

УДК. 633.15+632.93:631.531

## СЕМЕННЫЕ ИНФЕКЦИИ КУКУРУЗЫ: ЭТИОЛОГИЯ, ДИАГНОСТИКА, ОСОБЕННОСТИ ЗАЩИТЫ

В.Г. Иващенко

Всероссийский НИИ защиты растений, Санкт-Петербург

Рассмотрены фузариоз всходов, стеблевые гнили и фузариоз початков как комплекс взаимосвязанных заболеваний, последовательно развивающихся в онтогенезе кукурузы в единой инфекционной цепи, разрыв (ослабление) которой крайне необходим при контроле численности кукурузного стеблевого мотылька *Ostrinia nubilalis* Hbn и хлопковой совки *Heliothis armigera* в системе защиты семеноводческих посевов кукурузы.

Охарактеризованы особенности формирования инфекционного начала *F. verticillioides* и

*F. graminearum* на отмершей пыльце и путей его переноса в початок устойчивых и восприимчивых к стеблевой гнили образцов кукурузы в летнем жизненном цикле гриба.

Вторичность проникновения в початок грибов родов *Penicillium*, *Aspergillus*, *Rhizopus* и др. и колонизации семян (преимущественно поверх колоний грибов р. *Fusarium* – первичных колонизаторов) важно учитывать при диагностике заболеваний и в целях защиты от комплекса токсинов возбудителей, внедрение которых осуществляется по каналам поврежденных фитофагами, преимущественно *O. nubilalis* и *H. armigera*.

При ежегодной значительной распространенности скрытых семенных инфекций у визуально здоровых семян (не выявляемых, не учтенных в нормативных документах прежних ГОСТов и не пересмотренных со 2-й половины XX века), содержание зерновок кукурузы, пораженных нигроспорозом, серой и красной гнилью, фузариозом и белью, в сумме на 100 початков при амбарной апробации не должно превышать 100 шт. в оригинальных и элитных семенах, а не 300, как принято ранее внутриотраслевым стандартом (ВОСТ 01.09.ГК).

**Ключевые слова:** кукуруза; повреждаемость початков; болезни фузариозной этиологии; семенные инфекции; жизненный цикл; травмирование семян.

Широкая промышленная культура и резкий подъём урожайности гетерозисных гибридов кукурузы определили её ведущую роль в формировании зернофуражного баланса во многих странах мира. Отмечая вдвое большую урожайность кукурузы, чем пшеницы яровой и ячменя в IX-XI пятилетках (28.2-32.5 ц/га), среднегодовой прирост её урожайности в СССР в 1971-1985 гг. был в 3-4 раза ниже, чем в США, Франции и других странах [Вашуков, 1986]. Не последовало прогрессирующего увеличения её урожайности в 1989-1991 гг. - 27.4 ц/га и в постреформенный период 1999-2001 гг. – 26.6 ц/га.

В благоприятные для роста кукурузы 2011, 2012, 2013 гг. в стране достигнут наивысший валовый сбор зерна за всю отечественную историю (7.0, 8.2, 10.7 млн т соответственно), причем за прошедшее 10-летие урожайность кукурузы в стране 8 раз превышала 3,5 т/га и 4 раза превысила 4,0 т/га [Сотченко, 2014]. Хотя посевные площади кукурузы в России в 2013 году составили 2.4 млн. га (за последнее 10-летие увеличились в 3.5 раза), они ещё не достигли показателей 1965, 1975, 1985 гг. – 3.2, 2.6, 4.5 млн га соответственно [Вашуков, 1986].

Согласно данным «СовЭкон» весь прирост площади кукурузы за 2010-2013 гг. происходил исключительно за счет расширения посевов «импортной» кукурузы, площадь посевов которой возросла на 1.15 млн га (25%). Комбинация импортных семян и растущих площадей под кукурузой в России привели к заметному росту ее сборов. С 2010 по 2013 гг. сборы зерна выросли почти в 4 раза, до 11.6 млн т, а экспорт в 2014 г., вероятно, мог достигнуть нового рекорда в 4 млн т. Кукуруза становится все более значимой экспортной культурой, уверенно занимая второе место после пшеницы по объемам вывоза. Однако экспорт этот основывается не на российских, а на импортных биотехнологиях (AfterShock, Информационный центр, 19 авг. 2014 г.).

С учетом достигнутых результатов, Департаментом растениеводства, химизации и защиты растений, а также Национальной ассоциацией производителей кукурузы и семеноводов кукурузы, перед земледельцами поставлена задача довести посевные площади кукурузы к 2020 году до 5 млн га с урожайностью не ниже 5 т/га. При этом ожидается, что объемы производства кукурузы составят более 25 млн тонн (<http://www.apinform.com/ru/exclusive/topic/1025300>).

По экспертным оценкам ВНИИ кукурузы, на 4 млн га посевов потребуется не менее 85 тыс. т семян [Сотченко, Горбачева, 2011]. Поскольку доля импортных семян в объеме российского рынка семян кукурузы на зерно (гибриды) оценивается в 60-70%, а фальсифицированных семян (реализуемых по демпинговым ценам) составляет сейчас на семенном рынке порядка 30%, по-прежнему актуален сделанный Н.И.Оксанич (2013) вывод: «предлагаемые российской селекционной наукой результаты (сорта, гибриды) мирового уровня не находят применения в аграрном секторе экономики ввиду неразвитости четвертого этапа инновационного процесса – рынка семян».

Нельзя не учитывать, что среднегодовые колебания урожайности в нашей стране, по данным специалистов Национального союза агростраховщиков, доходят до 70%. Кроме задачи преодоления негативных воздействий засух путем восстановления и расширения системы орошения, не теряет актуальности защита кукурузы от патогенов, фитофагов и сорных растений, особенно в системе семеноводства. Суммарный урон только от возбудителей болезни и кукурузного мотылька составляет на Северном Кавказе 25-31% [Иващенко, 1992, 2012], без учета вреда от кукурузного мотылька (КМ), хлопковой совки (ХС) и сорных растений.

Цель работы – рассмотрение ряда аспектов формирования, передачи семенных инфекций и травмирования се-

мян – основных негативных факторов, определяющих посевные качества семян и полноту реализации потенциала продуктивности кукурузы.

В России трофически связаны с кукурузой по меньшей мере 83 вида грибов. Больше всего их паразитирует на початках (34 вида) и листьях (33), 20 – на стеблях [Иващенко, 2007]. В этой связи понятен неослабевающий интерес к проблеме сохранения здоровья семян, обусловленный необходимостью уточнения способов передачи и профилактики семенной инфекции, особенно скрытой, приводящей к снижению классности семян и неодновременности всходов. Однако, неодновременная всхожесть, приводящая к снижению урожая, не всегда является достаточным основанием для пересева в связи со стоимостью семян и дополнительными затратами, кроме случаев, когда 50 % всходов появляются в более поздние сроки, спустя как минимум 3 недели [Enerson et al., 1991].

К наиболее распространенным и вредоносным в России болезням кукурузы относятся фузариоз всходов (ФВ), стеблевые гнили (СГ), фузариоз початков (ФП) и гнибеллез.

В практике семеноводства наиболее значимы передача инфекции от семени к растению и от растения к растению [Саломе, 1968]. При этом более опасны скрытые формы заражения семян, которые по внешним признакам мало отличаются от здоровых, но содержат инфекцию в области зародыша, эндосперме, в семенной или плодовой оболочке. При фитозэкспертизе таких семян часто возникают трудности учета инфицированности проростков, связанные с тем, что заболевания проявляются по времени позже учета энергии прорастания, принятого в семеноводстве [Хорошайлов, 1972].

Скрытая фузариозная инфекция [Чернецкая, 1931] и её способность сохраняться в семенах 2-3 года [Кирилл-лашвили, 1978] приводит к возникновению различных патологий роста и развития; снижению всхожести на 14.2% при слабой степени поражения и на 40.1% — при сильной [Павук, 1974]. Наличие скрытой зараженности семян фузариями обусловило сильное развитие ФВ кукурузы в Ленинградской области [Коршунова, 1968], а также массовое увядание в Одесской области гибридов из Румынии, посеянных зараженными *F. verticillioides* (до 48%) семенами [Иващенко, 1977].

Показано, что распространенность скрытой инфекции семян на Украине [Кобелева, 1977], в Краснодарском и Ставропольском краях [Иващенко, 1992; Иващенко и др., 2006] в 2-2.5 раза превышает визуальные проявления болезни. Так, локализация *F. verticillioides* в плодовой оболочке приводит к уменьшению сохранившихся к уборке растений на 24.2 % в среднем, а в зависимости от локализации гриба и степени колонизации зерновки – к уменьшению всхожести от 2.5 до 81 % [Сотченко, 2004].

При колонизации растений кукурузы можно выделить 3 этапа: первый (II – IV этап органогенеза стеблей, начало паразитических взаимоотношений) начинается с появлением всходов, когда почвенная инфекция проникает в первичные корни, а семенная в мезокотиль и далее в корневую шейку. На втором (V- IX этапы органогенеза) в период наиболее интенсивных ростобразовательных процессов раздвижения зачаточных узлов стебля происходит быстрая системная колонизация, сходная для устойчивых и восприимчивых линий. От выдвигания метелок и до

полной спелости зерна (3-й этап) объем продолжающейся системной колонизации дополняется проникновением в узлы стеблей аэрогенной инфекции. То есть наряду с системным (семя – мезокотиль – корневая шейка) широко распространен локально-протяженный тип проникновения гриба – через надземные узлы стебля и опорные корни. При этом *F. verticillioides* выделяется преимущественно из узлов [Иващенко, 1989]. К сходному заключению о системной колонизации кукурузы грибом *F. verticillioides* пришли и другие авторы [Murillo-Williams, 2008; Wu Lei et al., 2011].

Из 7 видов р. *Fusarium*, выявленных в составе возбудителей СГ на территории России [Иващенко, 2007], необходимо отметить *F. verticillioides*, доминирующий ежегодно на юге и лесостепи Украины, в Краснодарском и Ставропольском краях.

Согласно данным многолетних исследований [Иващенко, 1992; Шипилова, Иващенко, 2008] на початках кукурузы в РФ паразитирует 15 видов *Fusarium*. Розовая гниль [*F. verticillioides*] преобладает и распространена в европейской и азиатской частях России, красная — *F. graminearum* приурочена к достаточно влажным районам Дальневосточного края, Северного Кавказа. *F. verticillioides* встречается наиболее часто в группе доминирующих на юге России *F. proliferatum* и *F. oxysporum* [Иващенко, Сотченко, 2002], в Приморье – *F. graminearum* и *F. culmorum* [Мартынюк, 2002].

В условиях севооборота (южная, лесостепная зоны Украины, Краснодарский край) распространенность (ФП) редко превышала 30-35 %, в бессменной культуре – может достигать 85-100 % [Иващенко, 1992], а в годы высокой численности ХС и КМ (Ставропольский край, 1998-2005) – 77.8 % в среднем [Иващенко, Сотченко, 2002; Сотченко и др., 2008]. Ранее в районах недостаточного увлажнения поражалось в среднем 7-10 % [Немлиенко, 1957].

Период восприимчивости кукурузы к возбудителям ФП – от начала формирования зерна до фазы молочно-восковой спелости [Немлиенко, 1949], нарастание развития болезни при продолжительной теплой и сырой осени [Koehler, 1960], неполное укрытие початков обертками, ломкость стеблей и поздние сроки уборки [Черемисин, Вандышева, 1961] – далеко не полный перечень факторов, определяющих устойчивость к ФП, дополненный в последние годы сведениями о генотипических различиях по химическому составу воска и толщине перикарпия, скорости старения и отмирания рылец початка, концентрации в рыльцах флавоноидов ДИМБОА, маизина и действия PR-генов, ингибирующих рост *F. verticillioides* [Иващенко, 2012].

В зависимости от способа, места внедрения, этапа органогенеза початка и инфекционной нагрузки образуется значительное разнообразие симптомов поражения. При проникновении гриба по рыльцам наблюдается поверхностная колонизация верхушки початка (при её озернении) и точечная колонизация плодовой оболочки отдельных зерновок в области микропиле [Иващенко и др., 2006]. По данным Dean Malvick (2010), в годы с засушливой погодой в период от цветения до созревания зерна *F. verticillioides* и *F. proliferatum* могут вызывать ФП, при котором на зерновках образуются белые полосы – «starburst» симптом, без явного налета мицелия, который в отношении *F. moniliforme*, *C. acremonium* и *N. oryzae* описан В. Koehler (1959).

Сходный симптом поражения отмечен нами у ряда линий кукурузы в засушливые годы (1998-2002) в предгорной зоне Ставропольского края.

Наряду с признанием необходимости дальнейшего изучения путей внедрения фузариев в початок, проникновение непосредственно из зараженных рылец в завязь, и от семени до семени считаются наиболее важными. Так, использование маркированного штамма *F. moniliforme* для инокуляции семян [Munkvold et al., 1997] позволило выявить 10 % початков, заразившихся системно, с семенной инфекцией от 0 до 8% в среднем. В опытах с инокуляцией листьев маркированным штаммом EA-2 гриба *F. moniliforme* и заселением гусеницами КМ подтверждена способность передачи вредителем инфекции и существенном увеличении (до 28-39%) явного ФП и скрытой зараженности семян.

Недостаточная эффективность многих конституциональных и индуцированных иммуногенетических барьеров, не ограничивающих проникновение КМ, ХС, а по

каналам повреждений – фузариозной и иной инфекции, а также общность большей части видового состава возбудителей болезней фузариозной этиологии, позволили сформулировать представления о двух концепциях развития фузариозов кукурузы [Иващенко, 2012]: 1) как автономных заболеваний (растение-хозяин – патоген, растение-хозяин – фитофаг);

2) как трехвидовых ассоциаций (растение-хозяин – фитофаг – патоген). Причем для 3-видовых ассоциаций характерна почти абсолютная связь распространения ФП с повреждаемостью КМ, ХС [Иващенко, 2012].

Патогенный комплекс возбудителей ФП всегда представлен несколькими видами (Иващенко и др., 2000; Иващенко, Сотченко, 2002). Например, в предгорной зоне Ставропольского края он включает *F. verticillioides*, *F. oxysporum*, *F. subglutinans*, *F. proliferatum* (первичные колонизаторы), дополняемый в дальнейшем вторичными колонизаторами тканей (табл.1).

Таблица 1. Распространенность возбудителей болезней початков кукурузы в предгорной зоне Ставропольского края (Пятигорск, ВНИИ кукурузы)

Годы	<i>Fusarium spp.</i>	<i>Fusarium</i> совместно с грибами других родов			Суммарная распространённость, %
		<i>Penicillium spp.</i>	<i>Aspergillus spp.</i>	<i>Rhizopus spp.</i>	
1998	62.1	12.6	0.1	3.1	77.9
1999	56.9	28.6	0	14.5	100
2000	53.5	31.4	0.1	6.8	91.8
2001	48.4	1.5	0.1	6.8	70.3
2002	55.2	15.6	0	12.6	83.4
2003	76.8	3.6	0	8.7	89.1
2004	44.5	0.5	0.1	0.4	45.5
2005	48.4	7.8	0.1	2.5	58.8
В среднем	55.7	12.7	0.06	7.7	77.8

Хотя микобиота, паразитирующая на кукурузе, относится к одному трофическому уровню, грибы рода *Fusarium* являются первичными колонизаторами тканей зерновок, стержня и ножки початка, проникающими по ходам повреждений КМ и ХС вследствие открытия «ворот инфекции» или непосредственной контаминации тканей в процессе питания [Иващенко, 1992; Иващенко, Сотченко, 2002; Сотченко, Иващенко, 2008]. Первично их проникновение и при развитии СГ [Иващенко, 1989].

Согласно данным таблицы при высокой общей распространенности болезней (45.5-100%) ФП выявлен у 44.5-76.8% початков.

Теплая влажная осень 1999, 2000 и 2002 г. способствовала также распространению грибов родов *Penicillium* (15.6-31.4%) и *Rhizopus* (12.6-14.5%); аспергиллез початков практически не встречался, как и нигроспороз. Проникновение грибов этих родов происходит позже, причем очаги поражения образуются поверх очагов *Fusarium*, что свидетельствует о сходном с фузариевыми грибами пути проникновения инфекции.

Данные литературы о развитии болезней початков в связи с повреждением оберток и зерновок КМ, ХС, птицами [Чернецкая, 1932; Focke, Kuhnel, 1964 и др.], а также мнение об этом пути проникновения как единственно возможном [Ullstrup, 1956] или основном (Немлиенко, 1957) дополнены серией дальнейших исследований. Так, показана связь морфологии початков и численности цветочного трипса с развитием ФП, также установлено сходство путей проникновения грибов р. *Fusarium* и *A. flavus*, обнару-

женных в зерновках, не имеющих визуальных симптомов поражения [Farrar, Davis, 1991]. При заселении початков личинками трипса (*Frankliniella occidentalis* и *Frankliniella williamsi*) выявлена сильная положительная зависимость между распространением ФП и накоплением фумонизина В1 [Parsons, 2008].

Характерно, что в результате раннего повреждения початка КМ очаг инфекции формируется вначале на стержне, затем происходит колонизация зародыша семени, но признаки поражения становятся заметны лишь после обмолота початка. Кроме того, результаты полевой и амбарной апробации не выявляют всех явных проявлений патологии семян. Даже при слабом развитии фузариоза (1-2 зерновки, пораженные *F. verticillioides*, как правило, удаляемые при сортировке) скрытое заражение может достигать 5-7 рядов зерен вокруг очага визуального различимого поражения. Это инфекционное начало локализовано, главным образом, в основании зерновки и обнаруживается преимущественно на 10-15 день лишь посредством биологического анализа. Общее количество невсхожих (пораженных) зерен после обмолота початков в 2-3 раза выше, чем при визуальном осмотре [Иващенко и др., 2006].

В отличие от повторной инфекции необходимо отметить совместную колонизацию тканей стебля двумя возбудителями: в период всходы-цветение наиболее часто отмечается сожитительство *F. moniliforme* с *F. graminearum* или *A. kiliense*; в период созревания – *F. moniliforme* с *F. graminearum* или с *M. phaseolina*; в процессе 3-недельного перестоя – наряду с вышеуказанными увеличивается

встречаемость *F. moniliforme* с *A. alternata* или с *B. sorokiniana*. Важно отметить, что прогрессирующее к фазе созревания массовое заражение отмирающих тканей вторично и неспецифично [Иващенко, 1989].

По материалам многолетних испытаний семян кукурузы в СИММУТ [Warham et al., 1996] определена большая группа грибов, рассматриваемых в качестве вторичных колонизаторов (secondary invader) початков или стеблей кукурузы

*Acremonia* Sacco - на поверхности зараженных семян появляются белые полосы; грибок растет более активно в ассоциации с *A. tenuis*, *F. moniliforme* и *A. strictum*.

*Aspergillus flavus*; *A. niger* вторичные колонизаторы, обуславливают потерю качества семян и всхожести при хранении от 15 °C и выше.

*Botrytis* Pers. – рассматривается в качестве вторичного колонизатора стеблей кукурузы, но экономического значения не имеет.

*Nigrospora* Zimm. – совершенная стадия гриба *N. oryzae*. Гниль початков экономически более значима, чем стеблевая гниль. На поверхности зараженных семян появляются белые полосы, всхожесть семян снижается.

*Penicillium* Link - колонии *Penicillium* обычно сине-зеленого цвета, *Aspergillus* - преимущественно желто-коричневого; зараженные семена могут иметь белые полосы. Отмечается снижение всхожести и отмирание всходов, особенно у сахарной кукурузы.

*Trichoderma* Pers. – у пораженных початков на зерновках и между ними образуется шерстистый мицелий. *Trichoderma* часто формирует мицелий поверх мицелия других видов, например, *Bipolaris maydis*.

*Verticillium* Nees – имеет чаще вторичное проникновение, колонии схожи с *F. moniliforme* и *Acremonium spp.*

*Phoma* Westend. – часто отмечается как вторичный колонизатор; при продолжительном перестое растений в поле может проникать в стебель, вызывая развитие гнили.

*Rhizopus* Ehrenb. – вызывает гниль щитка и гибель зародыша, нередко с *F. verticillioides*, широко распространен на семенах, быстро растущий и требует мер предосторожности при анализе видового разнообразия. Может быть вредоносен при хранении семян, экономически весьма значим.

*Episcoccum nigrum* Link; *E. purpurascens* – как сапрофит и вторичный колонизатор. Семена при заражении приобретают красный цвет.

**Травмирование семян.** Биотические факторы как динамичная составляющая структуры агробиоценозов тесно связаны с экологией прорастания семян, развития растений и нового семени. Воздействие микобиоты отражается не только на всхожести; на отрицательное её влияние растения реагируют снижением темпов роста и образования новых органов, нарушением соотношения надземных органов и корней, уменьшением их массы и ослаблением корневой системы [Сечняк и др., 1981]. Видимые и скрытые (семенная инфекция, интоксикация) патологии семян и выросших из них растений с отклонениями от нормы увеличивают резерв матрикальной и экологической разнокачественности семян. Очень ёмко охарактеризовал великое предназначение семени Н.Н.Кулешов (1963): «Его зародышу предстоит пронести зачаток нового растения через случайности времени и пространства до того момента и места, где волей человека новое растение будет расти,

цвети и плодоносить». В какой степени будут сохранены сформировавшиеся на материнском растении природные свойства семян в период уборки и последующих операций, будут зависеть их посевные и урожайные качества.

Известно, что травмированность семян кукурузы может достигать 90–95% [Строна, 1966], а среднее снижение урожая кукурузы из таких семян составляет 20–23% [Шевченко Строна, 1966]. Если при ручном обмолоте початков и воздушной сушке трещиноватость эндосперма зерна составляет 8...10%, то при тепловой сушке и механическом обмолоте – 65...83% [Виндижев, 1999]. О необходимости совершенствования конструкции кукурузомолотилок в целях снижения повреждения зерна при обмолоте говорил Л.А. Трисвятский (1985), рассматривая проникновение эпифитной и почвенной микрофлоры к внутренним тканям семени через места механических повреждений как основную причину снижения их полевой всхожести.

Аграрии с этим вынужденно мирятся как с неизбежностью, обусловленной конструктивным несовершенством техники для уборки, сушки, обмолота початков, калибровки и протравливания семян.

Характеризуя современное состояние проблемы травмирования семян, Л.В. Фадеев (2012) отмечает: «общепринятая технология оценки кондиционности посевного материала по лабораторным показателям не выявляет в полной мере вреда, который наносит травмированность. Семена кукурузы в результате травмирования полевую всхожесть, в сравнении с лабораторной, снижали до 38%. Из всего травмированного материала примерно 92–96% составляют скрытые, трудно различимые микротравмы, и только 5–6% – макротравмы. Но даже если пойти на затраты и выявить микротравмированные семена (рентгенография и т.п.), то не допустить их до посева не получится по двум причинам: первая – нет оборудования для отделения микротравмированных семян, и вторая – сеять-то будет нечего». В рамках сегодняшнего понимания проблемы Л.В. Фадеев (2012) видит только два пути: «первый – сократить цепочку операций воздействия на зерно, и второй – оставшиеся операции должны быть щадящими (минимально травмирующими), для чего уже производится и эксплуатируется комплекс машин, позволяющих «сложившееся процентное соотношение травмированных и целых семян 80/20 обратить в пользу целых 20/80».

Разделяя в целом точку зрения Л.В. Фадеева на проблему оценки кондиционности посевного материала и пути её решения, следует отметить два обстоятельства: некондиционность, обусловленная микобиотой, формируется ещё в период формирования семян на материнском растении и её негативное влияние доказано фитоэкспертизой не травмированных семян (после «ласковой» ручной уборки);

пневмовибростол уменьшает разнокачественность растений, отделяет лёгкие фракции (пораженные, поврежденные), но не семена со скрытой зараженностью (они неотличимы по внешним признакам и массе от здоровых). Разделяя сожаления автора по поводу отсутствия на семенных заводах специальных лабораторий для выявления внутренних трещин и микротравм зародыша, как и лабораторий фитоэкспертизы семян, выявляющих как субэпидермальные, так и эндокарпические (латентные) инфекции, надо полагать, что кадровое и технологическое оснащение таких лабораторий позволит дифференцировать гибриды, их семенные партии и примененные техно-

логии по критериям соответствия норме, требуемой для наибольшей реализации гетерозиса.

Бесспорно одно: получение здорового семени – это процесс сведения к нулю зараженности и травмирован-

ности, совместное негативное влияние которых суммируется ещё до посева, а протравливание лишь консервирует оставшийся продукционный потенциал генотипа.



Рисунок 1. Нормативно-оценочные категории, отражающие причинность недостижимого уровня гетерозиса по продуктивности у гибридов кукурузы

Три изречения как нормативно-оценочные категории: «От худого семени не жди доброго племени» - как опыт (рус. посл.); «Растение не может быть лучше семени, из которого оно получено» – заключение В. Хайдекера (1960); « О том, чего не видно, и о том, чего не существует, судят одинаково» ( лат. изр. ) как нельзя лучше характеризуют мудрость, пренебрежение которой сводит к минимуму возможности сохранения здоровья семян. Наименее прогнозируемо состояние, отмеченное в латинском изречении, поскольку визуальная диагностика состояния здоровья семян без проведения оценок на травмирование дает основание лишь для поверхностного заключения – «соответствует норме», хотя в практике семеноводства многих стран этот показатель регистрируется пооперационно – после уборки, перевозки, сушки, обмолота. Надо полагать, что прибавки урожая за счет эффекта гетерозиса в США (40%) и России (20%) в значительной мере объясняются различными требованиями к качеству семян в системе семеноводства.

Отдельного рассмотрения требует цефалоспориоз – заболевание, приводящее к бесплодию початков и впервые описанное в литературе в начале XX века.

Программа работ и первые результаты изучения феномена бесплодия початков кукурузы не дали однозначного ответа на запросы фермеров Америки [Demaree, Howard, 1911]. Вскоре [Reddy, Holbert, 1924] были установлены возбудитель заболевания – гриб *Cephalosporium acremonium* Corda и его связь с развитием бесплодия. Болезнь получила название цефалоспориоз (почернение сосудистых пучков – Black bundle; Blackening of vascular bundles). Сейчас возбудитель цефалоспориоза именуется *Sarocladium strictum* (W. Gams) Summerb., in Summerbell, Gueidan, Schroers, Hoog, Starink, Arocha Rosete, Guarro & Scott, Stud. Mycol. 68(1): 158 (2011). Синонимы: *Acremonium strictum* W. Gams, *Cephalosporium-artige* Schimmelpilze (Stuttgart): 42 (1971); *Cephalosporium acremonium* Corda, Icon. fung. (Prague) 3: 11 (1839).

Информация о цефалоспориозе кукурузы приведена в монографии Ф.Е. Немлиенко (1957), указавшего на невысокую встречаемость болезни на Кубани и юге УССР.

Позже установлено, что *A. strictum* способен системно (от семени до семени) проникать из инфицированных се-

мян сорго в семена нового урожая при посеве в автоклавированную почву. На пораженных растениях образуются мелкие, морщинистые, легковесные, со пониженной силой роста и всхожестью семена (Bandyopadhyay at al., 1987).

Естественное проникновение аэрогенной инфекции *A. strictum* и *F. verticillioides* через рыльца початка происходит успешнее у образцов с длинными обертками початка (66.0, 63.6%) соответственно, а при инокуляции в ножку початка линий Кин 062 и 3057-2 – успешнее проникал *A. strictum* ( 74.2 и 45.0%), чем *F. verticillioides* (37.6 и 26.2%) соответственно [Иващенко, 1992]. Как показал опыт изучения влияния фузариозной и цефалоспориозной инфекции на жизнеспособность семян [Иващенко, Никоноренков, 1991], искусственно зараженные семена имели полевую всхожесть на 34-35% ниже здоровых, растения заметно отставали в росте и развитии.

Весьма показательны результаты изучения латентной семенной инфекции в Буркина Фасо: при использовании естественно зараженных семян *F. moniliforme* (от 38 до 99%) и *A. strictum* (2 - 96%) их возбудители проникали в проростки всех 22 образцов кукурузы с частотой 23-64% и 10-72% соответственно [Somda at al., 2008].

Жизненные циклы многих распространенных возбудителей достаточно полно описаны и служат основой для разработки профилактических и защитных мероприятий. Так, жизненный цикл *F. graminearum* [в описании J.C. Sutton, 1982] схож с таковым у *F. verticillioides*; оба гриба имеют телеоморфную стадию, а *F. graminearum* – и хламидоспоры. Длительность жизненных циклов указанных патогенов приводится в литературе с учетом периода покоя – перезимовки возбудителя в почве на (в) растительных остатках.

Векторная роль КМ, ХС и других фитофагов и общность видового состава возбудителей ФП и фузариозной СГ предполагают дальнейший анализ взаимосвязей, рассмотрение жизненного цикла возбудителей и формирования потоков инфекции в трехвидовых ассоциациях, в соответствии с изложенной нами концепцией развития фузариозов кукурузы [Иващенко, 2012]. Рассмотрим жизненный цикл *F. verticillioides* и *F. graminearum* в системе кукуруза – фитофаг – патоген (рис. 2).

Как видно из представленной схемы, пул аэрогенной фузариозной инфекции формируется первоначально за счет ранневесенних выбросов первичного инокулюма

(аскоспоры *G. zeae*, *G. moniliformis*, *G. avenacea*, *M. nivalis* и др.) с прошлогодних поверхностных растительных остатков, дополняемого в дальнейшем конидиальным спороношением фузариевых грибов [Ивашенко и др., 2004].



Рисунок 2. Формирование и перенос инфекции летнего жизненного цикла у *F. verticillioides* и *F. graminearum* в системе кукуруза – фитофаг – патоген

Исследованиями процесса колонизации кукурузы возбудителями СГ [Ивашенко, 1992] установлено, что в период репродуктивного развития (этап IX-XII органогенеза) на фон системной инфекции (первичной) накладывается вторичная – массовое проникновение в узлы стеблей аэрогенной инфекции *Fusarium* и представителей других родов, выросших на скоплении отмерших пыльцевых зерен в зоне лигулы листа. Это конидиальное спороношение, распространяемое фитофагами и воздушно-капельным путем (так называемый летне-осенний жизненный цикл грибов – ЛЖЦ). Меньшая продолжительность функционирования этой трофической ниши, но обширная субстратная ёмкость для развития фузариевых грибов в ЛЖЦ, сопряженная с ростом численности и вредоносности КМ и ХС и других фитофагов, создают реальные предпосылки для реализации векторного переноса инфекции, что подтверждено экспериментально [Ивашенко, Никоноренков, 1991; Farrar et al., 1991; Munkvold et al., 1997; Sobek, Munkvold, 1999 и др.]. В условиях весенне-летних засух ранне-весенний запас первичной инфекции *G. zeae* и *G. fujikuroi* остается нереализованным, а пополнение пула аэрогенной

инфекции осуществляется за счет выживания грибов на пыльцевом субстрате при одновременном их проникновении в узлы стеблей (локально-протяженный тип колонизации) и развитии СГ. В этот период отмечается весьма значительный перенос инфекции с полей убираемых озимых культур, особенно соседствующих с кукурузой [Ивашенко и др., 2004]. Показано [Ooka, Kommedahl, 1977], что дождевая капля собирает в поле от 4 до 40 конидий *F. moniliforme*, а на поверхности 20 см<sup>2</sup> листа кукурузы их от 50 до 3200 шт.

На устойчивых к стеблевым гнилям гибридах формирование на пыльце инфекционного начала начинается, как правило, после наступления уборочной спелости зерна, а у группы среднепоздних и позднепелых (созревающих при зеленом стебле и листьях «ремонтантных» «greenstyle») гибридов – практически не наблюдается. То есть ЛЖЦ возбудителей формируется преимущественно на неустойчивых к СГ гибридах и опасен возможностью контаминантного и трофического путей переноса фитофагами осевших на листьях и из загнивающих узлов стеблей пропагул фузариевых грибов.

### Заключение

Фузариоз початков, всходов и стеблевые гнили кукурузы необходимо рассматривать как комплекс взаимосвязанных заболеваний, последовательно развивающихся в онтогенезе кукурузы в единой инфекционной цепи, разрыв (ослабление) которой крайне необходим путем контроля численности КМ и ХС в системе защиты семеноводческих посевов кукурузы. Возделывание устойчивых к СГ гибридов приводит к сокращению доли системно инфицированных стеблей, и предотвращению локального заражения узлов стеблей от аэрогенной инфекции, поскольку инфек-

ционное начало *F. verticillioides*, *F. graminearum* «консервируется» в отмершей пыльце и в стебле не развивается.

Защита формирующегося на материнском растении початка, как первичное и определяющее звено системы защиты семян, всходов, растений, может рассматриваться как отдельная подсистема, фитосанитарное сопровождение которой позволяет сохранить потенциал продуктивности и целостность семян, без чего реализация эффекта гетерозиса невозможна.

Принимая во внимание значительную распространенность скрытых инфекций у визуально здоровых семян (не

учтенных в нормативных документах прежних ГОСТов и не пересмотренных со 2-й половины XX века), количество зерновок кукурузы, пораженных нигроспорозом, серой и красной гнилью, фузариозом и белью, в сумме на 100 початков при амбарной апробации не должно (по нашим данным) превышать 100 шт. в оригинальных и элитных семенах, а не 300, как было принято ранее внутриотраслевым стандартом (ВОСТ 01.09.ГК). Полнота выявления латентных инфекций предполагает снятие фунгистатического влияния метаболитов прорастающей зерновки и 10-15-дневную экспозицию при фитоэкспертизе семян (методы тестирования, принятые в СИММУТ и др.) Метод рулонов применим лишь для оценки лабораторной всхожести.

Отбору подлежат початки без визуально регистрируемых поражений и повреждений, в том числе и партии семян для экологических и государственных сортоиспытаний, что обусловлено как необходимостью наиболее полной реализации потенциала гетерозиса по урожайности, так и недостаточной эффективностью протравителей в отношении эндокарпической семенной инфекции.

В ситуации, когда потенциал урожая гибридов F1 с групповой или комплексной устойчивостью снижается до уровня F2 или Pst1 ещё в период формирования семян, в процессе уборки, сушки, обмолота, калибровки, наивно ожидать восстановления утраты части гетерозиса путем протравливания, поскольку снижение силы развивающе-

гося семени обычно сопутствует получившемуся растению в течение всей его жизни.

Повышение требований в области фитосанитарного оздоровления семеноводческих посевов крайне необходимо в силу исключительной важности проблемы семеноводства, и в этой связи снижение численности первичных консуменов (кукурузного мотылька, хлопковой совки и др.) позволяет свести к минимуму прямой вред, передачу первичной и вторичной латентной инфекции и накопление микотоксинов.

Опыт борьбы с тремя эпифитотиями фузариоза колоса пшеницы (1987-1993 гг.), развившихся преимущественно в пшенично-кукурузных севооборотах и вызвавших огромные недоборы товарного зерна (например, 25-50 %, в Краснодарском крае) должен учитываться при постановке задач увеличения производства гибридных семян кукурузы в стране, особенно при увеличении доли родительских форм гибридов более ранних групп спелости в качестве предшественника озимых культур. Без фитосанитарных семеноводческих севооборотов, заделки инфекционного начала на растительных остатках, надлежащего мониторинга, диагностики, фитоэкспертизы, щадящих технологий уборки, сушки и подработки оздоровление семян от аэрогенных инфекций нереально, а сохранение прежних фитосанитарных критериев – открытая дверь для фальсификата.

#### Библиографический список

- AfterShock, Информационный центр, 19 авг. 2014 г. <http://aftershock.su/?q=node/252062> (дата обращения: 18 января 2015).
- Аллстрап, А.Д. Кукуруза и её улучшение / А.Д.Аллстрап. М., ИЛ., 1957. С. 408-415.
- Виндживев Н.Л. Механико-технологическое обоснование методов снижения потерь от травмирования зерна при уборке кукурузы и масличных культур: Автореф. дис. ... докт. техн. наук. Нальчик, 1999. 42 с.
- Иващенко В.Г. Фузариозная и цефалоспориозная инфекция, её влияние на жизнеспособность семян и возможность переноса возбудителей / В.Г. Иващенко, В.А. Никоноренков // Бюл. Всес. НИИ защиты растений. 1991. №75. С.33-39.
- Иващенко В.Г. Устойчивость кукурузы к основным болезням и разработка методов ее повышения: Автореф. дис. ... докт. биол. наук. СПб., 1992. 38 с.
- Иващенко, В.Г. Фузариоз початков кукурузы / В.Г.Иващенко, Е.Ф.Сотченко., Н.П.Шипилова // Микология и фитопатология. 2000. Т. 34. Вып. 6. С. 63-70.
- Иващенко, В.Г. Фузариоз початков кукурузы в Ставропольском крае: этиология болезни, сортоустойчивость / В.Г.Иващенко, Е.Ф.Сотченко, Н.П.Шипилова //Селекция, семеноводство, производство зерна кукурузы: матер. научно-практ. конф. Пятигорск, 2002. С.157-164.
- Иващенко, В.Г. Фузариоз колоса хлебных злаков / В.Г. Иващенко, Н.П. Шипилова, Л.А. Назаровская. СПб., 2004. 164 с.
- Иващенко, В.Г. Совершенствование системы оценок кукурузы на устойчивость к засухе и фузариозу початков / В.Г. Иващенко, Сотченко Е.Ф., Сотченко Ю.В. // Вестник защиты растений. 2006. № 1. С.16-20.
- Иващенко, В.Г. Распространенность основных болезней кукурузы в СССР, современной России и СНГ / В.Г. Иващенко //Лаборатория микологии и фитопатологии им. А.А.Ячевского, ВИЗР. История и современность (сб. науч. тр.). Вестник защиты растений (приложение). СПб., 2007. С.68-81.
- Иващенко, В.Г. Болезни кукурузы фузариозной этиологии: основные причины и следствия / В.Г.Иващенко // Вестник защиты растений, СПб., 2012. N 4. С.3-19.
- Киримелашвили, Н.С. Фузариоз кукурузы в Грузии / Н.С. Киримелашвили //Вест. Груз. ботан. общ-ва. Тбилиси. 1978. С.80-83.
- Кобелева, Э.Н. Некоторые аспекты изучения устойчивости кукурузы к болезням / Э.Н. Кобелева // Генетические аспекты болезнестойкости полевых культур. Рига. 1977. С.4-954.
- Коршунова, А.Ф. Предпосевная обработка семян кукурузы в борьбе с загниванием проростков и всходов/ А.Ф. Коршунова // Защита кукурузы от вредителей и болезней. М., 1968. С.125-127.
- Кулешов, Н.Н. Агрономическое семеноведение/ Н.Н. Кулешов. М., 1963. 304 с.
- Мартынюк Т.Д. Возбудители грибных болезней кукурузы в Приморском крае: Автореф. дисс. канд. биол. наук. Владивосток, 2002. 23 с.
- Немлиенко Ф.Е. Болезни кукурузы / Ф.Е. Немлиенко. М., Сельхозгиз, 1957. 230 с.
- Оксанич, Н. И. Место России в мировом рынке семян / Н. И. Оксанич // Состояние и перспективы развития семеноводства в Российской Федерации: матер. конф. в рамках программы мероприятий 15-й Российской агропромышленной выставки «ЗОЛОТАЯ ОСЕНЬ». М., 10 октября 2013 г. [http://оксанич.рф/attachments/073\\_](http://оксанич.рф/attachments/073_)
- Павук, З.С. Вредоносность фузариоза и серой гнили початков кукурузы / З.С. Павук // Бюл. ВНИИ кукурузы. Днепропетровск., 1974. вып. 1, 2. С.34-35.
- Саломе А. Сельское хозяйство за рубежом. 1968. № 5. С. 6-10. [ Цит. по: Сечняк и др., 1981, с. 318]
- Сечняк, Л.К. Экология семян пшеницы / Л.К. Сечняк., Киндрок Н.А., Слюсаренко А.К. и др., М.: Колос, 1981, 349 с.
- Строна, И.Г. Общее семеноведение полевых культур / И.Г. Строна. М.: Колос, 1966. 463 с.
- Сотченко Е.Ф. Фузариоз початков кукурузы в Предгорной зоне Ставропольского края: этиология болезни, сортоустойчивость: Автореф. дисс. канд. биол. наук. Краснодар, 2004. 22 с.
- Сотченко, В.С. Производство кукурузы и особенности ее семеноводства в России / В.С. Сотченко, А.Г. Горбачева // Земледелие. 2011. N 2. С.3-5.
- Сотченко, В.С. Доклад на агрономическом совещании по семеноводству в МСХ РФ / В.С. Сотченко //Совещание по семеноводству. в Министерстве сельского хозяйства Российской Федерации. Москва., 27.01.2014.
- Спрэг Д.Ф. Устойчивость к болезням. // Кн. Кукуруза и ее улучшение. М., 1957, 557 с.
- Строна, И.Г., Шевченко В.М. Типы травмирования семян кукурузы и методика их определения / И.Г. Строна // Селекция и семеноводство: респ. межв. темат. науч. сб. 1966. вып. 5. С. 117-124.
- Трисвятский, Л.А. Хранение зерна / Л.А. Трисвятский // М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.

- Фадеев, Л.В. Зерно. Очистка. Производство семян. Щадящие технологии Фадеева / Фадеев, Л.В. // ООО «Спецэлеватормелеш», Харьков. 2012.
- Хайдекер, В. Сила семян. В кн.: Жизнеспособность семян / В. Хайдекер // Пер. с англ. Н.А.Емельяновой; Под ред. и с предисловием М.К. Фирсовой. М., Колос, 1978. С. 202–243.
- Хорошайлов Н.Г. Методы определения посевных качеств семян с учетом состояния их здоровья и воздействия обеззараживающих веществ / Н.Г. Хорошайлов // Влияние микроорганизмов и протравителей на семена. М., Колос, 1972. С. 16–21.
- Черемисинов Н.А. Зависимость зараженности семян от степени развития обертки / Н.А. Черемисинов, Н.И. Вандышева // Кукуруза. 1961. 7, С. 46–48.
- Чернецкая, З.Н. Ближайшие задачи по борьбе с болезнями кукурузы в национальных областях / З.Н. Чернецкая // Докл. на науч. совещ. станции. Орджоникидзе, 1931, 22 с.
- Чернецкая, З.Н. Болезни кукурузы / З.Н. Чернецкая // Сводный отчет Горской зональной станции. Орджоникидзе, 1932, 22 с.
- Шипилова, Н.П. Систематика и диагностика грибов рода *Fusarium* на зерновых культурах / Н.П. Шипилова, В.Г. Ивашенко. СПб., 2008. 84 с.
- Bacon C.W. Symptomless endophytic colonization of maize by *Fusarium moniliforme* / C.W. Bacon, D.M. Hinton // Can. J. Bot., 1996. Vol. 74. N 8. P. 1195–1202.
- Demaree, F. H. (Frank Howard.) Study of the phenomenon of barrenness in corn / F.H. Demaree // University of Missouri, 1911.
- Farrar, J.J. Relationships among ear morphology, western flower thrips, and *Fusarium* ear rot of corn / J.J. Farrar and R.M. Davis // Phytopathology, 1991. Vol. 81. N 6. P. 661–666.
- Focke, J. Die Weissfaule der Maiskolden (*Fusarium poae* [Pk] Wr.) / Focke J., Kuhnelt W // Nachrichtenbl. Dtsch. Pflanzenschutzdienst. 1964. Vol. 18. N 5. S.1– 8.
- Koehler, B. Corn stalk rots in Illinois / B. Koehler // Bull. Illinois Agr. Exp. Sta. 1960. N 658. 90 p.
- Koehler, B. Corn ear rots in Illinois / B. Koehler // Bull. Illinois Agr. Exp. Sta. 1959. N 639. 87 p.
- Parsons, M. W. Biotic and abiotic factors associated with *Fusarium* ear rot of maize caused by *Fusarium verticillioides*, Iowa State University, 2008. Graduate Theses and Dissertations. Paper 11603.
- Munkvold, G. P. Importance of different pathways for maize kernel infection by *Fusarium moniliforme* / G. P. Munkvold, McGee D. C., and W. M. Carleton // Phytopathology. 1997. Vol. 87. P. 209–217.
- Murillo-Williams, A. Systemic infection by *Fusarium verticillioides* in maize plants grown under three temperature regimes / A. Murillo-Williams, G.P. Munkvold // Plant Dis., 2008. Vol. 92. P. 1695–1700.
- Ooka, S. Wind and rain dispersal of *Fusarium moniliforme* in corn fields / S. Ooka, T. Kommedahl // Phytopathology. 1977. Vol. 67. N 8. P. 1023–1026.
- Reddy, C. The black-bundle disease of corn / C. Reddy, J. Holbert // Agr. Res. 1924. Vol. 24. P. 177–205.
- Sobek, E.A. European corn borer (Lepidoptera: Pyralidae) larvae as vectors of *Fusarium moniliforme*, causing kernel rot and symptomless infection of maize kernels / E.A. Sobek, G.P. Munkvold // J. Econ. Entomol. 1999. Vol. 92. P. 503–509.
- Somda, J. Sanou and P. Sanon. Seed-Borne Infection of Farmer-Saved Maize Seeds by Pathogenic Fungi and Their Transmission to Seedlings / J. Somda Sanou, and P. Sanon. // Plant Pathology Journal. 2008. Vol. 7. P. 98–103.
- Sutton J.C. Epidemiology of wheat heat blight and maize ear rot caused by *Fusarium graminearum* / J.C. Sutton // Canad. J. of Plant Pathol., 1982. Vol. 4. N 2. P. 195–209.
- Warham, E. Seed Testing of Maize and Wheat / E. Warham, L.D. Butler, B.C. Sutton // A Laboratory Guide, CIMMYT, IMI. 1996. 182 pp.
- Wu, Lei. Root Infection and Systematic Colonization of *dsRed*-labelled *Fusarium verticillioides* in Maize / Wu Lei, Wang Xiao-Ming, Xu Rong-Qi et al. // Acta Agron Sin. 2011. 37, (05). P.793–802.

Plant Protection News, 2015, 1(83), p. 22 - 30

## MAIZE SEED INFECTION: ETIOLOGY, DIAGNOSIS, PROTECTION FEATURES

V.G. Ivashchenko

*All-Russian Institute of Plant Protection, St.Petersburg-Pushkin*

*Fusarium* seedling blight, Stem rot and *Fusarium* ear blight are considered as a set of interrelated diseases, successively developing in the maize ontogenesis in a single infectious chain, which weakening is very necessary for the population control of the European corn borer (ECB) and Corn earworm (CE) in protection system for seed maize. Peculiarities of formation of infectious agents of *F. verticillioides* and *F. graminearum* on dead pollen and ways of their penetration into the ear of resistant and susceptible to Stem rot samples of maize in the summer, and the life cycle of the fungi are characterized. Lack of penetration of fungi of the genera *Penicillium*, *Aspergillus*, *Rhizopus* etc. into the ear, and colonization of seeds (mainly over the colonies of *Fusarium* spp. – primary colonizers) is important for the diagnostics of diseases in order to protect plants from toxins and pathogens coming through the damage channels made by phytophages, primarily by ECB and CE. At the high yearly distribution of latent seed infections in visually healthy seeds, the content of maize grains affected by *Nigrospora*, Grey rot and Red rot, and *Fusarium*, should not exceed 100 grains per 100 ears for original and elite seeds.

**Keywords:** maize; corn; *Fusarium* ear rot; *Fusarium* seedling blight; Stem rot; European corn borer; Corn earworm; disease etiology; damaged seed; life cycle.

### References

- AfterShock, Information Centre, 19 aug. 2014. <http://aftershock.su/?q=node/252062> (Accessed on January 18, 2015).
- Allstrap A.D. Maize and its improvement. Moscow, Leningrad, 1957. P. 408–415. (In Russian).
- Bacon C.W., D.M. Hinton. Symptomless endophytic colonization of maize by *Fusarium moniliforme*. Can. J. Bot., 1996. Vol. 74. N 8. P. 1195–1202.
- Cheremisinov N.A., N.I. Vandyшева. Relation of contamination of seeds with extent of cover development. Kukuruz. 1961. 7, P. 46–48. (In Russian).
- Chernetskaya Z.N. Corn diseases. In: Svodnyi otchet Gorskoi zonal'noi stantsii. Ordzhonikidze, 1932, 22 p. (In Russian).
- Chernetskaya Z.N. Near tasks of corn disease control in national areas. Dokl. na nauch. soveshch. stantsii. Ordzhonikidze, 1931, 22 p. (In Russian).
- Demaree F.H. (Frank Howard.) Study of the phenomenon of barrenness in corn. University of Missouri, 1911.
- Fadeev L.V. Grain. Cleaning. Production of seeds. ООО «Спецэлеватормелеш», Харьков. 2012. (In Russian).
- Farrar J.J., R.M. Davis. Relationships among ear morphology, western flower thrips, and *Fusarium* ear rot of corn. Phytopathology, 1991. Vol. 81. N 6. P. 661–666.
- Focke J., Kuhnelt W. Nachrichtenbl. Die Weissfaule der Maiskolden (*Fusarium poae* [Pk] Wr.). J. Dtsch. Pflanzenschutzdienst. 1964. Vol. 18. N 5. P.1– 8.
- Haydeker V. Strength of seeds. In: Zhiznesposobnost' semyan. Moscow, Kolos, 1978. P. 202–243. (In Russian).
- Ivashchenko V.G. *Fusarium* and a *Cephalosporium* infections, their influence on viability of seeds and possibility of transfer of activators. Byul. Vses. NII zashchity rastenii. 1991. N75. P.33–39. (In Russian).
- Ivashchenko V.G. Resistance of corn to the main diseases and development of methods of its increase: PhD Abstract.. St. Petersburg, 1992. 38 p. (In Russian).
- Ivashchenko V.G. Diseases of corn of *Fusarium* etiology: main reasons and consequences. Vestnik zashchity rastenii, St. Petersburg, 2012. N 4. P.3–19. (In Russian).



- Ivashchenko V.G. Distribution of main diseases of corn in the USSR, modern Russia and the CIS. In: *Laboratoriya mikologii i fitopatologii im. A.A.Yachevskogo, VIZR. Istoriya i sovremennost' (sb. nauch. tr.). Vestnik zashchity rastenii (prilozhenie)*. St. Petersburg, 2007. P.68–81. (In Russian).
- Ivashchenko V.G. Fusariosis of corn ears in Stavropol Krai: disease etiology, grade resistance. In: *Selektsiya, semenovodstvo, proizvodstvo zerna kukuruzy: mater. nauchno-prakt. konf. Pyatigorsk, 2002*. P.157–164. (In Russian).
- Ivashchenko V.G. Fusariosis of corn ears. *Mikologiya i fitopatologiya*. 2000. V. 34. N. 6. P. 63–70. (In Russian).
- Ivashchenko V.G., N.P. Shipilova, L.A. Nazarovskaya. Fusariosis of ear of grain cereals. St. Petersburg, 2004. 164 p. (In Russian).
- Ivashchenko V.G., Sotchenko E.F., Sotchenko Yu.V. Improvement of estimate system for corn by resistance to drought and fusariosis of ears. *Vestnik zashchity rastenii*. 2006. N 1. P.16–20. (In Russian).
- Khoroshailov N.G. Methods of determination of sowing qualities of seeds taking into account a condition of their health and influence of the disinfecting substances. In: *Vliyanie mikroorganizmov i protravitelei na semena*. Moscow, Kolos, 1972. P. 16–21. (In Russian).
- Kirimelashvili N.S. Fusariosis of corn in Georgia. *Vest. Gruz. botan. obshchva*. Tbilisi. 1978. P.80–83. (In Russian).
- Kobeleva E.N. Some aspects of studying resistance of corn to diseases. In: *Geneticheskie aspekty bolezneustoiчивости polevykh kul'tur*. Riga. 1977. P.4–954. (In Russian).
- Koehler B. Corn ear rots in Illinois. *Bull. Illinois Agr. Exp. Sta.* 1959. N 639. 87 p.
- Koehler B. Corn stalk rots in Illinois. *Bull. Illinois Agr. Exp. Sta.* 1960. N 658. 90 p.
- Korshunova A.F. Preseeding treatment of seeds of corn against rotting of sprouts and shoots. *Zashchita kukuruzy ot vreditel'ei i boleznei*. Moscow, 1968. P.125–127. (In Russian).
- Kuleshov N.N. Agronomic seed growing. Moscow, 1963. 304 p. (In Russian).
- Martynyuk T.D. Causative agents of fungal diseases of corn in Primorsky Krai. PhD Abstract. Vladivostok, 2002. 23 p. (In Russian).
- Munkvold G.P., McGee D. C., and W. M. Carleton. Importance of different pathways for maize kernel infection by *Fusarium moniliforme*. *Phytopathology*. 1997. Vol. 87. P. 209–217.
- Murillo-Williams A., G.P. Munkvold. Systemic infection by *Fusarium verticillioides* in maize plants grown under three temperature regimes. *Plant Dis.*, 2008. Vol. 92. P. 1695–1700.
- Nemlienko F.E. Diseases of corn. Moscow, Sel'khozgiz, 1957. 230 p. (In Russian).
- Oksanich N.I. Place of Russia in the world market of seeds. In: *Sostoyanie i perspektivy razvitiya semenovodstva v Rossiiskoi Federatsii: mater. konf. v ramkakh programmy meropriyatii 15-i Rossiiskoi agropromyshlennoi vystavki "Zolotaya Osen"*. Moscow, on October 10, 2013. [http://oksanich.rf/attachments/073\\_](http://oksanich.rf/attachments/073_) (In Russian).
- Ooka S., T. Kommedahl. Wind and rain dispersal of *Fusarium moniliforme* in corn fields. *Phytopathology*. 1977. Vol. 67. N 8. P. 1023–1026.
- Parsons M.W. Biotic and abiotic factors associated with *Fusarium* ear rot of maize caused by *Fusarium verticillioides*, Iowa State University, 2008. Graduate Theses and Dissertations. Paper 11603.
- Pavuk Z.S. Harmfulness of fusariosis and gray decay of ears of corn. *VNIИ kukuruzy. Dnepropetrovsk.*, 1974. V. 1-2. P.34–35. (In Russian).
- Reddy C., J. Holbert. The black-bundle disease of corn. *Agr. Res.* 1924. Vol. 24. P. 177–205.
- Salome A. Agriculture abroad. 1968. N 5. P. 6–10. [After: Sechnyak et al., 1981, s. 318]. (In Russian).
- Sechnyak L.K., Kindruk N.A., Slyusarenko A.K. et al. Ecology of wheat. Moscow: Kolos, 1981, 349 p. (In Russian).
- Shipilova N.P., V.G. Ivashchenko. Systematics and diagnostics of fungi of the genus *Fusarium* on grain crops. St. Petersburg, 2008. 84 p. (In Russian).
- Sobek E.A., G.P. Munkvold. European corn borer (*Lepidoptera: Pyralidae*) larvae as vectors of *Fusarium moniliforme*, causing kernel rot and symptomless infection of maize kernels. *J. Econ. Entomol.* 1999. Vol. 92. P. 503–509.
- Somda J. Sanou and P. Sanon. Seed-Borne Infection of Farmer-Saved Maize Seeds by Pathogenic Fungi and Their Transmission to Seedlings. *Plant Pathology Journal*. 2008. Vol. 7. P. 98–103.
- Sotchenko E.F. Fusariosis of corn ears in the Foothill zone of Stavropol Krai: disease etiology, grade resistance. PhD Abstract. Krasnodar, 2004. 22 p. (In Russian).
- Sotchenko V.S. Production of corn and features of its seed farming in Russia. *Zemledelie*. 2011. N 2. P.3–5. (In Russian).
- Sotchenko V.S. Report at agronomical meeting on seed farming in the Ministry of Agriculture of the Russian Federation. In: *Soveshchanie po semenovodstvu v Ministerstve sel'skogo khozyaistva Rossiiskoi Federatsii*. Moscow, 27.01.2014. (In Russian).
- Spreng D.F. Resistance to diseases. In: *Kukuruza i ee uluchshenie*. Moscow, 1957, 557 p. (In Russian).
- Strona I.G. General seed growing of field cultures. Moscow: Kolos, 1966. 463 p. (In Russian).
- Strona I.G., Shevchenko V.M. Types of traumatizing seeds of corn and technique of their definition. In: *Selektsiya i semenovodstvo: resp. mezhv. temat. nauch. sb.* 1966. N. 5. P. 117–124. (In Russian).
- Sutton J.C. Epidemiology of wheat heat blight and maize ear rot caused by *Fusarium graminearum*. *Canad. J. of Plant Pathol.*, 1982. Vol. 4. N 2. P. 195–209.
- Trisvyatskii L.A. Storage of grain. Moscow: Agropromizdat, 1985. 351 pp. (In Russian).
- Vindzhiev N.L. Mechanical-technological justification of methods of loss decrease from traumatizing grain when cleaning corn and oil-bearing crops. DSc Abstract. Nal'chik, 1999. 42 p. (In Russian).
- Warham E., L.D. Butler, B.C Sutton. Seed Testing of Maize and Wheat. A Laboratory Guide, CIMMYT, IMI. 1996. 182 p.
- Wu Lei, Wang Xiao-Ming, Xu Rong-Qi. Root Infection and Systematic Colonization of DsRed-labelled *Fusarium verticillioides* in Maize. *Acta Agron Sin.* 2011. 37 (05). P.793–802.

#### Сведения об авторах

Всероссийский НИИ защиты растений,  
шоссе Подбельского, 3, 196608 Санкт-Петербург-Пушкин,  
Российская Федерация  
*Иващенко Владимир Гаврилович*. Доктор биологических наук,  
ведущий научный сотрудник  
e-mail: ya.v-ivaschenko2013@yandex.ru

#### Information about the authors

All-Russian Institute of Plant Protection,  
Podbelskogo shosse, 3, 196608, St Petersburg-Pushkin,  
Russian Federation  
*Ivashchenko Vladimir Gavrilovich*, leading researcher,  
Doctor of Science in Biology,  
e-mail: ya.v-ivaschenko2013@yandex.ru