

УДК 576.8:631.51:633.11

С.Д. Гилев, И.Н. Цымбаленко, А.Н. Копылов, Н.Ю. Заргарян,

Ю.В. Суркова, В.П. Ефремов

**ИЗМЕНЕНИЕ МИКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТАВА
ВЫЩЕЛОЧЕННОГО ЧЕРНОЗЕМА ЗАУРАЛЬЯ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ
ТЕХНОЛОГИЙ БЕЗ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ**

ФГБНУ «УРАЛЬСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ АГРАРНЫЙ НАУЧНО-
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР УРАЛЬСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»

S.D. Gilev, I.N. Tsybalenko, A.N. Kopylov, N.Yu. Zargaryan, Y.V. Surkova

V.P. Efremov

**CHANGE OF THE MYCOLOGICAL COMPOSITION OF THE LEACHED
BLACK ZEROZEMA OF THE TRANS-URALS WHEN APPLYING TECH-
NOLOGIES WITHOUT TREATING SOIL**

FEDERAL STATE BUDGETARY SCIENTIFIC INSTITUTION «URAL FEDER-
AL AGRARIAN SCIENTIFIC RESEARCH CENTRE, URAL BRANCH OF THE
RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES»

Гилев Сергей Дмитриевич, Gilev Sergey Dmitrievich, кандидат сельскохозяйственных наук kniish@ketovo.zaural.ru; Цымбаленко Иван Николаевич, Tsybalenko Ivan Nikolaevich, кандидат сельскохозяйственных наук kniish@ketovo.zaural.ru; Копылов Артем Николаевич, Kopylov Artem Nikolaevich, кандидат сельскохозяйственных наук artkurgan@mail.ru; Наталья Юрьевна Заргарян, Natalya Yuryevna Zargaryan, кандидат сельскохозяйственных наук, natashazarg@yandex.ru; Суркова Юлия Валерьевна, Surkova Julia Valerevna, кандидат сельскохозяйственных наук kniish@ketovo.zaural.ru; Ефремов Владимир Петрович, Efremov Vladimir Petrovich kniish@ketovo.zaural.ru.

Аннотация. Приведены результаты исследований по применению биопрепаратов, в состав которых входят грибы рода *Trichoderma*, бактерии *Bacillus*

subtilis и *Azotobacter chroococcum*, в технологиях с нулевой и традиционной обработками почвы на яровой пшенице в центральной лесостепной зоне Зауралья. Использование биопрепаратов уменьшило зараженность пожнивных остатков и почвы микромицетами рода *Fusarium* и *Alternaria* в зернопаровом севообороте и на бессменных посевах, что позволило снизить применение химических фунгицидов на 50% без потери урожайности яровой пшеницы.

Ключевые слова: обработка почвы, почвенные грибы, биопрепараты, яровая пшеница.

Annotation. The results of studies on the use of biological products that include *Trishoderma* fungi, bacteria *Bacillus subtilis* and *Azotobacter chroococcum* in technologies with zero and traditional tillage on spring wheat in the central forest-steppe zone of the Trans-Urals are presented. The use of biological products reduced the contamination of crop residues and soil with micromycetes of the genus *Fusarium* and *Alternaria* in grain and steam rotation and on permanent crops, which made it possible to reduce the use of chemical fungicides by 50% and not to lose spring wheat yield.

Keywords: tillage, soil mushrooms, biopreparates, summer wheat.

Введение. Минимизация обработки почвы и прямой посев в современном земледелии вызывают среди ученых и практиков острую дискуссию, порой имея противоречивый характер [1]. Не исключением является и Зауралье, где широкое применение находят технологии с энергосберегающими обработками, что, по праву, можно считать продолжением мальцевского бесплужного земледелия на современном этапе. Однако, при их применении приходится сталкиваться и с серьезными проблемами, к которым относится ухудшение фитосанитарного состояния посевов [2].

Многие ученые отмечают увеличение патогенных форм микроорганизмов, таких как *Fuzarium*, *Alternaria*, *Rhizopus*, *Rhizoctonia* и др. [3]. Для оздоровления почв предпочтение все больше отдается менее опасным средствам – биопрепаратам. Например, в Краснодарском крае рекомендуется применять

живые микроорганизмы в составе бактерий *Azotobacter chroococcum* и почвенного гриба-антагониста *Trichoderma viride*, *T. lignorum* [4].

Для оздоровления черноземных почв Сибири перспективным считается экотип гриба *Trichoderma harzianum*, а препарат на его основе применяется для биоконтроля чернозема выщелоченного [5].

В условиях Зауралья микробиолог И.С. Востров рекомендовал перед заделкой в почву солому и растительные остатки инокулировать полезными грибами так же из рода *Trichoderma* [6].

Биопрепарат Баркон способствует стимулированию роста численности почвенной сапрофитной микробиоты [7]. Максимальный эффект получается при совместном применении данного препарата и минерального азота [8].

Наибольший эффект по разложению соломы дает Трихофит, содержащий микромицет *T. lignorum* [9], а в зоне неустойчивого увлажнения Ставропольского края биопрепараты Стернифаг и Триходермин [10].

Очевидно, что в условиях современного бесплужного земледелия, когда основная масса пожнивных и растительных остатков находится в верхних слоях почвы, использование микробиологических препаратов для снижения заболеваемости и ускорения деструкции зараженных растительных остатков становится важным элементом технологии без обработки почвы [11]. Исходя из этого, для получения новой объективной оценки фитосанитарного состояния почвы в технологиях без обработки ставилась цель – оценить изменения патогенной и полезной микрофлоры почвы под посевами яровой пшеницы, а также установить эффективность биологических препаратов для улучшения фитосанитарного состояния выщелоченного чернозема Зауралья.

Методика. Исследования выполнены в Курганском НИИСХ – филиале ФГБНУ УрФАНИЦ УрО РАН в лаборатории земледелия в рамках Государственного задания Министерства науки и высшего образования по направлению 142 Программы ФНИ государственных академий наук по теме «Усовершенствовать систему адаптивно-ландшафтного земледелия для Уральского региона и создать агротехнологии нового поколения на основе минимиза-

ции обработки почвы, диверсификации севооборотов, интегрированной защиты растений, биологизации, сохранения и повышения почвенного плодородия и разработать информационно-аналитический комплекс компьютерных программ и баз данных, обеспечивающий инновационное управление системой земледелия».

Центральная зона Курганской области, где проводили исследования, характеризуется достаточно засушливым климатом (в июне 2018 года влагообеспеченность отмечалась меньше на 19,8 мм, в 2019 году на 14,3 мм против нормы, в июле соответственно на 11,2 и 12,3 мм). Температурный режим в июне 2019 года был на уровне среднемноголетнего показателя (19,4°C), в 2018 году несколько ниже (на 2,1°C). В июле отмечалась знойная погода как в 2018, так и в 2019 годах, особенно во второй декаде месяца (среднесуточная температура составила – 24,5°, что на 5,1°C выше среднемноголетней).

В опыте изучаются две технологии возделывания яровой пшеницы без обработки почвы в севообороте пар химический - три пшеницы и при бесменном возделывании. Сравниваются они с традиционной технологией (ежегодная вспашка), минимальной (осенняя поверхностная обработка БДМ) и целинным участком, где более 40 лет произрастает луговая растительность. Посев проводили по оставленной с осени стерне сеялкой СКП-2,1, оборудованной узкими анкерными сошниками, с нормой высева 3,5-4,0 млн. всхожих зерен на гектар. В первой технологии система защиты от болезней и сорняков предусматривала только химический способ борьбы (протравливание семян и обработка посевов фунгицидом в фазу флаг-листа пшеницы, гербициды применяли в паровом поле, перед посевом и в период вегетации). Во второй технологии в 2018 году проводили обработку растительных остатков и поверхности почвы смесью биопрепаратов (грибы рода *Trichoderma*, бактерии *Bacillus subtilis* и *Azotobacter chroococcum*), этими же препаратами обеззараживали семена. В 2019 году применяли препарат Стерня-12 для оздоровления почвы и ускорения разложения соломы, семена обрабатывали биопре-

паратом Фитоспорин АС с добавлением уменьшенной на половину дозы химического протравителя.

В период вегетации в 2018 году в посевах пшеницы применяли *Bacillus subtilis* в комплексе с макро- и микроэлементами, в 2019 году – Фитоспорин-М АС (дважды), что позволило на 50% уменьшить дозу химического фунгицида. Гербициды применяли по той же схеме, что и в первой технологии.

На вариантах технологий с отвальной и минимальной системами обработки почвы посев пшеницы проводили сошниками культиваторного типа с нормой высева 4,5-5,0 млн./га. Борьба с сорняками велась гербицидами в фазу кущения, фунгицид применяли по флаговому листу пшеницы. Использовали сорт яровой пшеницы местной селекции – Зауралочка.

Система минерального питания во всех технологиях представлена только азотными удобрениями (N40), так как подвижным фосфором (по Чирикову) почва опытного участка (маломощный среднесуглинистый выщелоченный чернозем, с содержанием гумуса в пахотном слое – 4,36-4,62%) обеспечена выше средней степени. Общая площадь делянки 288 м² (7,2х40), учетная 80 м² (2х40). Повторность четырехкратная.

Выделение групп микромицетов в почвенных образцах с вариантов опыта (перед посевом, с глубины 0-10 см) проводили по общепринятым методикам серийных разведений с последующим посевом почвенной суспензии на плотные питательные среды [12,13].

Результаты. Наличие пожнивных растительных остатков на поверхности почвы является основным критерием нулевой технологии. Такое обилие пищи создает условия для активного развития различных микроскопических организмов, в том числе и патогенных для сельскохозяйственных культур. При учете микромицетов на растительных остатках яровой пшеницы в севообороте и на бессменных посевах наибольшую долю составили грибы рода *Fusarium*, *Alternaria* (95-100%), существенно меньше отмечено *Bipolaris sorokiniana* (не более 5%).

Применение биологических препаратов (грибы рода *Trichoderma*, бактерии *Bacillus subtilis* и *Azotobacter chroococcum*) в 2018 году перед посевом и по вегетации позволило несколько уменьшить развитие патогенных грибов на стерне и растительных остатках весной 2019 года. Распространение микромицетов рода *Fusarium* снизилось в севообороте с 95 до 88%, рода *Alternaria* с 95 до 82%, отмечалось незначительное уменьшение указанных объектов и на бессменной пшенице. Присутствие *Bipolaris sorokiniana* (3-5%) на жнивье впоследствии не могло иметь негативного влияния на культуру. Положительным является присутствие на пожнивных остатках гриба-антагониста из рода *Trichoderma*, даже в небольшом количестве (2%) (таблица 1).

Таблица 1 – Зараженность пожнивных остатков пшеницы в технологии без обработки почвы на естественном фоне и при применении биологических препаратов, %, 2019 г.

Вариант	Патогенные грибы			Гриб-антагонист
	<i>Bipolaris sorokiniana</i>	<i>Fusarium</i> spp.	<i>Alternaria</i> spp.	<i>Trichoderma</i> spp.
Применение химических средств защиты				
Пшеница в севообороте	3	95	95	0
Бессменная пшеница	5	95	100	0
Комбинированное применение (химические + биологические средства)				
Пшеница в севообороте	3	88	82	2
Бессменная пшеница	0	97	97	0

Оценивая микробоценоз почвенного покрова, в опытных делянках было отмечено, что влияние обработки почвы значительно отражается на содержании микромицетов. При переходе от традиционной технологии (ежегодная вспашка) к минимальной значительно возрастает количество грибов рода *Penicillium*, *Mucor*, *Aspergillus*, *Fusarium* в 1,3 – 5 раза, что естественно, так как они участвуют в деструкции поступившего свежего органического вещества (солома) в верхних слоях почвы. Рассматривая целинный участок как оптимально сбалансированный по микробному сообществу (эталон),

нужно отметить, что микромицеты в анализируемых технологиях могут проявлять фитотоксичный эффект в отношении яровой пшеницы, особенно грибы из рода *Fusarium*. Максимальное увеличение данной группы микромицетов прослеживалось в технологии без обработки почвы (химические средства защиты) по сравнению с традиционной обработкой в севообороте в 5 раз (с 7 до 35 тыс. КОЕ/1г почвы), в бессменных посевах пшеницы в 17 раза (с 7 до 120 тыс. КОЕ/1г почвы). С вариантом минимальной обработки увеличение произошло в 2,3 и 2,2 раза соответственно. А вот плесневых грибов, особенно *Penicillium* и *Mucor* стало значительно меньше (таблица 2).

Таблица 2 – Фитопатологическое состояние верхнего слоя (0-10 см) чернозема выщелоченного на фоне различных технологий возделывания яровой пшеницы и средств интенсификации, 2019 г.

Вариант	Тыс. КОЕ в 1 г почвы на ЧА					
	Fusarium	Aspergillus	Penicillium	Mucor	Trichoderma	Актиномицеты
Целинный участок	0	24	4	0	5	33
Традиционная технология (ежегодная вспашка)						
Пшеница в севообороте	7	46	46	33	0	27
Бессменная пшеница	7	13	7	7	0	60
Минимальная технология						
Пшеница в севообороте	15	78	51	55	0	9
Бессменная пшеница	54	70	20	7	0	10
Технология без обработки почвы (химические средства защиты)						
Пшеница в севообороте	35	34	25	2	22	0
Бессменная пшеница	120	23	3	0	0	0
Без обработки почвы (химические + биологические средства)						
Пшеница в севообороте	15	4	7	5	2	0
Бессменная пшеница	17	3	7	0	5	0

В почве обнаружены так же и колонии гриба-антагониста рода *Trichoderma* (22 тыс. КОЕ/1г почвы), что может служить естественным препятствием на пути возникновения заболеваний фузариозом.

На вариантах с бесплужной технологией ранней весной не обнаружены актиномицеты по сравнению с минимальной и отвальной обработкой почвы, где средние показатели варьируют от 9 до 60 тыс. КОЕ/1г почвы. Что может свидетельствовать о снижении процессов образования и минерализации гумуса. Мы считаем, что такая закономерность связана с погодными условиями периода отбора почвенных образцов (недостаточная влагообеспеченность почвы на фоне прохладной погоды), что и не позволило проявиться актиномицетам. Учитывая, что стерневые фоны медленнее прогреваются, позднее достигая физической спелости, снижение этой важной группы микроорганизмов в ранневесенний период будет компенсироваться в более поздние летние сроки вегетации пшеницы.

Достаточное количество актиномицетов (в сравнении с целинным участком) при отвальной и минимальной обработке почвы оказывало антагонистические свойства в отношении патогенных грибов, в том числе и грибов рода *Fusarium* [14].

Применение биопрепаратов, содержащих группу микроорганизмов (гриб *Trichoderma*, бактерий *Bacillus subtilis* и *Azotobacter chroococcum*), снизило в почве количество патогенных грибов из рода *Fusarium* в севообороте в 2 раза, в бессменных посевах пшеницы в 7 раз по отношению к чисто химическим вариантам. Насыщенность чернозема выщелоченного плесневым грибом *Aspergillus spp.* уменьшилась в 8 раз.

В среднем за два года исследований (2018-2019 гг.) при нулевой технологии с полной защитой химическими средствами средняя урожайность в зернопаровом севообороте составила 19,5 ц/га, при бессменном возделывании 14,7 ц/га, что практически равноценно урожайности, полученной при комбинированной защите (химические + биологические средства), соответственно 19,0 и 15,1 ц/га (таблица 3). Считаем, что это обусловлено коротким периодом (два года) их использования, при более же длительном и систематическом применении биологи-

ческих средств можно ожидать положительные изменения в виде повышения урожая зерна. На данный момент можно констатировать, что уменьшение пестицидной нагрузки путем снижения дозы фунгицида на 50% и замены его биопрепаратами не привело к снижению урожайности яровой пшеницы, что можно считать методом улучшения экологической ситуации в агротехнологии.

Таблица 3 – Урожайность яровой пшеницы в севообороте и при бессменном возделывании по технологии без обработки почвы, ц/га, 2018-2019 гг.

Вариант	Годы		
	2018	2019	2018-2019
Химическая защита			
Пшеница в севообороте	21,1	17,9	19,5
Бессменная пшеница	18,2	11,1	14,7
Комбинированная защита (химические + биологические средства)			
Пшеница в севообороте	21,5	16,5	19,0
Бессменная пшеница	20,0	10,2	15,1
НСР ₀₅	4,2	2,5	

Заключение. Таким образом, переход с традиционной и минимальной технологий возделывания яровой пшеницы на технологию без обработки почвы сопряжен с увеличением развития патогенных грибов как на пожнивных остатках (*Fusarium* и *Alternaria* – 95-100%), так и в почве (увеличилась численность грибов рода *Fusarium* в севооборотной почве более чем в 5 раз, а в бессменных посевах в 17 раз).

Опрыскивание растительных остатков и стерни в весенний период биопрепаратами уменьшило распространение микромицетов рода *Fusarium* и *Alternaria* в севообороте на 7-13%. В почве снизилось содержание патогенных грибов из рода *Fusarium* (в севообороте в 2 раза, в бессменных посевах пшеницы в 7 раз).

Достоверной разницы в урожайности яровой пшеницы на нулевой технологии с полной защитой химическими средствами и при комбинированной защите (химические + биологические средства) отмечено не было. Однако 50%-я замена химических фунгицидов на биопрепараты является безусловно положи-

тельными моментами в улучшении экологической обстановки в технологии без обработки почвы.

Список литературы

1. Кирюшин В.И., Дридигер В.К., Власенко А.Н., Власенко Н.Г., Козлов Д.Н., Кирюшин С.В., Конищев А.А. Методические рекомендации по разработке минимальных систем обработки почвы и прямого посева. М.: ООО «Издательство МБА», 2019. – 136 с.

2. Кирюшин В.И. Минимизация обработки почвы: перспективы и противоречия / Пути решения экологических проблем в сельскохозяйственном производстве Урала: Сборник трудов науч.-практ. конф. – Екатеринбург, 2007. – С.19 – 27.

3. Шуляковская Л.Н., Соснова Н.А. Пути повышения плодородия // Защита и карантин растений. – 2012. – №8. – С. 14 – 15.

4. Котляров В.В., Седина Н.А., Донченко Д.Ю., Котляров Д.В. Системное использование препаратов на основе бактерий и грибов в защите растений и улучшение микробиологического состава почв. // Научный журнал КубГАУ. – №105 (01). – 2015. – С. 11 – 23.

5. Свистова И.Д., Сенчакова Т.Ю. Экологическая пластичность грибов рода *Trichoderma* в черноземе выщелоченном // Почвоведение. – 2010. – №3. – С. 342 – 348.

6. Востров И.С. Рациональное использование микроорганизмов для повышения потенциального плодородия почв // Вестник сельскохозяйственной науки. – 1989. – №1 (389). С 103-109.

7. Русакова И.В., Воробьев Н.Н. Использование препарата Баркон для инокулирования соломы, применяемой в качестве удобрений // Достижения науки и техники АПК. – 2011. – №8. – С. 25 – 28.

8. Русакова И.В. Теоретические основы и методы управления плодородием почв при использовании растительных остатков в земледелии: монография. – Владимир: ФГБНОУ ВНИИОУ, 2016. – 131 с.

9. Лазарев В.И., Айдиев А.Я., Тарасов В.А. Разложение пшеничной соломы под влиянием микробиологических препаратов Гуансин и Трихофит // Земледелие. – 2014. – №8. – С. 20 – 22.

10. Богатырева Е.В. Эффективность соломоразлагающих биопрепаратов в зоне неустойчивого увлажнения Ставропольского края // Достижения науки и техники АПК. – 2014. – №9. – С. 31 – 33.

11. Леонтьев Г.С. «Мальцевский крест». – Курган: Центр «Отклик», 2011. – 392 с.

12. Звягинцев Д.Г. Методы почвенной микробиологии и биохимии. – М.: Изд-во МГУ, 1980. – 224 с.

13. Титова В.И., Козлова А.В. Методы оценки функционирования микробоценоза почвы, участвующего в трансформации органического вещества: научно-методическое пособие. – Нижний Новгород, 2012. – 64 с.

14. Ланкина Е. П. Выделение почвенных грибов-антагонистов и анализ их антибиотической активности в отношении фитопатогенных грибов р. *Fusarium* и р. *Вірolaris* / Современные тенденции развития АПК в России: мат-лы V Междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых Сибирского федерального округа. – Красноярск, 2007. – С. 166 – 170.

Реферат.

Введение. В условиях бесплужного земледелия основная масса пожнивных и растительных остатков находится в верхних слоях почвы, для снижения заболеваемости и ускорения их деструкции необходимо использовать микробиологические препараты. Исходя из этого, для оценки фитосанитарного состояния почвы в технологиях без обработки поставлена цель – оценить изменения патогенной и полезной микрофлоры почвы под посевами яровой пшеницы, а также установить эффективность биологических препара-

тов для улучшения фитосанитарного состояния выщелоченного чернозема Зауралья.

Методика. Исследования выполнены в Курганском НИИСХ – филиале ФГБНУ УрФАНИЦ УрО РАН, расположенном в Курганской области, которая характеризуется достаточно засушливым климатом. В опыте изучались две технологии возделывания яровой пшеницы без обработки почвы: в зернопаровом севообороте и при бессменном возделывании, сравнивались с ежегодной вспашкой, минимальной обработкой и целинным участком. Система защиты от болезней предусматривала химический способ борьбы и химический + биологический, с использованием биопрепаратов *Trichoderma*, бактерии *Bacillus subtilis* и *Azotobacter chroococcum*.

Результаты. На вариантах возделывания яровой пшеницы без обработки почвы в сравнении с традиционной и минимальной технологиями произошло увеличение развития патогенных грибов рода *Fusarium* в севооборотной почве более чем в 5 раз, в бессменных посевах в 17 раз, зараженность пожнивных остатков грибами рода *Fusarium* и *Alternaria* составила 95-100%.

Обработка биопрепаратами стерни в весенний период уменьшило распространение микромицетов рода *Fusarium* и *Alternaria* в севообороте на 7-13%. Содержание патогенных грибов рода *Fusarium* снизилось в почве севооборота в 2 раза, в бессменных посевах пшеницы в 7 раз.

В результате замены половины химических фунгицидов на биологические препараты был сохранен уровень урожайности яровой пшеницы, что ведет к улучшению экологической обстановки в технологиях без обработки почвы.

Abstract.

Introduction. Under conditions of free-growing agriculture, the bulk of crop and plant residues are in the upper layers of the soil, to reduce the incidence and accelerate their destruction, it is necessary to use microbiological preparations. On this basis, to assess the phytosanitary state of the soil in technologies without

treatment, the goal was to assess the changes in the pathogenic and beneficial microflora of the soil under spring wheat crops, and also to establish the effectiveness of biological preparations for improving the phytosanitary state of the leached chernozem of the Trans-Urals.

Methodology. The studies were performed at the Federal state budgetary scientific institution «Ural federal agrarian scientific research centre, ural branch of the Russian academy of sciences» located in the Kurgan region, which is characterized by a rather arid climate. In the experiment, two technologies were studied for cultivating spring wheat without tillage: in grain-crop rotation and permanent cultivation, they were compared with annual plowing, minimal cultivation, and virgin land. The system of protection against diseases included a chemical control method and a chemical + biological one, using Trichoderma biological products, Bacillus subtilis and Azotobacter chroococcum bacteria.

Results. Compared to traditional and minimal technologies, spring wheat cultivation without cultivation compared to traditional and minimal technologies resulted in an increase of more than 5 times in the development of pathogenic Fusarium fungi in crop rotation soil, 17 times in permanent crops, and infection of crop residues with Fusarium and Alternaria fungi amounted to 95-100 %.

Spring treatment with stubble biological products reduced the spread of microfungi of the genus Fusarium and Alternaria in the crop rotation by 7-13%. The content of pathogenic fungi of the genus Fusarium decreased in the soil of crop rotation by 2 times, in permanent crops of wheat by 7 times.

As a result of replacing half of the chemical fungicides with biological preparations, the yield level of spring wheat was preserved, which leads to an improvement in the environmental situation in technologies without tillage.