

ВЛИЯНИЕ МЕТАБОЛИТОВ ГРИБОВ *ALTERNARIA SPP.* НА РАЗВИТИЕ ПРОРОСТКОВ ПШЕНИЦЫРукавицина И.В.^{✉*}, Нелис О.В.[✉], Булгакова И.Н.[✉]

ТОО «Научно-производственный центр зернового хозяйства им. А.И.Бараева», п. Научный, Казахстан, 021601

* irukavitsina@mail.ru

АБСТРАКТ

Целью исследований являлось изучение фитотоксической активности фильтратов культуральной жидкости (ФКЖ) *in vitro* пяти изолятов грибов *Alternaria* Nees на развитие проростков пшеницы. Изоляты грибов получены из семян пшеницы, возделываемой в условиях Северного Казахстана. Результаты исследований показали, что культуральные фильтраты всех изучаемых изолятов проявляли неодинаковое влияние на развитие проростков пшеницы. Стимулирующим эффектом на всхожесть семян обладал 14 и 21 суточный ФКЖ *A. infectoria* (7/4), 14 суточный ФКЖ *A. brassicae* (7/2) и 21 суточный ФКЖ *A. porri* (8/1). Установлено, что длительное культивирование грибов на питательной среде способствовало изменению pH среды в сторону подщелачивания, за счет выделения метаболитов различной химической природы, в том числе и токсинов, что могло способствовать ингибированию роста первичных корешков и проростков. Но, в основном ФКЖ были малотоксичны или нетоксичны. Установлена достоверная положительная корреляционная связь между показателями pH и длиной ростков ($0,86 \pm 0,25$) и обратная между pH и всхожестью ($-0,75 \pm 0,33$) при воздействии 14 суточного ФКЖ. Изменение значения pH на 21 сутки достоверно оказывало влияние на длину корешков ($-0,92 \pm 0,20$). Основываясь на полученных результатах, можно сделать вывод, что более токсичным по отношению к проросткам пшеницы оказался 14 суточный ФКЖ всех изучаемых изолятов гриба *Alternaria*.

Ключевые слова: изоляты, грибы *Alternaria spp.*, фильтрат культуральной жидкости, пшеница, фитотоксичность, проростки, первичные корешки, pH среды

ВВЕДЕНИЕ

Митоспоровые грибы рода *Alternaria* в природе представлены сапротрофными, развивающиеся на органических субстратах, и фитопатогенными видами. Заселяя почву, сапротрофы и фитопатогены при определенных условиях продуцируют метаболиты, вызывающие ее фитотоксикоз. В почву эти грибы попадают с растительных остатков и отмирающих растений, которые они массово колонизируют. Благодаря разнообразному комплексу ферментов, вместе с другими почвенными грибами, *Alternaria* участвует в разложении и минерализации органических остатков [1]. Богатый ферментный аппарат обеспечивает этим грибам широкую приспособляемость и возможность выживать и существовать в различных экологических условиях.

Семена и зерно злаковых культур довольно часто контаминируются различными микромицетами, в том числе грибами рода *Alternaria* Nees [2], которые в последнее время занимают заметное место в развитии такого заболевания, как альтернариоз. Проявление этого заболевания, может быть, в виде темных налетов, разнообразных пятнистостей и др., что в последствие способствует снижению фотосинтетической поверхности листьев, плесневению семян, уменьшению урожая. Эти грибы способны поражать все органы растения, но чаще всего подвержены большему инфицированию семена и листья. При сильном их развитии на семенах последние теряют всхожесть [3]. Через семена, многие виды грибов сохраняют и передают инфекцию, и она сохраняется в области корневой шейки либо происходит поражение проростков. Исследователи все чаще обращают внимание на высокую обсемененность зерна и другой растениеводческой продукции фитопатогенными и токсигенными микромицетами, которые представляют угрозу для здоровья человека и живот-

ных [4-7]. Чаще других грибов и бактерий представители рода *Alternaria*, во всем мире встречаются в семенах основных зерновых культур (пшеницы, ячменя, овса, ржи и др.) и представляют собой наиболее обычный компонент микробиома зерна [8]. Вредоносность грибов *Alternaria* может проявляться в уменьшении массы урожая, а также в снижении потребительских и посевных качеств зерна. Однако, заражение зерна видами *Alternaria* не влияет на его массу, а инфицированные семена обычно крупные и хорошо выполненные, при этом они имеют нормальную всхожесть и прорастают без видимых аномалий [9,10]. В настоящее время род *Alternaria* насчитывает более 350 видов. [11-13]. Большинство представителей рода *Alternaria* (*A.brassicae*, *A.brassicicola*, *A.solani*, *A.porri* и др.) вызывают болезни растений, а для ряда сельскохозяйственных культур являются одними из самых вредоносных [1].

Грибы *Alternaria* представляют собой группу видов, которые различаются как по экологическим свойствам, так и по практическому значению и географическому распространению. Как сапротрофные, так и патогенные виды грибы рода *Alternaria* продуцируют микотоксины, загрязняющие сельскохозяйственную и пищевую продукцию [10, 14-18]. По типу питания, эти грибы, как правило, являются некротрофными патогенами, для которых характерно образование фитотоксинов (ФТ) в области инфекции [19]. Установлено, что грибы *Alternaria* продуцируют хозяин-специфичные токсины, которые способствуют гибели растительных клеток и подавляют защитные реакции растения, в связи с чем рассматриваются как факторы патогенности [20,21]. Кроме того, они могут продуцировать и хозяин-неспецифические фитотоксины, такие как теназоновую кислоту (ТК) [22,23], а также тентоксин (ТЕН), который является циклическим тетрапептидом и ингибирует развитие хлоропластов, вызывая хлорозы

[24,25]. Известно, что продуцирование микотоксинов грибами *Alternaria* изменчиво и весьма чувствительно к условиям среды. Особое значение играет взаимодействие с другими организмами, входящими в состав сообщества [26,27]. Следует отметить, что многие из выявленных у различных видов альтернариоидных грибов метаболиты обладают полезными свойствами [19, 28], однако вторичные метаболиты также могут негативно воздействовать на организм человека или животного [28,29]. Отмечено влияние альтернариевых грибов на развитие фузариозных болезней сельскохозяйственных культур, которые усиливают действие основного патогена [30]. Посев зараженными семенами приводит к передаче болезней на вегетирующие растения и тем самым создает и поддерживает очаги инфекции в поле [31].

Кроме того, в результате нарушения агротехнологических приемов, несоблюдения севооборотов и использования монокультуры, нерационального применения пестицидов происходит смещение естественного баланса в такой саморегулирующейся экосистеме, как растения-микроорганизмы. Вследствие чего, снижается устойчивость растений к неблагоприятным факторам из-за изменения их оптимальной естественной среды обитания, а в почве происходит накопление фитопатогенных грибов, которые занимают доминирующее положение [32,33].

В последнее время наибольшее распространение в зерносеющих регионах Северного Казахстана получили представители рода *Alternaria*, которые инфицируют, как зерно, так и семенной материал сельскохозяйственных культур, в том числе и такой стратегической культуры, как пшеница [34–36]. Ранее выявлено, что наиболее распространенными видами, инфицирующими зерно пшеницы, были виды *A. rosae*, *A. alternata*, *A. infectoria*, *A. brassicae*, *A. porri*, *A. malorum*, *A. tenuissima* [37]. Эти анормальные грибы, наряду с другими микромицетами все чаще стали выделяться и из почвы.

В связи с вышеотмеченным изучение фитотоксических свойств грибов рода *Alternaria* позволит оценить их влияние на рост и развитие пшеницы, а также и других сельскохозяйственных культур.

Целью исследований являлось изучение фитотоксических свойств фильтратов культуральной жидкости (ФКЖ) изолятов грибов *Alternaria* Nees в условиях *in vitro* на развитие проростков пшеницы.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В качестве объектов исследований рассматривались изоляты грибов *Alternaria alternata* (4/1), *Alternaria brassicae* (7/2), *Alternaria infectoria* (7/4), *Alternaria alternata* (11/1), *Alternaria porri* (8/1) из коллекции лаборатории микробиологии ТОО «НПЦЗХ им.А.И.Бараева» и семена яровой мягкой пшеницы (*Triticum aestivum*) сорта Шортландинская 95.

Изоляцию темноокрашенных гифомицетов рода *Alternaria* из семян пшеницы проводили на агаризованную и подкисленную 80% молочной кислотой ($C_3H_6O_3$) среду Чапека (2мл/л среды), pH 4,5–4,7. После 7–14 дневной инкубации чашек Петри в термостате ТС-80 при температуре 25°C проводили визуализацию колоний грибов,

образовавшихся вокруг семян и готовили препараты для микроскопии в соответствии с методикой, с целью отбора грибов *Alternaria spp.* [38].

Для получения чистых культур грибов изолировали кусочек мицелия на картофельно-декстрозный агар (КДА) и культивировали в термостате ТС-80 при 26°C в течение 7–14 суток.

Предварительную идентификацию грибов *Alternaria* проводили путем микроскопии изолятов на цифровом бинокулярном микроскопе «Альтами Био 1» с использованием увеличительных окуляров (15x), обеспечивающих кратность увеличения в 600 раз. При микроскопии основное внимание уделяли морфологии и строению клеток, определяли габитус спороношения (наличие или отсутствие цепочек спор, их длину и тип ветвления), а также размер и форму конидий. Видовую принадлежность грибов *Alternaria* устанавливали с использованием определителей [10,39].

Дополнительно для уточнения видового названия некоторых изолятов грибов *Alternaria* была проведена молекулярно-генетическая идентификация на основании анализа нуклеотидной последовательности ITS региона методом определения прямой нуклеотидной последовательности ITS региона, с последующим определением нуклеотидной идентичности с последовательностями, депонированными в международной базе данных Gene Bank. Молекулярно-генетическую идентификацию изолятов грибов *Alternaria spp.* проводили в лаборатории прикладной генетики ТОО «Национальный центр биотехнологии».

Получение фильтратов культуральной жидкости (ФКЖ)

ФКЖ получали методом глубинного культивирования. Для этого в боксе биологической безопасности БА-Вп-01-«Ламинар-С»1,2 (класс 2) проводили пересев изолятов грибов *Alternaria* с агаризованной среды на жидкую среду Чапека в плоскодонные колбы на 500 мл, содержащие 250 мл среды следующего состава: г/л воды: сахароза – 30, $NaNO_3$ – 2, KH_2PO_4 – 1, $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ – 0,5, KCl – 0,5; $Fe SO_4 \cdot 7H_2O$ – 0,01. Питательную среду автоклавировали в паровом стерилизаторе ГКа-100- «ПЗ» 100 при 121°C. Засеянные инокулятом колбы культивировали в электрическом суховоздушном термостате ТС-80 при 25°C в течение 7, 14 и 21 суток. Для удаления мицелия и спор грибов из культуральной жидкости проводили фильтрацию. Измерение pH культурального фильтрата проводили на анализаторе-иономере ПИАК.

Определение фитотоксичности ФКЖ

Для оценки фитотоксической активности ФКЖ изолятов грибов *Alternaria* использовали биотест, при выборе которого учитывали биологию и экологию гриба. В данном случае были использованы биотест на проростках семян яровой мягкой пшеницы, который основывался на расчете степени ингибирования роста корней, обработанных ФКЖ грибов, по сравнению с контролем [40].

Для эксперимента вначале проводили отбор здоровых и выполненных семян, одинаковых по размеру. Биопробы включали варианты с использованием, наработанной на 7, 14 и 21 сутки культуральной жидкости изолятов гриба

Alternaria. Далее, полученный ФКЖ вносили в чашки Петри, куда раскладывали семена пшеницы (по 25 штук в каждую чашку, в трехкратной повторности) и оставляли на 24 часа при комнатной температуре. В качестве контроля использовали среду Чапека.

После воздействия культурального фильтрата семена промывали дистиллированной водой и помещали в чашки Петри на увлажненные стерильные фильтры для проращивания в термостате при температуре 23°C. Показатели роста и развития проростков пшеницы определяли на 7 сутки.

На рост первичных корешков пшеницы метаболиты, находящиеся в ФКЖ изолятов гриба *Alternaria*, воздействуют более заметно, поэтому определение степени фитотоксичности рассчитывали с учетом измерений средних значений длины первичных корешков (мм) и ростков (мм) пшеницы, выраженных в процентах к контролю. За контроль принимали длину корешков и ростков пшеницы, пророщенных в среде Чапека и считали за 100%.

Фитотоксичность (%) рассчитывали по формуле [41]:

$$\Phi = (\Phi_k - \Phi_0) * 100 / \Phi_k,$$

где Φ_k – среднее значение регистрируемого показателя в контроле,

Φ_0 – среднее значение регистрируемого показателя в опыте.

Оценку фитотоксичности проводили по четырем группам: < 20 – фитотоксичность не проявляется; 20-40 – слабая фитотоксичность; 40-60 – средняя фитотоксичность; > 60 – сильная фитотоксичность.

Статистическая обработка данных

Экспериментальные данные обрабатывали статистически с помощью пакета прикладного программного обе-

спечения «SNEDECOR» [42], а также методом дисперсионного и корреляционного анализа с использованием пакета программ Excel. Графическое оформление результатов исследований проводили в программе Microsoft Excel.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Поведенные исследования по изучению фитотоксического действия ФКЖ пяти изолятов грибов *Alternaria*, выявили их неоднозначное влияние на всхожесть, рост и развитие ростков и первичных корешков пшеницы.

При определении всхожести семян пшеницы было установлено, что ФКЖ изолятов грибов *Alternaria* негативно влияли на ростовые процессы, независимо от сроков их культивирования на питательной среде. В среднем всхожесть семян пшеницы варьировала от 66 до 82% при использовании 7 суточного ФКЖ, от 72 до 98% -14 суточного и от 76% до 94% - 21 суточного в сравнение с контролем (82-84%) (Рис.1).

На снижение всхожести оказал влияние 7 суточный ФКЖ *A. infectoria* (7/4), 14 суточный ФКЖ *A. alternata* (11/1) и *A. alternata* 4/1 (66%, 72% и 74% соответственно).

Независимо от срока культивирования, при воздействии ФКЖ остальных изолятов, всхожесть семян пшеницы была на уровне контроля и даже выше.

При оценке фитотоксической активности 7, 14 и 21 суточных ФКЖ на всхожесть семян выявлено их слабое действие. Фитотоксическая активность 7 суточных ФКЖ всех исследуемых изолятов грибов не проявлялась и составляла в среднем от 2,4 до 19,5%, а у изолята *A. alternata* (11/1) вообще отсутствовала (Рисунок 2). Это свидетельствует о том, что ФКЖ изученных альтернариоидных микромицетов были малотоксичны или нефитотоксичны для семян пшеницы.

Фитотоксическая активность 14 суточных ФКЖ не про-

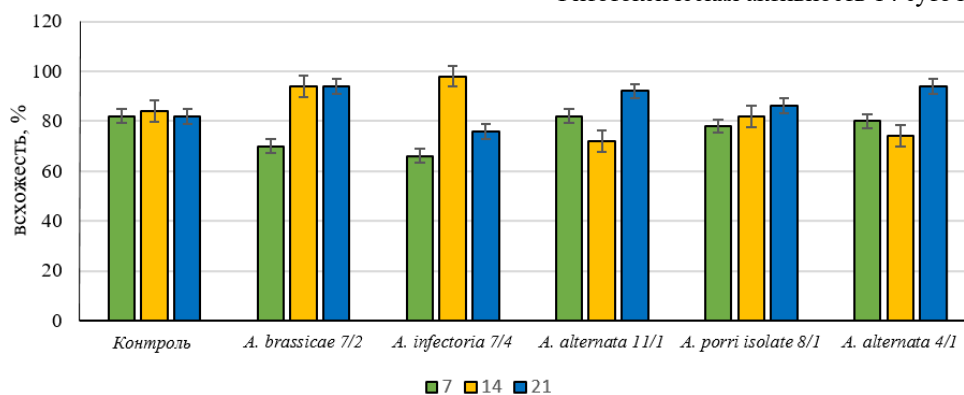


Рисунок 1. Влияние ФКЖ изолятов грибов *Alternaria* на всхожесть семян пшеницы

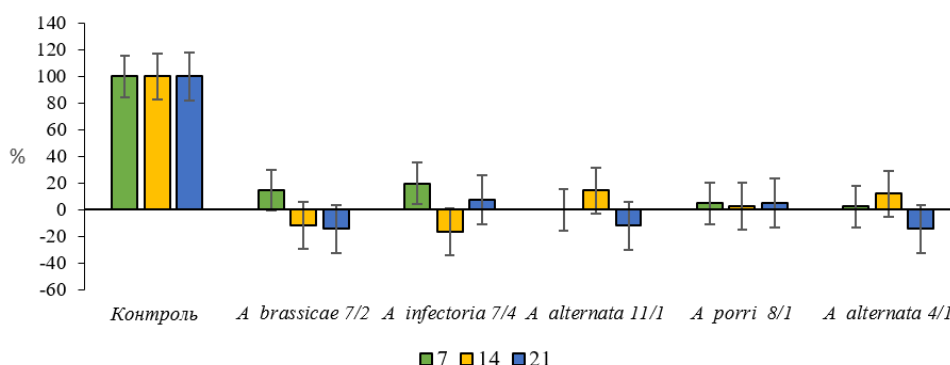
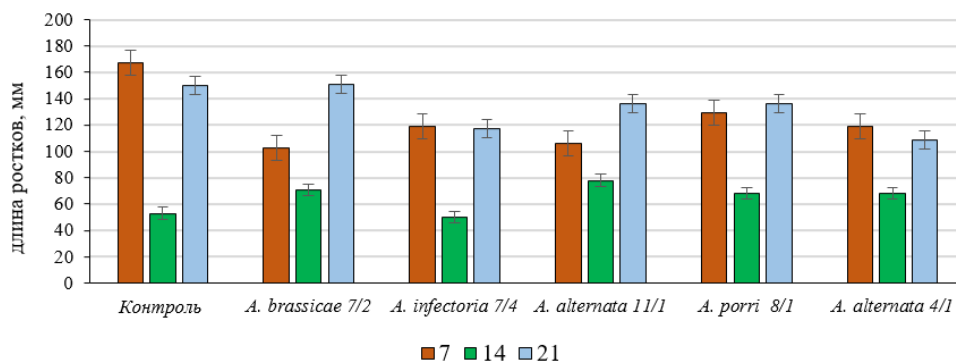
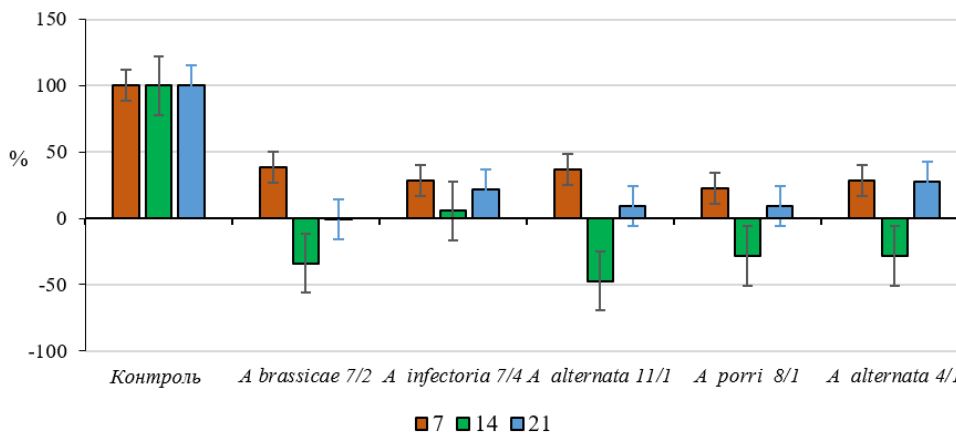
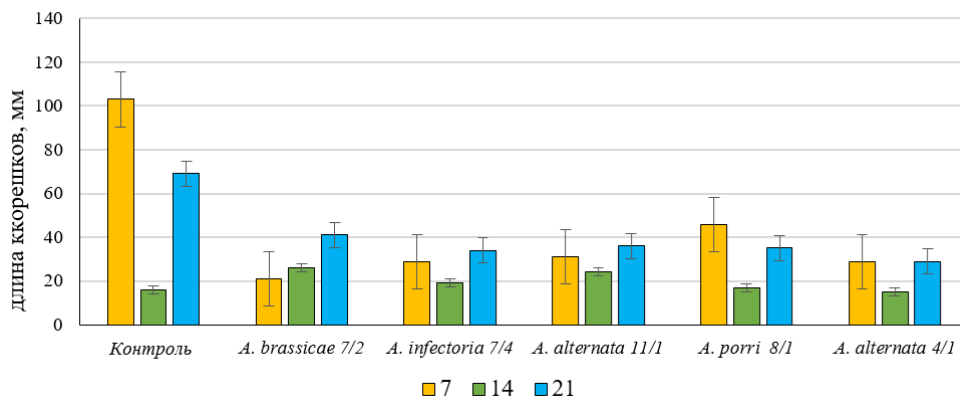


Рисунок 2. Фитотоксическая активность 7,14 и 21 суточных ФКЖ изолятов грибов *Alternaria*

Рисунок 3. Влияние ФКЖ изолятов гриба *Alternaria* на длину ростков пшеницыРисунок 4. Фитотоксическая активность 7,14 и 21 суточных ФКЖ изолятов грибов *Alternaria* на ростки пшеницыРисунок 5. Влияние ФКЖ изолятов грибов *Alternaria* на длину первичных корешков пшеницы

являлась у изолятов *A. porri* (8/1), *A. alternata* 4/1 и *A. alternata* (11/1) и составляла 2,4%, 11,9% и 14,3% соответственно. Однако, ФКЖ изолятов *A. infectoria* (7/4) и *A. brassicae* (7/2) оказывали стимулирующий эффект.

Аналогичная картина прослеживалась и у 21 суточных ФКЖ *A. porri* (8/1) и *A. infectoria* (7/4), которые также проявляли стимулирующее действие.

Ингибирующее действие на ростки пшеницы проявляли 7 суточные ФКЖ всех исследуемых изолятов грибов *Alternaria*. В сравнении с контролем (167 мм), в среднем минимальная длина ростков составляла 103 мм при воздействии ФКЖ *A. brassicae* (7/2), а максимальная - 129 мм у *A. porri* (8/1) (Рисунок 3).

Более выраженным ингибирующим действием по отношению к росткам пшеницы обладали 14 суточные ФКЖ. При

сравнении всех исследуемых изолятов *Alternaria* на длину ростков ФКЖ *A. infectoria* 7/4 (50 мм) проявлял сильное угнетающее действие, а слабое - *A. alternata* (11/1) - 78 мм. Сопоставляя значения длины ростков пшеницы с контролем, отмечалось незначительное их увеличение при воздействии ФКЖ всех изолятов грибов.

Длина ростков пшеницы при воздействии 21 суточного ФКЖ *A. brassicae* (7/2) фактически оставалась на уровне контроля (151 и 150 мм соответственно мм). Остальные ФКЖ способствовали снижению длины ростков, особенно изолят *A. alternata* (4/1) и *A. infectoria* (7/4).

Согласно шкале, фитотоксическая активность ФКЖ была слабой у всех 7 суточных ФКЖ изолятов грибов, слабой - у 21 суточных *A. alternata* (4/1) и *A. infectoria* (7/4), и не проявлялась у *A. alternata* (11/1) и *A. porri* (8/1) (Рисунок 4).

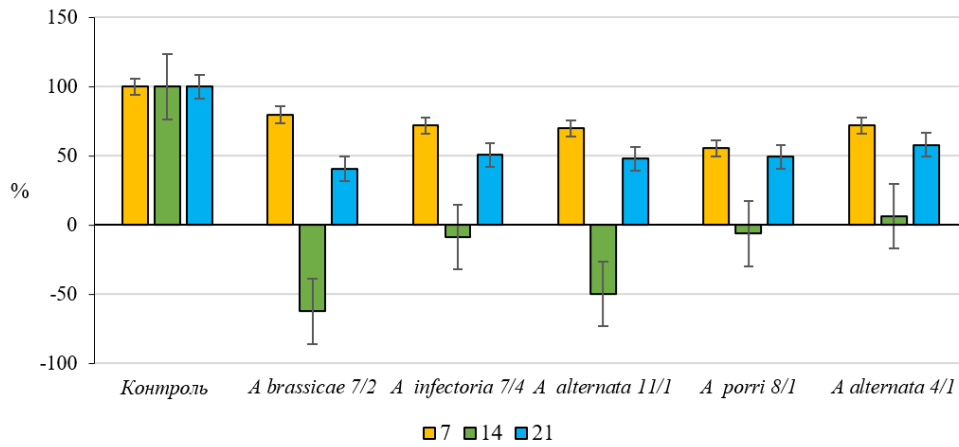


Рисунок 6. Фитотоксическая активность 7,14 и 21 сутокных ФКЖ изолятов гриба *Alternaria* на первичные корешки пшеницы

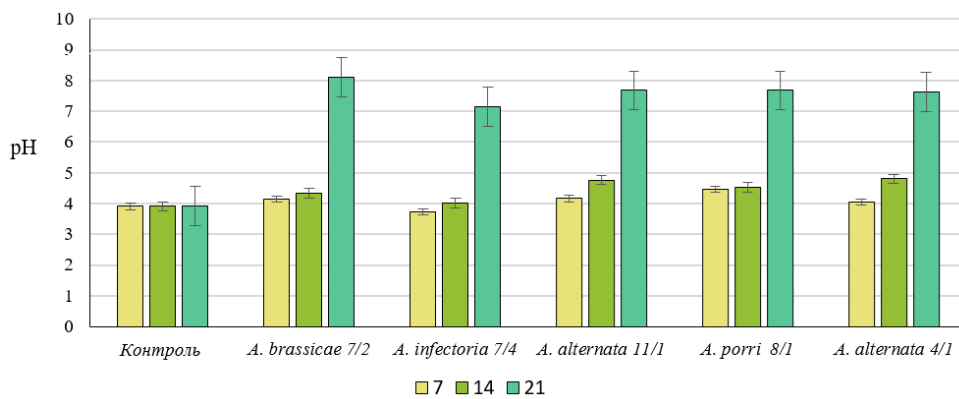
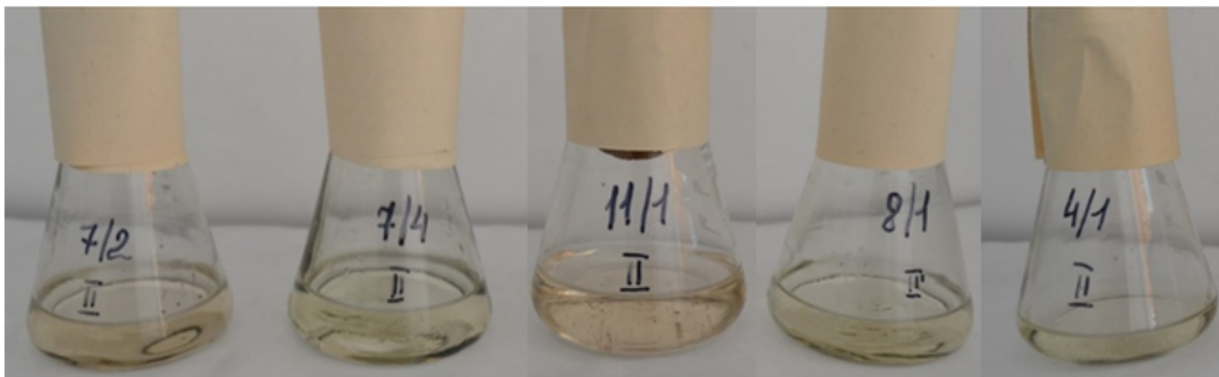


Рисунок 7. Влияние сроков культивирования изолятов гриба *Alternaria* на изменение pH среды



A

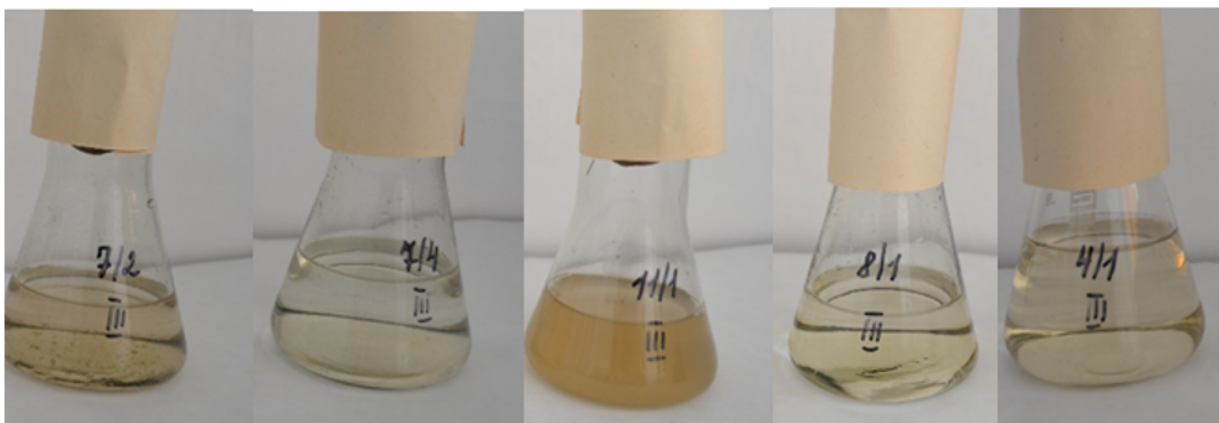


Рисунок 8. Изменение цвета ФКЖ изолятов гриба *Alternaria* на 14 (А) и 21 (Б) сутки культивирования

Незначительный стимулирующий эффект по отношению к росткам пшеницы оказал ФКЖ *A. brassicae* (7/2). Способствовали их росту и 14 суточные ФКЖ, фитотоксическая активность не проявлялась.

По отношению к первичным корешкам пшеницы ФКЖ исследуемых изолятов грибов *Alternaria* также оказывали негативное действие. В сравнение с контролем более сильно подавляли рост корешков 7 суточные ФКЖ грибов и особенно *A. brassicae* (7/2) (Рисунок 5).

Слабое фитотоксическое действие оказывали 14 суточные ФКЖ, длина корешков находилась на уровне или несколько выше контроля (Рисунок 6). Угнетение длины первичных корешков наблюдалось при обработке семян 21 суточным ФКЖ изолятов грибов, и особенно *A. alternata* (4/1).

По мере увеличения срока культивирования грибов *Alternaria* на жидкой питательной среде Чапека от 7 до 21 суток увеличивалось значение pH, который в сравнение с контролем повышался в сторону подщелачивания. При стабильном pH на контроле (3,91), ФКЖ 7-суточных изолятов имел значения pH в среднем от 3,72 до 4,46, на 14 сутки - от 4,02 до 4,80, на 21 сутки - от 7,15 до 8,11 (Рисунок 7).

Увеличение срока культивирования грибов *Alternaria spp.* способствовало не только изменению pH среды, но и окраски культуральной жидкости (Рисунок 8).

В результате проведенного статистического анализа выявлена достоверная положительная корреляционная связь между показателями pH и длиной ростков ($0,86 \pm 0,25$) и обратная между pH и всхожестью ($-0,75 \pm 0,33$) при воздействии 14 суточного ФКЖ (Таблица 1). С увеличением срока культивирования, на 21 сутки значение pH менялось и достоверно оказывало влияние на длину корешков ($-0,92 \pm 0,20$).

ОБСУЖДЕНИЕ

Исследования по изучению изолятов грибов *Alternaria* направлены на выяснение вопросов о влиянии их культуральных фильтратов на рост и развитие проростков пшеницы. Грибы рода *Alternaria*, как сапротрофы, так и патогены, при определенных условиях способны вырабатывать метаболиты различной химической природы, вызывающие не только заболевания растений, но также способствующие фитотоксикозу почвы.

Для получения достоверных результатов были использованы семена пшеницы, которые показали хорошие результаты при оценке фитотоксичности ФКЖ изолятов грибов *Alternaria* и ответных реакциях, что типично для зерновых культур. Это свойство также подтверждают и

другие исследователи [43]. Кроме того, еще одна причина в выборе данной культуры в качестве тест-объекта заключается в том, что гриб *Alternaria* хорошо адаптирован к паразитированию на зерновых культурах и он наиболее часто выделяется не только из семян пшеницы, но также из почвы.

При изучении ФКЖ изолятов грибов на всхожесть семян было установлено, что она была на уровне контроля и даже выше. Воздействие 14 суточных и особенно 21 суточных ФКЖ способствовали в некоторой степени стимулированию прорастания семян. Это может свидетельствовать о том, что культуральные фильтраты исследуемых альтернариоидных микромицетов были малотоксичны или нефитотоксичны для семян пшеницы. А наличие метаболитов различной химической природы в фильтрате культуральной жидкости, в том числе специфичных и неспецифичных фитотоксинов, вырабатываемых грибами *Alternaria* [1], оказывали стимулирующий эффект. Данное предположение согласуется с исследованиями ряда ученых, о проявлении биологической активности метаболитов грибов *Alternaria* и воздействии низких концентраций токсинов на активацию роста и развития пшеницы [28,44]. В связи с этим, можно предположить, что, находясь в почве, данные виды грибов не оказывают значительного влияния на прорастание семян пшеницы и даже в некоторой степени могут быть активаторами ростовых процессов.

В зависимости от срока культивирования изолятов грибов *Alternaria* их 14 суточные ФКЖ, проявляли ингибирующее действие на длину ростков, они были минимальными, в сравнение с 7 и 21 суточными ФКЖ. При сравнении с контролем, только ФКЖ изолята *A. infectoria* (7/4) угнетал длину ростков пшеницы. Остальные изоляты проявляли стимулирующее действие.

На рост корешков ФКЖ грибов также оказывали неодинаковое влияние. Более выраженным ингибирующим действием обладал 7 суточный ФКЖ *A. brassicae* (7/2), слабым – *A. porri* (8/1). Рост корешков подавлял 14 и 21 суточный ФКЖ *A. alternata* (4/1).

Увеличение концентрации токсических соединений в культуральной жидкости обуславливается повышением концентрации водородных ионов. При этом уровень числовых показателей водородных ионов увеличивается к 21 суткам в сторону щелочности. При этом уровне pH, возможное развитие грибов приостанавливается, что может быть связано с использованием органических кислот и других промежуточных продуктов, образующихся при распаде сахарозы и подщелачивающих среду, в результате чего происходит частичный автолиз мицелия [45]. Вследствие этого, накопление метаболитов в культуральной жидкости, в том числе и токсинов, возможно, оказывали как ингибирующее, так и ростстиму-

Таблица 1. Корреляционная связь между длиной ростков, корешков, всхожестью семян и pH среды

Показатели	pH		
	ФКЖ* 7 суточный	ФКЖ*14 сутки	ФКЖ*21 сутки
Длина ростков, мм	$-0,06 \pm 0,40$	$0,86 \pm 0,25^{**}$	$-0,35 \pm 0,47$
Длина корешков, мм	$-0,15 \pm 0,49$	$0,12 \pm 0,50$	$-0,92 \pm 0,20^{**}$
Всхожесть, %	$0,40 \pm 0,46$	$-0,75 \pm 0,33^{**}$	$0,50 \pm 0,43$
Примечание: ФКЖ* – фильтрат культуральной жидкости; ** – достоверность корреляционной связи			

лирующее действие на проростки пшеницы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, в зависимости от срока культивирования грибов *Alternaria*, установлены межвидовые различия в проявлении фитотоксической активности изученных изолятов *A. alternata* (4/1), *A. brassicae* (7/2), *A. infectoria* (7/4), *A. alternata* (11/1), *A. porri* (8/1). Стимулирующий эффект на всхожесть семян оказали 14 и 21 суточный ФКЖ *A. infectoria* (7/4), 14 суточный ФКЖ *A. brassicae* (7/2) и 21 суточный ФКЖ *A. porri* (8/1). Первичные корешки семян пшеницы оказались более чувствительными к метаболитам грибов. Культуральные фильтраты некоторых изолятов в разной степени ингибировали их рост и развитие. Однако, в целом, все изученные ФКЖ изолятов грибов *Alternaria*, в основном были малотоксичны или нетоксичны по отношению к проросткам пшеницы. Резюмируя вышесказанное, следует отметить, что присутствие этих видов грибов в почве очевидно не будет оказывать ингибирующего действия на рост и развитие проростков как пшеницы, так и других зерновых культур.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Исследование выполнено при финансовой поддержке Комитета науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан (АР23487280 «Повышение плодородия почвы и ее здоровья за счет применения биологизированных севооборотов в степной зоне Северного Казахстана»).

ЛИТЕРАТУРА

1. Thomma V.P.H.J. *Alternaria* spp.: from general saprophyte to specific parasite // *Molecular Plant Pathology*. – 2003. – Vol. 4. – P. 225–236. <https://doi.org/10.1046/j.1364-3703.2003.00173.x>
2. Орина А. С., Гаврилова О. П., Гагкаева Т. Ю., Ганнибал Ф. Б. Микромицеты *Alternaria* spp. и *Bipolaris sorokiniana* и микотоксины в зерне, выращенном в Уральском федеральном округе // *Микология и фитопатология*. – 2020. – Т. 54, № 5. – С. 365–377. <https://doi.org/10.31857/S0026364820050086>
3. Тахтаджян А.Л. Мир растений. Грибы. - Москва: Просвещение, 1991. – Т.2 – 475 с.
4. Lugauskas A., Krasauskas A. Micromycetes recorded on grain and products of cereal // *Mycology and phytopathology*. – 2005. – Vol. 39, № 6. – P. 68–77.
5. Сеидова Г.М. Особенности распространения микотоксинов в пораженных фузариозом зерновых растениях // *Проблемы медицинской микологии*. – 2007. – № 2. – С. 32–33.
6. Borutova R., Aragon Y. A., Nährer K., Berthiller F. Co-occurrence and statistical correlations between mycotoxins in feedstuffs collected in the Asia–Oceania in 2010 // *Animal Feed Science and Technology*. – 2012. – Vol. 178. – Issues 3-4. – P. 190–197.
7. Pleadin J., Vahniž N., Perši N., Ševelj D., Markov K., Frece J. Fusarium mycotoxins' occurrence in cereals harvested from Croatian fields // *Food Control*. – 2013. – Vol. 32. –

Issue 1. – P. 49–54.

8. Ганнибал Ф.Б. Альтернариоз зерна - современный взгляд на проблему // *Защита и карантин растений*. – 2014. – №6. – С. 11–15.
9. Семенов А.Я., Мухина М.Ю., Горденко В.И. Видовой состав микроскопических грибов на семенах озимой ржи в Горьковской области // *Бюл. ВНИИ защиты растений*. – 1988. – Вып. 70. – С. 84.
10. Ганнибал Ф.Б. Виды рода *Alternaria* в семенах зерновых культур в России // *Микология и фитопатология*. – 2008. – №42(4). – С. 359–368.
11. Lawrence D., Rotondo F., Gannibal P. // *Mycol. Prog.* – 2016. – Vol. 15, № 3. – P. 1-22.
12. Woudenberg JHC, Seidl M.F, Groenewald JZ, DeVries M, Stielow JB, Thomma BPHJ, Crous PW. *Alternaria* section *Alternaria*: Species, formae speciales or pathotypes? // *Studies In Mycology*. – 2015. – Vol.82. – P. 1–21. <https://doi.org/10.1016/j.simyco.2015.07.001>
13. Gannibal Ph.B. // *Mycotaxon*. – 2018. – Vol. 133, № 1. – P. 37–43.
14. Карамшук З.П., Исенова А.К. Морфологические и биологические особенности возбудителя альтернариоза семян пшеницы // *Пути интенсификации производства зерна в Северном Казахстане: Сб. тр. Акмолинского СХИ*. – Акмола, 1994. – С.16–19.
15. Шпаар Д., Элмер Ф., Постников А., Протасов Н и др. Зерновые культуры. - Минск: ФУ «АИНФОРМ», 2000. – 421 с.
16. Ганнибал Ф.Б., Орина А.С., Левитин М.М. Альтернариозы сельскохозяйственных культур на территории России // *Защита и карантин растений*. – 2010. – С.30–32.
17. Гагкаева, Т.Ю. Микробиота зерна - показатель его качества и безопасности /Т.Ю. Гагкаева, А.П. Дмитриев, В.А. Павлюшин // *Защита и карантин растений*. – 2012. – № 9. – С. 14-18.
18. Streit E., Schwab C., Sulyok M., Naehrer K., Krska R., Schatzmayr G. // *Toxins*. – 2013. – Vol. 5, № 3. – P. 504–523.
19. Далинова А. А., Салимова Д. Р., Берестецкий А. О. Грибы рода *Alternaria* как продуценты биологически активных соединений и биогербицидов (обзор) // *Прикладная биохимия и микробиология*. – 2020. – Т. 56, № 3. – С. 223–241.
20. Kang S., Dobinson K.F. Molecular and genetic basis of plant- fungal pathogen interactions // *Appl. Mycol. Biotechnol.* – 2004. – Vol. 4. – P. 59–97. [https://doi.org/10.1016/S1874-5334\(04\)80006-6](https://doi.org/10.1016/S1874-5334(04)80006-6)
21. Meena M., Samal S. *Alternaria* host-specific (HSTs) toxins: An overview of chemical characterization, target sites, regulation and their toxic effects // *Toxicol. Rep.* – 2019. – Vol. 6. – P. 745-758. <https://doi.org/10.1016/j.toxrep.2019.06.021>
22. Logrieco A., Moretti A., Solfrizzo M. *Alternaria* toxins and plant diseases: and overview of origin, occurrence and risks // *World Mycotoxin J.* – 2009. – Vol. 2. – P. 129–140. <https://doi.org/10.3920/WMJ2009.1145>
23. Kang Y., Feng H., Zhang J. et al. TeA is a key virulence factor for *Alternaria alternata* (Fr.) Keissler infection of its

- host. // Plant Physiol. Biochem. – 2017. – Vol. 115. – P. 73–82. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2017.03.002>
24. Halloin J.M., De Zoeten G.A., Gaard G.R. et al. Effects of tentoxin on chlorophyll synthesis and plastid structure in cucumber and cabbage // Plant Physiol. – 1970. – Vol. 45. – P. 310–314. <https://doi.org/10.1104/pp.45.3.310>
25. Fraeyman S., Croubels S., Devreese M. et al. Emerging *Fusarium* and *Alternaria* mycotoxins: occurrence, toxicity and toxicokinetics // Toxins. – 2017. – Vol.9 (7). – P. 228. <https://doi.org/10.3390/toxins9070228>.
26. Lee H., Patriarca A., Magan N. *Alternaria* in food: ecophysiology, mycotoxin production and toxicology // Mycobiol. – 2015. – Vol.43. – P. 93–106. <https://doi.org/10.5941/MYCO.2015.43.2.93>
27. Muller M.E., Urban K., Koppen R. et al. Mycotoxins as antagonistic or supporting agents in the interaction between phytopathogenic *Fusarium* and *Alternaria* fungi // World Mycotoxin J. – 2015. – Vol. 8. – P. 311–321. <https://doi.org/10.3920/WMJ2014.1747>
28. Lou J., Fu L., Peng Y. et al. Metabolites from *Alternaria* fungi and their bioactivities. Molecules. – 2013. – Vol. 18 (5). – P. 5891–5935. <https://doi.org/10.3390/molecules18055891>
29. Tralamazza S.M., Piacentini K.C., Iwase C.H.T. et al. Toxicogenic *Alternaria* species: impact in cereals worldwide // Curr. Opin. Food Sci. – 2018. – Vol. 23. – 57 p. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2018.05.002>.
30. Бондарь Т.И., Кирик Н.Н. // Успехи медицинской микологии: Материалы Третьего Всерос. конгресса по мед. микологии / Под ред. Ю.В. Сергеева. М., 2005. – Т. 5. – 125 с.
31. Электронный ресурс: Семенная инфекция зерновых культур. <https://www.syngenta.kz/news/zernovye/semennaya-infekciya-zernovyh-kultur>
32. Леонтьевская Л.А., Добровольская Т.Г., Снег А.А., Балабко П.Н. Состав бактериальных сообществ аллювиальных почв и растений долины р. Оки в условиях интенсивного землепользования // Экология речных бассейнов. 2009: 5 Международная научно-практическая конференция, Владимир, 9–12 сент., 2009: Труды. – Владимир, 2009. – С. 114–117.
33. Пухова Н.Ю., Верховцева Н.В., Пухов Д.Э., Ларина Г.Е. Влияние интенсивного землепользования на микробный комплекс дерново-подзолистой почвы Рязанской области // Вестник Тамбовского Университета. Сер. естественные и технические науки. – 2013. – № 3. – С. 895–898.
34. Рукавицина И.В. Грибные болезни пшеницы в степной зоне Северного Казахстана. – Germany, LAP Lambert Academic Publishing GmbH&Co. KG, 2012. – 218 с.
35. Рукавицина И.В., Ткаченко О.В., Чуркина Г.Н., Хапилина О.Н. Заражение семян пшеницы фитопатогенными грибами в условиях Северного Казахстана // IV Всероссийский съезд по защите растений с международным участием «Фитосанитарные технологии в обеспечении независимости и конкурентоспособности АПК России». Сборник тезисов докладов. СПб.: ФГБНУ ВИЗР, 2019. – 71 с.
36. Рукавицина И.В., Ткаченко О.В. Инфицирование зерна ярового тритикале микроорганизмами в зависимости от системы земледелия в условиях Северного Казахстана // Современная микология в России. – 2022. – Т.9. – С.308-310.
37. Рукавицина И.В., Ткаченко О.В., Хапилина О.Н., Шевцов А.Б. **Каталог** фитопатогенных микроорганизмов, контаминирующих зерно пшеницы в условиях Северного Казахстана. – Шортанды-1: НПЦЗХ им. А.И. Бараева. 2020. – 36 с.
38. Теппер Е.З., Шильникова В.К., Переверзева Г.И. Практикум по микробиологии. –4-е изд., перераб. и доп. – М.: Колос, 1993. – 175 с.
39. Simmons E.G. *Alternaria*. An Identification Manual. - Utrecht: CBS. - 2007. - 775 p.
40. Берестецкий А.О., Юзихин О.С., Каткова А.С., Добродумов А.В., Сивогринов Д.Е., Коломбет Л.В. Выделение, идентификация и характеристика фитотоксина, образующего грибом *Alternaria cirsinioxia* // Прикл. биохимия и микробиология. – 2010. – Т. 46, № 1. – С. 84–88.
41. Azizan KA, Zamani AI, Ibrahim S, Yusoff N, Abdul Ghani NH, Nawawi MF. The dynamic linkage between phytotoxicity and metabolites in *Wedelia trilobata* soils // Weed Biol. Manag. – 2021. – Vol. 21. – P.68–85. <https://doi.org/10.1111/wbm.12222>.
42. Сорокин О.Д. Прикладная статистика на компьютере – 2-е изд-е. – Новосибирск: ГУП РПО СО РАСХН, 2009. – 222 с.
43. Жемчужина Н.С., Елизарова С.А., Киселева М.И., Захаров Д.А., Сардарова И.И. Экспериментальное обоснование методики оценки фитотоксичности микромицетов на проростках пшеницы // Овощи России. – 2023. – С. 97–106. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-4-97-106>
44. Иванов А.В., Семенов Э.И., Ермолаева О.К., Галиева Г.М., Трмасов М.Я. Токсигенный потенциал штаммов *Fusarium sporotrichioides*. Проблемы микологии и фитопатологии в XXI веке / Материалы международной научной конференции, посвященной 150-летию со дня рождения члена-корреспондента АН СССР, профессора Артура Артуровича Ячевского. Санкт-Петербург 2–4 октября 2013 года. – С. 142–145.
45. Никуленко Т.Ф., Чкаликов Д.И. Токсины фитопатогенных грибов и их роль в развитии болезни растений. – М.: 1987. – 52 с.

REFERENCES

- Thomma V.P.H.J. *Alternaria* spp.: from general saprophyte to specific parasite // Molecular Plant Pathology. – 2003. – Vol. 4. – P. 225-236. <https://doi.org/10.1046/j.1364-3703.2003.00173.x>
- Orina A. S., Gavrilova O. P., Gagkaeva T. Yu., Ganibal F. B. Mikromicety *Alternaria* spp. i *Bipolaris sorokiniana* i mikotoksiny v zerne, vyrashchennom v Ural'skom federal'nom okruge // Mikologiya i fitopatologiya. – 2020. – Vol. 54, № 5. – P. 365–377. <https://doi.org/10.31857/S0026364820050086>
- Tahtadzhyan A.L. Mir rastenij. Griby. - Moskva: Prosveshchenie, 1991. – Vol. 2 – 475 p.

4. Lugauskas A., Krasauskas A. Micromycetes recorded on grain and products of cereal // *Mycology and phytopathology*. – 2005. – Vol. 39, № 6. – P. 68–77.
5. Seidova G.M. Osobennosti rasprostraneniya mikotoksinov v porazhennykh fuzariozom zernovykh rasteniyah // *Problemy medicinskoj mikologii*. – 2007. – № 2. – P. 32–33.
6. Borutova R., Aragon Y. A., Nährer K., Berthiller F. Co-occurrence and statistical correlations between mycotoxins in feedstuffs collected in the Asia–Oceania in 2010 // *Animal Feed Science and Technology*. – 2012. – Vol. 178, Issues 3–4. – P. 190–197.
7. Pleadin J., Vahniž N., Perši N., Švelj D., Markov K., Frece J. Fusarium mycotoxins' occurrence in cereals harvested from Croatian fields // *Food Control*. – 2013. – Vol. 32, Issue 1. – P. 49–54.
8. Gannibal F.B. Al'ternarioz zerna - sovremennyj vzglyad na problemu// *Zashchita i karantin rastenij*. – 2014. – №6. – P. 11–15.
9. Semenov A.Ya., Muhina M.Yu., Gordenko V.I. Vidovoj sostav mikroskopicheskikh gribov na semenah ozi-moj rzhi v Gor'kovskoj oblasti // *Byul. VNII zashchity rastenij*. – 1988. – Vol. 70. – 84 p.
10. Gannibal F.B. Vidy roda *Alternaria* v semenah zernovykh kul'tur v Rossii // *Mikologiya i fitopatologiya*. – 2008. – №42(4). – P. 359–368.
11. Lawrence D., Rotondo F., Gannibal P. // *Mycol. Prog*–2016. – Vol. 15, № 3. – P. 1–22.
12. Woudenberg JHC, Seidl MF, Groenewald JZ, De vries M, Stielow JB, Thomma BPHJ, Crous PW. *Alternaria* section *Alternaria*: Species, formae speciales or pathotypes? // *Studies In Mycology*. – 2015. – Vol. 82. – P. 1–21. <https://doi.org/10.1016/j.simyco.2015.07.001>
13. Gannibal Ph.B. // *Mycotaxon*. – 2018. – Vol. 133, № 1. – P. 37–43.
14. Karamshuk Z.P., Isenova A.K. Morfologicheskie i biologicheskie osobennosti vzbuditelya al'ternarioza semyan pshenicy // *Puti intensivifikacii proizvodstva zerna v Severnom Kazahstane: Sb. tr. Akmolinskogo SHI*. – Akmola, 1994. – P. 16–19.
15. Shpaar D., Ellmer F., Postnikov A., Protasov N i dr. *Zernovye kul'tury*. – Minsk: FU «AINFORM», 2000. – 421 p.
16. Gannibal F.B., Orina A.S., Levitin M.M. Al'ternariozy sel'skohozyajstvennykh kul'tur na territorii Rossii // *Zashchita i karantin rastenij*. – 2010. – P. 30–32.
17. Gagkaeva, T.Yu. Mikrobiota zerna - pokazatel' ego kachestva i bezopasnosti /T.Yu. Gagkaeva, A.P. Dmitriev, V.A. Pavlyushin // *Zashchita i karantin rastenij*. – 2012. – № 9. – P. 14–18.
18. Streit E., Schwab C., Sulyok M., Nährer K., Krska R., Schatzmayr G. // *Toxins*. – 2013. – Vol. 5, № 3. – P. 504–523.
19. Dalinova A. A., Salimova D. R., Beresteckij A. O. Griby roda *Alternaria* kak producenty biologicheski aktivnykh soedinenij i biogerbicidev (obzor) // *Prikladnaya biokhimiya i mikrobiologiya*. – 2020. – Vol. 56, № 3. – P. 223–241.
20. Kang S., Dobinson K.F. Molecular and genetic basis of plant- fungal pathogen interactions. // *Appl. Mycol. Biotechnol*. – 2004. – Vol. 4. – P. 59–97. [https://doi.org/10.1016/S1874-5334\(04\)80006-6](https://doi.org/10.1016/S1874-5334(04)80006-6)
21. Meena M., Samal S. *Alternaria* host-specific (HSTs) toxins: An overview of chemical characterization, target sites, regulation and their toxic effects // *Toxicol. Rep*. – 2019. – Vol. 6. – P. 745–758. <https://doi.org/10.1016/j.toxrep.2019.06.021>.
22. Logrieco A., Moretti A., Solfrizzo M. *Alternaria* toxins and plant diseases: and overview of origin, occurrence and risks // *World Mycotoxin J*. – 2009. – Vol. 2. – P. 129–140. <https://doi.org/10.3920/WMJ2009.1145>
23. Kang Y., Feng H., Zhang J. et al. TeA is a key virulence factor for *Alternaria alternata* (Fr.) Keissler infection of its host. // *Plant Physiol. Biochem*. – 2017. – Vol. 115. – P. 73–82. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2017.03.002>
24. Halloin J.M., De Zoeten G.A., Gaard G.R. et al. Effects of tentoxin on chlorophyll synthesis and plastid structure in cucumber and cabbage // *Plant Physiol*. – 1970. – Vol. 45. – P. 310–314. <https://doi.org/10.1104/pp.45.3.310>
25. Fraeyman S., Croubels S., Devreese M. et al. Emerging *Fusarium* and *Alternaria* mycotoxins: occurrence, toxicity and toxicokinetics // *Toxins*. – 2017. – Vol. 9 (7). – P. 228. <https://doi.org/10.3390/toxins9070228>
26. Lee H., Patriarca A., Magan N. *Alternaria* in food: eco-physiology, mycotoxin production and toxicology // *Mycobiol*. – 2015. – Vol. 43. – P. 93–106. <https://doi.org/10.5941/MYCO.2015.43.2.93>
27. Muller M.E., Urban K., Koppen R. et al. Mycotoxins as antagonistic or supporting agents in the interaction between phytopathogenic *Fusarium* and *Alternaria* fungi // *World Mycotoxin J*. – 2015. – Vol. 8. – P. 311–321. <https://doi.org/10.3920/WMJ2014.174728>. Lou J., Fu L., Peng Y. et al. Metabolites from *Alternaria* fungi and their bioactivities. *Molecules*. – 2013. – Vol. 18 (5). – P. 5891–5935. <https://doi.org/10.3390/molecules18055891>
29. Tralamazza S.M., Piacentini K.C., Iwase C.H.T. et al. Toxigenic *Alternaria* species: impact in cereals worldwide // *Curr. Opin. Food Sci*. – 2018. – Vol. 23. – P. 57. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2018.05.002>.
30. Bondar' T.I., Kirik N.N. // *Uspekhi medicinskoj mikologii: Materialy Tret'ego Vseros. kongressa po med. mikologii / Pod red. Yu.V. Sergeeva. M., 2005. – Vol. 5. – 125 p.*
31. Elektronnyj resurs: Semennaya infekciya zernovykh kul'tur. <https://www.syngenta.kz/news/zernovye/semennaya-infekciya-zernovykh-kultur>
32. Leontievskaya L.A., Dobrovolskaya T.G., Sneg A.A., Balabko P.N. Sostav bakterial'nykh soobshchestv allyuvial'nykh pochv i rastenij doliny r. Oki v usloviyah intensivnogo zemlepol'zovaniya // *Ekologiya rechnykh bassejnov*. 2009: 5 Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferenciya, Vladimir, 9–12 sent., 2009: Trudy. – Vladimir, 2009. – P. 114–117.
33. Puhova N.Yu., Verhovceva N.V., Puhov D.E., Larina G.E. Vliyanie intensivnogo zemlepol'zovaniya na mikrobnij kompleks dernovo-podzolistoj pochvy Ryazanskoj oblasti // *Vestnik Tambovskogo Universiteta. Ser. estestvennye i tekhnicheskie nauki*. – 2013. – № 3. – P. 895–898.
34. Rukavitsina I.V. *Gribnye bolezni pshenicy v stepnoj zone Severnogo Kazahstana*. – Germany, LAP Lambert Academic Publishing GmbH&Co. KG, 2012. – 218 p.

35. Rukavitsina I.V., Tkachenko O.V., Churkina G.N., Hapilina O.N. Zarazhenie semyan pshenicy fitopatogennymi gribami v usloviyah Severnogo Kazahstana // IV Vserossijskij s'ezd po zashchite rastenij s mezhdunarodnym uchastiem «Fitosanitarnye tekhnologii v obespechenii nezavisimosti i konkurentosposobnosti APK Rossii». Sbornik tezisev dokladov. SPb.: FGBNU VIZR, 2019. – P.71.
36. Rukavitsina I.V., Tkachenko O.V. Inficirovanie zerna yarovogo tritikale mikroorganizmami v zavisimosti ot sistemy zemledeliya v usloviyah Severnogo Kazahstana //Sovremennaya mikologiya v Rossii. – 2022. – Vol. 9. – P. 308-310.
37. Rukavitsina I.V., Tkachenko O.V., Hapilina O.N., Shevcov A.B. Katalog fitopatogennyh mikroorganizmov, kontaminiruyushchih zerno pshenicy v usloviyah Severnogo Kazahstana. – Shortandy-1: NPCZH im. A.I. Baraeva. 2020. – 36 p.
38. Tepper E.Z., Shil'nikova V.K., Pereverzeva G.I. Praktikum po mikrobiologii. –4-e izd., pererab. i dop. – M.: Kolos, 1993. – 175 p.
39. Simmons E.G. *Alternaria*. An Identification Manual. – Utrecht: CBS. – 2007. – 775 p.
40. Beresteckij A.O., Yuzihin O.S., Katkova A.S., Dobrodumov A.V., Sivogriyov D.E., Kolombet L.V. Vydelenie, identifikaciya i harakteristika fitotoksina, obra-zuemogo gribom *Alternaria cirsinoxia* // Prikl. biokhimiya i mikrobiologiya. – 2010. – Vol. 46, №1. – P. 84–88.
41. Azizan KA, Zamani AI, Ibrahim S, Yusoff N, Abdul Ghani NH, Nawawi MF. The dynamic linkage between phytotoxicity and metabolites in *Wedelia trilobata* soils // Weed Biol. Manag. – 2021. – Vol. 21. – P.68-85. <https://doi.org/10.1111/wbm.12222>.
42. Sorokin O.D. Prikladnaya statistika na komp'yutere – 2-e izd-e. – Novosibirsk: GUP RPO SO RASHN, 2009. – 222 p.
43. Zhemchuzhina N.S., Elizarova S.A., Kiseleva M.I., Zaharov D.A., Sardarova I.I. Eksperimental'noe obosnovanie metodiki ocen-ki fitotoksichnosti mikromicetov na prorostkah pshenicy // Ovoshchi Rossii. – 2023. – P. 97–106. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-4-97-106>
44. Ivanov A.V., Semenov E.I., Ermolaeva O.K., Galieva G.M., Tremasov M.Ya. Toksigennyj potencial shtammov *Fusarium sporotrichioides*. Problemy mikologii i fitopatologii v XXI veke / Materialy mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii, posvyashchennoj 150-letiyu so dnya rozhdeniya chlena-korrespondenta AN SSSR, professora Artura Arturovicha Yachevskogo. Sankt-Peterburg 2–4 oktyabrya 2013 goda. – P. 142–145.
45. Nikulenko T.F., Chkalikov D.I. Toksiny fitopatogennyh gribov i ih rol' v razvitii bolezni rastenij. – M.: 1987. – 52 p.

ӘОЖ: 633.11: 631.466.1

ALTERNARIA SPP. САҢЫРАУҚҰЛАҚТАРЫНЫҢ МЕТАБОЛИТТЕРІНІҢ БИДАЙ ӨСКІНДЕРІНЕ ДАМУЫНА ӘСЕРІРукавицина И.В.^{1*}, Нелис О.В.¹, Булгакова И.Н.¹¹ «А.И. Бараев атындағы астық шаруашылығы ғылыми-өндірістік орталығы» ЖШС, Научный ауылы, Қазақстан, 021601

* irukavitsina@mail.ru

ТҮЙІН

Зерттеудің мақсаты бидай өскіндерінің дамуына *Alternaria* Nees саңырауқұлақтарының бес изоляттарының культуралық сұйықтық филтраттардың (КСФ) *in vitro* фитоуыттылық белсенділігін зерттеу болды. Саңырауқұлақ изоляттары Солтүстік Қазақстанда өсірілген бидай тұқымдарынан алынды. Зерттеу нәтижелері барлық зерттелген изоляттардың культуралық филтраттары бидай өскіндерінің дамуына әртүрлі әсер ететінін көрсетті. Тұқымның өнуіне *A. infectoria* 14 және 21 күндік КСФ (7/4), *A. brassicae* 14 күндік КСФ (7/2) және *A. porri* 21 күндік КСФ (8/1). Саңырауқұлақтарды қоректік ортада ұзақ уақыт өсіру ортаның рН-ның сілтіленуге қарай өзгеруіне ықпал еткені анықталды, әртүрлі химиялық табиғаттың метаболиттерінің бөлінуіне байланысты, бұл бастапқы тамырлар мен көшеттердің өсуін тежеуге ықпал етуі мүмкін. Бірақ, негізінен, КСФ төмен уытты немесе улы емес болды. 14 күндік КСФ әсер еткенде рН көрсеткіштері мен өскіндердің ұзындығы ($0,86 \pm 0,25$) арасында айтарлықтай оң корреляция және рН мен өну арасындағы ($-0,75 \pm 0,33$) кері корреляция анықталды. 21-ші күні рН көрсеткіштің өзгеруі тамырлардың ұзындығына айтарлықтай әсер етті ($-0,92 \pm 0,20$). Алынған нәтижелерге сүйене отырып, барлық зерттелген *Alternaria* саңырауқұлағы изоляттарының 14 күндік FCL бидай өскіндері үшін улы болып шықты деп қорытынды жасауға болады.

Түйін сөздер: изоляттар, *Alternaria spp.* саңырауқұлақтары, культуралық сұйықтық филтраты, бидай, фитоуыттылық, өскіндер, бастапқы тамырлар, қоршаған ортаның рН

UDC: 633.11: 631.466.1

INFLUENCE OF ALTERNARIA SPP. FUNGI METABOLITES ON DEVELOPMENT OF WHEAT SPROUTSRukavitsina I.V.^{1*}, Nelis O.V.¹, Bulgakova I.N.¹¹ A.I. Barayev Research and Production Center for Grain Farming» LLP, Nauchny Village, Kazakhstan, 021601

* irukavitsina@mail.ru

ABSTRACT

The study purpose was *in vitro* investigation of phytotoxic activity of culture broth filtrates (CBFs) of five *Alternaria Spp.* fungi isolates on development of wheat sprouts. Fungi isolates were received from wheat seeds cultivated under conditions of Northern Kazakhstan. According to the study findings, culture filtrates of all the isolates studied varied with regard to their influence on wheat sprout development. Stimulant effects on seed germinating power were revealed with 14- and 21-day CBFs of *A. infectoria* (7/4), 14-day CBF of *A. brassicae* (7/2) and 21-day CBF of *A. porri* (8/1). It was found that long-term cultivation of fungi on a culture medium contributed to media pH modification towards alkalization due to production of metabolites of various chemical nature, including toxins, which could trigger growth inhibition of radicles and sprouts. However, the CBFs were predominantly low-toxic or non-toxic. Under effect of the 14-day CBF, significant positive correlation was identified between pH values and sprout lengths ($0,86 \pm 0,25$), while negative correlation was found between pH values and germinating power ($-0,75 \pm 0,33$). Change of pH value on the 21st day significantly affected radicle length ($-0,92 \pm 0,20$). Based on the findings it can be concluded that the 14-day CBF of all the *Alternaria* fungi isolates studied was most toxic for wheat sprouts.

Keywords: isolates, *Alternaria spp.* fungi, culture broth filtrate, wheat, phytotoxicity, sprouts, radicles, media pH