

DOI: 10.12731/2658-6649-2022-14-1-286-302

УДК 632.931

ВЫЯВЛЕНИЕ ФАКТОРОВ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИХ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ БИОЦЕНОЗА

А.А. Постовалов, С.Ф. Суханова, Ю.А. Курская

Важным является установление методов и подходов, обеспечивающих фитосанитарное оздоровление агроценозов. Фитосанитарное оздоровление агроэкосистем кормовых культур возможно путем предпосевной обработки семян, внесения минеральных и органоминеральных удобрений с целью повышения устойчивости растений к болезням и супрессивности почвы к фитопатогенам. Цель исследований заключалась в установлении влияния минеральных, органоминеральных удобрений и препаратов для предпосевной обработки семян на микробиологическую активность и супрессивность почвы в ризосфере ярового ячменя, гороха и ярового рапса. Полевые и лабораторные исследования проводились на опытном поле и в лабораториях ФГБОУ ВО Курганская ГСХА с 2001-2020 гг. Исследованиями установлено, что внесение минеральных удобрений в почву изменяло численность основных эколого-трофических групп микроорганизмов в ризосфере растений (бактерий, усваивающих органические и минеральные формы азота, нитрификаторов, целлюлозоразлагающих и денитрифицирующих бактерий, олигонитрофильных и азотфиксирующих бактерий). При внесении минеральных удобрений отмечалось повышение целлюлозоразлагающей, протеолитической, каталазной, инвертазной и общей биологической активности почвы. При внесении минеральных удобрений в ризосфере ярового ячменя отмечалось увеличение супрессивности почвы до 56,7-63,2% в отношении возбудителей корневой гнили. Отмечена отрицательная корреляционная зависимость между супрессивностью почвы и развитием корневой гнили ярового ячменя, которая составила -0,93, уравнение регрессии имело следующий вид: $y = 47,08 - 0,05x$. Супрессивность почвы в отношении возбудителей фузариоза гороха возрастала при внесении минеральных удобрений на 32,2-46,0%. Корреляционная зависимость между супрессивностью почвы, развитием фузариоза гороха составляла соответственно -0,90, уравнения регрессии имели следующий вид: $y = 54,11 - 0,05x$. Супрессивность почвы в отношении возбудителей кор-

невой гнили и фузариоза рапса повышалась до 43,7-48,4% или в 2,2-2,3 раза по сравнению с контролем.

Ключевые слова: кормовые культуры; фитопатогены; удобрения; предпосевная обработка семян; супрессивность почвы; фузариоз; ризосфера растений

Для цитирования. Постовалов А.А., Суханова С.Ф., Курская Ю.А. Выявление факторов, определяющих микробиологическую активность биоценоза // Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture. 2022. Т. 14, № 1. С. 286-302. DOI: 10.12731/2658-6649-2022-14-1-286-302

IDENTIFICATION OF FACTORS DETERMINING MICROBIOLOGICAL ACTIVITY OF BIOCECENOSIS

A.A. Postovalov, S.F. Sukhanova, Yu.A. Kurskaya

It is important to establish methods and approaches that ensure phytosanitary recovery of agrocenoses. Phytosanitary recovery of agroecosystems of fodder crops is possible by pre-treatment of seeds, application of mineral and organomineral fertilizers in order to increase resistance of plants to diseases and soil suppressiveness to phytopathogens. The aim of the research was to establish the influence of mineral, organomineral fertilizers and preparations for pre-treatment of seeds on the microbiological activity and suppressiveness of the soil in the rhizosphere of spring barley, peas and spring rapeseed. Field and laboratory studies were carried out on the pilot field and in the laboratories of the FSBOU VO Kurgan GSHA from 2001-2020. Studies have found that the introduction of mineral fertilizers into the soil changed the number of the main ecological-trophic groups of microorganisms in the rhizosphere of plants (bacteria that absorb organic and mineral forms of nitrogen, nitrifiers, cellulose-decomposing and denitrifying bacteria, oligonitrophilic and nitrogen-fixing bacteria). When introducing mineral fertilizers, an increase in cellulosic, proteolytic, catalase, invertase and total biological activity of the soil was noted. When introducing mineral fertilizers in the rhizosphere of spring barley, soil suppressiveness increased to 56.7-63.2% in relation to root rot pathogens. There was a negative correlation between soil suppression and the development of root rot of spring barley, which was -0.93, the regression equation was as follows: $y = 47.08 - 0.05x$. Soil suppressiveness against pea fusariosis pathogens increased with the introduction of mineral fertilizers by 32.2-46.0%. The correlation between soil suppression, development of pea fusariosis was -0.90, respectively, the regression equations were as follows: $y = 54.11 - 0.05x$. Soil suppressiveness

against root rot pathogens and rapeseed fusariosis increased to 43.7-48.4% or 2.2-2.3 times compared with control.

Keywords: fodder crops; phytopathogens; fertilizers; pre-treatment of seeds; soil suppression; fusariosis; plant rhizosphere

For citation. Postovalov A.A., Sukhanova S.F., Kurskaya Yu.A. Identification of Factors Determining Microbiological Activity of Biocenosis. *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*, 2022, vol. 14, no. 1, pp. 286-302. DOI: 10.12731/2658-6649-2022-14-1-286-302

Введение

Одним из основных источников растительного белка являются однолетние культуры, из которых получают наиболее дешевые и разнообразные корма [11, 12]. Однако, получение кормов в достаточном количестве лимитируется рядом биотических и абиотических факторов, среди которых ведущее место занимают потери от вредных организмов [1, 20].

В настоящее время в агроценозах полевых культур повсеместно распространены возбудители гельминтоспориозной корневой гнили (*Bipolaris sorokiniana* (Sacc.) Shoemaker) и фузариоза (виды *Fusarium*) Эти фитопатогены могут не только содержаться в почве, на растительных остатках и передаваться с семенами, но и развиваться в почве в отсутствие растения-хозяина. Это снижает супрессивные свойства почвы, что может приводить к эпифитотийным вспышкам заболевания [14, 15, 19].

Важной особенностью современных интегрированных систем защиты растений должна являться их направленность на экологическую безопасность и биологизацию. В связи с этим в настоящее время разрабатывается система фитосанитарной оптимизации агробиоценозов, суть которой состоит в реализации фитосанитарного мониторинга, прогноза развития вредных и полезных видов, подготовка посевного материала на основе фитоэкспертизы, использование устойчивых сортов, применение малотоксичных средств защиты растений и биопрепаратов, внесение сбалансированных доз органических и минеральных удобрений [2, 4, 5, 7, 9, 10, 13, 16, 17, 18, 21].

В связи с этим необходимо изучение методов и подходов, обеспечивающих фитосанитарное оздоровление агроценозов однолетних кормовых культур путем предпосевной обработки семян, внесения минеральных и органоминеральных удобрений с целью повышения устойчивости растений к болезням и супрессивности почвы к фитопатогенам.

Цель исследований – установить влияние минеральных, органоминеральных удобрений и препаратов для предпосевной обработки семян на

микробиологическую активность и супрессивность почвы в ризосфере однолетних кормовых культур (яровой ячмень, горох и яровой рапс).

Научная новизна исследований заключалась в выявлении факторов, определяющих активность почвенной микробиоты и повышения супрессивности почвы к возбудителям корневой гнили и фузариоза однолетних кормовых культур. Установлено, что при внесении минеральных удобрений в ризосфере отмечалось увеличение супрессивности почвы в отношении доминирующих возбудителей корневой гнили и фузариоза кормовых культур.

Материал и методы исследований

Полевые и лабораторные исследования проводились на опытном поле и в лабораториях ФГБОУ ВО Курганская ГСХА с 2001-2018 гг. Годы исследований (2001-2018 гг.) характеризовались различными метеорологическими условиями. Наблюдениями установлено, что 2002 год отличался хорошим увлажнением, ГТК периода вегетации составил 1,74. Пять лет или в 25 % случаев режим увлажнения был удовлетворительным (2001, 2011, 2014, 2015, 2017 гг.) ГТК периода вегетации изменялся от 1,03 до 1,19. Двенадцать лет были засушливыми (65 % случаев) с ГТК 0,6-1,0, из них три года 2004, 2010 и 2012 были острозасушливыми, когда за вегетацию выпало от 34,2 % до 69,9% от нормы осадков.

Фитосанитарное состояние агроценозов кормовых культур (особенности проявления и динамика развития корневых гнилей) в большей степени зависело от метеорологических условий периода вегетации.

При закладке опытов по оценке эффективности применения минеральных и органоминеральных удобрений, биологических препаратов, регуляторов роста, фунгицидов для предпосевной обработки семян против корневых гнилей и фузариоза однолетних кормовых культур (яровой ячмень, горох, яровой рапс) посев проводили сеялками СН-16, ССНП-1,6, СЗС-2,1, уборку урожая – прямым комбайнированием Сампо 500. Площадь делянки 12,5-25,0 м², повторность опытов четырехкратная. Минеральные удобрения вносили под предпосевную обработку, опрыскивание посевов жидкими органоминеральными удобрениями проводили в период вегетации ранцевым опрыскивателем, протравливание семян проводили перед посевом с увлажнением.

Структура сапротрофного бактериального комплекса исследовалась методом посева почвенной суспензии на селективные питательные среды: аммонификаторы – на мясо-пептонном агаре (МПА), бактерии, ус-

ваивающие минеральный азот, – на крахмало-аммиачном агаре (КАА), нитрификаторы – на среде Виноградского, олигонитрофилы и бактерии фиксирующие азот – на среде Эшби, денитрификаторы – на среде Гетченсона. Численность микроорганизмов выражали в колониеобразующих единицах – КОЕ/г почвы [6]. Оценку общей супрессивности почвы определяли по подавлению почвой роста фитопатогенных грибов [8].

Результаты, полученные в ходе наблюдений, подвергали методам дисперсионного, корреляционного анализов, по алгоритмам, предложенным Б.А. Доспеховым (1985) [3]. Обработку данных опыта проводили на ЭВМ типа IBM PC в среде Microsoft Office в программе Excel.

Результаты исследований. Обсуждение

Влияние минеральных удобрений препаратов для предпосевной обработки семян на микробиологическую активность и супрессивность почвы в ризосфере ярового ячменя

В ризосфере ячменя при внесении минеральных удобрений (NP и NPK) отмечалось существенное увеличение аммонифицирующих бактерий, усваивающих органические и минеральные формы азота. Так, численность бактерий, растущих на МПА, увеличивалась относительно контроля в 2,2 раза, а количество бактерий на КАА в 1,8-2,0 раза (табл. 1). Общая численность протеолитической и амилитической микрофлоры возрастала при внесении NP и NPK до 9,94 млн КОЕ/г почвы, тогда как в контроле и при раздельном внесении элементов питания их численность не превышала 4,68 млн КОЕ/г почвы.

Количество бактерий растущих на СВ существенно уменьшалось относительно контроля при внесении минеральных удобрений до 0,26-0,53 млн. Численность денитрифицирующих и целлюлозоразлагающих бактерий (СГ) при внесении в почву NP и NPK существенно увеличивалась до 7,59-11,46 млн КОЕ/г почвы, что в 1,6-2,4 раза выше контроля. При внесении N и P количество этих групп бактерий не превышало 0,40 млн КОЕ/г почвы.

Таким образом, изменение численности одних групп микроорганизмов неизбежно приводило и к изменению других групп микроорганизмов в микробоценозе. Более влажные погодные условия вегетационного периода 2002 года оказывали существенное влияние на численность микроорганизмов ризосферы ячменя. Что же касается периода вегетации 2003 г., то значительных скачков в изменении численности изучаемых групп микроорганизмов отмечено не было.

Таблица 1.

Влияние минеральных удобрений на численность эколого-трофических групп микроорганизмов в ризосфере ярового ячменя, 2002-2003 гг.

Вариант (В)	Год (А)	Численность микроорганизмов, млн КОЕ г/ почвы					
		МПА	КАА	МПА+КАА	СВ	СГ	СЭ
Контроль	2002	5,65	1,55	7,20	0,95	8,43	2,23
	2003	0,63	1,54	2,16	0,51	0,93	0,64
	сред.	3,14	1,54	4,68	0,73	4,68	1,43
N ₆₀	2002	1,53	0,15	1,68	0,33	0,14	1,20
	2003	0,84	2,07	2,91	0,57	0,08	0,90
	сред.	1,18	1,11	2,29	0,45	0,11	1,05
P ₆₀	2002	4,13	0,78	4,90	0,40	0,72	1,08
	2003	0,46	1,42	1,88	0,13	0,08	1,02
	сред.	2,29	1,10	3,39	0,26	0,40	1,05
N ₆₀ P ₆₀	2002	12,15	3,28	15,43	0,60	21,13	0,99
	2003	1,03	2,45	3,49	0,65	1,80	2,23
	сред.	6,59	2,86	9,46	0,63	11,46	1,61
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	2002	12,28	3,38	15,65	0,38	13,62	0,83
	2003	1,41	2,83	4,24	0,69	1,56	2,90
	сред.	6,84	3,10	9,94	0,53	7,59	1,86
НСР ₀₅ для фактора В		0,26	0,18	0,25	0,15	0,31	0,17

* МПА – мясоептонный агар, КАА – крахмало-аммиачный агар, СВ – среда Виноградского, СГ – среда Гетчинсона, СЭ – среда Эшби.

Максимальное влияние погодные условия года оказывали на бактерии, потребляющие органические (МПА) и неорганические (КАА) формы азота, доля влияния этого фактора в фазы кущения и колошения ярового ячменя составляла 40,3-91,1%, тогда как доля влияния минеральных удобрений была на уровне 4,5-46,4%. На развитие остальных групп бактерий в большей степени оказывали влияние минеральные удобрения – 26,0-51,4%.

В фазу созревания ячменя на все группы микроорганизмов существенное влияние оказывали минеральные удобрения: доля влияния фактора минеральные удобрения на численность аммонифицирующих бактерий (МПА и КАА) составила 27,3-73,1%, а на бактерии, растущие на СВ, СЭ и СГ – 18,5-39,3%. В целом на развитие почвенного микробценоза оказывали влияние как погодные условия года, так и вид минерального удобрения.

При внесении минеральных удобрений за период исследований наблюдалось увеличение степени минерализации органического вещества. В среднем за период исследований коэффициент минерализации при вне-

сении минеральных удобрений изменялся от 1,38 до 1,52. Коэффициент трансформации органического вещества увеличивался при внесении комплексных минеральных удобрений до 7,57-7,92, свидетельствуя об интенсивной трансформации растительных остатков в органическое вещество. Все эти факторы влияли на паразитическую активность и выживаемость фитопатогенов в почве.

Отмечены достоверные отличия в супрессивности при внесении в почву минеральных удобрений. При внесении в почву комплексных минеральных удобрений супрессивность почвы в отношении *Bipolaris sorokiniana* увеличивалась до 63,2% или в 2,1-2,3 раза по сравнению с контролем (табл. 2).

Таблица 2.

**Супрессивность ризосферной почвы против доминирующих видов
корневой гнили ярового ячменя, %, 2016-2018 гг.**

Вариант	<i>Bipolaris sorokiniana</i>	<i>Fusarium oxysporum</i>
Контроль	27,9	15,1
N ₆₀	39,2	55,1
P ₆₀	51,5	50,3
N ₆₀ P ₆₀	58,7	56,7
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	63,2	56,4
НСП ₀₅	4,6	3,4

В отношении к *Fusarium oxysporum* супрессивность почвы при внесении всех изучаемых минеральных удобрений возрастала в 3,3-3,8 раза. Отмечена отрицательная корреляционная зависимость между супрессивностью почвы и развитием корневой гнили ярового ячменя, которая составила -0,93, уравнение регрессии имело следующий вид: $y = 47,08 - 0,05x$.

Положительное действие предпосевной обработки семян биопрепаратами на эколого-трофические группы ризосферных микроорганизмов сохранялось на протяжении всего периода вегетации ярового ячменя.

Количество бактерий, усваивающих органические формы азота (бактерии на МПА) увеличивалось в 1,1-1,9 раз при обработке семян Фитоспорином и Интегралом, а при обработке Триходермином и Планризом снижалась до 0,50-1,08 млн КОЕ/г почвы. Численность бактерий, усваивающих минеральные формы азота (бактерии на КАА) достоверно возрастала при обработке семян биопрепаратами до 2,97-5,20 млн КОЕ/г почвы или в 1,8-3,1 раза относительно контроля. Общая численность протеолитической и амилолитической микрофлоры увеличивалась в 1,2-2,3 раза при обработке семян биофунгицидами. Численность нитрифицирующих бактерий

(бактерии на СВ) в ризосфере растений, семена которых были обработаны биопрепаратами, достоверно увеличивалась по сравнению с контролем в 1,6-2,4 раза. Количество денитрифицирующих и целлюлозоразлагающих бактерий (бактерии на СГ) не превышало или было на уровне контроля и составляло 0,11-0,14 млн КОЕ/г почвы. Олигонитрофильные и азотфиксирующие бактерии увеличивали свою численность в 1,4-2,2 раза при обработке семян Фитоспорином, Интегралом и Планризом, а при обработке Триходермином их численность снижалась до 1,11 млн КОЕ/г почвы.

На протяжении всего периода вегетации влияние биопрепаратов на основные группы бактерий ризосферы ячменя остается высоким. Доля влияния фактора «Биофунгициды» составляла от 68,5-89,8% в фазу кушения до 12,1-89,2% в фазу созревания ячменя. Погодные условия года оказывали незначительное влияние на формирование и численность основных групп почвенных микроорганизмов, доля влияния этого фактора составляла от 2,9-8,4% в фазу кушения, до 7,1-54,9% в фазу созревания ячменя.

На протяжении всего периода исследований наблюдалось увеличение степени минерализации органического вещества при обработке семян биопрепаратами до 2,06-2,96. Коэффициент трансформации органического вещества в ризосфере ячменя увеличивался при обработке семян биопрепаратами от 2,75 до 6,19 или в 1,1-2,5 раза.

Влияние минеральных удобрений и препаратов для предпосевной обработки семян на микробиологическую активность и супрессивность почвы в ризосфере гороха

Численность аммонификаторов, усваивающих органические формы азота (бактерии на МПА) во всех вариантах опыта существенных отличий от контроля не имела и не превышала 2,75 млн КОЕ/г почвы. Максимальная численность бактерий на КАА была отмечена при внесении NP и NPK и составляла 4,78-5,15 млн КОЕ/г почвы или в 1,2-1,3 раза выше контроля. Протеолитическая и амилитическая группа микроорганизмов существенно увеличивалась относительно контроля при NP и NPK до 7,65 млн КОЕ/г почвы (табл. 3).

Количество нитрифицирующих микроорганизмов при внесении в почву минеральных удобрений существенно снижалась относительно контроля до 2,13-2,53 млн КОЕ. Максимальная численность целлюлозоразлагающих и денитрифицирующих бактерий была отмечена при внесении в почву азотного удобрения и составила 0,21 млн КОЕ, что существенно выше по сравнению со всеми вариантами опыта.

Таблица 3.

Влияние минеральных удобрений на численность эколого-трофических групп почвенных микроорганизмов, 2008-2009 гг.

Вариант	Численность микроорганизмов по группам, в млн КОЕ/г почвы					
	МПА	КАА	МПА+КАА	СВ	СГ	СЭ
Контроль	2,35	3,90	6,25	2,93	0,13	0,36
N ₂₀	1,95	3,65	5,60	2,30	0,21	0,27
P ₄₀	2,45	4,40	6,85	2,13	0,16	0,36
N ₂₀ P ₄₀	2,75	4,78	7,53	2,53	0,14	0,38
N ₂₀ P ₄₀ K ₂₀	2,50	5,15	7,65	2,45	0,12	0,42
НСП ₀₅	0,40	0,82	1,05	0,40	0,04	0,05

* МПА – мясоептонный агар, КАА – крахмало-аммиачный агар, СВ – среда Виноградского, СГ – среда Гетчинсона, СЭ – среда Эшби

Олигонитрофильные и азотфиксирующие бактерии (бактерии на СЭ) повышали свою численность при внесении НРК до 0,42 млн КОЕ, что существенно выше по сравнению со всеми вариантами опыта. При внесении азотного удобрения азотфиксаторы снижались до 0,27 млн КОЕ/г, что значительно ниже относительно всех изучаемых вариантов.

Коэффициент минерализации азота во всех вариантах опыта был выше единицы, что свидетельствовало об интенсивной минерализации растительных остатков в почве. Коэффициент трансформации органического вещества (Кпт) при внесении в почву минеральных удобрений увеличился в 1,6-1,8 раза, свидетельствуя об интенсивной трансформации растительных остатков в органическое вещество почвы.

Внесение в почву минеральных удобрений способствовало увеличению общего числа бактерий и актиномицетов в ризосфере гороха. Среди бактерий существенно увеличивалась численность потребителей органического и минерального азота, повышалась активность протеазы, целлюлазы, каталазы и инвертазы. Сочетание этих факторов обеспечивало повышение супрессивности почвы к основным возбудителям корневых гнилей и фузариоза гороха.

Внесение минеральных удобрений способствовало развитию сапротрофного бактериального комплекса, повышению активности почвенных ферментов, что в свою очередь оказывало существенное влияние на повышение супрессивности ризосферной почвы к основным возбудителям фузариоза гороха (табл. 4).

Отмечены достоверные отличия в супрессивности почвы к *Fusarium oxysporum* и *Fusarium culmorum* при внесении минеральных удобрений. В контроле супрессивность почвы к изучаемым фитопатогенам составляла 12,7-16,0 %, тогда как при внесении удобрений она увеличивалась в отно-

шении *Fusarium oxysporum* в 2,5-4,6 раза, а в отношении *Fusarium culmorum* в 2,4-3,8 раза. Корреляционная зависимость между супрессивностью почвы и развитием фузариоза гороха составляла соответственно -0,90, уравнение регрессии имело следующий вид: $y = 54,11 - 0,05x$.

Таблица 4.

Супрессивность ризосферной почвы против возбудителей фузариоза гороха, %, 2016-2018 гг.

Вариант	<i>Fusarium oxysporum</i>	<i>Fusarium culmorum</i>
Контроль	12,7	16,0
N ₂₀	31,8	38,2
P ₄₀	38,0	44,2
N ₂₀ P ₄₀	44,8	51,9
N ₂₀ P ₄₀ K ₂₀	58,6	61,1
НСП ₀₅	8,7	12,8

При обработке семян гороха Фитоспорином и Иммуноцитифитом активность почвенных микроорганизмов существенно не изменялась. Обработка семян гороха химическими препаратами негативно сказывалась на численности ризосферных микроорганизмов. Коэффициент минерализации органического вещества в почве возрастал в ризосфере растений, семена которых обрабатывались перед посевом химическими и биологическими препаратами и составлял 1,60-1,83. Коэффициент трансформации почвенного органического вещества напротив снижался в вариантах с предпосевной обработкой семян препаратами в 1,6-2,1 раза.

На формирование эколого-трофических групп микроорганизмов в ризосфере гороха ведущее значение оказывали условия периода вегетации. Доля влияния погодных условий года на формирование микробоценоза ризосферы на начальных этапах развития гороха составляла 26,3-87,5%, сила влияния фактора «Препараты» имела существенное значение и составляла 8,6-60,7%.

Влияние минеральных и органоминеральных удобрений на микробиологическую активность и супрессивность почвы в ризосфере ярового рапса

При внесении в почву азотно-фосфорного удобрения отмечалось увеличение числа бактерий – потребителей органического и минерального азота (бактерии на МПА и КАА). Так, количество бактерий на МПА возрастало в 1,3 раза, а бактерий на КАА – в 1,5 раза. Нитрифицирующие (бактерии на СВ), олигонитрофилы и азотфиксирующие (СЭ) бактерии, напротив, снижали свою численность соответственно до 1,23 и 0,78 млн КОЕ/г почвы,

что в 1,7 и 1,3 раза ниже контроля. Количество целлюлозоразлагающих и денитрифицирующих бактерии (бактерии на СГ) при внесении азотно-фосфорного удобрения существенно увеличивалось до 1,59 млн КОЕ/г почвы.

Коэффициент минерализации азота при внесении NP составлял 1,15, что свидетельствовало об интенсивной минерализации растительных остатков в черноземе выщелоченном. Коэффициент трансформации органического вещества увеличивался с 4,10 в контроле до 4,88 при внесении минерального удобрения.

В ризосфере ярового рапса при внесении азотно-фосфорного удобрения существенно увеличивалось количество бактерий – потребителей органического и минерального азота, а также целлюлозоразлагающих и денитрифицирующих бактерий, повышалась активность почвенных ферментов. Все это указывает на то, что повышалась супрессивность и антагонистическая активность сапротрофной микрофлоры почвы (табл. 5).

Таблица 5.

Супрессивность ризосферной почвы против возбудителей фузариоза ярового рапса, %, 2016-2018 гг.

Вариант	<i>Fusarium oxysporum</i>	<i>Fusarium avenaceum</i>
Контроль	19,5	21,2
N ₆₀ P ₃₀	43,7	48,4
НСП ₀₅	12,2	12,3

При внесении азотно-фосфорного удобрения в дозе N₆₀P₃₀ по действующему веществу отмечались достоверные отличия в супрессивности почвы к возбудителям фузариоза ярового рапса. Так, в контроле супрессивность почвы по отношению к фитопатогенам составляла 19,5-21,2%, а при внесении минерального удобрения увеличивалась по отношению к *Fusarium oxysporum* в 2,2 раза, к *Fusarium avenaceum* – в 2,3 раза.

Было исследовано влияние жидких органоминеральных удобрений на микроценоз почвы и установлено, что в засушливых условиях 2016 года численность микроорганизмов всех изучаемых групп была достаточно низкой. Аммонифицирующие микроорганизмы, усваивающие органический азот (бактерии на МПА) увеличивали свою численность при обработке посевов удобрениями в 1,8-2,1 раза, исключение составляет вариант с Интермаг Профи Олеистые (1 л/га) + Ультрамаг Бор (1 л/га). Численность микроорганизмов этой группы была на уровне контроля и составляла 2,58 млн КОЕ/г почвы. Численность бактерий, потребляющих неорганический азот (бактерии на КАА), была выше в 1,9-2,1 раза на вариантах с обработ-

кой посевов смесью удобрений Интермаг Профи Олеистые (1 л/га) + Ультрамаг Бор (1 л/га) + Биостим Масличный (1 л/га). Следует отметить, что численность микроорганизмов этой группы в большой степени зависела от условий увлажнения периода вегетации.

Количество бактерий на СВ в засушливых условиях 2016 г. резко снижало свою численность в 2,5-2,8 раза, по сравнению с 2017 г., когда условия увлажнения были удовлетворительными (ГТК периода вегетации 1,03). За период исследований численность этой группы бактерий увеличивалась при обработке посевов органоминеральными удобрениями до 5,17-7,12 млн КОЕ/г почвы. Численность целлюлозоразлагающих и денитрифицирующих бактерий (СГ) увеличивалась в 1,5-1,8 раза на вариантах с обработкой посевов органоминеральными удобрениями. Следует отметить, что количество бактерий на СЭ существенно снижалось при обработке посевов Интермаг Профи Олеистые (1 л/га)+ Ультрамаг Бор (1 л/га) до 0,67 млн КОЕ/г, либо оставалось на уровне контроля при обработке Интермаг Профи Олеистые (1 л/га) + Ультрамаг Бор (1 л/га) + Биостим Масличный (1 л/га). В остальных вариантах опыта их численность повышалась до 0,88-1,11 млн КОЕ/г почвы.

Обработка посевов ярового рапса органоминеральными удобрениями способствовала увеличению численности эколого-трофических групп микроорганизмов, более интенсивному разложению органического вещества почвы и повышению активности почвенных ферментов. Все это оказывало влияние на супрессивность почвы и устойчивость рапса к поражению корневыми инфекциями.

Заключение

1. Внесение минеральных удобрений в почву изменяло численность основных эколого-трофических групп микроорганизмов в ризосфере растений (бактерий, усваивающих органические и минеральные формы азота, нитрификаторов, целлюлозоразлагающих и денитрифицирующих бактерий, олигонитрофильных и азотфиксирующих бактерий), а также отмечалось повышение целлюлозоразлагающей, протеолитической, каталазной, инвертазной и общая биологической активности почвы.

2. При внесении минеральных удобрений в ризосфере ярового ячменя отмечалось увеличение супрессивности почвы до 56,7-63,2% в отношении возбудителей корневой гнили. Отмечена отрицательная корреляционная зависимость между супрессивностью почвы и развитием корневой гнили ярового ячменя, которая составила -0,93, уравнение регрессии имело следующий вид: $y = 47,08 - 0,05x$. Супрессивность почвы в отношении возбудите-

лей фузариоза гороха возрастала при внесении минеральных удобрений на 32,2-46,0%. Корреляционная зависимость между супрессивностью почвы, развитием фузариоза гороха составляла соответственно -0,90, уравнения регрессии имели следующий вид: $y = 54,11 - 0,05x$. Супрессивность почвы в отношении возбудителей корневой гнили и фузариоза рапса повышалась до 43,7-48,4% или в 2,2-2,3 раза по сравнению с контролем.

Список литературы

1. Горобей И.М. Болезни зернобобовых культур и их фитосанитарный контроль в Западной Сибири / И.М. Горобей, Н.М. Коняева. Новосибирск: Изд-во ГНУ СибНХСХБ Россельхозакадемии, 2014. 163 с.
2. Долженко В.И. Защита растений: настоящее и будущее // Плодородие. 2018. № 1 (100). С. 24-26.
3. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта: с основами статистической обработки результатов исследований. 5-е изд., доп. и перераб. Москва: Агропромиздат, 1985. 351 с.
4. Захаренко В.А. Пестициды в интегрированном управлении фитосанитарными рисками чрезвычайных ситуаций, вызываемых особо опасными вредителями в агроэкосистемах // Агрохимия. 2016. № 4. С. 25-36.
5. Комарова О.П. Основные принципы экологической защиты растений в орошаемых агроландшафтах // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2021. № 1(61). С. 144-152. <https://doi.org/10.32786/2071-9485-2021-01-14>
6. Методы почвенной микробиологии и биохимии / Под ред. Д.Г. Звягинцева. М.: Изд-во МГУ, 1980. 224 с.
7. Павлюшин В.А. Фитосанитарная безопасность агроэкосистем и дистанционный фитосанитарный мониторинг в защите растений / В.А. Павлюшин, А.К. Лысов // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2019. Т. 16, № 3. С. 69-78. <https://doi.org/10.21046/2070-7401-2019-16-3-69-78>
8. Патент № 2568913 С1 Российская Федерация, МПК G01N 33/00. Способ определения супрессивности почвы: № 2014126924/15: заявл. 01.07.2014; опубл. 20.11.2015 / Е. Ю. Торопова, А. А. Кириченко ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования Новосибирский государственный аграрный университет.
9. Санин С.С. Адаптивно-интегрированные системы защиты сельскохозяйственных культур от болезней при интенсивном растениеводстве: концепция, методология, практика // 50 лет на страже продовольственной безопасности

- страны. Юбилейный сб. тр. РАСХН, ВНИИФ. Большие Вязёмы: ВНИИФ, 2008. С. 602-624.
10. Современные экологические основы интегрированной защиты растений / В.А. Чулкина, Е.Ю. Торопова, О.И. Павлова [и др.] // Защита и карантин растений. 2008. № 9. С. 18-21.
 11. Суханова С.Ф. Использование голозёрного ячменя при кормлении гусят-бройлеров // Птицеводство. 2010. № 6. С. 23-24.
 12. Суханова С.Ф. Ячмень различных сортов в составе комбикормов для молодняка гусей / С.Ф. Суханова, А.А. Грязнов // Птицеводство. 2012. № 6. С. 26-28.
 13. Торопова Е.Ю. Влияние способов обработки почвы на фитосанитарное состояние посевов / Е.Ю. Торопова, В.А. Чулкина, Г.Я. Стецов // Защита и карантин растений. 2010. № 1. С. 26-27.
 14. Торопова Е.Ю. Повышение биологического разнообразия агроэкоисем как фактор контроля фитопатогенов / Е.Ю. Торопова, И.Г. Воробьева, А.А. Рябова // Достижения науки и техники АПК. 2009. № 4. С. 18-19.
 15. Фактологические критерии оценки здоровья сибирских почв / Е.Ю. Торопова, А.Е. Кудрявцев, Г.Я. Стецов, М.П. Селок // Агрохимия. 2020. № 5. С. 3-11. <https://doi.org/10.31857/S0002188120050166>
 16. Фитосанитарная оптимизация агроэкосистем в Западной Сибири / В.А. Чулкина, В.М. Медведчиков, Е.Ю. Торопова [и др.] // Защита и карантин растений. 2007. № 1. С. 14-19.
 17. Чулкина В.А. Типы фитосанитарного мониторинга как основа совершенствования интегрированной защиты растений / В.А. Чулкина, Е.Ю. Торопова, Г.Я. Стецов // Защита и карантин растений. 2010. № 12. С. 12-15.
 18. Шпанев А.М. Эффективность применения минеральных удобрений и интегрированной системы защиты растений в полевом севообороте на Северо-Западе РФ / А.М. Шпанев, М.А. Фесенко, В.В. Смур // Агрохимия. 2021. № 1. С. 12-22. <https://doi.org/10.31857/S0002188121010099>
 19. Postovalov A.A. Pathogenic micromycetes feed crop rhizoplans // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science: The proceedings of the conference AgroCON-2019, Kurgan, April 18–19, 2019. Kurgan: IOP Publishing Ltd, 2019. P. 012158. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/341/1/012158>
 20. Postovalov A.A. Formation of Highly Productive Agrophytocenoses of Peas and Spring Rapeseed in Trans-Urals / A. Postovalov, S. Sukhanova, A. Plotnikov, S. Sazhina, A. Sozinov // International applied research conference «Biological Resources Development and Environmental Management», KnE Life Sciences. 2020. P. 475-481. <https://doi.org/10.18502/kl.v5i1.6109>
 21. Postovalov A.A. The role of mineral fertilizers for controlling spring barley root rot development // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science,

Omsk City, Western Siberia, 04–05 July 2020. Omsk City, Western Siberia, 2021. P. 012089. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/624/1/012089>

References

1. Gorobey I.M., Konyaeva N.M. *Bolezni zernobovovykh kul'tur i ikh fitosani-tarnyy kontrol' v Zapadnoy Sibiri* [Diseases of leguminous crops and their phy-tosanitary control in Western Siberia]. Novosibirsk: Publishing House of the State Scientific Institution of the Siberian Agricultural Academy of the Russian Agricultural Academy, 2014, 163 p.
2. Dolzhenko V.I. *Plodorodie*, 2018, no. 1 (100), pp. 24-26.
3. Dospekhov B.A. *Metodika polevogo opyta: s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy* [Field experience methodology: with the basics of statisti-cal processing of research results]. Moscow: Agropromizdat, 1985, 351 p.
4. Zakharenko V.A. *Agrokimiya*, 2016, no. 4, pp. 25-36.
5. Komarova O.P. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie*, 2021, no. 1(61), pp. 144-152. <https://doi.org/10.32786/2071-9485-2021-01-14>
6. *Metody pochvennoy mikrobiologii i biokhimii* [Methods of soil microbiology and biochemistry] / ed. D.G. Zvyagintsev. M.: Publishing House of Moscow State University, 1980, 224 p.
7. Pavlyushin V.A., Lysov A.K. *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovani-ya Zemli iz kosmosa*, 2019, vol. 16, no. 3, pp. 69-78. <https://doi.org/10.21046/2070-7401-2019-16-3-69-78>
8. Patent No. 2568913 C1 Russian Federation, IPC G01N 33/00. Method for deter-mining the suppressiveness of the soil: No. 2014126924/15: Appl. 07/01/2014: publ. November 20, 2015 / E. Yu. Toropova, A. A. Kirichenko; applicant Fed-eral State Budgetary Educational Institution of Higher Professional Education Novosibirsk State Agrarian University.
9. Sanin S.S. *50 let na strazhe prodovol'stvennoy bezopasnosti strany. Yubileynyy sb. tr. RASKhN, VNIIF* [50 years on guard of the country's food security. Anni-versary Sat. tr. RAAS, VNIIF]. Bol'shie Vyazemy: VNIIF, 2008, pp. 602-624.
10. Chulkina V.A., Toropova E. Yu., Pavlova O.I. et al. *Zashchita i karantin rasteniy*, 2008, no. 9, pp. 18-21.
11. Sukhanova S.F. *Ptitsevodstvo*, 2010, no. 6, pp. 23-24.
12. Sukhanova S.F., Gryaznov A.A. *Ptitsevodstvo*, 2012, no. 6, pp. 26-28.
13. Toropova E. Yu., Chulkina V.A., Stetsov G. Ya. *Zashchita i karantin rasteniy*, 2010, no. 1, pp. 26-27.
14. Toropova E. Yu., Vorob'eva I.G., Ryabova A.A. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*, 2009, no. 4, pp. 18-19.

15. Toropova E.Yu., Kudryavtsev A.E., Stetsov G.Ya., Selyuk M.P. *Agrokhimiya*, 2020, no. 5, pp. 3-11. <https://doi.org/10.31857/S0002188120050166>
16. Chulkina V.A., Medvedchikov V.M., Toropova E.Yu. et al. *Zashchita i karantin rasteniy*, 2007, no. 1, pp. 14-19.
17. Chulkina V.A., Toropova E.Yu., Stetsov G.Ya. *Zashchita i karantin rasteniy*, 2010, no. 12, pp. 12-15.
18. Shpanev A.M., Fesenko M.A., Smuk V.V. *Agrokhimiya*, 2021, no. 1, pp. 12-22. <https://doi.org/10.31857/S0002188121010099>
19. Postovalov A.A. Pathogenic micromycetes feed crop rhizoplasms. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science: The proceedings of the conference AgroCON-2019, Kurgan, April 18–19, 2019*. Kurgan: IOP Publishing Ltd, 2019, 012158. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/341/1/012158>
20. Postovalov A.A. Formation of Highly Productive Agrophytocenoses of Peas and Spring Rapeseed in Trans-Urals / A. Postovalov, S. Sukhanova, A. Plotnikov, S. Sazhina, A. Sozinov. *International applied research conference «Biological Resources Development and Environmental Management»*, *KnE Life Sciences*, 2020, pp. 475-481. <https://doi.org/10.18502/kl.v5i1.6109>
21. Postovalov A.A. The role of mineral fertilizers for controlling spring barley root rot development. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Omsk City, Western Siberia, 04–05 July 2020*. Omsk City, Western Siberia, 2021, 012089. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/624/1/012089>

ДАнные ОБ АВТОРАХ

Постовалов Алексей Александрович, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, завкафедрой экологии, растениеводства и защиты растений
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Курганская государственная сельскохозяйственная академия имени Т.С. Мальцева»
с. Лесниково, Кетовский район, Курганская область, 641300, Российская Федерация
p_alex79@mail.ru

Суханова Светлана Фаилевна, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий лабораторией ресурсосберегающих технологий в животноводстве
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Курганская государственная сельскохозяйственная академия имени Т.С. Мальцева»

*с. Лесниково, Кетовский район, Курганская область, 641300, Российская Федерация
наука007@mail.ru*

Курская Юлия Алексеевна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, заведующая кафедрой зоотехнии
*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Смоленская государственная сельскохозяйственная академия»
ул. Б.Советская, 10/2, г. Смоленск, 214000, Российская Федерация
uliyasml@mail.ru*

DATA ABOUT THE AUTHORS

Alexey A. Postovalov, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Ecology, Plant Growing and Plant Protection
*Kurgan State Agricultural Academy named after T.S. Maltsev
Lesnikovo Village, Ketovsky District, Kurgan Region, 641300, Russian Federation
p_alex79@mail.ru*

Svetlana F. Sukhanova, Dr. Sc. Agr., Professor, Head of the Laboratory of Resource Saving Technologies in Animal Husbandry
*Kurgan State Agricultural Academy named after T.S. Maltsev
Lesnikovo Village, Ketovsky District, Kurgan Region, 641300, Russian Federation
SPIN-code: 6173-5278,
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4921-1725>
Scopus Author ID: 57202812680*

Yulia A. Kurskaya, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Animal Science
*Smolensk State Agricultural Academy
10/2, B. Sovetskaya Str., Smolensk, 214000, Russian Federation
uliyasml@mail.ru*

Поступила 02.12.2021

После рецензирования 09.12.2021

Принята 21.12.2021

Received 02.12.2021

Revised 09.12.2021

Accepted 21.12.2021