masyk I., Datsko O., Hotvianska A., Galyna K., Zakharchenko E. Post-harvest siderates and soil hardness // Ecological Engineering and Environmental Technology. 2022. Vol. 23. No. 3. P. 54–63. DOI: 10.12912/27197050/147148.
12. Торопова Е. Ю., Селюк М. П., Посажеников С. Н. Влияние культурных растений на сапротрофные микроорганизмы и супрессивность почвы // Достижения науки и техники АПК. 2018. Т. 32. – № 7. С. 17–20. DOI: 10.24411/0235-2451-2018-10704.
13. Завалин А. А., Чернова Л. С., Сапожников С. Н., Коваленко А. А. Потребление растениями азота почвы при использовании удобрения, сидерата и биопрепарата (исследования с 15N) // Российская сельскохозяйственная наука. 2019. Т. 6. С. 36–39. DOI: 10.31857/S2500-26272019636-39.
14. Плесневые грибы. Методы выделения, идентификации, хранения // Под ред. Еремеевой С. В. Астрахань: АГТУ, 2011. 111 с.
15. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) // Москва: Книга по требованию. 2012. 352 с.

References

1. Greenhouse business: forecast of the development of the protected soil industry // Agribusiness. 2020. No. 1. [Electronic resource]. Access point: https://trost.ru/news_articals/research_news/last_research_news_greenhouse/new_greenhouse_progect_russia/greenhouse_trends (reference's date 25.07.2023).

2. Chernova T. V., Ognev V. V., Avdeenko S. S., Gabibova E. N., Korsunov E. I. Improving tomato cultivation technology and spring greenhouse construction to produce ecologically safely products // Potato and Vegetable. 2020. No. 5. P. 11–16. DOI: 10.25630/PAV.2020.10.27.002.
3. Sokirko V. P. Agrobiological improvement of Kuban soils – a way to increase grain crops yield // Proceedings of the Kuban State Agrarian University. 2015. No. 53. P. 154–156.
4. Domracheva L. I., Fokina A. I., Skugoreva S. G., Ashikhmina T. Ya. Two sides of soil fungi of the genus *Fusarium* and their metabolites: danger to biota and the possibility of use in biotechnology (review) // Theoretical and Applied Ecology. 2021. No. 1. P. 6–15. DOI: 10.25750/1995-4301-2021-1-006-015.
5. Walter S., Nicholson P., Doohan F. M. Action and reaction of host and pathogen during *Fusarium* head blight disease // New Phytologist. 2010. Vol. 185. P. 54–66. DOI: 10.1111/j.1469-8137.2009.03041.x.
6. Okhapkina V. Yu., Khanzhin A. A. Ecological epidemiological significance of micromycetes of the genus *Fusarium* // Theoretical and Applied Ecology. 2012. No. 2. P. 5–14. DOI: 10.25750/1995-4301-2012-2-005-014.
7. Mishchenko Y., Kovalenko I., Butenko A., Danko Y., Trotsenko V., Masyk I., Radchenko M., Hlupak Z., Stavtyskiy A. Microbiological activity of soil under the influence of post-harvest siderates // Journal of Ecological Engineering. 2022. Vol. 23. No. 4. P. 122–127. DOI: 10.12911/22998993/146612.
8. Nekoval S. N., Belyaeva A. V., Maskalenko O. A., Churikova A. K., Lukina A. E., Gorlo V. E. Perspectives of organic farming in Russia // Agrochemical Herald. 2019. No. 5. P. 77–82. DOI: 10.24411/0235-2516-2019-10080.
9. Matyuk N. S., Gogmachadze G. D., Soldatova S. S., Bezuglov V. G. The role of siderates in ecologization and biologization of agriculture // AgroEcoInfo. 2010. No. 1(6). P. 1.
10. Volkov Ya. A., Klimenko N. N., Stanishevskaya E. P., Volkova M. V. The impact of green manure crops on the population dynamics of major ecological and trophic groups of microorganisms in the soil of a vineyard // Magarach. Viticulture and Winemaking. 2019. Vol. 21. No. 1. P. 36–40.
11. Mishchenko Y., Kovalenko I., Butenko A., Danko Y., Trotsenko V., Masyk I., Datsko O., Hotvianska A., Galyna K., Zakharchenko E. Post-harvest siderates and soil hardness // Ecological Engineering and Environmental Technology. 2022. Vol. 23. No. 3. P. 54–63. DOI: 10.12912/27197050/147148.
12. Toropova E. Yu., Selyuk M. P., Posazhennikov S. N. Influence of cultivated plants on saprotroph microorganisms and soil suppression // Achievements of Science and Technology of the Agroindustrial Complex. 2018. Vol. 32. No. 7. P. 17–20. DOI: 10.24411/0235-2451-2018-10704.
13. Zavalin A. A., Chernova L. S., Sapozhnikov S. N., Kovalenko A. A. Consumption of soil nitrogen by plants in the use of fertilizer, green manure and biopreparation (study with 15n) // Russian Agricultural Science. 2019. Vol. 6. P. 36–39. DOI: 10.31857/S2500-26272019636-39.
14. Mold fungi. Methods of allocation, identification, storage // Ed. By Eremeeva S. V. Astrakhan: Astrakhan State Technical University, 2011. 111 p.
15. Dospekhov B. A. Methods of field research (with the basics of statistical processing of research results). Moscow: Kniga po trebovaniyu, 2012. 352 p.

UDC 632.4.01/.08: 631.874

Nekoval S. N., Maskalenko O. A., Muraviev V. S.

EFFECT OF GREEN MANURE AND MICROBIOLOGICAL FERTILIZER ON THE POPULATION OF FUNGI OF THE GENUS *FUSARIUM* IN A GREENHOUSE

Summary. Combined use of green manure and microbiological fertilizers to reduce the number of pathogenic micromycetes in the soil is an urgent task in agriculture. The aim of the research was to evaluate the effect of green manure crops (*Sinapis alba* L. and *Avena sativa*) with and without joint use of microbiological fertilizer “Geostim” (0.3 ml/m²) on the content of fungi of the genus *Fusarium* in soil. The experiment was carried out in 2023 in FSBSI “Federal Research Center of Biological Plant Protection” under conditions of the greenhouse both in spring and in autumn. The experiment included six options. In the experimental plots, soil samples were taken thrice with a two-months interval; then, mycological analysis was carried out. The results in the control showed low suppressiveness against *Fusarium*. In the option with mustard, the content of *Fusarium* CFU decreased by 11.6 CFU/g of absolutely dry soil (95.9 %). In the option with oats, the content of *Fusarium* fungi was slightly lower than in the control. “Geostim” application without green manure reduced the number of the phytopathogen by 6.1 CFU/g of absolutely dry soil (62.9 %). “Geostim” combined with mustard enhanced the fungicidal effect of green manure

against *Fusarium* fungi reducing the content of CFU per gram of absolutely dry soil by 11.9 thousand (99.2%); in case of combination it with oats, *Fusarium* content decreased by 3.7 thousand CFU per gram of absolutely dry soil (45.7 %) indicating an increase in the fungicidal effect of oats. Two months after green manure sowing and fertilization, effect of green manure on the number of *Fusarium* was 41.1 %, effect of “Geostim” – 5.9 %, their combined effect on this indicator – 50.4 %. And in two months after green manure incorporation and repeated application of the biological product, effect of green manure was 83.6 %, effect of “Geostim” – 4.9%, their combined effect – 9.2 %; this indicates an increase in the fungicidal effect of combination of green manure and microbiological fertilizer “Geostim”.

Keywords: green manure, fungi, *Fusarium*, “Geostim”, fungicidal activity, soil microbiota, oats (*Avena sativa*), mustard (*Sinapis alba* L.).

Нековаль Светлана Николаевна, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник, заведующая лабораторией биорациональных средств и технологий защиты растений для ведения экологизированного, ресурсосберегающего и органического сельского хозяйства, ФГБНУ «Федеральный научный центр биологической защиты растений»; 350039, Россия, Краснодарский край, г. Краснодар, п/о 39; e-mail: s.nekoval@yandex.ru.

Маскаленко Оксана Александровна, научный сотрудник лаборатории биорациональных средств и технологий защиты растений для ведения экологизированного, ресурсосберегающего и органического сельского хозяйства, ФГБНУ «Федеральный научный центр биологической защиты растений»; 350039, Россия, Краснодарский край, г. Краснодар, п/о 39; e-mail: d.o.a.123@mail.ru.

Муравьев Вячеслав Сергеевич, младший научный сотрудник лаборатории биорациональных средств и технологий защиты растений для ведения экологизированного, ресурсосберегающего и органического сельского хозяйства, ФГБНУ «Федеральный научный центр биологической защиты растений»; 350039, Россия, Краснодарский край, г. Краснодар, п/о 39; e-mail: slava.muravev.1996@mail.ru.

Nekoval Svetlana Nikolaevna, Cand. Sc. (Biol.), leading researcher, head of the Laboratory of biorational means and technologies of plant protection for ecological, resource-saving and organic agriculture, FSBSI “Federal Research Center of Biological Plant Protection”; post office No. 39, Krasnodar, Krasnodar Krai, 350039, Russia; e-mail: s.nekoval@yandex.ru.

Maskalenko Oksana Aleksandrovna, researcher, Laboratory of biorational means and technologies of plant protection for ecological, resource-saving and organic agriculture, FSBSI “Federal Research Center of Biological Plant Protection”; post office No. 39, Krasnodar, Krasnodar Krai, 350039, Russia; e-mail: d.o.a.123@mail.ru.

Muraviev Vyacheslav Sergeevich, junior researcher, Laboratory of biorational means and technologies of plant protection for ecological, resource-saving and organic agriculture, FSBSI “Federal Research Center of Biological Plant Protection”; post office No. 39, Krasnodar, Krasnodar Krai, 350039, Russia; e-mail: slava.muravev.1996@mail.ru.

Дата поступления в редакцию – 03.08.2023.

Дата принятия к печати – 20.09.2023.