

УДК 632.4.01/08:633.11:631.51

**ДИНАМИКА И ПАТОГЕННЫЙ СОСТАВ КОРНЕВЫХ ГНИЛЕЙ
ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СПОСОБОВ
ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ**

О.О. БЕЛОШАПКИНА, Т.А. АКИМОВ

(РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева)

Изучали влияние приемов основной обработки почвы: отвальная (вспашка с оборотом пласта) и нулевая (отсутствие обработки почвы после предшественника и прямой посев в стерню) на фоне дифференцированного, с учетом биомассы растений, и сплошного внесения азотных удобрений на динамику корневых гнилей озимой пшеницы линии L-1. Исследования проводили в 2015–2016 гг. в 4-польном севообороте в Центре точного земледелия РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева (Московский регион). Распространенность и развитие болезней учитывали при маршрутных обследованиях с отбором растительных проб; идентификацию выделенных в чистую культуру грибов-возбудителей проводили с помощью микроскопирования, справочников-определителей и молекулярно-генетическим методом (ПЦР). В фазу кущения-выхода в трубку распространенность и развитие корневых гнилей были существенно выше на фоне нулевой обработки почвы, чем на участках со вспашкой. К фазе молочной спелости эти показатели уже не различались достоверно на участках с разной обработкой почвы. Распространенность и развитие болезни были больше при сплошном внесении азотных удобрений, чем при дифференцированном, как на фоне вспашки, так и при прямом посеве, особенно в фазу молочной спелости. На растениях пшеницы с признаками корневой гнили, произрастающих на участках с отвальной обработкой почвы, чаще, чем при нулевой обработке, отмечали сапротрофных микромицетов, в т.ч. родов *Mortierella* (*M. hyalina* (Harz) W. Gams и *M. elongata* Linnemann), *Trichocladium* sp., реже встречались *Trichoderma* sp., *Aspergillus* sp. и *Penicillium* sp. Из патогенов был выявлен только *Fusarium equiseti* (Corda) Saccardo. В вариантах с прямым посевом фитопатогенные грибы рода *Fusarium* в пробах пораженных растений встречались чаще и были представлены большим количеством видов: *F. acuminatum* Ellis & Everh., *F. lateritium* Nees, *F. oxysporum* Schlecht., *F. avenaceum* (Fr.) Sacc.

Ключевые слова: озимая пшеница, способ обработки почвы, нулевая обработка, корневые гнили, патогены, видовой состав.

Зерновые культуры в условиях Нечерноземья поражаются многими заболеваниями. Среди них важную группу образуют корневые гнили, в т.ч. фузариозные, гельминтоспориозные, или обыкновенные, церкоспореллезные, офиоболезные, ризоктониозные и другие. Типичный признак этой группы заболеваний — некротиза-

ция корней (первичных и вторичных), эпикотиля, подземного междуузлия и даже основания стебля. Корневые гнили поражают растения на всех фазах роста и развития: от прорастания семени в почве и до уборки. Вредоносность может варьировать в зависимости от фазы онтогенеза и степени развития болезни. На ранних этапах в фазы всходов и кушения при слабом поражении отмечается отставание в росте, снижение числа продуктивных стеблей, увеличение восприимчивости растений к другим болезням и повреждениям вредителями. При сильном развитии болезни проростки или раскустившиеся растения отмирают и погибают. В более поздние фазы корневые гнили могут приводить к белоколосости, ломкости стеблей и полеганию растений, а также к значительному снижению урожайности [11, 20]. В засушливые годы, когда вредоносность корневых гнилей существенно возрастает, они могут приводить к потерям 30% и даже 45–50% урожая в зависимости от степени развития заболевания и культуры [14].

Корневые гнили широко распространены на территории РФ и могут значительно варьировать по вредоносности от региона к региону [15]. Помимо этого многие исследователи не только отмечают приуроченность конкретных родов и видов возбудителей корневых гнилей к отдельным культурам, но и дифференцируют вредоносность и распространенность различных возбудителей в географическом и временном аспекте.

Публикации об исследованиях, проведенных на территории Западной Сибири и Зауралья, содержат информацию о том, что в последние 15 лет в посевах зерновых культур, представленных в данном регионе в основном яровыми формами пшеницы и ячменя, наблюдаются заметные изменения видового состава возбудителей корневых гнилей. В данном патоккомплексе возрастает роль грибов рода *Fusarium* и соответственно уменьшается распространенность *Bipolaris sorokiniana* (Sacc.) Shoemaker, бывшего на протяжении многих лет доминирующим среди возбудителей корневых гнилей в Западной и Южной Сибири. В последние годы отмечается снижение степени корреляции между числом конидий *B. sorokiniana* и интенсивностью развития корневых гнилей на фоне увеличения встречаемости грибов *Fusarium* sp. [20]. Этому может способствовать ряд факторов: переход к короткоротационным севооборотам или монокультуре, корректировка систем удобрения, глобальные климатические изменения, минимализация обработки почвы.

В Нечерноземной зоне отмечается та же тенденция распределения возбудителей корневых гнилей зерновых культур. Согласно данным М.Ф. Григорьева основной патоккомплекса корневых гнилей озимой пшеницы в Московской области являются грибы рода *Fusarium*. Их встречаемость составляет до 70%. Второе место среди возбудителей занимает *B. sorokiniana* (до 25%). Но фоне доминирующих в регионе фузариозно-гельминтоспориозных корневых гнилей в зависимости от погодных условий значительную вредоносность могут представлять церкоспореллезные и офиоболезные корневые гнили, вызываемые не одним или несколькими видами, а значительными комплексами микромицетов [11].

Обработка почвы приводит к существенному изменению ее свойств. В результате тех или иных способов механического воздействия изменяется степень аэрации, размер агрегатов, твердость, плотность, капиллярность почвы, ее химический состав, норма реакции среды, содержание органического вещества и др. [19]. Все это приводит к изменению условий для всех организмов, обитающих в почве, наиболее важными среди которых являются микроорганизмы. Таким образом, различные приемы и способы обработки почвы, изменяя ее свойства как среды обитания, могут

приводить к популяционным сдвигам в составе патогенных и сапротрофных микроорганизмов, населяющих ее [7, 8].

Цель данной работы — выяснить влияние способа основной обработки почвы на распространенность, развитие и состав возбудителей в патоккомплексе корневых гнилей озимой пшеницы в Московском регионе.

Материалы и методика

Исследования проводили в 2015–2016 гг. в опыте Центра точного земледелия РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, где в рамках севооборота (озимая пшеница + горчица (сидерат), картофель, яровой ячмень, вико-овсяная смесь) изучаются два фактора. Первый фактор — приемы обработки почвы: отвальная (вспашка оборотным плугом Lemken EuroOpal-5 на глубину 22–24 см) и нулевая (отсутствие обработки почвы после предшественника и прямой посев в стерню с использованием специализированных сеялок Amazone DMC Primera 3000). Второй изучаемый фактор — технологии земледелия: точная (дифференцированное внесение азотных удобрений с учетом биомассы растений и «плавающей» нормой расхода от 65 до 80 кг/га) и традиционная (сплошное внесение азота по установленной норме 70 кг/га). В контрольных вариантах подкормок азотными удобрениями не производится.

Растительными объектами в наших исследованиях были посевы озимой пшеницы линии L-1, результата индивидуального отбора из сорта Звезда (сорт предназначен для интенсивного земледелия, среднеустойчив к болезням, устойчив к полеганию, морозостойкость и зимостойкость не ниже Мироновской 808).

Определение распространенности и развития корневых гнилей проводили в результате маршрутных обследований визуально и с отбором растительных образцов согласно общепринятым рекомендациям [14].

Для анализа состава патоккомплекса выделяли грибы из пораженных тканей корней и стеблей растений в чистую культуру на картофельно-глюкозном агаре (КГА) с последующим микропированием (Микроскоп Ломо Микмед-5, увеличение $\times 40$). Идентификацию возбудителей до рода проводили с помощью справочников-определителей [5, 6, 18].

Уточнение видового состава возбудителей корневых гнилей производили с использованием молекулярно-генетических методов (ПЦР) на базе ЗАО «Синтол». Выделение ДНК проводили сорбентным методом с набором «ДНК-сорб» (СИНТОЛ). Амплификация ITS-региона проводилась со стандартными праймерами ITS1 (TCCGTAGGTGAACCTGCGG) ITS4 (TCCTCCGCTTATTGATATGC).

Статистическую обработку данных проводили методом двухфакторного дисперсионного анализа с помощью программного обеспечения Straz. При расчетах фактором А был способ обработки почвы как наиболее существенный в отношении болезней растений, а соответственно фактором В — технология земледелия.

Результаты и обсуждение

Корневые гнили постоянно отмечаются в патоккомплексе озимой пшеницы. Поскольку основными поражаемыми органами этой культуры являются подземное междоузлие и корни, интенсивность и вредоносность болезни в значительной степени зависят от агрофизических, агрохимических и микробиологических показателей

состояния почвы. Это также в значительной степени связано и с тем, что подавляющее число возбудителей корневых гнилей относятся к факультативным паразитам, сохраняющимися в растительных остатках или непосредственно в почве, поэтому их жизненный цикл очень тесно связан с ней.

Изменения агрофизических свойств почвы в результате отказа от механической обработки и переходу к прямому посеву проявляются в значительной мере в увеличении ее плотности, изменениях влажности, гранулометрического состава и других показателей [1, 2].

Увеличение плотности, в свою очередь, повышает сопротивление почвы для проростков пшеницы при появлении всходов, что влечет увеличение энергетических затрат растений на закрепление в почве и создание корневой системы, достаточной для обеспечения развивающихся всходов минеральным питанием. Расход дополнительных запасных веществ снижает неспецифический иммунитет растения, что, как известно, может приводить к увеличению поражения патогенами. Это было показано в лабораторных экспериментах с проростками зерновых культур [4].

В наших предшествующих работах было выявлено, что в посевах озимой пшеницы плотность почвы изменяется при разных способах обработки почвы [3]. Так, в весенний период 2012 г. при достижении физической спелости почвы этот показатель составил в среднем по варианту при отвальной обработке $1,28 \text{ г/см}^3$, а при нулевой — $1,39 \text{ г/см}^3$. В 2016 г. тенденция сохранилась, в этот же период (третья декада апреля) плотность почвы на участках с вспашкой составила $1,37 \text{ г/см}^3$, а после нулевой обработки — $1,42 \text{ г/см}^3$

Проведенный мониторинг корневых гнилей на полях опыта ЦТЗ в 2015 г. выявил негативное влияние прямого посева на распространенность и степень развития этого заболевания (табл. 1).

В фазу кущения-выхода в трубку во всех градациях фактора А (способ обработки почвы) распространенность болезни была на 11–16,5% выше (в зависимости

Т а б л и ц а 1

**Распространенность корневых гнилей озимой пшеницы
в зависимости от приемов обработки почвы и способа внесения
азотных подкормок, % (РГАУ-МСХА, 2015)**

Способ обработки почвы (фактор А)	Способ внесения азотных подкормок (фактор В)			Среднее по фактору А
	контроль (без азота)	сплошное	дифференцированное	$\text{HCP}_{05}(A) / 5,5 / F_{\phi} < F_{\text{теор}}$
Отвальная	25,0 / 39,0	33,0 / 52,5	24,5 / 49,0	27,5 / 46,8
Нулевая	36,0 / 43,0	45,5 / 59,5	41,0 / 52,0	40,8 / 51,5
Ср. по фактору В	30,5 / 41,0	39,3 / 56,0	32,8 / 50,5	х
$\text{HCP}_{05}(B) 4,5 / 7,4$				
$\text{HCP}_{\text{частн. разл.}} 7,9 / 10, 5$				

Примечание. Число перед косой чертой — показатель, рассчитанный для фазы кущения-выхода в трубку, а после черты — для фазы молочной спелости.

от способа внесения азотных подкормок) на фоне нулевой обработки почвы по сравнению с отвальной. Статистическая обработка подтвердила наличие достоверной разницы. Однако к молочной спелости различия в распространенности корневых гнилей пшеницы сгладились. Этот показатель при обоих способах обработки почвы в среднем составил 47–51%.

Развитие заболевания подчинялось той же тенденции (табл. 2). В ранние этапы роста интенсивность поражения растений была достоверно выше при нулевой обработке почвы, а к завершению вегетационного периода статистически обоснованные различия уже отсутствовали.

Т а б л и ц а 2

Развитие корневых гнилей озимой пшеницы в зависимости от приемов обработки почвы и способа внесения азотных подкормок, % (РГАУ-МСХА, 2015 г.)

Способ обработки почвы (Фактор А)	Способ внесения азотных подкормок (Фактор В)			Среднее по фактору А $HCP_{05}(A)$ $1,9 / F_{\phi} < F_{теор}$
	контроль (без азота)	сплошное	дифференци- рованное	
Отвальная	8,8 / 16,3	12,4 / 29,6	8,4 / 23,0	9,9 / 23,0
Нулевая	11,8 / 18,0	16,9 / 31,4	14,1 / 24,1	14,3 / 24,5
Ср. по фактору В	10,3 / 17,2	14,7 / 30,5	11,3 / 23,6	x
$HCP_{05}(B)$ 1,6 / 4,0				
$HCP_{\text{частн. разл.}} = 4,1 / 7,0$				

Следует отметить, что разница в распространенности и развитии в зависимости от обработки почвы в первом учете на стадии кущения-выхода в трубку, и втором учете в фазу молочной спелости на участках со вспашкой оказалась более значительной, чем на участке с прямым посевом. Это связано с тем, что на прямом посеве данные учетные показатели изначально были на более высоком уровне.

Известно, что внесение минеральных удобрений также способно влиять на развитие инфекционных болезней [14]. Наши исследования проводились на фоне дифференцированного внесения азотных удобрений — подкормок азотными удобрениями в зависимости от биомассы растений (густоты стояния, содержания хлорофилла и др.) и на фоне сплошного внесения с установленной, согласно рекомендациям нормой.

Проведенная оценка влияния способов внесения удобрений в рамках различных технологий земледелия на развитие корневых гнилей показала, что фитосанитарное состояние посевов существенно улучшается при точном (дифференцированном) внесении удобрений.

Уже в конце фазы кущения — начале выхода в трубку мы отмечали статистически достоверное увеличение развития болезни на участках, где азот вносили в строго установленной норме без учета состояния растений. Эта тенденция наблюдалась при обоих способах обработки почвы, как на фоне вспашки, так и при прямом посеве.

Распространенность болезни на стадии кущения растений подчинялась такой же закономерности. В среднем при отвальной и нулевой обработке почвы распространенность корневых гнилей при сплошном внесении азота составила 39,3%, а при дифференцированном — 32,8% (НСР₀₅ — 4,5).

В фазу молочной спелости различия по динамике болезни в зависимости от способа внесения минеральных удобрений при разных обработках почвы остались статистически достоверными только для развития заболевания. Этот показатель, как при отвальной, так и при нулевой обработках почвы был выше при сплошном внесении азота (30,5% в среднем по варианту), чем при дифференцированном (23,6%). В отличие от развития, распространенность корневых гнилей в фазу молочной спелости была одинаковой при обоих способах внесения удобрений.

Результаты всех учетов заболевания свидетельствуют о том, что в контрольном варианте, где азот не вносили, распространенность и развитие болезни были наименьшими во все фазы по сравнению с опытными вариантами. Известно, что азотные удобрения при несбалансированном их внесении, изменяя биохимический состав клеток и тканей, способствуют поражению растений возбудителями различных заболеваний. Однако в нашем случае увеличение встречаемости и степени развития корневых гнилей на фоне внесения дополнительных азотных подкормок объясняется стимулирующим действием азотных минеральных удобрений на развитие различных микромицетов почвы [14].

В исследованиях Е.Ю. Тороповой [21] было доказано, что при внесении азотно-фосфорных удобрений число конидий *B. sorokiniana* в пахотном горизонте существенно снижалось. Однако одностороннее внесение азота в виде подкормки не имеет подобного эффекта. В то же время даже комплексное внесение основного удобрения (NPK) стимулировало развитие плесневых сапротрофных почвенных грибов, которые в некоторых случаях, например, если растение ослаблено или повреждено, могут вызывать корневые гнили наравне с факультативными паразитами [23].

Состав возбудителей корневых гнилей зерновых колосовых культур, как отмечено выше, достаточно широк. Более чем 50 видов грибов могут вызывать это заболевание, причем обычно в патокомплексе доминируют определенные роды, обеспечивая до 50–75% поражения. Исследователи отмечают различную органотропную специализацию грибов-возбудителей корневых гнилей, их приуроченность к определенным частям растений (первичные и вторичный корни, эпикотиль, основание стеблей). Помимо основного рода или вида возбудителя, в пораженных тканях растения присутствует значительное количество других патогенных и условно-патогенных микроорганизмов, а также сапротрофов, заселяющих отмершие ткани.

Анализ состава возбудителей корневых гнилей озимой пшеницы на полях Центра точного земледелия в предыдущие года показал, что в большинстве случаев основными (более 80–90%) агентами заболевания были грибы рода *Fusarium*, а вторыми по встречаемости — *Bipolaris sorokiniana* (*Helminthosporium sativum* P. K. et B.) (1–10%), другие роды (виды) составляли не более 1%. Мы отмечали различные типы поражения растений. Однако чаще всего симптомы корневых гнилей проявлялись в виде буро-коричневых некротических расширяющихся участков на подземных междоузлиях, узлах кущения и основании стебля (рис. 1).

Проведенное в 2015–2016 гг. более детальное изучение видового состава возбудителей корневых гнилей озимой пшеницы в посевах ЦТЗ выявило разницу в составе микроорганизмов, выделенных из больных растений с участков с разной обработкой почвы в фазу кущения. Оказалось, что пораженные корневой гнилью корни и

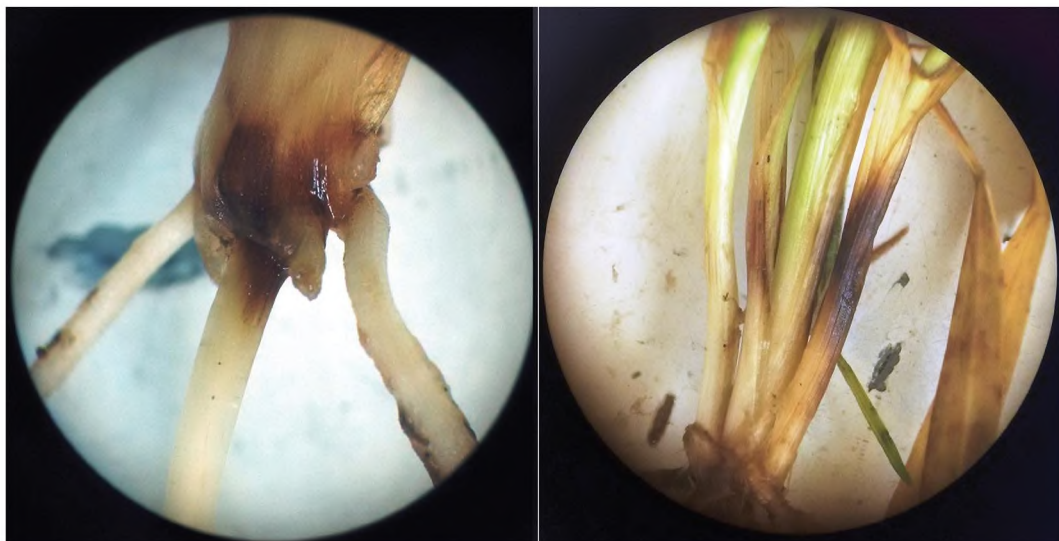


Рис. 1. Поражение озимой пшеницы линии L-1 корневой гнилью (РГАУ-МСХА, 2015–2016 гг.) ориг.

основания стеблей растений, произрастающих на участках с отвальной обработкой почвы, были заселены более разнообразным составом сапротрофных и условно-патогенных микромицетов. Первые были представлены в основном грибами родов *Mortierella* и *Trichocladium*. В группе плесневых и условно-патогенных грибов отмечали дейтеромицетов родов *Aspergillus*, *Penicillium*, *Cladosporium* и *Alternaria*. Из микроорганизмов с общеизвестной антагонистической в отношении грибов-патогенов активностью выявили только *Trichoderma* sp.

Учет состава микобиоты корней с симптомами корневых гнилей с участков с нулевой обработкой почвы показал, что грибы, выделенные из этих растений, реже относились к непатогенным или сапротрофным, чем с посевов после вспашки.

В целом в вариантах с прямым посевом, по сравнению с вспаханymi участками, значительно чаще выделяли из растительных тканей грибы рода *Fusarium*. Их предварительная идентификация по культуральным и микроскопическим признакам выявила, что разнообразие видов *Fusarium* sp. также было существенно выше в вариантах с нулевой обработкой почвы.

Наблюдения за грибами в чистой культуре выявили визуальные различия среди выделенных из растений озимой пшеницы в фазу кущения изолятов. Они отличались по цвету, форме, консистенции колоний, скорости нарастания мицелия и др.

При микроскопировании изолятов *Fusarium* sp., выделенных из растений с разных вариантов, мы также обнаружили тенденцию, согласно которой у них имеются различия в форме, размерах и числе макроконидий (рис. 2).

Более точные результаты по видовой принадлежности возбудителей удалось получить благодаря молекулярно-генетическому методу диагностики — проведению ПЦР-анализа типичных изолятов на базе фирмы ЗАО «Синтол». Для их идентификации выделенные культуры грибов разделили по морфологическим признакам и виду колоний на агаризированной питательной среде (КГА) на группы, в которые отнесли

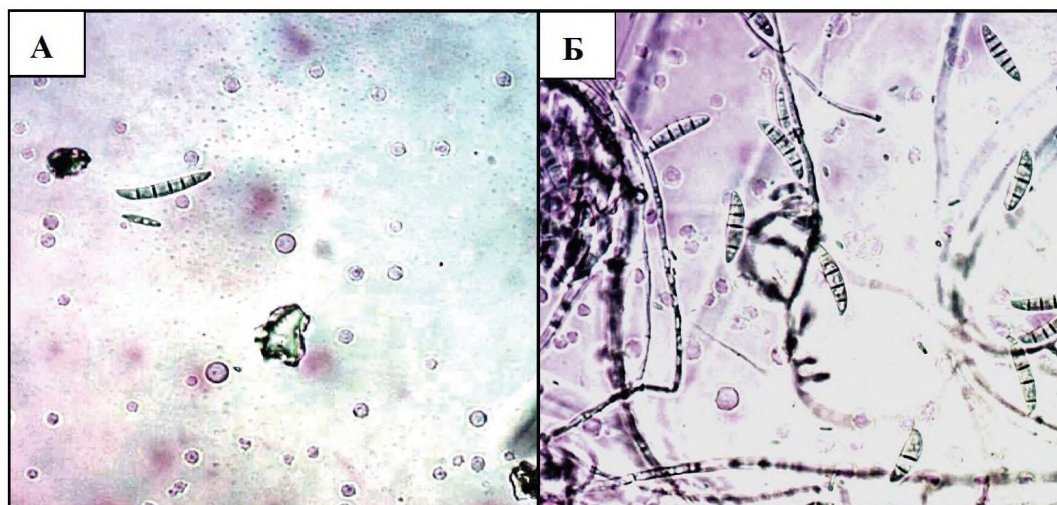


Рис. 2. Макроконидии изолятов гриба *Fusarium* sp., выделенных из пораженных корневой гнилью растений озимой пшеницы с участков с разными способами обработки почвы (РГАУ-МСХА, 2016): А — отвальная обработка; Б — нулевая (ориг.)

схожие изоляты. Общее количество выделенных изолятов составило 29 шт. Из них с отвальной обработки почвы было получено 16 штук (О1 — О16), объединенных в 5 групп, а с участка с нулевой обработкой — 13 изолятов (Н1 — Н13), составивших так же 5 групп. Для проведения молекулярно-генетического анализа мы отобрали по одному наиболее характерному образцу в каждой группе.

Результаты идентификации подтвердили выявленные ранее тенденции распределения видов микромицетов в вариантах опыта (табл. 3).

Среди изолятов, выделенных из растений с участков со вспашкой, подавляющее число грибов не принадлежало к возбудителям болезней. Единственным обнару-

Т а б л и ц а 3

Результаты ПЦР-диагностики при идентификации видового состава микроорганизмов, выделенных из пораженных корневой гнилью растений озимой пшеницы при разных способах обработки почвы (РГАУ-МСХА, 2015 г.)

Отвальная обработка		Нулевая обработка	
№ изолята	вид	№ изолята	вид
О1	<i>Trichocladium asperum</i>	Н2	<i>Fusarium acuminatum</i>
О3	<i>Mortierella hyalina</i>	Н5	<i>Fusarium acuminatum</i>
О7	<i>Fusarium equiseti</i>	Н6	<i>Fusarium lateritium</i>
О9	<i>Mortierella elongata</i>	Н8	<i>Fusarium oxysporum</i>
О10	<i>Trichocladium asperum</i>	Н9	<i>Fusarium avenaceum</i>

женным фитопатогенным видом был *F. equiseti* (сумчатая стадия *Gibberella intricans* Wollenw). *F. equiseti* упоминается в исследованиях В.В. Чекмарева в качестве существенного по распространенности (до 50%) компонента корневой гнили зерновых культур [22]. В то же время в исследованиях фузариозов подсолнечника было отмечено, что этот вид имел очень низкую встречаемость среди прочих фузариев и отмечался только на семенном материале или стеблях не более чем в 5% случаев [13].

F. equiseti отмечается в научной литературе как слабопатогенный, наравне с такими видами, как *F. poae* (Peck) Wollenw. и *F. langsethiae* Torp. et Nirenber [9], однако в отличие от *F. poae* имеет высокую способность к образованию хламидоспор, в форме которых может сохраняться длительное время в почве без связи с растениями, и нередко он выделяется непосредственно из почвы. *F. equiseti* может считаться вторичным патогеном, заражающим уже пораженные растения [10]. Возможно, таким образом объясняется его присутствие на участках со вспашкой, где растительные остатки быстро минерализуются и не могут служить надежным местом для сохранения в отличие от нулевой обработки почвы. Основными зонами его распространения на территории РФ считают Поволжье и Дальний Восток. Он имеет широкую филогенетическую специализацию и способен заражать многие растения из разных семейств, в т.ч. огурец, картофель, подсолнечник, зерновые, а также сорные растения. Этот вид синтезирует ряд микотоксинов, опасных для человека и животных: диацетоксисцирпинол, зеараленон, фумонизин [10].

Изоляты грибов, поражавших растения пшеницы на прямом посеве, принадлежали значительно большему числу видов. Нами были обнаружены *F. acuminatum*, *F. lateritium*, *F. oxysporum*, *F. avenaceum*. Эти грибы достаточно разнообразны по патогенности, токсиногенности и географической приуроченности.

Вид *F. avenaceum* широко распространен на территории РФ и является типичным для Нечерноземного региона возбудителем корневых гнилей, хотя некоторые исследователи причисляют его к слабопатогенным видам. Однако его значимость определяется в первую очередь продуцируемым им микотоксином — монилиформином (МОН). Это вещество высокотоксично для теплокровных (ЛД₅₀ 20 мг/кг), а помимо этого, может проявлять и фитотоксичность. Помимо *F. avenaceum* это же вещество продуцируют виды *F. acuminatum* и *F. oxysporum* [10]. Эти виды схожи между собой по уровню патогенности: обычно они являются среднеагрессивными, а по другим данным — высокоагрессивными [20], и часто отмечаются как один из компонентов корневой гнили вместе с другими видами [5]. Различия между ними состоят, во-первых, в географической приуроченности. Несмотря на большую распространенность в целом на территории РФ, вид *F. acuminatum* в большей степени приурочен к Дальнему Востоку и Приморью. Помимо этого, *F. oxysporum* обладает более высокой способностью к образованию хламидоспор, а также может быть продуцентом еще одной группы веществ, относящихся к микотоксинам — фумонизинам (ФУМ), которые, как и МОН, помимо значительной опасности для теплокровных, проявляют сильный фитотоксический эффект [10].

Последний из вышеперечисленных грибов *F. lateritium* характеризуется умеренной или слабой агрессивностью. Среди прочих перечисленных видов он обладает наименьшей способностью к споруляции [5].

Кроме различных видов рода *Fusarium*, методом молекулярной диагностики были идентифицированы почвообитающий аскомицет *Tricheladium asperum* Harz и два вида грибов из отдела Zygomycota, рода *Mortierella*. Первым был *M. hyalina*, а вторым — *M. elongata*.

Этот род представлен значительным числом видов, среди которых отмечаются, в т.ч., микофильные. В наибольшей степени известна и доказана антагонистическая активность в отношении макро- и микромицетов (в т.ч. и фитопатогенов) для вида *M. bispolaris* (Thaxt.) Vjoerling, относящегося к био группе факультативных биотрофов. Доказана его активность в отношении *Botrytis cinerea* Fr., *Helminthosporium sativum* Pammel, King et Bakke, *Verticillium dahliae* Kleb., *Phytophthora infestans* de By., *Puccinia graminis* Pers. Помимо него антагонистическая активность в отношении этих и некоторых других патогенов, в т.ч. фузариев, отмечена у видов *M. issabelina* Oud., *M. minutissima* Tiegh. Однако они являются некротрофами и потому менее интересны в качестве агентов био защиты [17].

Согласно имеющимся данным представители рода *Mortierella* (и выявленные виды, в частности) могут выступать в качестве продуцентов различных жирных кислот, в т.ч. арахидоновой, причем в первую очередь среди идентифицированных в нашем исследовании видов — *M. hyalina* [12].

Арахидоновая кислота, как отмечается в научной литературе, может в определенных концентрациях ингибировать рост патогенных грибов рода *Fusarium*. Однако эта тенденция проявляется разнонаправленно и не во всех случаях. В большей степени защитные свойства этого соединения заключаются в индуцировании неспецифического иммунитета растений и повышении их устойчивости к заражению. Подобный эффект хорошо проявляется при применении препарата иммунофитоцит, действующим веществом которого является этиловый эфир арахидоновой кислоты [16]. Таким образом, выделенные из пораженных растений *M. hyalina* и *M. elongata* можно теоретически рассматривать в качестве агента биологической защиты от патогенов, хотя требуются дополнительные исследования для оценки фунгистатического и иммуномодулирующего эффекта, выделяемого грибами рода *Mortierella* соединения, поскольку арахидоновая кислота разного происхождения (растительного и животного) имеет неодинаковое воздействие на патогенов.

Заключение

Таким образом, результаты исследований показывают, что нулевая обработка почвы оказывает значительное влияние на качественное и количественное проявление корневых гнилей озимой пшеницы в условиях Нечерноземной зоны. Распространенность и развитие болезней на фоне прямого посева статистически выше, чем при отвальной обработке почвы. Наибольшие различия между этими показателями отмечаются в начальные периоды вегетации и сглаживаются к фазе молочной спелости.

Дифференцированный способ внесения азотных удобрений улучшает фитосанитарное состояние посевов, снижая распространенность развития корневых гнилей, по сравнению со сплошным внесением.

Состав микромицетов, выделенных из пораженных корневой гнилью растений, различался в зависимости от способа обработки почвы и был более разнообразным на участке со вспашкой. Среди сапротрофных микроорганизмов в т.ч. были идентифицированы грибы рода *Mortierella* с возможными антагонистическими свойствами по отношению к фитопатогенным грибам.

Что касается непосредственно возбудителей фузариозных корневых гнилей, установлено, что наибольшее количество видов фузариев было выделено с растений на фоне нулевой обработки почвы (*F. acuminatum*, *F. lateritium*, *F. oxysporum*, *F. avenaceum*) по сравнению с отвальной (*F. equiseti*).

Библиографический список

1. Беленков А.И., Николаев В.А., Мазиров М.А. Динамика агрофизических свойств дерново-подзолистых почв в различных по метеоусловиям лет в опыте ЦТЗ РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева // Материалы Международной конференции «Тенденции развития агрофизики в условиях изменяющегося климата» СПб.: АФИ, 2012. С. 193–198.
2. Белошапкина О.О., Николаев В.А., Акимов Т.А. Развитие грибных болезней озимой пшеницы при разных способах основной обработки почвы // Проблемы развития АПК региона. 2015. № 3 (23). С. 19–23.
3. Белошапкина О.О., Гриценко В.В., Беленков А.И., Полин В.Д. Сравнение технологий возделывания зерновых культур в полевом опыте ЦТЗ // Земледелие. 2012. № 4. С. 17–24.
4. Бешкильцева Т.А. Влияние плотности почвы на продуктивность зерновых культур // Агро XII, 2007. № 1–3. С. 42–43.
5. Билай В.И., Гвоздяк Р.И., Скрипаль И.Г., Элланская И.А., Зирка Т.И., Мурас В.А. / Под ред. В.И. Билай. Киев: Наукова Думка, 1988. 552 с.
6. Билай В.И., Курбацкая З.А. Определитель токсинообразующих микромицетов / Киев: Наукова думка, 1990. 236 с.
7. Билай В.И., Элланская И.А., Кириленко Т.С. и др.; Под общ. ред. Билай В.И. Микромицеты почв Киев: Наукова думка, 1984. 264 с.
8. Боровой М.В., Добрынин Н.Д., Абеленцев В.И. Видовой состав и биоэкологические особенности патогенных комплексов в агроценозах озимой пшеницы при разных способах обработки почвы // Достижения науки и техники АПК, 2011. № 4. С. 19–21.
9. Гагкаева Т.Ю., Дмитриев А.П., Павлюшин В.А. Микробиота зерна — показатель его качества и безопасности // Сельскохозяйственная биология. 2014. № 3. С. 14–18.
10. Гагкаева Т.Ю., Гаврилова О.П., Левитин М.М., Новожилов К.В. Фузариоз зерновых культур // Приложение к журналу «Защита и карантин растений» 2011. № 5. С. 70–120.
11. Григорьев М.Ф. Изучение патогенных комплексов возбудителей наиболее распространенных типов корневых гнилей зерновых культур в Центральном Нечерноземье России // Известия ТСХА. 2012. № 2. С. 111–125.
12. Ильин Д.Ю., Ильина Г.В., Саиенкова С.А. Грибы рода *Mortierella* — продуценты полиненасыщенных жирных кислот в чистой культуре // Нива Поволжья. 2016. № 1(38). С. 21–27.
13. Кузнецов А.А. Патогенность грибов рода *Fusarium* Link et Fr к проросткам подсолнечника в Тамбовской области // Вестник ТГУ. 2012. Т. 17. Вып. 2. С. 768–770.
14. Лухменев В.П., Глинушкин А.П. Средства защиты растений от вредителей, болезней и сорняков. Оренбург: Издательский центр ОГАУ, 2012. 596 с.
15. Говоров Д.Н. Обзор фитосанитарного состояния посевов сельскохозяйственных культур в Российской Федерации в 2010 году и прогноз развития вредных объектов в 2011 году. М.: ФГУ «Россельхозцентр», 2011. 184 с.
16. Осокина Н.В., Калашникова Е.А., Князев А.Н., Карсункина Н.П. Особенности роста мицелия грибов рода *Fusarium* в условиях *in vitro* // Известия ТСХА. 2015. № 4. С. 26–35.
17. Рудаков О.Л. Микофильные грибы, их биология и практическое значение. М.: Наука, 1981. 160 с.
18. Пидопличко Н.М. Грибы — паразиты культурных растений. Определить. Т. 2. Грибы несовершенные. Киев: Наукова думка, 1977. 300 с.
19. Самофалова И.А., Каменских Н.Ю., Кизилская Р., Ашкин Т. Влияние приемов основной обработки в южно-таежной подзоне на гумусное состояние дерново-подзолистой почвы // Пермский аграрный вестник. 2015. № 9. С. 55–61.

20. Торопова Е.Ю., Казакова О.А., Воробьева И.Г., Селюк М.П. Фузариозные корневые гнили зерновых культур в Западной Сибири и Зауралье // Защита и карантин растений. 2013. № 9. С. 23–26.

21. Торопова Е.Ю., Чулкина В.А., Стецов Г.Я. Влияние способов обработки почвы на фитосанитарное состояние посевов // Защита и карантин растений. 2010. № 1. С. 26–27.

22. Чекмарев В.В. Изменение видового состава грибов р. Fusarium под действием про-
травителей // Защита и карантин растений. 2012. № 2. С. 27–28.

23. Щур А.В., Валько В.П., Виноградов Д.В. Влияние способов обработки почвы и внесения удобрений на численность и состав микроорганизмов // Вестник Курганской государственной сельскохозяйственной академии. № 3. 2015. С. 1–4.

DYNAMICS AND PATHOGENIC COMPOSITION OF WINTER WHEAT ROOT ROTS DEPENDING ON THE BASIC TILLAGE METHODS OF THE SOD-PODZOL SOIL

O.O. BELOSHAPKINA, T.A. AKIMOV

(Russian Timiryazev State Agrarian University)

*The influence of the main tillage methods such as moldboard (turnover plowing) and zero tillage (no tillage after the predecessor and direct seeding into stubble) on the background of differentiated (based on the plant biomass) and overall application of nitrogen fertilizers on the dynamics of L-1 line winter wheat root roths has been studied. The investigations have been carried out in crop rotation consisting of 4 fields at the precision farming center of the Russian Timiryazev State Agrarian University (Moscow region) in 2015–2016. The prevalence rate and development of the diseases have been accounted during the routing surveys with the plant samples collection. Identification of the pathogens fungi isolated in pure culture has been performed using microscopy, directories, determinants and molecular genetics methods (PCR). The prevalence and development of root rot at the tillering and booting phases was significantly higher in the variants with zero tillage compared to plowing. These figures do not differ significantly between variants with different tillage methods in milk ripeness phase. The prevalence rate and development of the disease have been higher in variants with overall application of nitrogen fertilizers if compared with differentiated application, this result was recorded in both plowing and zero tillage variants and especially obvious in the phase of milk ripeness. Saprotrophic micromycetes including genera Mortierella (*M. hyalina* (Harz) W. Gams u *M. elongata* Linnemann), Trichocladium sp. have been noted more often on the wheat plants with signs of root rot, growing in variants with plowing than with zero tillage. Trichoderma sp., Aspergillus sp. and Penicillium sp. have been less frequent. Fusarium equiseti (Corda) Saccardo is the only pathogene that have been detected. The phytopathogenic Fusarium species fungi in the samples of infected plants from the variants with direct sowing occurred more frequently and were represented by a large number of species: *F. acuminatum* Ellis & Everh, *F. lateritium* Nees, *F. oxysporum* Schlecht., *F. avenaceum* (Fr.) Sacc.*

Key words: winter wheat, tillage method, zero-till, root rots, pathogens, species composition.

References:

1. *Belenkov A.I., Nikolaev V.A., Mazirov M.A.* Dinamika agrofizicheskikh svoystv dernovo-podzolistykh pochv v razlichnykh po meteouloviyam let v opyte RGAU-MSKha imeni K.A. Timiryazeva [Dynamics of agrophysical properties of sod-podzolic soils under different weather conditions in the experiment of the Russian Timiryazev State Agrarian University]. *Materialy Mezhdunarodnoy konferentsii «Tendentsii razvitiya agrofiziki v usloviyakh izmenyayushchegosya klimata»* [Proceedings of the International Conference «Development Trends of Agrophysics in Changing Climate»]. St. Petersburg: 2012. P. 193–198.
2. *Beloshapkina O.O., Nikolaev V.A., Akimov T.A.* Razvitie gribnykh bolezney ozimoy pshenitsy pri raznykh sposobakh osnovnoy obrabotki pochvy [The development of winter wheat fungal diseases at different ways of basic soil treatment]. *Problemy razvitiya APK regiona* [Problems of agribusiness development in the region]. 2015. № 3 (23). P. 19–23.
3. *Beloshapkina O.O., Gritsenko V.V., Belenkov A.I., Polin V.D.* Svrnenie tekhnologiy vzdelyvaniya zernovykh kul'tur v polevom opyte TsTZ [Comparison of technologies of cultivation of crops in a field experiment of the Centre of Precise Agriculture]. *Zemledelie* [Agriculture]. 2012. № 4. P. 17–24.
4. *Beshkil'tseva T.A.* Vliyanie plotnosti pochvy na produktivnost' zernovykh kul'tur [Influence of soil density on the productivity of crops]. *Agro* XII. 2007. № 1–3. P. 42–43.
5. *Bilay V.I., Gvozdyak R.I., Skripal' I.G., Ellanskaya I.A., Zirka T.I., Muras V.A.* Kiev: Naukova Dumka, 1988. 552 p.
6. *Bilay V.I., Kurbatskaya Z.A.* Opredelitel' toksinoobrazuyushchikh mikromitsetov [The determinant of toxigenic micromycetes]. Kiev: Naukova dumka, 1990. 236 p.
7. *Bilay V.I., Ellanskaya I.A., Kirilenko T.S.* Mikromitsety pochv [Soil micromycetes]. Kiev: Naukova dumka, 1984. 264 p.
8. *Borovoy M.V., Dobrynin N.D., Abelentsev V.I.* Vidovoy sostav i bioekologicheskie osobennosti patogennykh kompleksov v agrotsenozakh ozimoy pshenitsy pri raznykh sposobakh obrabotki pochvy [Specific structure and bioecological features of pathogenic complexes in winter wheat agrocenoses at different ways of cultivation]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK* [Advances in science and technology of Agro industrial Complex]. 2011. № 4. P. 19–21.
9. *Gagkaeva T.Yu., Dmitriev A.P., Pavlyushin V.A.* Mikrobiota zerna — pokazatel' ego kachestva i bezopasnosti [The microbiota of grain - an indicator of its quality and safety]. *Sel'skokhozyaystvennaya biologiya* [Agricultural Biology]. 2014. № 3. P. 14–18.
10. *Gagkaeva T.Yu., Gavrilova O.P., Levitin M.M., Novozhilov K.V.* Fuzarioz zernovykh kul'tur [Fusarium cereals]. *Prilozhenie k zhurnalu «Zashchita i karantin rasteniy»* [Supplement to the journal "Plant Protection and Quarantine"]. 2011. № 5. P. 70–120.
11. *Grigoryev M.F.* Izuchenie patogennykh kompleksov vzbuditeley naibolee rasprostranennykh tipov kornevykh gniley zernovykh kul'tur v Tsentral'nom Nechernozem'e Rossii [The study of the pathogenic agents of the complexes of the most common types of root rots of grain crops in the Central Nonchernozem zone of Russia]. *Izvestiya TSKhA* [Journal of Timiryazev Agricultural Academy]. 2012. № 2. P. 111–125.
12. *Il'in D.Yu., Il'ina G.V., Sashenkova S.A.* Griby roda *Mortierella* — produtsenty polinenasyshchennykh zhirnykh kislot v chistoy kul'ture [Fungi of the genus *Mortierella* - producers of polyunsaturated fatty acids in pure culture]. *Niva Povolzh'ya*. 2016. № 1(38). P. 21–27.
13. *Kuznetsov A.A.* Patogennost' gribov roda *Fusarium* Link et Fr k prorostkam podsolnechnika v Tambovskoy oblasti [Pathogenicity of fungi of the genus *Fusarium* Link et Fr to sunflower seedlings in the Tambov region]. *Vestnik TGU* [Journal of Tambov State University]. 2012. Vol. 17. № 2. P. 768–770.
14. *Lukhmenov V.P., Glinushkin A.P.* Sredstva zashchity rasteniy ot vreditel'ey, bolezney i sornyakov [Plant protection products used against pests, diseases and weeds]. Orenburg: Publishing Center OSAU. 2012. 596 p.
15. *Govorov D.N.* Obzor fitosanitarnogo sostoyaniya posevov sel'skokhozyaystvennykh kul'tur v Rossiyskoy federatsii v 2010 godu i prognoz razvitiya vrednykh ob'ektov v 2011 godu

[Review of phytosanitary condition of crops in the Russian Federation in 2010 and the forecast of the development of harmful objects in 2011]. Moscow: FGU «Rossel'khoztsentr», 2011. 184 p.

16. *Osokina N.V., Kalashnikova E.A., Knyazev A.N., Karsunkina N.P.* Osobennosti rosta mitseliya gribov roda *Fusarium* v usloviyakh in vitro [Features of *Fusarium* fungi mycelium growth in vitro]. *Izvestiya TSKhATSKhA [Journal of Timiryazev Agricultural Academy]*. 2015. № 4. P. 26–35.

17. *Rudakov O.L.* Mikofil'nye griby, ikh biologiya i prakticheskoe znachenie [Mycophilous fungi, their biology and practical significance]. Moscow: Nauka, 1981. 160 p.

18. *Pidoplichko N.M.* Griby — parazity kul'turnykh rasteniy. Opredelit'. T. 2. Griby nesovershennye [Fungi - parasites of cultivated plants. Classifier. Vol.2. Fungi imperfect]. Kiev: Naukova dumka, 1977. 300 s.p

19. *Samofalova I.A., Kamenskikh N.Yu., Kizil'skaya R., Ashkin T.* Vliyanie priemov osnovnoy obrabotki v yuzhno-taezhnoy podzone na gumusnoe sostoyanie dernovo-podzolistoy pochvy [Influence of the basic soil cultivation practices in the southern taiga subzone on humus state of sod-podzolic soil]. *Permskiy agrarnyy vestnik [Perm Agricultural Journal]*. 2015. № 9. P. 55–61.

20. *Toropova E.Yu., Kazakova O.A., Vorob'eva I.G., Selyuk M.P.* Fuzarioznye kornevye gnili zernovykh kul'tur v Zapadnoy Sibiri i Zaural'e [Fusarium root rot of grain crops in Western Siberia and Trans-Urals]. *Zashchita i karantin rasteniy [Protection and Quarantine of plants]*. 2013. № 9. P. 23–26.

21. *Toropova E.Yu., Chulkina V.A., Stetsov G.Ya.* Vliyanie sposobov obrabotki pochvy na fitosanitarnoe sostoyanie posevov [Influence of tillage methods on phytosanitary condition of crops]. *Zashchita i karantin rasteniy [Protection and Quarantine of plants]*. 2010. № 1. P. 26–27.

22. *Chekmarev V.V.* Izmenenie vidovogo sostava gribov r. *Fusarium* pod deystviem protraviteley [Changes in species composition of fungi p. *Fusarium* under the influence of disinfectants]. *Zashchita i karantin rasteniy [Protection and Quarantine of plants]*. 2012. № 2. P. 27–28.

23. *Shchur A.V., Val'ko V.P., Vinogradov D.V.* Vliyanie sposobov obrabotki pochvy i vnoseniya udobreniy na chislennost' i sostav mikroorganizmov [Influence of tillage and fertilization on the number and composition of microorganisms]. *Vestnik Kurganskoj gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii [Journal of the Kurgan State Agricultural Academy]*. 2015. № 3. P. 1–4.

Белошапкина Ольга Олеговна — д. с.-х. н, проф. кафедры защиты растений РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева (127550, г. Москва, ул. Тимирязевская, д. 49; тел.: (499) 976-03-78; e-mail: beloshapkina@timacad.ru).

Акимов Тим Артемович — асп. кафедры защиты растений РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева (127550, г. Москва, ул. Тимирязевская, д. 49; тел.: (909) 642-63-96; e-mail: agronomtim@gmail.com).

Beloshapkina Olga Olegovna — Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Plant Protection, Russian Timiryazev State Agrarian University (127550, Moscow, Timiryazevskaya str., 49; tel.: +7 (499) 976-03-78; e-mail: beloshapkina@timacad.ru)

Акимов Тим Артемович — PhD-student of the Department of Plant Protection, Russian Timiryazev State Agrarian University (127550, Moscow, Timiryazevskaya str., 49; tel.: +7 (909) 642-63-96; e-mail: agronomtim@gmail.com).