

ОСОБЕННОСТИ АЛЛЕЛОПАТИИ МЕЖДУ ВИДАМИ ФУЗАРИЕВ И СОПУТСТВУЮЩЕЙ *TRICHODERMA LONGIBRACHIATUM* В РИЗОСФЕРЕ КУКУРУЗЫ НА КУБАНИ

СОКИРКО Виктор Петрович, Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина

ЕЛИСЕЕВА Елена Владимировна, Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина

НШИМИРИМАНА Эрик, Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина

ДМИТРЕНКО Анастасия Ивановна, Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина

Изучали взаимодействия возбудителей болезней корневых гнилей кукурузы в условиях АПК северного региона Краснодарского края. Корневые гнили кукурузы в хозяйствах АПК края ежегодно наносят ощутимый ущерб урожаю силосной массы и зерна кукурузы. В ходе исследований выявлена биологическая особенность взаимоотношений двух видов рода фузария: *Fusarium concentricum* Nirenberg & O'Donnell и *Fusarium proliferatum* Matsush., оптимизирующая пятикратное увеличение первого вида гриба по сравнению с ростом второго. С помощью ПЦР-анализа выявлен *Fusarium oxysporum* штамм IMI 58289 с повышенной способностью проявлять элементы агрессивного синергизма. Данные грибы относятся к отделу *Ascomycota*, порядку *Hypocreales*. В почве исследуемой ризосферы выявлен природный гиперпаразит – *Trichoderma spp.*, который можно применять для минимизации фузариозной инфекции.

Введение. В настоящее время на Кубани в посевах кукурузы наблюдаются опасные формы заболевания, вызываемые грибами рода *Fusarium spp.*. Растения кукурузы плохо развиваются, вырастают карликовыми с невыполненным початками, значительно снижается урожай [1, 2]. Химические препараты с эффективностью действия выше 50–60 % отсутствуют. Одним из самых действенных биологизированных приемов минимизации почвенной инфекции полифага *Fusarium spp.* является агробиологический метод.

Место обитания фузариев – почва, поэтому ризосфера кукурузы всегда подвергается опасности заражения корневой системы.

Целью исследований являлось изучение видового состава возбудителей фузариозной корневой гнили кукурузы, некоторых особенностей их биологии и биологических методов минимизации инфекции. В настоящее время необходимо идентифицировать возбудителя фузариозной корневой гнили кукурузы, а также изучить возможность биологической минимизации инфекционного фона. Для уточнения вредоносности патогенов проводили исследования по изучению аллелопатии между видами *Fusarium spp.* на наличие агрессивного синергизма при развитии на растениях кукурузы.

Методика исследований. Растения кукурузы обследовали в фазах развития 3–5, 7–10 листьев (по принципу рендомизации), выметывания метелки, молочной и полной спелости. Исследования проводили по общепринятым в фитопатологии методикам.

Объектами исследований были *Fusarium oxysporum* Schl., *Fusarium proliferatum* Matsush. и *Fusarium concentricum* Nirenberg & O'Donnell. Патогены поражали нижнюю часть стеблей и узлов кукурузы, образуя буровато-красные штрихи с темнеющими, расплывчатыми пятнами.

В фазу 3–5, 7–10 листьев учитывали количество пораженных растений с изменением окраски и деформацией листьев, расплывчатыми буровато-зелеными пятнами в прикорневой зоне и первом междуузлии.

В фазах выметывания метелки и молочно-восковой спелости зерна вели учет путем осмотра 100 растений по диагонали поля. В фазе молочно-восковой спелости зерна учитывали количество зараженных початков кукурузы грибами рода *Fusarium spp.* с разрушенной паренхимой узлов стеблей, бело-розовым налетом. С корней пораженных растений осуществляли отбор почвы.

Проводили почвенный микологический анализ с целью выделения кондуктивной и су-



прессивной микоты и определения их соотношения в ризосфере кукурузы. В лабораторных условиях выделение патогенов из пораженных тканей проводили по методике О.Л. Рудакова (1976).

Видовой состав грибов родов *Fusarium* и *Trichoderma* определяли с помощью ПЦР-анализа.

Результаты исследований. Корневую гниль кукурузы вызывают несколько грибных возбудителей. Начинается поражение корней на высеванных в почву семенах. На них появляется мицелий различного цвета, а затем происходит плесневение и их гибель. Чаще всего встречается патоген рода *Fusarium oxysporum* Schl. [3], однако вид патогена зависит и от почвенно-климатических условий выращивания кукурузы, предшественников и т.д.

Исследования на почве чернозем обыкновенный проводили в ПАО «Родина» Каневского района Краснодарского края. В почве были обнаружены три гриба рода *Fusarium spp*. С помощью ПЦР-анализа определялся видовой состав патогенов (табл. 1).

Таблица 1

Видовой состав возбудителей фузариозной корневой гнили кукурузы, 2018 г.

Род / вид	Площадь колонии, см ²
<i>Fusarium oxysporum</i> Schl.	35,4
<i>Fusarium proliferatum</i> Matsush.	3,9
<i>Fusarium concentricum</i> Nirenberg & O'Donnell	58,8
HCP _{0,5}	3,8

По морфологическим признакам виды рода *Fusarium spp.* отличались друг от друга. У вида *Fusarium oxysporum* Schl. мицелий розовый или бело-розовый воздушный, иногда пушистый и обильный; мицелий вида *Fusarium proliferatum* Matsush. Мицелий – ярко-красный, при старении он становится буро-коричневым; у вида *Fusarium concentricum* Nirenberg & O'Donnell мицелий бело-розовый, нарастающий концентрическими кругами, при старении он темнеет и приобретает буро-коричневый цвет с красноватым оттенком.

Видовая принадлежность фузариев была определена с помощью ПЦР-анализа. Это позволило установить одну оригинальную особенность: виды *Fusarium proliferatum* и *Fusarium concentricum* сопровождают друг друга и их колонии мицелия переплетаются на корнях и в ризосфере кукурузы.

Такая особенность в аллелопатии грибов существенно усложняет получение чистой культуры каждого в отдельности из-за совместного развития на питающих растениях (рис. 1).

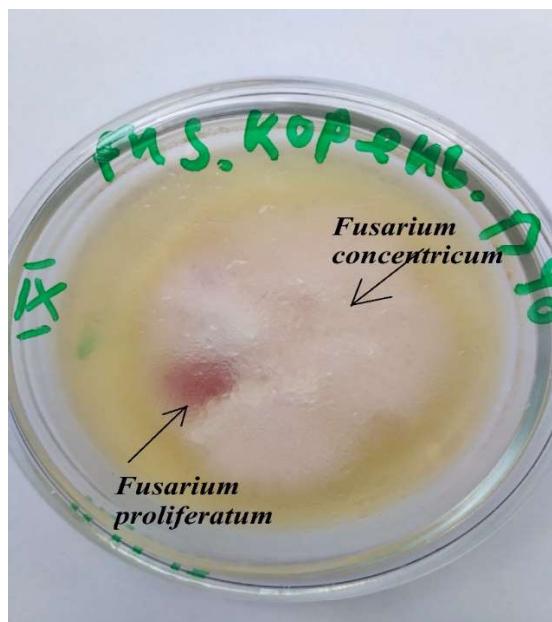


Рис. 1. Совместное развитие *in vitro* *Fusarium proliferatum* и *Fusarium concentricum* на искусственной питательной среде

Гриб *Fusarium concentricum* растет быстро и угнетает *Fusarium proliferatum* при их совместном развитии на искусственной питательной среде.

Такие взаимоотношения видов одного рода фузариум соответствует понятию синергизма. Гриб *Fusarium concentricum* растет быстрее и почти полностью занимает питательный субстрат – 62,8 см² (80 % площади), в то время как *Fusarium proliferatum* – 7,78 см² (10 % площади) (табл. 2).

Таблица 2

Совместное развитие *in vitro* на искусственной питательной среде грибов *Fusarium proliferatum* и *Fusarium concentricum* с признаками вредоносного синергизма, 2019 г.

Род / вид	Площадь колоний мицелия, см ²
<i>Fusarium proliferatum</i>	7,78
<i>Fusarium concentricum</i>	62,8

Итак, в условиях ПАО «Родина» Каневского района Краснодарского края грибы *Fusarium proliferatum* Matsush., *Fusarium concentricum* Nirenberg & O'Donnell, и *Fusarium oxysporum* Schl являются возбудителями корневой гнили кукурузы.



Наряду с другими видами грибов рода *Fusarium spp.* в почве обычно встречается гриб рода *Trichoderma spp.* [5]. Это важная особенность существования фузариев в ризосфере кукурузы.

На производственных посевах ПАО «Родина» исследовали антагонистические свойства гиперпаразита *Trichoderma spp.* по отношению к грибу *Fusarium oxysporum* штамм IMI 58289. Этот штамм был получен в результате почвенного микологического анализа в этом хозяйстве в 2019 г. С этим штаммом особенно активно проявляла свои гиперпаразитические свойства триходерма.

Триходерма существует с фузариумами потому, что и они являются источником ее питания [3]. Необходимо исследовать этот процесс для определения биологической активности антагониста против конкретных штаммов фузариев. В 2018 г. отбирали образцы растений кукурузы на производственных посевах ПАО «Родина» – пораженную патогеном корневую систему, узлы стеблей, листья, обертки початков и початки.

После получения чистой культуры грибов рода *Fusarium*, *Trichoderma* отслеживался рост мицелия в течение 10 суток (рис. 2).

Колония *Fusarium* в первые три дня роста *in vitro* составила 4,4 см², *Trichoderma spp.* – 46,2 см². Фузариум свободно развивался на питательной среде потому, что колония антагониста еще не сблизилась с колонией фузария.

Современными исследованиями отмечается замедление роста колоний фузариума при сближении с мицелием антагониста [2]. В наших опытах наблюдалась аналогичная ситуация.

Через 5 дней площадь зарастания фузариума практически не увеличилась, а колония

триходермы выросла почти в полтора раза (до 64,8 см²).

В дальнейшем (на 10-й день роста) мицелий триходермы полностью колонизировал площадь вокруг фузариума и составил 66,7 см². Площадь колонии фузариума уменьшилась до 3,9 см² [6].

Поскольку аллелопатия с признаками синергизма может осуществляться не со всеми видами грибов *Fusarium*, необходимо знать их видовую и штаммовую принадлежность. Анализ 18S-РНК проводится с учетом штаммовой идентификации мицелия грибов-агентов вредоносного синергизма грибов рода *Fusarium spp.* Для этого были получены моноизоляты, выращенные в искусственных условиях. ДНК определяли при помощи набора DN easy Plant Mini Kit (Qiagen) в соответствии с протоколом изготовителя. В результате по данным ПЦР-анализа установлена последовательность филогенетического дерева изучаемых патогенов рода: *Fusarium oxysporum* штамм IMI 58289, *Fusarium proliferatum* Matsush. и *Fusarium concentricum* Nirenberg & O`Donnell – данные грибы ближе всего к отделу *Ascomycota*, порядку *Hypocreales*.

Заключение. В ризосфере кукурузы на черноземе обыкновенном выявлены три вида фузариев: *Fusarium oxysporum* штамм IMI 58289, *Fusarium proliferatum* Matsush. и *Fusarium concentricum* Nirenberg & O`Donnell. Обнаружена биологическая особенность аллелопатии грибов внутри одного рода фузариум: виды *Fusarium proliferatum* Matsush. и *Fusarium concentricum* Nirenberg & O`Donnell. в своем развитии проявляют признаки агрессивного синергизма. Так, *Fusarium concentricum* интенсивно развивается (62,8 см²), если он находится на одной питательной среде с *Fusarium*

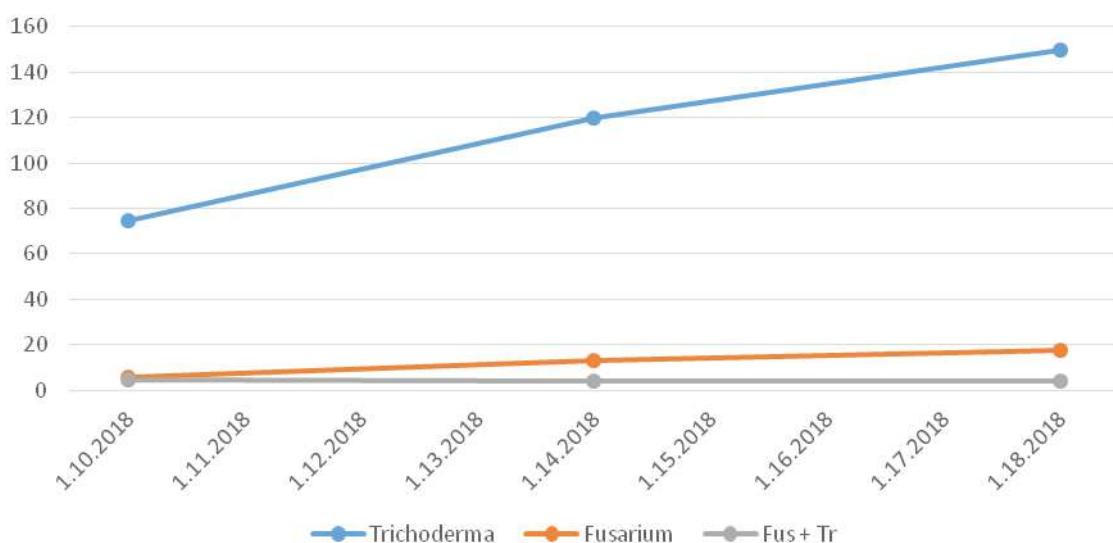


Рис. 2. Развитие *in vitro* антагониста *Trichoderma spp.* с *Fusarium oxysporum* штамм IMI 58289, 2018 г.



proliferatum Matsush. В то же время этот вид сильно угнетается ($7,78 \text{ см}^2$) при таком соседстве.

Исходя из цикла развития основных возбудителей фузариоза в ризосфере кукурузы и обнаружения природного антагониста *Trichoderma spp.* можно разработать биологическую минимизацию видов рода *Fusarium oxysporum*, *Fusarium proliferatum*, *Fusarium concentricum*.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алимова Ф.К. Некоторые вопросы применения препаратов на основе грибов рода *Trichoderma* в сельском хозяйстве / Казанский государственный университет им. В.И. Ульянова-Ленина. – Казань 2006. – С. 4.
2. Гагкаева Т.Ю., Гаврилова О.П., Левитин М.М., Новожилов К.В. Фузариоз зерновых культур // Приложение к журналу Защита и карантин растений. – 2011. – № 5. – Режим доступа: [//www.z-i-k.ru/interest/fuzarioz.pdf](http://www.z-i-k.ru/interest/fuzarioz.pdf).
3. Немченко М.В., Сокирко В.П., Невзоров Р.Д. Динамика возбудителей агрессивного синергизма на посевах кукурузы // Научное обеспечение агропромышленного комплекса: сборник статей по материалам XI Всерос. конф. молодых ученых, посвященной 95-летию Кубанского ГАУ и 80-летию со дня образования Краснодарского края. – Краснодар, 2017. – С. 202–203.
4. Сокирко В.П., Слюсарев В.Н. Агрессивный синергизм и профилактика фитотоксикозных полей Кубани // Энтузиасты аграрной науки: сборник статей по материалам Междунар. конф., посвященному советскому и российскому организатору сельско-

го хозяйства, академику ВАСХНИЛ и РАН, Герою Социалистического Труда Трубилину Ивану Тимофеевичу / науч. ред. А.Х. Шеуджен. – Краснодар, 2016. – С. 207–211.

5. Сокирко В.П., Смоляная Н.М., Немченко М.В., Довбуш К.Н. Особенности эволюции токсигенных фузариев в агроценозе зерновых культур Кубани // Научное обеспечение агропромышленного комплекса: сборник статей по материалам 71-й науч.-практ. конф. преподавателей по итогам НИР за 2015 год. – Краснодар, 2016. – С. 104–105.

6. Кольцо ВУЗов [Электронный ресурс] / ЗР1501_Елисеева_E_B_BKP.pdf. – Электрон. дан. – Краснодар, 2019. – Режим доступа: свободный.

Сокирко Виктор Петрович, д-р бiol. наук, проф. кафедры «Фитопатология, энтомология и защита растений», Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина. Россия.

Елисеева Елена Владимировна, студентка, Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина. Россия.

Ншимиримана Эрик, аспирант, Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина. Россия.

Дмитренко Анастасия Ивановна, аспирант, Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина. Россия.

350044, г. Краснодар, ул. имени Калинина, 13.

Тел.: 8(861)221-52-60, e-mail: a_zamotajlov@mail.ru.

Ключевые слова: кукуруза; патогены; супрессивная и кондуктивная микота; ПЦР-анализ; агрессивный синергизм; фузариум; триходерма.

FEATURES OF ALLELOPATHY BETWEEN FUSARIUM SPECIES AND CONCOMITANT TRICHODERMA LONGIBRACHIATUM IN THE MAIZE RHIZOSPHERE IN KUBAN

Sokirkо Viktor Petrovich, Doctor of Biological Sciences, Professor of the chair “Phytopathology, Entomology and Plant Protection”, Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin, Russia.

Eliseeva Elena Vladimirovna, Student, Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin, Russia.

Nshirimana Eric, Post-graduate Student, Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin, Russia.

Dmitrenko Anastsiya Ivanovna, Post-graduate Student, Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin, Russia.

Keywords: corn; pathogens; suppressive and conductive mycota; PCR analysis; aggressive synergism; Fusarium; Trichoderma.

The purpose of these studies was to study the interaction of pathogens of corn root rot in the agricultural

*sector of the Northern region of Krasnodar region. Corn root rot in the agricultural farms of the region annually cause significant damage to the harvest of silage and corn grain. In the course of research, the biological feature of the relationship between two species of the genus Fusarium: *Fusarium concentricum* Nirenberg & O'donnell and *Fusarium proliferatum* Matsush., optimizing the five-fold increase in the first species of mushroom compared to the growth of the second. PCR analysis revealed *Fusarium oxysporum* strain IMI 58289 with increased ability to exhibit elements of aggressive synergism. These fungi belong to the Department Ascomycota, order Hypocreales. In the soil of the studied rhizosphere, a natural hyperparasite – *Trichoderma* was detected, which can be used to minimize *Fusarium* infection.*

