

УДК 632.9

ЛИСТОСТЕБЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС ФИТОПАТОГЕННЫХ И СОПУТСТВУЮЩИХ ГРИБОВ НА КАРТОФЕЛЕ В РАЗЛИЧНЫХ РЕГИОНАХ РОССИИ

А.Н. СМИРНОВ^{1,2}, Т.С. БИБИК², Е.С. ПРИХОДЬКО¹,
О.О. БЕЛОШАПКИНА¹, С.А. КУЗНЕЦОВ²

(¹ РГАУ–МСХА имени К.А. Тимирязева;
² Владимирский НИИ сельского хозяйства)

*Провели микологический анализ листьев и стеблей картофеля в Москве, Тульской, Ивановской, Новгородской, Ленинградской и Владимирской областях, а также в Пермском крае. Наиболее часто в образцах полегающих растений обнаруживали конидии и хламидоспоры грибов *Fusarium* и *Alternaria*, весьма опасных для культуры. В Москве и Владимирской области грибы из этого патоконплекса доминировали, в Тульской, Ивановской, Новгородской и Ленинградской областях характеризовались высокой частотой встречаемости. В Пермском крае выявлен значительный очаг повреждения картофеля нематодой с наличием ее гиперпаразита и естественного регулятора численности — гриба *Arthrobotrys*. Также в образцах из надземных органов картофеля обнаружены сапротрофные грибы рода *Arthrinium* во Владимирской области и *Epicoccium* — в Пермском крае. Можно полагать, что выявленный грибной патоконплекс очень опасен для картофеля, особенно в условиях потепления климата и насыщенности севооборотов картофелем.*

Ключевые слова: фузариоз картофеля, альтернариоз картофеля, *Fusarium*, *Alternaria*, нематода, *Arthrobotrys*.

Оомитеты и грибы вызывают многочисленные поражения картофеля в различных регионах России, ведущие к значительным потерям урожая. На протяжении многих лет лидирующие позиции занимал фитофтороз, однако в последние годы в связи с климатическими изменениями ситуация в агроценозах картофеля стала меняться, появились другие патогены [4] и нарастающее проявление болезней не в полной мере известной этиологии.

Перед современным картофелеводством встает необходимость уточнить фитопатологические комплексы, способные в условиях потепления приводить к масштабной гибели посадок. К примеру, вегетационный сезон 2014 г. характеризовался на большей территории Нечерноземной зоны контрастными погодными условиями. При этом короткие периоды выпадения значительного количества осадков сменялись довольно продолжительными периодами сухой погоды, максимальная темпе-

ратура днем достигала 35°C. Эти агрометеорологические условия создавали много проблем при ведении сельскохозяйственных производств. В частности, мы располагаем информацией о сильном полегании и отмирании надземных органов картофеля в разных регионах России. Известно, что в Татарстане в предшествующие годы, начиная с 2010 г., полегание картофеля было связано с грибами рода *Fusarium* [3]. В Московской области на полегание повлияла активизация и повышение вредоносности альтернариоза, особенно начиная с 2007 г., и в большей степени — с 2010 г. [1, 2, 4, 5, 7].

Цель настоящего исследования — идентифицировать комплекс микроорганизмов грибной природы, ассоциирующихся с полеганием картофеля в различных регионах России в условиях вегетационного периода 2014 г. для уточнения этиологии потенциально опасных патогенов и обоснования защитных мероприятий против них.

Методика исследований

Материалы. Фрагменты листьев и стеблей картофеля с признаками полегания и разрушения тканей отбирали в следующих регионах с мелкомасштабных посадок (до 1 га) картофеля разных сортов в период с июля по октябрь 2014 г.: 1) Москва, лаборатория защиты растений РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева; 2) Тульская область, Киреевский район, село Дедилово; 3) Ивановская область, Лухский район, деревня Порздни; 4) Новгородская область, Валдайский район, деревня Большое Уклейно; 5) Ленинградская область, окрестности г. Санкт-Петербург; 6) Владимирская область, Суздальский район, Владимирское ополье, окрестности г. Суздаль, поле Владимирского НИИ сельского хозяйства; 7) Пермский край, Красновишерский район, г. Красновишерск. Отбирали 5 образцов листьев и стеблей с каждого обследованного поля картофеля.

Методы. Фрагменты листьев и стеблей картофеля помещали во влажные камеры (чашки Петри с увлажненной фильтровальной бумагой (рис. 1–3), которые инкубировали при температуре 22–24°C и ограниченном освещении. Образующиеся налеты анализировали посредством световой микроскопии при увеличениях x800–2000.



Рис. 1. Фрагменты стеблей картофеля (с. Ред Скарлет) из Новгородской области с выраженным белым налетом во влажной камере



Рис. 2. Фрагмент пораженного стебля картофеля (с. Невский) с выраженным белым налетом



Рис. 3. Фрагмент пораженных стеблей и корней картофеля (сорта неизвестны) из Пермского края с выраженным белым налетом

Изучали морфологию и биометрию наблюдаемых структур грибов, на основании чего идентифицировали их до рода. Определяли в поле зрения (1 мм^2) количество конидий, собранных путем соскоба налета и с фрагментов пораженных тканей, помещенных в одинаковое по объему количество воды в 50 полях зрения для усреднения полученных данных.

Результаты и их обсуждение

Визуальный осмотр посадок картофеля. Значительное полегание в посадках картофеля наблюдали в Москве на территории ЛЗР РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева. К началу–середине июля полегали

отдельные растения (рис. 4), а к концу июля–началу августа это явление приняло массовый характер.



Рис. 4. Общий вид полегающих растений картофеля (сорт Невский) на территории ЛЗР РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 18.07.2014 г.

Значительные полегания картофеля также наблюдали в г. Красновишерске (Пермский край) на сортосмеси в частном секторе и в окрестностях Санкт-Петербурга. В других исследованных посадках подобные поражения картофеля имели локальный и менее выраженный характер.

Идентификация родов грибов. В большинстве исследованных образцов из всех регионов обнаружили грибы из рода *Fusarium*. Доказательством этого служило наличие многочисленных бесцветных палочковидных или изогнутых макроконидий из нескольких клеток, одиночных и в скоплениях, со значительной примесью миниатюрных микроконидий из одной или нескольких клеток аналогичной формы (рис. 5–9, 15, 17). В московских и пермских образцах в гниющих тканях дополнительно обнаружили группы типичных хламидоспор (рис. 10, 11, 15).

Также почти во всех исследованных образцах обнаружили лимоновидные крупные коричневые многоклеточные конидии в хаотичных скоплениях и цепочках на бесцветном и светло-коричневом мицелии (рис. 6, 7, 12, 14, 16, 17). В отдельных образцах из Ивановской и Владимирской областей, а также в Пермском крае обнаружили группы хламидоспор в цепочках (рис. 14, 15). Эти структуры достоверно идентифицировали как грибы рода *Alternaria*.

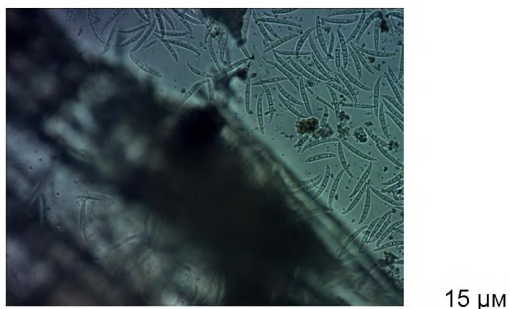


Рис. 5. Скопление макроконидий *Fusarium* (Москва, ЛЗР РГАУ-МСХА)

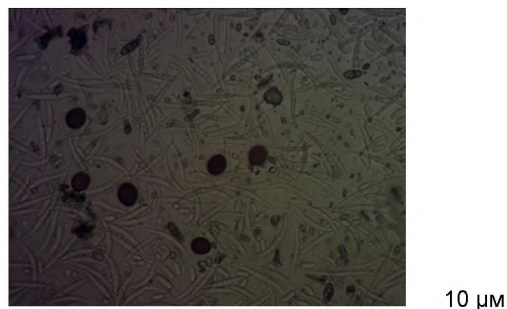


Рис. 6. Скопление макро- и микроконидий *Fusarium*, и хламидоспор *Alternaria*, конидий *Arthrinium* (Владимирская область, Суздаль)



Рис. 7. Скопление макро- и микроконидий *Fusarium*, а также конидия *Alternaria* (Москва, ЛЗР РГАУ-МСХА)



Рис. 8. Группа макро- и микроконидий *Fusarium* (Владимирская область, Суздаль)



Рис. 9. Макро- и микроконидии *Fusarium* (Новгородская область, д. Большое Уклейно)

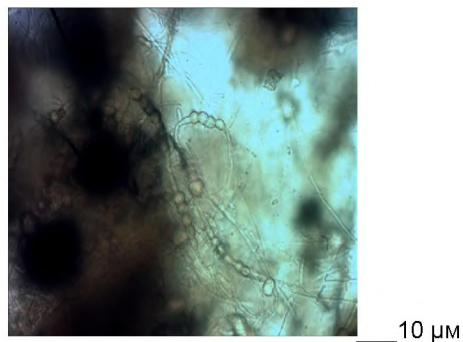


Рис. 10. Хламидоспоры в цепочках *Fusarium* (Москва, ЛЗР РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева)



Рис. 11. Хламидоспоры в цепочках *Fusarium* (просматривается шиповатая оболочка; Москва, ЛЗР РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева)

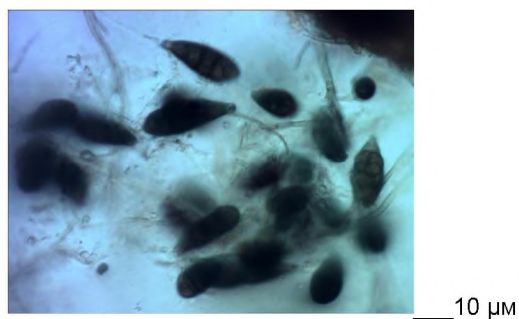


Рис. 12. Скопление конидий *Alternaria* (Пермский край, Красновишерск)

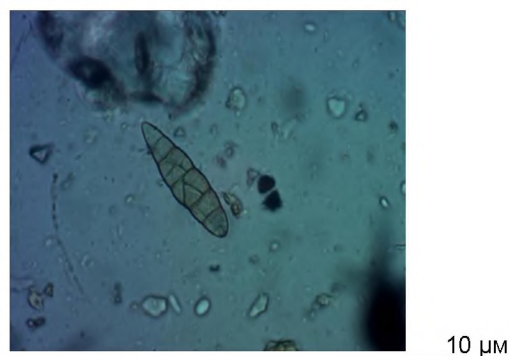


Рис. 13. Крупная конидия *Alternaria* (Ленинградская область, близ Санкт-Петербурга)

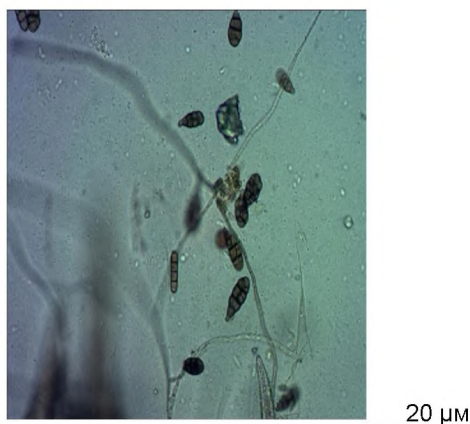


Рис. 14. Конидии и хламидоспоры *Alternaria* (Ивановская область, д. Порздни)

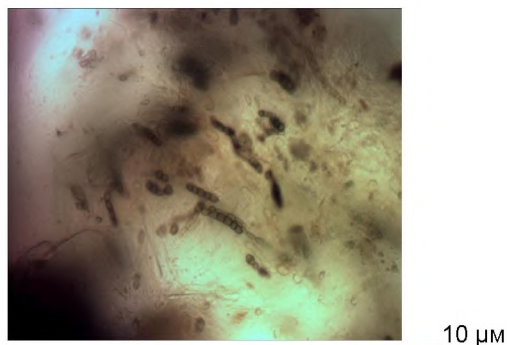


Рис. 15. Хламидоспоры *Alternaria* и *Fusarium*, единичные микроконидии *Fusarium* (Пермский край, Красновишерск)



Рис. 16. Конидии *Alternaria* (Ивановская область, д. Порздни)

В 30% образцов из Владимирской области обнаружили одноклеточные коричневые овальные споры со слабо заостренными концами, единичные и в группах (рис. 6, 17). Эти структуры характерны для грибов рода *Arthrinium* (синонимы *Gymnosporium* и *Papularia*).

В образцах из Красновишерска (Пермский край) обнаружено повреждение нематодой и цисты вредителя. Образцы собирали в конце октября из-под выпавшего снега, поэтому самих нематод обнаружить не удалось. Наличие многочисленных хламидоспор фузариев и альтернарий можно связать с зимними условиями и с возможным влиянием нематод.

В единичных образцах из этого региона обнаружили бесцветные крупные двухклеточные ассиметричные (базальная клетка меньше апикальной) конидии, отрастающие мутовкой от гифы-конидиеносца, единичные и в скоплениях (рис. 18, 19). Эти грибные структуры удалось идентифицировать как принадлежащие роду *Arthrobotrys*. Грибы из рода *Arthrobotrys* — известные паразиты нематод за счет того, что его мицелий образует на нематодах так называемые «ловчие кольца». Есть основания полагать, что этот факт существенно повлиял на развитие грибного сообщества в обследуемых образцах картофеля. В результате показано, что в условиях Пермского края присутствует естественная регуляция нематод, паразитирующих на картофеле.

Также в некоторых образцах из Пермского края присутствовали скопления одноклеточных коричневых овальных конидий с заостренными концами (рис. 20). На основании полученных данных микроскопирования их удалось отнести к грибам из рода *Ericosium*. Этот гриб образуется на отмерших тканях, до того подвергнутых значительному стрессовому фактору: например, после обработки гербицидами.

Частота встречаемости конидий грибов в образцах листьев и стеблей увядающего картофеля из разных регионов. Наиболее часто встречались конидии грибов рода *Fusarium* (таблица). Они доминировали в образцах из РГАУ-МСХА и Суздаля, встречались во всех образцах картофеля из Тульской, Ивановской, Новгородской и Ленинградской областей, хотя в Ивановской и Ленинградской областях макроконидии *Fusarium* встречались с частотой до 9 шт/мм².

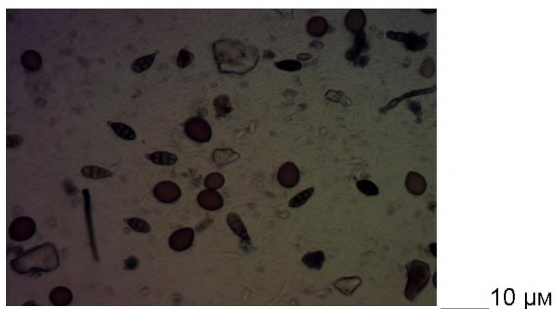


Рис. 17. Конидии *Arthrinium* и *Alternaria* на фоне микро- и макроконидий *Fusarium* (Владимирская область, Суздаль)

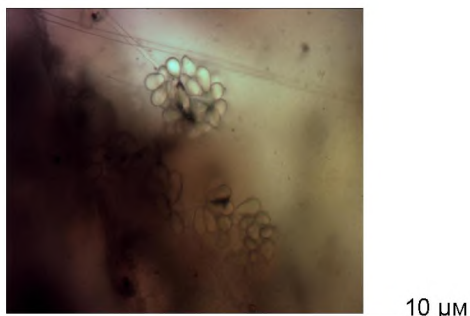


Рис. 18. Конидиальное спороношение *Arthrobotrys* (Пермский край, Красновишерск)

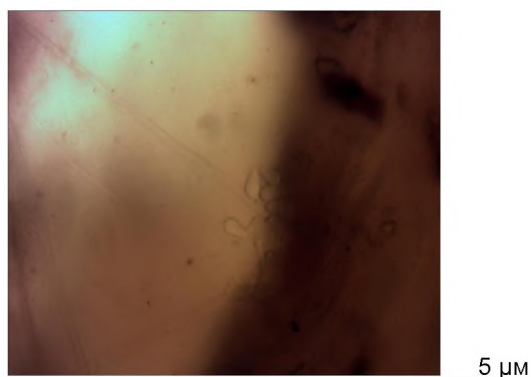


Рис. 19. Конидии *Arthrobotrys* (Пермский край, Красновишерск)

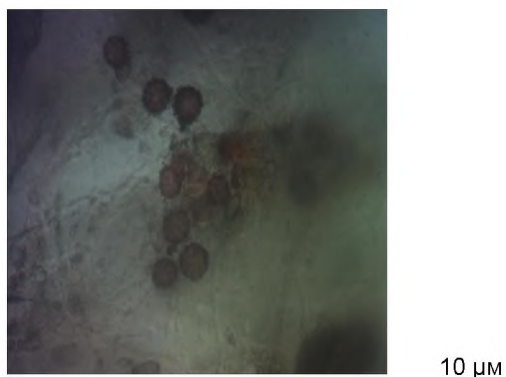


Рис. 20. Конидии *Epicoccum* (Пермский край, Красновишерск)

Встречаемость обнаруженных конидий фитопатогенных грибов, шт/мм²

Место проведения опыта	<i>Fusarium</i> (макроконидии)	<i>Fusarium</i> (микроконидии)	<i>Alternaria</i>	<i>Arthrobotrys</i>	<i>Arthrinium</i>	<i>Epicoccum</i>
РГАУ-МСХА (Москва)	280	240	3	—*	—	—
Дедилово (Тульская область)	2	37	12	—	—	—
Порздни (Ивановская обл.)	9	11	18	—	—	—
Большое Уклейно (Новгородская обл.)	28	34	4	—	—	—
Санкт-Петербург (Ленинградская обл.)	6	9	12	—	—	—
Суздаль (Владимирская обл.)	420	510	17	—	24	—
Красновишерск (Пермский край)	—	3	3	7	—	10

* Не обнаружены в данном образце.

Конидии грибов рода *Alternaria* также встречались во всех исследованных образцах, но значительно реже (до 18 шт/мм²), чем конидии *Fusarium*. Лишь в образцах картофеля из Ивановской области конидии *Alternaria* и *Fusarium* отмечены примерно в одинаковых количествах.

В образцах из Владимирской области, наряду с *Fusarium* и *Alternaria*, обнаружили значительное количество конидий грибов рода *Arthrinium* — до 24 шт/мм².

Особый интерес представляли образцы из Пермского края, где одновременно с поражением грибами были выявлены признаки повреждения картофеля нематодами. При микроскопировании конидии *Fusarium* и *Alternaria* встречались редко, при этом обнаруживали хламидоспоры данных грибов. Довольно часто встречались грибы *Epicoccum* и *Arthrotrichum*: 10 и 7 шт/мм² соответственно. Данные грибы не были выявлены в образцах картофеля из других регионов.

Анализируя встречаемость конидий грибов в исследуемых надземных органах картофеля из разных регионов, установили, что выделяются три основные группы образцов.

Первая группа представлена образцами из Москвы и Владимирской области, которая характеризуется преобладающим присутствием макро- и микроконидий грибов из рода *Fusarium* и довольно редким присутствием конидий грибов рода *Alternaria*.

Вторая группа представлена образцами из Новгородской, Ленинградской, Тульской и Ивановской областей и характеризуется варьированием количества макро- и микроконидий грибов из рода *Fusarium* и из рода *Alternaria*.

Третья группа представлена образцами из Пермского края, характеризуется редким присутствием конидий *Fusarium* и *Alternaria*, которые также образовывали хламидоспоры, наличием грибов родов *Arthrotrichum* и *Epicoccum*, а также обнаруженными признаками поражения нематодами.

В результате исследований выявлено, что в разных регионах России на лежащих растениях картофеля выявлен микологический комплекс *Fusarium–Alternaria*. Предположительно именно эти грибы в большой степени способствовали полеганию ботвы картофеля в разных регионах России.

С одной стороны, значительное развитие этого патокон комплекса может быть вторичным после поражения другими болезнями — такими, как ризоктониоз, фитофтороз, бактериозы. Но, с другой стороны, есть много свидетельств того, что данный микологический комплекс являлся основной причиной полегания и гибели надземных побегов картофеля. Это доказывает несколько фактов, установленных как в предшествующих [3, 5], так и в текущем исследованиях. Во-первых, конидии фузариев и альтернарий были обнаружены во всех образцах пораженных растений картофеля из всех обследуемых регионов России, даже удаленных друг от друга. Во-вторых, установлено массовое развитие фузариев в посадках картофеля в Москве и Суздале, и образование их макроконидий носило массовый характер. В образцах из других областей количество обнаруженных конидий фузариев, а также альтернарий было значительным, чтобы служить мощным инфекционным прессом (до 3–34 конидий/мм² пораженной поверхности) на растении картофеля.

В предшествующий период 2010–2013 гг. было показано, что массовое развитие фузариоза в Татарстане и сопредельных регионах [3], а альтернариоза — в Московской области [1, 2, 4, 5, 7] — сопутствовало ослаблению и полеганию растений картофеля. Поражения фитофторозом у лежащих растений не наблюдали, или оно было редким на единичных растениях, хотя в предшествующий период,

с 1980-х — в начале 2000-х гг., это заболевание повсеместно преобладало и доминировало на картофеле.

По неопубликованным данным Е.С. Приходько с соавтор., при клубневом анализе урожая картофеля с пораженных фузариозом растений из ЛЗР РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева в 2014 г. выявлено, что до 25–30% клубней было в разной степени поражено сухой фузариозной гнилью, и в соскобах с них было значительное количество макро- и микроконидий *Fusarium*.

Патокомплекс грибов с *Fusarium* и *Alternaria* во многих регионах России в последние годы представляет очень существенную опасность для картофеля, определяющую лидирующую позицию среди других патогенов этой культуры. Опасность грибов из этих родов приобретает универсальный характер. Например, нами установлено, что данный патоккомплекс в разных сочетаниях преобладал на колосьях зерновых во Владимирской и Ульяновской областях. Напротив, из 6 обследованных регионов фитофтороз обнаружили только в Ивановской области.

Экспериментальные данные о масштабном образовании хламидоспор фузариев и альтернарий в полевых условиях имеют теоретическое значение. Хламидоспоры способны играть существенную роль в жизненном цикле грибов. Вопрос об их очень значительном образовании при массовой вспышке развития болезней при полегании ботвы картофеля требует дальнейших исследований.

Образование хламидоспор, очевидно, целесообразно учитывать при определении стратегий размножения и поддержания жизнеспособности полевых популяций несовершенных грибов [8]. Однако в отличие от оомицетов [6] хламидоспоры несовершенных грибов — это уникальные структурно-функциональные единицы. Соответственно определение стратегий размножения и поддержания жизнеспособности этих грибов не сводится только к определению рангов образования конидий (РОК) и рангов агрессивности (РА) [7]. Для объективной оценки стратегий несовершенных грибов, прежде всего фузариев и альтернарий, целесообразно вводить дополнительный показатель, позволяющий оценивать интенсивность образования их хламидоспор, так как это позволит точнее оценивать их потенциальные возможности, детали жизненного и инфекционного циклов.

Заключение

При микологическом анализе полегающих растений картофеля из разных регионов России установлено, что наиболее часто на ней обнаруживали грибы из родов *Fusarium* и *Alternaria*. В целом можно говорить о сопряженной природе полегания картофеля, инфекционная составляющая которого сводится к патоккомплексу из грибов родов *Fusarium* и *Alternaria*, неинфекционная составляющая — к потеплению климата и нарушениям структуры севооборота в виде длительного выращивания картофеля на одном месте или смежных территориях без надлежащей ротации. Выявленному на картофеле инфекционному фону должна быть дана всесторонняя оценка, на основе которой целесообразно планировать и осуществлять защитные мероприятия.

Авторы выражают благодарность А.Н. Бычину и А.А. Здорововой за сбор образцов картофеля в Пермском крае и Тульской области.

Библиографический список

1. Антоненко В.В. Развитие фитотфороза и альтернариоза на различных сортах картофеля при использовании регуляторов роста растений: Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата биологических наук. М.: РГАУ-МСХА, 2012. 24 с.
2. Деренко Т.А. Биологическое обоснование стратегии применения фунгицидов для защиты картофеля от фитотфороза и альтернариоза: Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата биологических наук. М.: РГАУ-МСХА, 2015. 24 с.
3. Замалиева Ф.Ф., Зайцева Т.В., Рыжих Л.Ю., Салихова З.З. Фузариозное увядание картофеля в Среднем Поволжье и дополнительные рекомендации по защите // Материалы Международной научно-практической конференции XX инновационного совета НИУ Урала, Западной Сибири, Поволжья и Северного Казахстана по картофелеводству «Современное состояние картофелеводства: проблемы и пути развития». Екатеринбург, Уральское издательство, 2014. С. 131–142.
4. Золфагари А., Антоненко В.В., Зайцев Д.В., Игнатенкова А.А., Мамонов А.Г., Пенкин Р.В., Поштаренко А.Ю., Смирнов А.Н. Фитотфороз и альтернариоз картофеля и томата при аномальных погодных условиях в Московской области // Защита и карантин растений. 2011. № 12. С. 40–42.
5. Козловский Б.Е., Филиппов А.В. Альтернариоз на картофеле становится более вредоносным // Защита и карантин растений. 2007. № 5. С. 12–13.
6. Кузнецов С.А. Закономерности формирования и инфекционный потенциал ооспор в полевых популяциях *Phytophthora infestans* на картофеле и томате в Московской области: Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата биологических наук. М.: РГАУ-МСХА, 2013. 24 с.
7. Пенкин Р.В. Использование элементов прогноза, Силипланта и Циркона для снижения фунгицидной нагрузки при защите картофеля от альтернариоза: Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата биологических наук. М.: РГАУ-МСХА, 2012. 24 с.
8. Смирнов А.Н., Кузнецов С.А. Определение стратегий размножения и жизнеспособности полевых популяций *Phytophthora infestans* // Защита и карантин растений. 2006. № 3. С. 20–23.

PHYTOPATHOGENIC COMPLEX DETECTED IN POTATO BLIGHTED LEAVES AND STEMS IN DIFFERENT REGIONS OF RUSSIA

A.N. SMIRNOV^{1,2}, T.S. BIBIK², E.S. PRIKHODKO¹,
O.O. BELOSHAPKINA¹, S.A. KUZNETSOV²

(¹ Russian Timiryazev State Agrarian University;
² Vladimir Research Institute of Agriculture)

Potato leaves and stems with symptoms of drying, damping and blighting from Moscow; Tula, Ivanovo, Novgorod, Leningrad and Vladimir Regions as well as from Perm Territory were investigated on occurrence of fungi. Numerous conidia and chlamydospores of fungi from genera Fusarium and Alternaria were recorded in analyzed samples of potato leaves. These fungi predominated in Moscow and Vladimir Regions and were quite frequent in Tula, Ivanovo, Novgorod and Leningrad Regions. Serious potato affection with nematode and occurrence of hyperparasite and natural nematode regulator fungus Arthrobotrys were detected in Perm Territory. Also

saprotrophic fungi were detected in the samples of affected potato leaves: Arthrinium in Vladimir Region and Epicoccum in Perm Territory. Pathological complex including Fusarium and Alternaria was suggested to be associated with big danger for potato, its pathogenicity can be enforced with tendency to climate warming and farming violations as limited and incorrect potato rotation with other crops.

Key words: potato Fusarium blight, potato early blight, Alternaria, nematode, Arthrobotrys.

Смирнов Алексей Николаевич — д. б. н., проф. кафедры защиты растений РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева (127550, ул. Тимирязевская, 49; тел.: (499) 976-03-78; e-mail: smirnov@timacad.ru).

Бибик Татьяна Серафимовна — к. с.-х. н., зав. отделом интенсивного земледелия Владимирского НИИСХ (601261, ул. Центральная, 3, п. Новый Суздальский р-н, Владимирская обл.; тел.: (49231) 2-19-15; e-mail: tabibik@yandex.ru).

Приходько Екатерина Степановна — асп. кафедры микробиологии и иммунологии РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева (127550, ул. Тимирязевская, 49; тел.: (917) 548-15-04; e-mail: eprihodko@timacad.ru).

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

Кузнецов Сергей Александрович — к. б. н., науч. сотр. отдела интенсивного земледелия Владимирского НИИСХ (601261, ул. Центральная, 3, п. Новый Суздальский р-н, Владимирская обл.; тел.: (49231) 2-19-15; e-mail: infosb@mail.ru).

Smirnov Alexey Nikolaevich — Doctor of Biological 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: smirnov@timacad.ru).

Bibik Tatiana Serafimovna — PhD in Agricultural Sciences, Head of the Department of Intensive Agriculture, Vladimir Research Institute of Agriculture (601261, Vladimir region, Suzdal district, settlement New, Central street, 3; tel.: +7 (49231) 2-19-15; e-mail: tabibik@yandex.ru).

Prihod'ko Ekatherina Stepanovna — PhD-student of the Department of Microbiology and Immunology, Russian Timiryazev State Agrarian University (127550, Moscow, Timiryazevskaya str., 49; tel.: +7 (917) 548-15-04; e-mail: eprihodko@timacad.ru).

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).

Kuznetsov Sergei Aleksandrovich — PhD in Biology, researcher of the Department of Intensive Agriculture, Vladimir Research Institute of Agriculture (601261, Vladimir region, Suzdal district, settlement New, Central street, 3; tel.: +7 (49231) 2-19-15; e-mail: infosb@mail.ru).