

АГРОЭКОЛОГИЯ

УДК 631.582

Н.Н. Апаева,
С.Г. Манишкин,
Г.С. Марьин,
О.Г. Марьина-Чермных,
Н.И. Богачук

ФИТОСАНИТАРНОЕ СОСТОЯНИЕ ПОЧВЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ АГРОТЕХНИЧЕСКИХ ПРИЕМОВ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР

Ключевые слова: фитосанитарное состояние почвы, севооборот, удобрения, обработка почвы, патогены, сапротрофы, урожайность

Введение

В современных технологиях возделывания полевых культур фитосанитарное состояние почвы имеет одно из определяющих факторов их продуктивности [1]. В системе агротехнического метода оптимизации фитосанитарного состояния почвы приемы обработки почвы и внесение в почву органической массы растительного вещества характеризуют уровень экологичности и агрономической эффективности в формуле взаимоотношений «растение – патоген» [2-4]. При этом несмотря на то, что за последние годы уровень интенсификации земледелия России существенно снизился, а во многих регионах земледелие перешло на экстенсивные технологии, фитосанитарное состояние почвы не стало экологически менее опасным [5, 6]. Это связано с низкой культурой ведения земледелия, когда вид севооборота не соотнобразуется с зональностью, игнорируются правила применения удобрений и пестицидов, не выполняются простейшие приемы по оптимизации фитосанитарного состояния почв [7-9]. Все

это создает предпосылки для разрушения природных комплексов пахотных почв, снижается их продуктивность и угрожает экологической безопасности всей агро-сферы [10]. Фитосанитарное состояние агроэкосистемы в Республике Марий Эл в последние годы ухудшилось за счет снижения культуры земледелия (нарушения агротехники, уменьшения внесения удобрений, ослабления защиты растений). 50 лет назад в регионе эту проблему решали внесением органических удобрений. Поэтому возникла необходимость в изучении способов улучшения фитосанитарного состояния агроценозов. Целью наших исследований было изучение влияния обработки почвы, внесения удобрений на оптимизацию фитосанитарного состояния агроэкосистемы.

Объекты и методы

Объектами исследования являются полевые культуры, приемы возделывания полевых культур, минеральные и органические удобрения, микроорганизмы почвы.

Деляночные опыты по изучению влияния удобрений на фитосанитарное состояние почвы проводили на опытном поле МарГУ в 2005-2009 гг. Минеральные удобрения вносили в рекомендуемой для республики

дозе ($N_{60}P_{60}K_{60}$) и расчетной на запланированную урожайность с учетом выноса и содержания питательных веществ в почве (под вико-овсянную смесь – на 40 т/га; озимую рожь – на 4,0 и ячмень – на 3,0 т/га). Сидерат (люпин – 20 т/га) и навоз (40 т/га) вносили осенью под вспашку. Повторность вариантов – 3-кратная. Размещение вариантов – систематическое со смещением. Общая площадь – делянки 100 м², учетная площадь – 40 м². Почва опытных участков – дерново-подзолистая, среднесуглинистая со следующими агрохимическими показателями: содержание гумуса – 1,61-1,72%, рН – 5,51-5,67, Нг – 1,6-1,7 мг экв/100 г почвы, P₂O₅ – 26-27 и K₂O – 10-11 мг/100 г почвы.

Полевые опыты по изучению севооборотов и способов обработки почвы на фитосанитарное состояние агроэкосистемы проводили в условиях СПК «У Илыш» Республики Марий Эл в 2006-2009 гг. Повторность в опытах – трехкратная. Общая площадь поля в опытах – 10 га. Учетная площадь опытной делянки – 0,33 га. Почва – дерново-подзолистая, среднесуглинистая с содержанием легкогидролизуемого азота – 7,4 мг/100 г почвы, P₂O₅ и K₂O – соответственно, 27 и 14 мг/100 г почвы; рН солевой вытяжки – 6,8, гумуса – 1,7%.

В первом варианте осенью основную обработку почвы не проводили. Во втором варианте осуществляли осеннее безотвальное рыхление орудием КТС-10 на глубину 22-24 см; в третьем варианте – зяблевую вспашку с помощью плуга ПЛН-4-35 на глубину 20-22 см. Весной в первом варианте почву обрабатывали дисковыми боронами БДТ-3, во втором и третьем вариантах – тяжелыми боронами БЗТС-1. Затем на всех вариантах почву культивировали (КПГ-4), прикатывали (ЗККШ-3).

Диагностику и учет поражения полевых культур корневыми гнилями проводили по методике ВИЗР, ВНИИФ [11]. Анализ почвы на содержание микромицетов проводили по методике Н.А. Красильникова [12]. Для выделения микромицетов использовали питательную среду Чапека-Докса. Плотность сложения пахотного слоя определяли объемно-весовым методом.

Результаты исследований и обсуждение

Для повышения выносливости растений к почвенной инфекции корневой гнили большое значение большинство авторов

видят в создании сортов и применение оптимальных для тех или иных условий окружающей среды специальных защитных технологических приемов, обеспечивающих устойчивость растений при заражении их возбудителями. Поэтому четвертая причина формирования почвенной инфекции как составляющей фитосанитарии почвы – условия окружающей среды, что является в агроэкосистемах при применении интенсивных технологических приемов и средств одним из определяющих и контролирующих факторов, который в этом случае осуществляется через технологические приемы возделывания и систему применения их в агроценозах (предшественники, обработка почвы, удобрения, обработка семян и посадочного материала, уход за посевами и т.д.).

Предшествующая культура как технологический прием, с точки зрения защиты растений, может либо способствовать накоплению инфекции, либо, наоборот, может подавить или ослабить ее, предоставляя последующей культуре наилучшие фитосанитарные условия для роста и развития.

Покоящиеся формы почвенной инфекции лучше всего выживают в почве, когда родственные культуры следуют друг за другом (табл. 1). При отсутствии восприимчивых растений относительно специализированная инфекция не может бесконечно долго выживать и гибнет. Для ускорения ее гибели, например, зерновые культуры при «прерывании» невосприимчивыми культурами (картофелем, горохом), предшественники разделяются на благоприятные и неблагоприятные для той или иной культуры при ее возделывании.

Изученные культуры по способности очищать почву от инфекции корневой гнили для зерновых культур в условиях Марий Эл можно расположить в следующем порядке: чистый пар → картофель → занятый пар → зернобобовые → многолетние травы → озимая рожь → озимая пшеница → ячмень; для картофеля: озимая рожь → озимая пшеница → зернобобовые → многолетние травы → ячмень → картофель.

Воздействие «прерывающих» предшественников положительно сказывается в целом на всем звене севооборота. Так, в звене занятый пар – озимая рожь – картофель – ячмень заселенность почвы инфекцией была ниже, чем в звене горох + овес на зерно – озимая пшеница – занятый пар – озимая рожь.

Влияние предшественников на количество патогенов, 2006–2009 гг. СПК «У Илыш»

Предшественники	Перед посевом		Перед уборкой	
	всего тыс. шт/г почвы	в т.ч. специализированных для культуры	всего тыс. шт/г почвы	в т.ч. специализированных для культуры
Возделываемая культура – озимая рожь				
Чистый пар	33,1	7,1	84,3	62,2
Занятый пар	41,8	8,9	105,1	83,4
Озимая рожь	47,9	29,2	141,5	108,8
НСР ₀₅	5,44	9,45	15,69	12,49
Возделываемая культура – озимая пшеница				
Горох на зерно	33,0	4,4	90,9	68,0
Ячмень	79,8	30,9	175,3	121,9
Озимая пшеница	77,8	51,0	179,8	156,7
НСР ₀₅	34,8	20,14	64,8	30,9
Возделываемая культура – ячмень				
Озимая рожь	44,0	8,9	72,0	61,0
Горох	34,8	9,9	88,9	60,1
Ячмень	85,0	77,0	185,6	176,1
НСР ₀₅	8,8	4,89	15,44	28,94
Возделываемая культура – картофель				
Озимая рожь	41,4	1,1	78,0	39,9
Горох	34,8	9,9	77,8	59,0
Картофель	35,0	29,7	90,7	79,8
НСР ₀₅	24,14	7,44	8,84	15,64

При бессменном выращивании полевых культур (озимая рожь, озимая пшеница, ячмень, картофель) в течение 3 лет величина почвенной инфекции была значительно выше по сравнению с использованием «прерывающих» предшественников. При этом чем больше разрыв во времени между посевом, например, ячменя и озимой пшеницы как культур наиболее восприимчивых к корневой гнили в условиях зоны на одном и том же поле, тем значительно эффект снижения почвенной инфекции. Таким образом, игнорирование значения предшественников и высокое насыщение севооборотов основными культурами приводят, как правило, к увеличению почвенных инфекций.

Предшествующая культура как организованный антропогенный фактор агроэкосистемы способствует установлению определенных взаимоотношений как среди низших организмов, функционирующих в почве, так и взаимосвязей высших растений с низшими. Поэтому в пахотном слое почвы агроценоза возможны и симбиотические и антибиотические связи по отношению возделываемым растениям. С одной стороны, культурные растения страдают от почвенных антибиотических веществ, выделяемых микроорганизмами, с

другой, – выделение корнями растений определенных веществ, вредных для микроорганизмов. Такие антибиотические вещества растений и определяют значение культур как предшественников.

В результате изучения видового состава патогенных микромицетов почвы нами было выделено 10 видов: грибы из рода *Fusarium* (*F. oxysporum* Sch., *F. graminearum* Sch., *F. heterosporum* Hees, *F. sporotrichiella* Bilai, *F. culmorum* Sacc.), из рода *Alternaria* (*A. tenuissima* Fr., *A. alternata* Fr., *A. radicina* Meier), *Drechslera sorokiniana* Sacc., *Aphanomces cochlioides* Dr.

На фитосанитарное состояние агроэкосистемы оказывают существенное влияние удобрения. Последние, всесторонне воздействуя на почву и растение, прямо или косвенно изменяют роль источника и передатчика инфекции, а также реакцию растений на инфекцию. При внесении расчетных доз минеральных удобрений под посев зерновых культур отмечалось снижение интенсивности развития патогенов в почве к концу вегетации растений и повышение антагонистической активности сапрофитной микромицетной флоры к возбудителям корневой гнили зерновых (табл. 2).

Внесение расчетных доз минеральных удобрений снижает количество патогенов в почве и увеличивает антагонистическую активность сапротрофных микромицетов. Это явление наиболее выражено при внесении расчетных доз удобрений.

Наибольшему снижению инфекционного потенциала почвы способствовало внесение органических удобрений (табл. 3). Снижение патогенов в почве, в свою очередь, снижает поражение яровой пшеницы корневыми гнилями.

Оптимальная плотность почвы, обеспечивающая максимальную продуктивность полевых культур, способствует сдерживанию развития почвенной инфекции. Так, в слое почвы 0-10 см (посевной слой) соотношение «сапротроф – патоген» в почве при плотности 0,9 г/см³ было в 1,4 раза выше, чем при плотности 1,5 г/см³, под ячменем – в 1,2 раза, картофелем – почти в 1,8 раза (табл. 4).

Под озимой пшеницей величины соотношения в пашне с углублением уменьшаются, то под ячменем этой определен-

ной зависимости практически нет. В то же время под картофелем видна стойкая зависимость с увеличением глубины обработки пашни, повышение и величин зависимости «сапротроф – патоген». В этом случае при плотности 0,9 г/см³ повышение составило более чем в 2,7 раз, а при плотности 1,5 г/см³ – 2,5 раза.

Увеличение количества сапротрофных грибов в картофельном поле в слое 10-20 см можно объяснить следующим образом. При возделывании картофеля в период вегетации проводили 3 междурядные обработки. Почва в нижних слоях была более рыхлой по сравнению с зерновыми культурами в аналогичном слое. Корневая система картофеля располагается в более глубоких слоях, чем у зерновых. Поскольку основная масса почвенных сапротрофных грибов располагается в ризосфере, то на картофельном участке в нижних слоях их количество значительно превышает количество патогенов, и соотношение «сапротроф – патоген» увеличивается.

Таблица 2

Влияние удобрений на количество патогенов (тыс. шт/г почвы) и антагонистическую активность (%)

Варианты	Перед посевом		Перед уборкой	
	количество патогенов	антагонистическая активность	количество патогенов	антагонистическая активность
Занятый пар (вико-овсяная смесь на зеленый корм)				
Без удобрений	22,3	80,4	21,5	70,2
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	21,9	81,5	22,3	81,4
N ₉₁ P ₉₈ K ₉₉	22,0	80,9	15,1	96,4
Озимая рожь				
Без удобрений	20,0	71,1	23,9	24,0
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	18,3	82,0	19,4	24,4
N ₁₂₁ P ₁₁₁ K ₁₀₇	14,8	96,5	13,8	32,1
Ячмень				
Без удобрений	23,0	52,1	112,1	18,0
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	17,2	58,3	74,2	22,2
N ₁₀₉ P ₁₁₅ K ₉₈	13,5	65,5	52,2	38,7

Таблица 3

Влияние удобрений на количество патогенов в почве, поражение яровой пшеницы корневыми гнилями и урожайность

Варианты	Количество патогенов, тыс. шт/г почвы	Вредоносность корневых гнилей, %				Урожайность, т/га
		начало вегетации		конец вегетации		
		P	R	P	R	
Контроль	34,5	28,3	18,0	40,1	26,6	1,48
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	19,5	22,1	14,2	35,2	22,1	1,78
Сидерат, 20 т/га	13,1	15,3	12,4	29,5	20,7	1,84
Навоз, 40 т/га	14,6	13,4	9,4	25,0	11,8	2,07
НСП ₀₅						0,21

Примечание. P – распространенность корневых гнилей; R – развитие болезни.

Величина соотношения «сапротроф – патоген» в различных слоях пахотной почвы в зависимости от ее уплотнения

Объемная масса почвы, г/см ³	Слой почвы, см	Величина соотношения перед уборкой		
		оз. пшеница	ячмень	картофель
0,9	0-10	9,6	5,5	7,1
	10-20	4,1	6,5	16,5
1,1	0-10	8,6	5,0	6,1
	20-10	4,3	4,5	10,0
1,3	0-10	8,6	5,5	6,0
	10-20	3,6	4,4	9,3
1,5	0-10	6,7	4,6	4,0
	10-20	2,9	6,6	10,0

Таблица 5

Показатели структуры комплексов микромицетов посевного слоя в зависимости от уплотнения почвы, 2006-2008 гг., модельный опыт

Объемная масса почвы, г/см ³	Богатство вида		Разнообразие		Выравненность	
	всего	в т.ч. патогенов	всего	в т.ч. патогенов	всего	в т.ч. патогенов
0,9	16	4	3,9	2,5	11,1	6,2
1,1	17	3	3,6	2,7	11,0	6,5
1,3	9	5	3,7	3,6	11,5	6,5
1,5	8	5	2,1	8,8	8,8	7,1

На уплотненных почвах ухудшается структура комплексов микромицетов (табл. 5). Богатство видов, индекс разнообразия и выравненности комплекса микроорганизмов уменьшались с уплотнением почвы. При плотности почвы 1,5 г/см³ видовой состав грибов снижается в 2 раза по сравнению с плотностью 0,9 г/см³, но при этом увеличиваются видовой состав разнообразий и выравненность патогенных грибов.

Однако влияние плотности почвы особенно значимо для посевного (0-10 см)

слоя в условиях безотвальной обработки почвы (табл. 6). В этом случае во второй половине вегетации при незначительном повышении плотности по сравнению с кущением и другими обработками существенно снижены число патогенов и развитие корневых гнилей.

Безотвальная обработка позволила получить более высокую урожайность, которая была выше по сравнению с контролем на 28,6%, а по сравнению с отвальной вспашкой – на 11,6%.

Таблица 6

Количество патогенов в почве, пораженность ячменя корневыми гнилями и урожайность в зависимости от основной обработки почвы

Варианты опыта	Плотность почвы, г/см ³		Количество патогенов, тыс. шт/г почвы		Развитие корневых гнилей, %		Урожайность, т/га
	кущение	перед уборкой	кущение	перед уборкой	кущение	перед уборкой	
Без основной обработки	1,24	1,45	16,0	35,2	21,0	28,5	1,38
Безотвальная обработка	1,18	1,24	13,4	29,5	15,5	23,7	1,78
Отвальная вспашка	1,17	1,31	14,5	31,4	18,9	29,1	1,61
НСР ₀₅							0,11

Выводы

1. Насыщение севооборотов основными культурами и выращивание полевых культур в течение 3 лет и более приводят к увеличению количества патогенов. Введение «прерывающих» культур в севооборот способствует улучшению фитосанитарного состояния почвы.

2. Внесение расчетных доз минеральных удобрений на планируемую урожайность по сравнению с рекомендуемыми дозами снижает количество патогенов в почве и увеличивает антагонистическую активность сапротрофных микромицетов. Внесение органических удобрений способствует оптимизации фитосанитарного состояния почвы. При внесении органических удобрений количество патогенов снижается по сравнению с контролем в 2,6 и 1,5 раза по сравнению с внесением минеральных удобрений. Наилучшие фитосанитарные условия создаются при внесении навоза.

3. Безотвальная обработка почвы способствует оптимизации фитосанитарного состояния посевного (0-10 см) слоя и повышению урожайности ячменя на 29% по сравнению с вариантом без обработки и почти на 12% по сравнению с отвальной вспашкой.

Библиографический список

1. Рощина Г.В. Агротехнические меры борьбы с корневыми гнилями в Иркутской области / Г.В. Рощина // Бюл. СибНИИ химизации сельского хоз-ва. – 1973. – Вып. 8. – С. 21-22.

2. Марьин Г.С. Теоретические и технологические основы управлением фитосанитарным состоянием почвы северо-восточного Нечерноземья РФ: автореф. дис. ... докт. с.-х. наук / Г.С. Марьин. – М.: ТСХА, 1996. – 36 с.

3. Марьина-Чермных О.Г. Влияние удобрений и средств защиты на формирование фитосанитарного состояния и урожайность яровой пшеницы / О.Г. Марьина-Чермных // Актуальные вопросы совершенствования технологии производства и переработки продукции сельского хозяйства: матер. науч. конф.

– Йошкар-Ола: МарГУ, 2002. – С. 179-183.

4. Пересыпкин В.Ф. Болезни зерновых культур при интенсивных технологиях их возделывания / В.Ф. Пересыпкин, С.Д. Тютюрев, Т.С. Баталова. – М.: Агропромиздат, 1991. – 272 с.

5. Сидоревич И.Г. Влияние различных приёмов обработки почвы на развитие корневой гнили и урожай ячменя / И.Г. Сидоревич, В.Г. Головарев, А.В. Симич, Р.П. Автушко // Сб. науч. тр. / БелНИИ земледелия. – 1982. – Вып. 26. – С. 153-157.

6. Таланов И.П. Агротехника против корневых гнилей / И.П. Таланов // Защита и карантин растений. – 2001. – № 4. – С. 30.

7. Бенкен А.А. Почвенный фунгистазис, его сущность и практическое значение / А.А. Бенкен // Микология и фитопатология. – 1975. – Т. 9. – № 2. – С. 507-517.

8. Мареев В.Ф. Минимализация обработки серой лесной почвы под яровую пшеницу в условиях Предкамья: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / В.Ф. Мареев. – Пермь, 1986. – 16 с.

9. Martin N. Practical problems of energy saving and recycbing inbiological husbandry / N. Martin, J. Keable // Stonthause B. Biological Hasbandry. – 1981. – P. 135-144.

10. Павлов И.Ф. Обоснование агротехнических способов защиты растений в современных условиях ведения сельского хозяйства / И.Ф. Павлов // Агротехнический метод защиты полевых культур. – М.: Колос, 1981. – С. 11-15.

11. Фитосанитарная экспертиза зерновых культур (болезни растений): рекомендации / С.С. Санин, В.И. Черкашин, Л.Н. Назарова и др.; под ред. С.С. Санина. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2002. – 140 с.

12. Методы изучения почвенных микроорганизмов и их метаболитов / И.В. Асеева, И.П. Бабаева, Д.Г. Звягинцев и др.; под ред. Н.А. Красильникова. – М.: Изд-во Московского ун-та, 1966. – 216 с.

