

УДК 632.913:632.16:633.11

ФИТОСАНИТАРНОЕ И ФИЗИОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ РАСТЕНИЙ ПШЕНИЦЫ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ЗАЩИТНЫХ СРЕДСТВ РАЗЛИЧНОЙ ПРИРОДЫ

Т.В. КАРНАУХОВА, В.А. ШКАЛИКОВ

(Кафедра физиологии растений и кафедра фитопатологии)

В полевых опытах изучали действие химических протравителей, биологически активных веществ и биопрепаратов (антагонистов патогенных грибов и микрофлоры) на поражаемость яровой пшеницы корневыми гнилями, распространенность заболевания и показатели функционального состояния растений. Выяснено, что защитные свойства химических и биопрепаратов связаны непосредственно с подавлением патогена, в то время как под влиянием биологически активных веществ оптимизируется функциональное состояние самого растения, что индуцирует повышение его устойчивости к болезням.

Учитывая, что химические протравители могут наносить вред растению-хозяину, потребителям сельскохозяйственной продукции, а также неблагоприятно влиять на экологическую обстановку в целом, можно рекомендовать всестороннее исследование и дальнейшее применение экологически чистых веществ — индукторов устойчивости растений.

В борьбе с болезнями растений наиболее радикальными средствами считаются химические препараты. Однако эти абсолютно чуждые для растительной клетки вещества оказывают вредное воздействие не только на патоген, но и в той или иной мере на само растение. Мало того, фунгициды, задерживаясь в хозяйственно полезных частях растения, могут навредить и потребителям сельскохозяйственной продукции, а также, накапливаясь в почве и воде, отрицательно влиять на экологическую обстановку. Есть еще один негативный аспект: фунгициды вызывают привыкание к ним патогенных микроорганизмов и становятся малоэффективными. Поэтому приходится искать все новые и новые более сильные средства защиты растений различной природы.

Больное растение и патоген представляют собой единую систему. Каждый компонент этой системы влияет друг на друга, и исход заболевания зависит от этого взаимодействия. Поэтому эффективная борьба с болезнями невозможна без понимания того, что происходит в функциональном статусе заболевшего растения. Уровень изменения физиологических функций может быть использован для определения начала и степени заболевания [1], прогноза в отношении урожая, а также для выяснения принципов действия и эффективности противопатогенных средств различной природы. Именно этому последнему вопросу были посвящены настоящие исследования.

Известно, что борьба с корневыми гнилями, вызванными главным образом грибами из родов *Fusarium*,

Vipolaris, *Ophiobolus*, представляет острую проблему для сельского хозяйства [7]. Широкая распространенность и ощутимая вредоносность корневых гнилей, поражающих, главным образом, корневую систему и прикорневую часть стебля, а также способность передаваться не только через почву, но и через семена, приводят к большим потерям урожая. Поэтому в качестве изучаемого объекта мы сочли актуальным использовать корневые гнили. Для оценки физиологического состояния растений были выбраны тесты, характеризующие наиболее важные интегральные функции растений — рост и развитие, накопление сухого вещества, содержание хлорофилла, оводненность, водоудерживающая способность растительной ткани, а также данные по продуктивности. Все методики подробно описаны [2, 4, 6].

Методика

Изучали три группы веществ, сведения о защитном действии которых имеются в литературе [3, 8, 9], однако об их влиянии на физиологическое состояние растений известно очень мало. Это: 1) синтетические химические препараты системного действия; 2) биологически активные вещества

(БАВ), либо экстрагируемые из тканей животных, либо полученные синтетически; 3) биопрепараты грибной и бактериальной природы.

Эксперименты проводили на станции защиты растений МСХА на естественном инфекционном фоне постановкой вегетационных и мелкоделяночных опытов в 4-кратной повторности. Площадь делянок — 2 м². Полученные данные обработаны статистически [9].

В первом вегетационном опыте растения яровой пшеницы Московская 35 выращивали в необогреваемой теплице в сосудах при естественном освещении (8-10 клк) и температуре 20-25°C днем и 10-15°C ночью. Полив производился ежедневно до 70% НВ. Изучали действие предпосевной обработки БАВ — стром (набор аминокислот из крови животных) и F-760 (соли четвертичных аммонийных оснований). Контрольные растения ничем не обрабатывали.

Результаты

В условиях теплицы уровень заболевания растений пшеницы корневыми гнилями был очень высок (табл. 1). К фазе цветения развитие болезни достигло максимума, однако во все сроки определения распространен-

Т а б л и ц а 1

Распространенность и степень развития корневых гнилей на растениях пшеницы Московская 35

| Вариант опыта | Дата определения | Фаза развития | Распространенность, % | Степень развития, % |
|---------------|------------------|-------------------|-----------------------|---------------------|
| Контроль | 10.05 | Выход в трубку | 78,6 | 30,1 |
| | 23.05 | Стебление | 66,7 | 16,8 |
| | 13.06 | Цветение | 80,0 | 50,0 |
| Стром | 10.05 | Выход в трубку | 50,0 | 14,9 |
| | 23.05 | Стебление | 40,4 | 15,9 |
| | 13.06 | Конец цветения | 66,7 | 36,1 |
| F-760 | 10.05 | Выход в трубку | 60,7 | 14,0 |
| | 23.05 | Стебление | 63,3 | 9,3 |
| | 13.06 | Молочная спелость | 71,4 | 50,0 |

ность и степень развития корневых гнилей в вариантах с обработками (особенно стромом) были ниже, чем в контроле. Отмечено также несколько более быстрое прохождение фаз развития растений под влиянием БАВ.

Данные рис. 1 также указывают, что оба БАВ стимулируют рост растений и ускоряют их развитие. Последнее обстоятельство может иметь немаловажное значение в условиях бурно развивающегося патогенеза, т.к. позволяет растению выполнить наследственную программу (сохранить свой генофонд и дать урожай) до достижения пика инфекции.

Оптимизация функционального состояния растений под воздействием строма и F-760 подтверждается более активным накоплением сухой массы, о чем говорят данные о чистой продуктивности фотосинтеза — ЧПФ (рис. 2).

Все последующие опыты проводили в открытом грунте. В опыте 1998 г. объектом служили растения яровой пшеницы сорта Энита. В варианте 1 (контроль) семена ничем не обрабатывали. В варианте 2 проводили предпосевную обработку семян смесью, состоящей из строма и F-760. В варианте 3 стром применялся в комплексе с суспензией спор гриба *Fusarium sp.*, антагонистическое действие которого на возбудителей корневых гнилей описано в [10].

Развитие корневых гнилей в условиях жаркого лета 1998 г. было невысоким (табл. 2). Улучшение фитосанитарного состояния под действием БАВ ощущалось только в начале вегетации. Однако и при слабом поражении корневыми гнилями отмеченные ранее особенности действия БАВ на физиологическое состояние растений выявились достаточно четко. В частности, динамика площади листьев указывает на оптими-

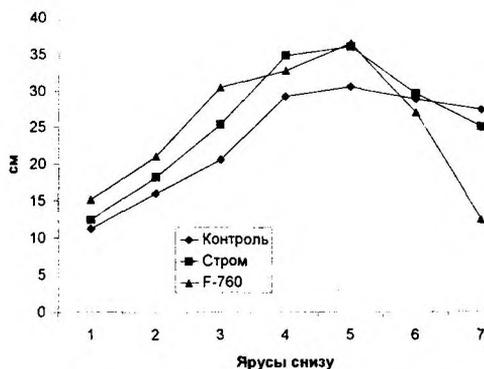


Рис. 1. Длина листьев пшеницы сор Moscowская 35

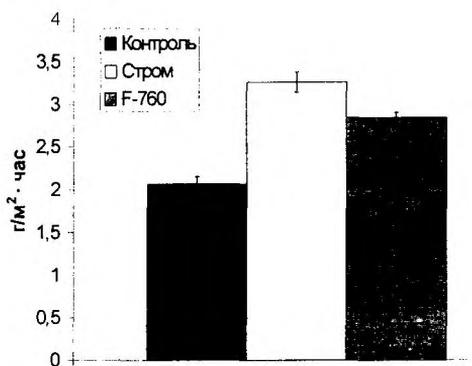


Рис. 2. Чистая продуктивность фотосинтеза растений пшеницы сорта Moscowская 35

Таблица 2

Распространенность корневых гнилей на растениях пшеницы сорта Энита (%)

| Вариант опыта | Полные всходы 15.05.98 | Цветение 14.07.98 | Полная спелость 28.08.98 |
|--|---------------------------|----------------------|-----------------------------|
| Контроль | 10,0 | 17,1 | 29,5 |
| Стром + F-760 | 1,8 | 17,0 | 20,3 |
| Стром + F-760 + + <i>Fusarium sp.</i> | 5,6 | 22,1 | 22,3 |

зирующее рост и ускоряющее развитие действие строма и F-760, особенно при совместном применении с *Fusarium sp.* (рис. 3).

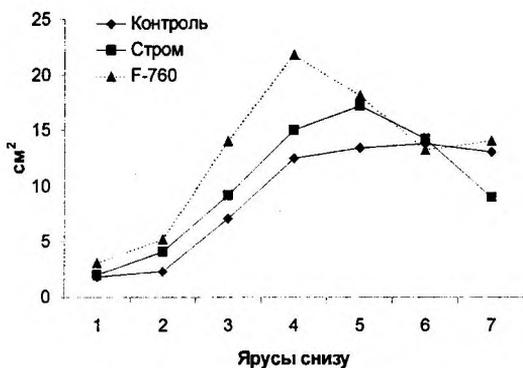


Рис 3. Площадь листьев растений пшеницы сорта Энита

По всем важным физиологическим показателям растения, обработанные БАВ, особенно в комплексе с *Fusarium sp.*, превосходят контрольные (табл. 3). Опытные растения имели более высокую ЧПФ, в их листьях содержалось больше хлорофилла и за 20 дней они потеряли меньше воды, чем контрольные. Способность лучше сохранять воду в условиях жаркого лета, несомненно, оптимизирует общее состояние растений. Все это положительно сказалось на некоторых элементах продуктивности растений (табл. 4), прибавка уро-

Т а б л и ц а 3

Физиологические показатели растений пшеницы сорта Энита

| Вариант опыта | ЧПФ (г/м ² • сут) | Содержание хлорофилла в 5-м листе, % к сырой массе | Содержание воды | | |
|--|---------------------------------|--|-----------------|--------------------|------------------------|
| | | | дата | % к сырой массе | убыль за 20 дней, % |
| Контроль | 8,75 ± 0,91 | 0,13 ± 0,02 | 29.05.98 | 91,0 ± 0,6 | 16,8 |
| | | | 19.06.98 | 74,2 ± 1,2 | |
| Стром + F-760 | 10,28 ± 0,72 | 0,16 ± 0,0 | 29.05.98 | 91,3 ± 0,9 | 13,9 |
| | | | 19.06.98 | 77,4 ± 0,9 | |
| Стром + F-760 + + <i>Fusarium sp.</i> | 11,80 ± 1,10 | 0,15 ± 0,01 | 29.05.98 | 89,6 ± 1,1 | 14,8 |
| | | | 19.06.98 | 74,8 ± 1,1 | |

Т а б л и ц а 4

Некоторые элементы продуктивности растений пшеницы сорта Энита

| Вариант опыта | Длина колоса, см | Число колосков в колосе, шт. | Масса 1000 се- мян, г | Урожай, г/м ² | Прибавка к урожаю | |
|-------------------------------------|------------------------|---------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|----------------------|------|
| | | | | | г/м ² | % |
| Контроль | 7,9 | 17 | 29,0 | 316 | — | — |
| Стром + F-760 | 7,8 | 16 | 31,3 | 368 | 52 | 16,4 |
| Стром + F-760 + <i>Fusarium sp.</i> | 8,4 | 18 | 31,0 | 368 | 52 | 16,4 |
| НСР _{0,5} | 0,3 | 0,8 | 1,6 | 21 | — | — |

жая в обоих опытных вариантах по отношению к контролю составила 16,4%.

Итак, результаты вегетационного и полевого опытов подтверждают оптимизирующее действие биологически активных веществ строма и

F-760 на функциональное состояние растений. При высокой зараженности корневыми гнилями используемые препараты улучшали и фитосанитарное состояние растений. Очевидно, это происходит за счет лучшей способности растений противостоять

патогену. Таким образом, биологически активные вещества являются индукторами устойчивости.

Рассмотрим теперь результаты опыта, в котором сравнивалось действие на фитосанитарное и физиологическое состояние озимой пшеницы Московская 39 защитных средств всех трех типов. Обработку семян производили перед посевом. Вариант 1 — контроль (без обработок); вариант 2 — обработка химическим препаратом системного действия максим (швейцарского производства); вариант 3 — обработка биопрепаратом триходермин (суспензия спор гриба антагониста *Trichoderma lignorum*); вариант 4 — обработка стромом.

Учет распространения и степени развития корневых гнилей (табл. 5) показал, что в мае наилучшее фитосанитарное состояние имели растения, обработанные стромом и химическим препаратом максим. Меньшее защитное действие произвела обработка биопрепаратом триходерма. Через месяц фитосанитарное состояние во всех вариантах ухудшилось. Однако по-прежнему в варианте со стромом оно было несколько лучше; к этому приблизились и растения, обработанные триходермином. Что же касается химического препарата максим, то его действие во второй половине вегетации значительно ослабло: распространенность и степень развития корневых гнилей в этом варианте оказались ближе всего к контролю.

Обратимся теперь к данным, указывающим о влиянии испытуемых препаратов на само растение (рис. 4). Ярусная изменчивость длины междоузлий свидетельствует об интересных закономерностях. Наиболее активный рост демонстрируют растения, обработанные стромом; наименьший рост обнаружился у растений, обработанных химическим препаратом максим (он был даже ниже, чем у необработанных растений). Под влиянием биопрепарата триходермин рост растений был близок к контролю. Эти данные наводят на мысль о том, что химический препарат, оказывающий губительное действие на патоген, в то же время не безвреден для самого растения, отрицательно сказываясь на такой важной функции, как рост.

Площадь 5-го листа, столь важного для снабжения ассимилятами развивающегося соцветия, также оказалась наибольшей у растений, обработанных стромом, в то время как этот показатель в варианте с максимумом и триходермином был даже ниже, чем в контроле (табл. 6). Если сухая масса 1 растения в мае (когда фитосанитарное действие максима было велико) превышала этот показатель у всех остальных вариантов, то к концу июля (когда фунгицидное действие химического препарата снизилось) это преимущество начало исчезать. Прирост сухой массы за месяц был самым высоким в варианте со стромом (табл. 6).

Т а б л и ц а 5

Фитосанитарное состояние растений пшеницы сорта Московская 39

| Вариант опыта | Распространенность корневых гнилей, % | | Степень развития корневых гнилей, % | |
|---------------|---------------------------------------|----------|-------------------------------------|----------|
| | 24.05.99 | 26.06.99 | 24.05.99 | 26.06.99 |
| Контроль | 35,1 | 35,5 | 11,6 | 10,6 |
| Максим | 15,5 | 33,3 | 4,4 | 8,3 |
| Триходермин | 24,4 | 28,8 | 8,3 | 7,2 |
| Стром | 13,3 | 28,8 | 3,3 | 7,2 |

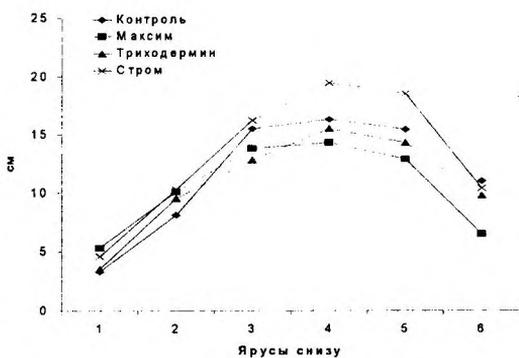


Рис 4. Длина междоузлий листьев пшеницы сорта Московская 39

Все эти данные еще раз подчеркивают, что БАВ стром как индуктор устойчивости самого растения может иметь длительное противопатогенное действие. Химический препарат максим улучшает функциональное состояние растений вторично только тогда, когда его фунгицидное действие перекрывает негативное влияние на само растение. Биопрепарат триходермин, улучшая фитосанитарное состояние благодаря подавлению патогена, менее других влияет на функциональный статус самого растения.

Т а б л и ц а 6

Площадь 5-го листа и сухая масса надземной части растения пшеницы сорта Московская 39

| Вариант опыта | Площадь 5-го листа, см ² 22.06.99 | Сухая масса на 1 растение, г | | | |
|---------------|--|------------------------------|----------|-------------------|-----|
| | | 24.05.99 | 22.06.99 | прибавка за месяц | |
| | | | | г | % |
| Контроль | 14,29 ± 1,32 | 1,25 | 6,90 | 5,65 | 452 |
| Максим | 11,38 ± 1,07 | 2,30 | 8,17 | 5,87 | 255 |
| Триходермин | 11,49 ± 0,98 | 1,28 | 7,70 | 6,42 | 501 |
| Стром | 17,32 ± 2,46 | 1,28 | 8,15 | 6,87 | 537 |

Несколько слов о количестве хлорофилла в листьях опытных и контрольных растений. Хорошо известно, что снижение содержания хлорофилла в растениях является одним из первых признаков повреждения их вредными факторами, в том числе и биотическими. Это приводит к нарушению мембранных структур хлоропластов, с белками которых связан хлорофилл, активации фермента хлорофиллазы, гидролизующего его молекулу, недостатку энергии для его синтеза [5]. Мы определяли содержание хлорофилла в тот момент, когда различия в фитосанитарном состоянии растений по вариантам были достаточно ощутимы (24 мая). Как видно из табл. 7, содержание хлорофилла полностью

Т а б л и ц а 7

Содержание хлорофилла в 5-м листе растений пшеницы сорта Московская 39 25 мая 1999 г.

| Вариант опыта | к сырой массе |
|---------------|---------------|
| Контроль | 0,14 ± 0,04 |
| Максим | 0,24 ± 0,04 |
| Триходермин | 0,16 ± 0,01 |
| Стром | 0,21 ± 0,03 |

коррелирует со степенью заболеваемости растений. Наименее пораженные растения в вариантах с препаратами максим и стром содержали в 1,8 и 1,5' раза больше хлорофилла, чем контрольные и обработанные триходермином. Таким образом, еще раз подтверждается возможность использования показателя содержа-

Элементы продуктивности пшеницы сорта Московская 39

| Вариант опыта | Количество растений, шт/м ² | Продуктивная кустистость | Количество колосков в колосе, шт. | Число зерновок в колосе, шт. | Масса 1000 семян, г | Биологический урожай, г/м ² |
|-------------------|--|--------------------------|-----------------------------------|------------------------------|---------------------|--|
| Контроль | 310 | 1,8 | 13,9 | 16,8 | 33,7 | 316 |
| Максим | 320 | 1,7 | 15,9 | 21,9 | 38,5 | 459 |
| Триходермин | 300 | 2Д | 14,7 | 21,9 | 39,3 | 542 |
| Стром | 383 | 2,4 | 14,8 | 24,3 | 34,4 | 768 |
| НСР ₀₅ | 30 | 0,2 | 1,6 | 5Д | 0,5 | |

ние хлорофилла для оценки степени заболеваемости и устойчивости растений.

Различные принципы действия исследуемых препаратов на растение проявлялись и на его продуктивности (табл. 8). БАВ стром, способствуя улучшению общего физиологического статуса растений, по-видимому, делает их более устойчивыми не только к данному патогену, но и к другим биотическим и абиотическим стрессорам. Следствием этого является сохранение к концу опыта большего числа живых растений с большим количеством продуктивных побегов. Особенно важно подчеркнуть, что этот препарат в значительной степени снижает пустозерность. Все это приводит к тому, что, несмотря на относительно невысокую массу 1000 семян, биологический урожай с 1 м² оказался самым высоким. Под действием химического препарата максим и препарата триходермин продуктивность была выше, чем в контроле, но в значительно меньшей степени. Прибавка к контролю была достигнута в основном за счет массы 1000 семян, все остальные элементы продуктивности имели меньшие значения, чем при обработке стромом. А продуктивная кустистость при обработке химическим препаратом оказалась даже ниже, чем у необработанных растений, что еще раз подчеркивает не-

благоприятное воздействие химического агента на растение.

Выводы

1. Вещества различной природы по-разному осуществляют защитное действие на растение против патогенов.
2. Химические препараты системного действия, являясь мощными фунгицидами, могут оказывать неблагоприятное влияние на само растение, подавляя в определенной степени его рост и другие функции.
3. Биопрепараты грибов-антагонистов также действуют непосредственно на возбудителя болезни, в то время как их влияние на растение является вторичным, обусловленным фитосанитарным состоянием.
4. Наиболее постоянный и длительный защитный эффект дают биологически активные вещества, оптимизирующие функциональное состояние растений и тем самым индуцирующие высокий уровень устойчивости их к патогенам и другим неблагоприятным факторам среды.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Беликова Т.Н., Карнаухова Т. В., Попкова К. В.* Функциональное и фитопатологическое состояние растений, в разной степени зараженных *Rhizoctonia solani*. — Сб. студ. науч. работ. МСХА, вып. 4, 1999, с. 14-20. — 2. Летняя практика по физиологии растений. М.: МСХА, 1995. — 3. *Лухменев В. П.* Защита зерновых культур от вредителей, болезней и сорняков на Южном Урале. Оренбург,

2000, — 4. Практикум по физиологии растений под ред. Н. Н. Третьякова, М., Агропромиздат, 1990. — 5. **Рубин Б. А., Арциховская Е. В., Аксенова В. А.** Биохимия и физиология иммунитета растений. М.: Высшая школа, 1975. — 6. **Ченкин А. Ф.** Фитосанитарная диагностика. М.: Колос, 1994. — 7. **Чулкина В. А.** Защита зерновых культур от корневых гнилей. М.: Россельхозиздат, 1979. — 8. **Чулкина В. А.** Корневые гнили ячменя

горного Алтая. — В кн.: Корневые гнили злаков и меры борьбы с ними. М., 1970, с. 109-112. — 9. **Шкаликов В. А., Шеховцова О. Н., Ибрагим Хаджи Худр.** Белги и стром — индукторы устойчивости зерновых к корневым гнилям. — Защита растений, № 6, 1994, с. 12. — 10. **Шкаликов В. А., Хохлов П. С., Орехов Д. А. И.** Индуцированный иммунитет в защите растений от болезней — Плодородие, № 4, 2002, с. 3-5.

*Статья поступила
24 февраля 2004 г.*

SUMMARY

Effects of chemical seed disinfecting compounds, biological active substances, and biopreparations antagonistic to pathogenic fungi and microflora on the root development in spring wheat plants were studied during several years. It was found that plant protecting substance and biopreparation effectiveness is attributed to the direct pathogen inhibition, while biological active substances improve functional activity of the plant itself, providing the increase in its disease resistance level.

Taking into consideration the fact that chemical pesticides could be harmful for the host plant, food consumers, and affect ecological situation, it is suggested to enhance further studies on the development and application of ecologically safe substances inducing plant resistance.