

ISSN 2224-5308

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҰЛТТЫҚ ҒЫЛЫМ АКАДЕМИЯСЫНЫҢ

Х А Б А Р Л А Р Ы

ИЗВЕСТИЯ

НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

**БИОЛОГИЯ ЖӘНЕ МЕДИЦИНА
СЕРИЯСЫ**



**СЕРИЯ
БИОЛОГИЧЕСКАЯ И МЕДИЦИНСКАЯ**



**SERIES
OF BIOLOGICAL AND MEDICAL**

1 (313)

**ҚАҢТАР – АҚПАҢ 2016 ж.
ЯНВАРЬ – ФЕВРАЛЬ 2016 г.
JANUARY – FEBRUARY 2016**

**1963 ЖЫЛДЫҢ ҚАҢТАР АЙЫНАН ШЫҒА БАСТАҒАН
ИЗДАЕТСЯ С ЯНВАРЯ 1963 ГОДА
PUBLISHED SINCE JANUARY 1963**

**ЖЫЛЫНА 6 РЕТ ШЫҒАДЫ
ВЫХОДИТ 6 РАЗ В ГОД
PUBLISHED 6 TIMES A YEAR**

АЛМАТЫ, ҚР ҰҒА
АЛМАТЫ, НАН РК
ALMATY, NAS RK

Б а с р е д а к т о р

ҚР ҰҒА академигі

Ж. А. Арзықұлов

Р е д а к ц и я а л қ а с ы:

биол. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Айтхожина Н.А.**; биол. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Байгулин И.О.** (бас редактордың орынбасары); биол. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Берсімбаев Р.И.**; биол. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Бишімбаева Н.К.**; мед. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Күзденбаева Р.С.**; мед. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Рахышев А.Р.**; мед. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Ақшолақов С.К.**; мед. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Алшынбаев М.К.**; биол. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Березин В.Э.**; мед. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Ботабекова Т.К.**; биол. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Жамбакин К.Ж.**; мед. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Қайдарова Д.Р.**; мед. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Локшин В.Н.**; биол. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Огарь Н.П.**; мед. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Рахыпбеков Т.К.**

Р е д а к ц и я к ең е с і:

Абжанов Архат (Бостон, АҚШ); **Абелев С.К.** (Мәскеу, Ресей); **Лось Д.А.** (Мәскеу, Ресей); **Бруно Луненфелд** (Израиль); доктор, проф. **Харун Парлар** (Мюнхен, Германия); философия докторы, проф. **Стефано Перни** (Кардиф, Ұлыбритания); **Саул Пуртон** (Лондон, Ұлыбритания); **Сапарбаев Мурат** (Париж, Франция); **Сарбассов Дос** (Хьюстон, АҚШ); доктор, проф. **Гао Энджун** (Шэньян, ҚХР)

Главный редактор

академик НАН РК

Ж. А. Арзыкулов

Редакционная коллегия:

доктор биол. наук, проф., академик НАН РК **Н.А. Айтхожина**; доктор биол. наук, проф., академик НАН РК **И.О. Байтулин** (заместитель главного редактора); доктор биол. наук, проф., академик НАН РК **Р.И. Берсимбаев**; доктор биол. наук, проф., академик НАН РК **Н.К. Бишимбаева**; доктор мед. наук, проф., академик НАН РК **Р.С. Кузденбаева**, доктор мед. наук, проф., академик НАН РК **А.Р. Рахисhev**, доктор мед. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **С.К. Акшулаков**, доктор мед. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **М.К. Алчинбаев**; доктор биол. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **В.Э. Березин**; доктор мед. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **Т.К. Ботабекова**; доктор биол. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **К.Ж. Жамбакин**; доктор мед. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **Д.Р. Кайдарова**; доктор мед. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **В.Н. Локшин**; доктор биол. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **Н.П. Огарь**; доктор мед. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **Т.К. Рахыпбеков**

Редакционный совет:

Абжанов Архат (Бостон, США); **С.К. Абелев** (Москва, Россия); **Д.А. Лось** (Москва, Россия); **Бруно Луненфельд** (Израиль); доктор, проф. **Харун Парлар** (Мюнхен, Германия); доктор философии, проф. **Стефано Перни** (Кардиф, Великобритания); **Саул Пуртон** (Лондон, Великобритания); **Сапарбаев Мурат** (Париж, Франция); **Сарбассов Дос** (Хьюстон, США); доктор, проф. **Гао Энджун** (Шэньян, КНР)

«Известия НАН РК. Серия биологическая и медицинская». ISSN 2224-5308

Собственник: РОО «Национальная академия наук Республики Казахстан» (г. Алматы)

Свидетельство о постановке на учет периодического печатного издания в Комитете информации и архивов Министерства культуры и информации Республики Казахстан №5546-Ж, выданное 01.06.2006 г.

Периодичность: 6 раз в год

Тираж: 300 экземпляров

Адрес редакции: 050010, г. Алматы, ул. Шевченко, 28, ком. 219, 220, тел. 272-13-19, 272-13-18,
www.nauka-nanrk.kz/biological-medical.kz

© Национальная академия наук Республики Казахстан, 2016

Адрес типографии: ИП «Аруна», г. Алматы, ул. Муратбаева, 75

Editor in chief

Zh.A. Arzykulov,
academician of NAS RK

Editorial board:

N.A. Aitkhozhina, dr. biol. sc., prof., academician of NAS RK; **I.O. Baitulin**, dr. biol. sc., prof., academician of NAS RK (deputy editor); **R.I. Bersimbayev**, dr. biol. sc., prof., academician of NAS RK; **N.K. Bishimbayeva**, dr. biol. sc., prof., academician of NAS RK; **R.S. Kuzdenbayeva**, dr. med. sc., prof., academician of NAS RK; **A.R. Rakhishev**, dr. med. sc., prof., academician of NAS RK; **S.K. Akshulakov**, dr. med. sc., prof., corr. member of NAS RK; **M.K. Alchinbayev**, dr. med. sc., prof., corr. member of NAS RK; **V.E. Berezin**, dr. biol. sc., prof., corr. member of NAS RK; **T.K. Botabekova**, dr. med. sc., prof., corr. member of NAS RK; **K.Zh. Zhambakin**, dr. biol. sc., prof., corr. member of NAS RK; **D.R. Kaidarova**, dr. med. sc., prof., corr. member of NAS RK; **V.N. Lokshin**, dr. med. sc., prof., corr. member of NAS RK; **N.P. Ogar**, dr. biol. sc., prof., corr. member of NAS RK; **T.K. Rakhypbekov**, dr. med. sc., prof., corr. member of NAS RK

Editorial staff:

Abzhanov Arkhat (Boston, USA); **S.K. Abelev** (Moscow, Russia); **D.A. Los** (Moscow, Russia); **Bruno Lunenfeld** (Israel); **Harun Parlar**, dr., prof. (Munich, Germany); **Stefano Perni**, dr. phylos., prof. (Cardiff, UK); **Saparbayev Murat** (Paris, France); **Saul Purton** (London, UK); **Sarbassov Dos** (Houston, USA); **Gao Endzhun**, dr., prof. (Shenyang, China)

News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of biology and medicine.
ISSN 2224-5308

Owner: RPA "National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan" (Almaty)

The certificate of registration of a periodic printed publication in the Committee of information and archives of the Ministry of culture and information of the Republic of Kazakhstan N 5546-Ж, issued 01.06.2006

Periodicity: 6 times a year

Circulation: 300 copies

Editorial address: 28, Shevchenko str., of. 219, 220, Almaty, 050010, tel. 272-13-19, 272-13-18,
<http://nauka-nanrk.kz/biological-medical.kz>

© National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, 2016

Address of printing house: ST "Aruna", 75, Muratbayev str, Almaty

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

SERIES OF BIOLOGICAL AND MEDICAL

ISSN 2224-5308

Volume 1, Number 313 (2016), 77 – 83

**INFLUENCE OF FUSARIC ACID ON THE ACTIVITY
β-1,3-GLUCANASE AND CHITINASE OF WHEAT PLANTS****N. S. Mamytova, A. Dalelhankhyzy, B. Tilegen,
Zh. D. Beskempirova, V. A. Kuzovlev, A. A. Khakimzhanov**

M. A. Aitkhozhin Institute of Molecular Biology and Biochemistry CS MES RK, Almaty, Kazakhstan.

E-mail: a.khakimzhanov@mail.ru

Keywords: wheat seedlings, β-1,3-glucanase, chitinase, isoenzymes, fusaric acid.**Abstract.** Toxins of phytopathogenic fungi play an important role in the pathogenesis of diseases of the plants. Fusaric acid (FA) is a non-specific and relatively weak phytotoxins produced by fungi of the genus *Fusarium*. FA has a range of negative effects on physiological and biochemical level of the host plant. It affects the transmembrane ion transfer, induces the loss of metabolites, apoptosis and cellular necrosis causing wilting plants. This toxin reduces the activity of enzymes amino acid synthesis, inhibits nitrogen flow in the leaves and protein accumulation. Prolonged exposure FA depresses the respiratory activity, reduces the rate of photosynthesis, generation ATP, and finally, the biomass plant.

Information on the influence of fusaric acid on the antifungal proteins of the host plant is very limited. In this paper we examined the effect of exogenous FA on β -1,3-glucanase and chitinase of wheat seedlings. Activity and isoenzyme composition was determined by spectrophotometry and isoelectric focusing.

The study showed a biphasic response in early enzyme activity (the 2nd and 6th hour) roots and stems in response to fusaric acid. All concentrations of FC (from 10^{-4} to 10^{-7} M) increased the enzyme activity by 40-60%. Among the β -1,3-glucanases of seedlings FA induced neutral and alkaline isoenzymes, particularly with pI 9.1 and 9.4 and among the chitinases - preferably acidic isoforms with pI 3.1, 3.5, 4.3, 4.7.

It is assumed that fusaric acid has elicitor or hormone-like effect on the wheat plant, causing a low-dose induction and increased synthesis of certain isoforms of β -1,3-glucanase and chitinase.

Results may be used in enzymology interactions of plants and phytopathogenic fungi.

УДК 581.19:633.1

ВЛИЯНИЕ ФУЗАРЕВОЙ КИСЛОТЫ НА АКТИВНОСТЬ β -1,3-ГЛЮКАНАЗЫ И ХИТИНАЗЫ РАСТЕНИЯ ПШЕНИЦЫ

Н. С. Мамытова, А. Далелханкызы, Б. Тилеген,
Ж. Д. Бескемпинова, В. А. Кузовлев, А. А. Хакимжанов

Институт молекулярной биологии и биологии им. М. А. Айтхожина КН МОН РК, Алматы, Казахстан

Ключевые слова: проростки пшеницы, β -1,3-глюканаза, хитиназа, изоферменты, фузариевая кислота.

Аннотация. Токсины фитопатогенных грибов играют важную роль в патогенезе заболеваний растений. Фузариевая кислота (ФК) является неспецифическим и относительно слабым фитотоксином, продуцируемым грибами рода *Fusarium*. ФК оказывает комплекс негативных воздействий на физиолого-биохимическом уровне растения-хозяина. Она влияет на трансмембранный перенос ионов, индуцирует потерю метаболитов, апоптоз и некроз клеток, вызывая увядание растений. Этот токсин снижает активность ферментов синтеза аминокислот, ингибирует поступление азота в листья и накопление в них белка. При длительном воздействии ФК угнетает дыхательную деятельность, снижает скорость фотосинтеза, генерирование АТФ и, в конечном итоге, биомассу растения.

Сведения по влиянию фузариевой кислоты на антифунгальные белки растения-хозяина весьма ограничены. В данной работе изучалось воздействие экзогенной ФК на β -1,3-глюканазу и хитиназу проростков пшеницы. Активность и изоферментный состав определяли методами спектрофотометрии и изоэлектрофокусирования.

В результате исследования установлен ранний двухфазный отклик в ферментной активности (на 2-й и 6-й час) корней и стеблей в ответ на действие фузариевой кислоты. Все концентрации ФК (от 10^{-4} до 10^{-7} M) повышали активность ферментов на 40-60%. В составе β -1,3-глюканазы проростков ФК индуцировала нейтральные и щелочные изоферменты, в особенности с pI 9.1 и 9.4 а среди хитиназ - преимущественно кислые изоформы с pI 3.1, 3.5, 4.3, 4.7.

Предполагается, что фузариевая кислота обладает элиситорным или гормонподобным эффектом на растение пшеницы, вызывая в малых дозах индукцию и усиление синтеза некоторых изоформ β -1,3-глюканазы и хитиназы.

Результаты могут быть использованы в энзимологии взаимодействия растений и фитопатогенных грибов.

Введение. Фитопатогенные грибы рода *Fusarium* продуцируют ряд токсинов, которые могут проникать в ткани растения-хозяина и вызывать его болезнь или гибель. Токсины различаются по химической природе, степени токсичности, специфичности и механизму действия. Токсины фитопатогенных грибов играют важную роль в патогенезе заболеваний растений. Среди них широко распространены дезоксиниваленол (ДОН), зеараленон (ЗЕН), а также Т-2 токсин с выраженными токсическими свойствами. В большинстве регионов мира ДОН и Т-2 токсин выявляют в качестве контаминантов зерна, в первую очередь пшеницы [1]. В связи с этим, биохимические и ингибиторные свойства наиболее исследованы для этих двух токсинов. Наряду с ДОН и Т-2 токсином грибы рода *Fusarium* способны продуцировать и другие трихотеценовые микотоксины [2].

Фузариевая кислота (ФК) является неспецифическим и относительно слабым фитотоксином. ФК была впервые выделена Т. Yabuta и др. в 1937 г. как соединение, которое ингибирует рост проростков риса «баканэ» [3]. ФК производится несколькими видами грибов *Fusarium* и, в частности *F. graminearum*, поражающего в основном злаковые культуры [4]. По своей химической природе ФК является производной пиколиновой кислоты (5-бутилпиридин-2-карбокси кислота). При декарбоксилировании в больном растении из фузариевой кислоты образуется 3 п-бутилпиридин, токсическое действие которого в 100 раз больше. У устойчивых к увяданию сортов ФК может метилироваться по атому азота в пиридиновом кольце с образованием амидной формы, не токсичной для растения. Таким образом, устойчивость к токсину у сортов связана со скоростью его детоксикации в этих растениях. Образование ФК не всегда коррелирует с вирулентностью изолятов гриба [5, 6].

Фузариевая кислота оказывает комплекс негативных воздействий на физиолого-биохимическом уровне растения-хозяина. ФК относится к группе вивотоксинов, обладающих сильным мембранотропным действием. Она влияет на трансмембранный перенос ионов, индуцирует потерю метаболитов и некрозы клеток, нарушает ритм работы устьиц, вызывая увядание растений [7, 8]. Исследования показали усиливающее действие ФК на липид-пероксидазную активность в корнях и листьях, изменение активности ферментов антиоксидантной системы (фенил-аммоний лиазы, каталазы, супероксиддисмутазы, аскорбат-пероксидазы, пероксидазы) [9,10], приводящих к накоплению активных форм кислорода и, как следствие, угнетению и гибели клеток.

Установлено, что ФК снижает активность ферментов синтеза аминокислот (глутамин синтазы, глутамат синтазы, НАДФ-глутамат дегидрогеназы), ингибирует поступление азота в листья, уменьшает накопление амида и белка в листьях и приводит к возрастанию уровня аммония [11]. Показано, что при длительном воздействии ФК угнетает дыхательную деятельность, снижает скорость фотосинтеза, устьичную проводимость, межклеточную концентрацию CO_2 , генерирование АТФ и, в конечном итоге, биомассу растения [8].

Несмотря на значительные достижения в изучении действия ФК, сведений по влиянию токсина на гидролитические антифунгальные ферменты растения-хозяина накоплено недостаточно. Наша работа посвящена воздействию фузариевой кислоты на β -1,3-глюканазу и хитиназу, участвующих в защите растений от грибных патогенов. Оба фермента относятся к группе т.н. PR-белков (белков, связанных с патогенезом) и ингибируют рост грибов, разрушая β -глюкан и хитин их клеточных стенок [12].

Материалы и методы. Объектами исследования служили 5-ти дневные проростки пшеницы (*Triticum aestivum* L.) сорта Шортландинская. Проростки обрабатывали различными концентрациями фузариевой кислоты (Sigma, США) в течение 2-16 часов в стерильных условиях.

Активность β -1,3-глюканазы определяли с использованием ламинарина (Sigma, США) в качестве субстрата по модифицированному методу [13]. Хитиназную активность определяли с применением в качестве субстрата коллоидного хитина (Sigma, США) по модифицированному методу [14]. Количественное содержание β -1,3-глюканазы и хитиназы оценивали по образованию продуктов гидролиза - глюкозы и N-ацетилглюкозамина, соответственно, которые измеряли динитросалициловой кислотой.

Нативное изоэлектрофокусирование (ИЭФ) β -1,3-глюканазы и хитиназы проводили в пластинах 5% ПААГ толщиной 1 мм с помощью прибора Multiphor II (LKB, Швеция). В качестве амфолитов использовали Servalyt 3-10 (Serva, Германия). Время фокусирования 5 часов при напряжении 600V. Окрашивание пластины ПААГ на хитиназную активность проводили по методу [15]. В качестве субстрата использовали гелевую «реплику» с заподимеризованным 0,02% гликоль хитином (Sigma, США). Проявление зон активности β -1,3-глюканазы глюканазы после ИЭФ проводили с помощью ламинарина в качестве субстрата по методу [16].

Результаты исследования

Изучали влияние фузариевой кислоты на активность и полиморфизм β -1,3-глюканазы и хитиназы в стеблях и корнях 5-суточных проростков пшеницы. В экспериментах использовали различные концентрации ФК: 10^{-4} - 10^{-5} М, 10^{-6} и 10^{-7} М, которые являются токсичными для клеток.

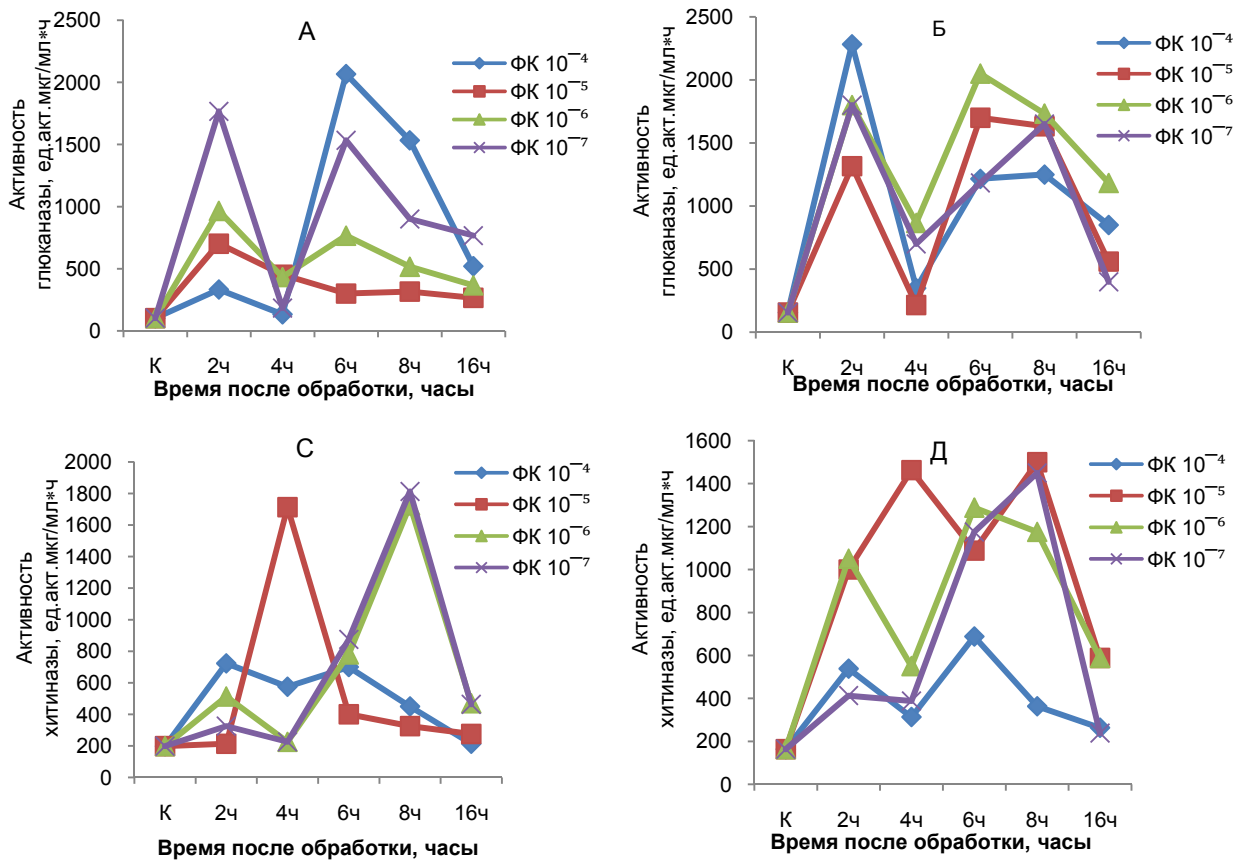


Рисунок 1 – Влияние фузариевой кислоты на активность β-1,3-глюканазы (А,Б) и хитиназы (С,Д) стеблей и корней проростков пшеницы:
А, С – стебель; Б, Д – корень

Из графиков (рисунок 1) видно, что добавление ФК вызывало индукцию синтеза β-1,3-глюканазы и хитиназы в корнях к 2 и 6 часам. Максимальная активность β-1,3-глюканазы в корнях достигала при концентрации агента 10⁻⁷ М на 2 час инкубации, тогда как максимальная активность глюканазы в стеблях достигала при концентрации ФК 10⁻⁷ М на 6 час инкубации. Все испытанные концентрации ФК поднимали активность ферментов после 2 и 6 часов инкубации на 40-60%. При этом следует отметить, что уровень воздействия фузариевой кислоты на β-1,3-глюканазу и хитиназу при различных концентрациях был одинаковым.

На изоэлектрофореграммах рисунка 2 видно, что зоны активности β-1,3-глюканазы в основном находятся в щелочной и нейтральной зоне и имеют значения рI 5.2, 5.4, 6.3, 7.2, 8, 9.1 и 9.4. При обработке ФК и с повышением ее концентрации и времени инкубации в стебле индуцировались практически все нейтральные и основные изоформы. При этом максимально активировались мажорные компоненты с рI 9.1 и 9.4. Все изоформы β-1,3-глюканазы проявлялись при концентрации ФК 10⁻⁷ М после 2 ч и 10⁻⁴ М после 4 ч инкубации. Изоферменты корней были значительно активнее по сравнению с таковыми стеблей, однако здесь токсин не столь очевидно вызывал усиление изоферментов. Следует отметить наличие в корне компонента β-1,3-глюканазы с рI 6.3, отсутствующего в стебле.

В отличие от β-1,3-глюканазы зоны активности хитиназы распределялись по всему диапазону рН от 3 до 10. Хитиназа корней и стеблей по набору изоферментов видимых отличий не проявляла. В обработанных ФК стеблях по сравнению с контролем происходило усиление индукции хитиназы с рI 3.1, 3.5, 4.3, 4.7, 7.0. После 4 ч инкубации с ФК в концентрации 10⁻⁵ и 10⁻⁶ М происходил синтез *de novo* изофермента с рI 7.0, а также максимально активировался компонент с рI 9.1. В корнях при экспозиции с токсином в основном индуцировался синтез кислых изоформ с рI 3.1 и 3.5.

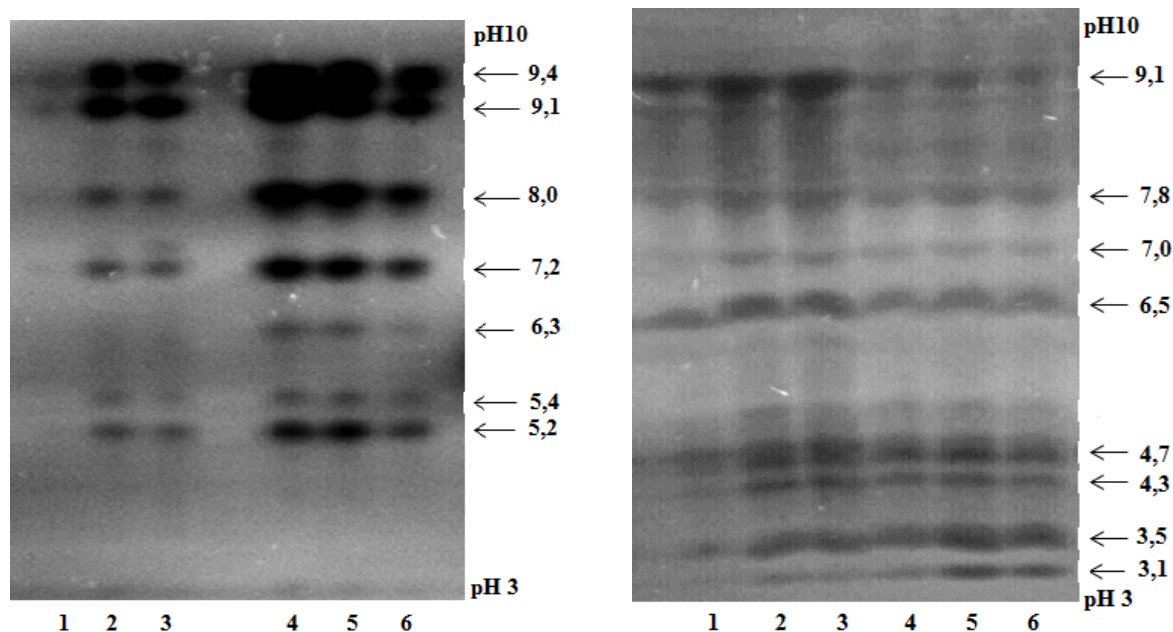


Рисунок 2 – Влияние фузариевой кислоты на изоферменты β -1,3-глюканазы (А) и хитиназы (Б) стеблей и корней проростков пшеницы: А – β -1,3-глюканаза: 1 – исходный стебель; 2 – стебель ФК 10^{-7} М, 2 ч; 3 – стебель ФК 10^{-4} М, 6 ч; 4 – исходный корень; 5 – корень ФК 10^{-4} М, 2 ч; 6 – корень ФК 10^{-5} М, 8 ч.
Б – хитиназа: 1 – исходный стебель; 2 – стебель ФК 10^{-5} М, 4 ч; 3 – стебель ФК 10^{-6} М, 8 ч; 4 – исходный корень; 5 – корень ФК 10^{-5} М, 4 ч; 6 – корень ФК 10^{-6} М, 6 ч

Обсуждение результатов

Исследовано влияние экзогенной фузариевой кислоты на активность β -1,3-глюканазы и хитиназы проростков пшеницы. Выявлены особенности в действии ФК на корни и стебли. В обоих органах происходил двухфазный и ранний отклик в ферментной активности – на 2 и 6 час. Все исследованные концентрации ФК от 10^{-4} до 10^{-7} М повышали активность обоих ферментов на 40-60%.

В составе β -1,3-глюканазы стебля ФК индуцировала практически все нейтральные и щелочные изоформы, При этом максимально активировались мажорные изоферменты с pI 9.1 и 9.4. Среди хитиназ проростка токсин активировал кислые с pI 3.1, 3.5, 4.3, 4.7 и один нейтральный компонент 7.0. Таким образом, ФК обладает индуцирующим эффектом на защитные PR-белки растения пшеницы, вызывая в них усиление синтеза ряда изоформ β -1,3-глюканазы и хитиназы.

Ранее, в работе Bouizgarne и др. [17] было показано, что фузариевая кислота в концентрации менее 10^{-6} М способна индуцировать синтез фитоалексинов в суспензионных клетках арабидопсиса, а также вызывать быстрый ответ в трансдукции сигнала при участии кислородных радикалов, увеличению уровня цитозольного Ca^{2+} и ионных каналов. В корнях шафрана ФК в концентрациях 50-100 мкМ запускала апоптоз, а при 200 мкМ – некроз клеток [18]. В апоптозном процессе принимали участие каспаза-подобные протеазы, активируемые H_2O_2 . Данные указывают, что ФК в малых (наномолярных) концентрациях действует как биогенный элиситор.

Похожие результаты были получены в работе Hong-Sheng и др. [9] по действию низких доз ФК на β -1,3-глюканазу и хитиназу корней и листьев растений арбуза. Авторами показано, что в первые часы после экспозиции с токсином наблюдалось некоторое усиление активности этих ферментов, однако позже, наоборот, происходило уменьшение активности. Аналогичная изменчивость в активности была обнаружена для ряда оксидаз – каталазы, пероксидазы и супероксиддисмутазы.

Таким образом, суммируя полученные нами результаты и данные других авторов, можно заключить, что микотоксин фузариевая кислота обладает элиситорным или гормонподобным эффектом на клетки растения, так как способен изменять проводимость мембран, ионных каналов, а также активность ряда ферментов в очень малых (наномолярных) концентрациях.

Источник финансирования исследований. Министерство образования и науки Республики Казахстан.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Scott P.M. Trichothecenes in grains // Cereal Foods World. 1990. V.35. No.7. P.661- 666.
- [2] Bottalico A., Perrone G. Toxigenic *Fusarium* species and mycotoxins associated with head blight in small-grain cereals in Europe // Eur. J. Plant Pathol. 2002. V.108. P.611-624.
- [3] Yabuta T., Kambe K., Hayashi T., Biochemical studies of the “bakanae” fungus of rice. I. Fusaric acid a new product of the “Bakanae” fungus // J. Agric. Chem. Soc. Jpn. 1937. V.10. P.1059-1068.
- [4] Bacon C. W., Porter J. K., Norred W. P., Leslie J. F. Production of fusaric acid by *Fusarium* species. // Appl. Environ. Microbiol. 1996. V.62, No.11. P.4039-4043.
- [5] Ballio A. Structure-activity relationships // Toxin in plant disease, ed. R.D.Durbin, Acad. Press, N.-Y., 1981.
- [6] Selim M. E., El-Gammal N. A. Role of fusaric acid mycotoxin in pathogenesis process of tomato wilt disease caused by *Fusarium oxysporum* // J Bioprocess Biotech. 2015. V.5 (10). P.2-5.
- [7] Pavlovkin J., Mistrík I., Prokop M. Some aspects of the phytotoxic action of fusaric acid on primary *Ricinus* roots // Plant Soil Environ. 2004. V.50(9). P.397-401.
- [8] Hong-Sheng Wu, Wei Bao, Dong-Yang Liu, Ning Ling, Rong-Rong Ying, Waseem Raza, Qi-Rong Shen. Effect of fusaric acid on biomass and photosynthesis of watermelon seedlings leaves // Caryologia. 2008. V.61, No.3. P.258-268.
- [9] Hong-Sheng Wu, Xiao-Ming Yin, Dong-Yang Liu, Ning Ling, Wei Bao, Rong-Rong Ying, Yi-Yong Zhu, Shi-Wei Guo, Qi-Rong Shen. Effect of fungal fusaric acid on the root and leaf physiology of watermelon (*Citrullus lanatus*) seedlings // Plant Soil. 2008. V.308. P.255–266.
- [10] Singh V.K., Upadhyay R.S. Fusaric acid induced cell death and changes in oxidative metabolism of *Solanum lycopersicum* L. // Botanical Studies. 2014. V.55. P.66-77.
- [11] Hong-Sheng Wu, Xiao-Ming Yin, Yi-Yong Zhu, Shi-Wei Guo, Cheng-Long Wu, Ying-Lin Lu, Qi-Rong Shen. Nitrogen metabolism disorder in watermelon leaf caused by fusaric acid // Physiol. Mol. Plant Pathol. 2007. V.71. P.69-77.
- [12] Ebrahim S., Usha K., Singh B. Pathogenesis related (PR) proteins in plant defense mechanism // In: Science against microbial pathogens: communicating current research and technological advances, A.Mendez-Vilas (ed.). 2011. P.1043-1054.
- [13] Nichols E.J., Beckman J.M., Hadwiger L.A. Glycosidic enzyme activity in pea tissue and pea-*Fusarium solani* interactions // Plant Physiol. 1980. V. 66. P. 199-204.
- [14] Fink W., Liefland M., Mendgen K. Chitinases and β -1,3-glucanases in the apoplastic compartment of oat leaves (*Avena sativa* L.) // Plant Physiol. 1988. V.88. P.270-275.
- [15] Trudel J., Asselin A. Detection of chitinase activity after polyacrylamide gel electrophoresis // Anal. Biochem. 1989. V.178. P.362-366.
- [16] Shen Q. Pan, Xiang S.Ye, Kuc J. A technique for detection of chitinase, β -1,3-glucanases, and protein patterns after a single separation using polyacrylamide gel electrophoresis or isoelectrofocusing // Phytopathology. 1991. V.9. No.9. P. 970-974.
- [17] Bouizgarne B., El-Maarouf-Bouteau H., Frankart C., Rebutier D., Madiona K., Pennarun A. M., Monestiez M., Trouverie J., Amiar Z., Briand J., Brault M., Rona J. P., Ouhdouch Y., El Hadrami I., Bouteau F. Early physiological responses of *Arabidopsis thaliana* cells to fusaric acid: toxic and signalling effects // New Phytol. 2006. V.169. P.209-218.
- [18] Samadi L., Bechboodi B. Fusaric acid induces apoptosis saffron root-tip cells: roles of caspase-like activity, cytochrome c, and H₂O₂ // Planta. 2006. V.225. P.223-234.

REFERENCES

- [1] Scott P.M. Cereal Foods World. 1990. V.35. No.7. P.661- 666.
- [2] Bottalico A., Perrone G. Eur. J. Plant Pathol. 2002. V.108. P.611-624.
- [3] Yabuta T., Kambe K., Hayashi T. J. Agric. Chem. Soc. Jpn. 1937. V.10. P.1059-1068.
- [4] Bacon C. W., Porter J. K., Norred W. P., Leslie J. F. Appl. Environ. Microbiol. 1996. V.62, No.11. P.4039-4043.
- [5] Ballio A. Toxin in plant disease, ed. R.D.Durbin, Acad. Press, N.-Y., 1981.
- [6] Selim M. E., El-Gammal N. A. J Bioprocess Biotech. 2015. V.5(10). P.2-5.
- [7] Pavlovkin J., Mistrík I., Prokop M. Plant Soil Environ. 2004. V.50(9). P.397-401.
- [8] Hong-Sheng Wu, Wei Bao, Dong-Yang Liu, Ning Ling, Rong-Rong Ying, Waseem Raza, Qi-Rong Shen. Caryologia. 2008. V.61, No.3. P.258-268.
- [9] Hong-Sheng Wu, Xiao-Ming Yin, Dong-Yang Liu, Ning Ling, Wei Bao, Rong-Rong Ying, Yi-Yong Zhu, Shi-Wei Guo, Qi-Rong Shen. Plant Soil. 2008. V.308. P.255–266.
- [10] Singh V.K., Upadhyay R.S. Botanical Studies. 2014. V.55. P.66-77.
- [11] Hong-Sheng Wu, Xiao-Ming Yin, Yi-Yong Zhu, Shi-Wei Guo, Cheng-Long Wu, Ying-Lin Lu, Qi-Rong Shen. Physiol. Mol. Plant Pathol. 2007. V.71. P.69-77.

- [12] Ebrahim S., Usha K., Singh B. In: Science against microbial pathogens: communicating current research and technological advances, A.Mendez-Vilas (ed.). 2011. P.1043-1054.
- [13] Nichols E.J., Beckman J.M., Hadwiger L.A. Plant Physiol. 1980. V.66. P.199-204.
- [14] Fink W., Liefland M., Mendgen K. Plant Physiol. 1988. V.88. P.270-275.
- [15] Trudel J., Asselin A. Anal. Biochem. 1989. V.178. P.362-366.
- [16] Shen Q. Pan, Xiang S. Ye, Kuc J. Phytopathology. 1991. V.9. No.9. P.970-974.
- [17] Bouizgarne B., El-Maarouf-Bouteau H., Frankart C., Rebutier D., Madiona K., Pennarun A. M., Monestiez M., Trouverie J., Amiar Z., Briand J., Brault M., Rona J. P., Ouhdouch Y., El Hadrami I., Bouteau F. New Phytol. 2006. V.169. P.209-218.
- [18] Samadi L., Bechboodi B. Planta. 2006. V.225. P.223-234.

БИДАЙ ӨСІМДІГІНДЕГІ β -1,3-ГЛЮКАНАЗА ЖӘНЕ ХИТИНАЗА БЕЛСЕНДІЛІГІНЕ ФУЗАР ҚЫШҚЫЛЫНЫҢ ӘСЕРІ

Н. С. Мамытова, А. Дәлелханқызы, Б. Тілеген,
Ж. Д. Бескемпірова, В. А. Кузовлев, А. А. Хакімжанов

ҚР БҒМ ҒК М. А. Айтхожин атындағы молекулалық биология және биохимия институты,
Алматы, Қазақстан

Тірек сөздер: бидай өскіндері, β -1,3-глюканаза, хитиназа, изоферменттер, фузар қышқылы

Аннотация. Фитопатогенді саңырауқұлақ токсиндері өсімдік ауруларының патогенезінде маңызды рөл атқарады. Фузар қышқылы (ФҚ) *Fusarium* туысы саңырауқұлақтары өндіретін арнайы емес және біршама әлсіз фитотоксин болып табылады. ФҚ өсімдік-кожайынға физиологиялық-биохимиялық деңгейде кешенді келеңсіз әсер етеді. Ол трансмембраналық иондар тасымалына әсер етіп, метаболиттердің жойылуын индуцирлеп, жасушаларда апоптоз және некроз тудырып өсімдіктің солуына алып келеді. Бұл токсин ферменттердің белсенділігін, аминқышқылдар синтезін төмендетіп, жапырақтарға азоттың түсуін және онда ақуыздар жинақталуын ингибирлейді. ФҚ ұзақ уақыт әсер етіп тыныс алу іс әрекетін, фотосинтез жылдамдығын, АТФ түрленуін төмендетеді, ең соңында өсімдік биомассасын азайтады.

Фузар қышқылының өсімдік-кожайынның антифунгалды ақуызына әсері туралы мәліметтер жеткіліксіз. Берілген жұмыста экзогенді фузар қышқылының бидай өскіндеріндегі β -1-3-глюканаза және хитиназаға әсері зерттелді. Ферменттердің белсенділігі және изоферменттік құрамы спектрофотометрия және изоэлектрофокустеу әдісі арқылы анықталды.

Зерттеу нәтижесінде фузар қышқылының әсеріне жауап ретінде тамырда және сабақта фермент белсенділігінің ерте екіфазалық (2 және 6 сағат) жауап беруі анықталды. ФҚ барлық концентрациясы (10^{-4} тен 10^{-7} М аралығы) фермент белсенділігін 40-60% көтерді. Өскіндерде ФҚ β -1,3-глюканаза құрамының нейтральды және сілтілік изоферменттерін, әсіресе рІ 9.1 және 9.4, ал хитиназада әсіресе қышқылдық изоформаларды - рІ 3.1, 3.5, 4.3, 4.7 индуцирледі.

Фузар қышқылы бидай өсімдігінде β -1,3-глюканаза және хитиназаның кейбір изоформаларының синтезін күшейтетін және аз мөлшерде индукция тудыратын, элиситорлы және гормонтәрізді қабілетке ие екендігі болжанды.

Нәтижелер өсімдіктер мен фитопатогенді саңырауқұлақтардың өзара қарым-қатынасы энзимологиясында пайдаланылуы мүмкін.

Поступила 02.02.2016 г.

Publication Ethics and Publication Malpractice in the journals of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan

For information on Ethics in publishing and Ethical guidelines for journal publication see <http://www.elsevier.com/publishingethics> and <http://www.elsevier.com/journal-authors/ethics>.

Submission of an article to the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan implies that the described work has not been published previously (except in the form of an abstract or as part of a published lecture or academic thesis or as an electronic preprint, see <http://www.elsevier.com/postingpolicy>), that it is not under consideration for publication elsewhere, that its publication is approved by all authors and tacitly or explicitly by the responsible authorities where the work was carried out, and that, if accepted, it will not be published elsewhere in the same form, in English or in any other language, including electronically without the written consent of the copyright-holder. In particular, translations into English of papers already published in another language are not accepted.

No other forms of scientific misconduct are allowed, such as plagiarism, falsification, fraudulent data, incorrect interpretation of other works, incorrect citations, etc. The National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan follows the Code of Conduct of the Committee on Publication Ethics (COPE), and follows the COPE Flowcharts for Resolving Cases of Suspected Misconduct (http://publicationethics.org/files/u2/New_Code.pdf). To verify originality, your article may be checked by the Cross Check originality detection service <http://www.elsevier.com/editors/plagdetect>.

The authors are obliged to participate in peer review process and be ready to provide corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. All authors of a paper should have significantly contributed to the research.

The reviewers should provide objective judgments and should point out relevant published works which are not yet cited. Reviewed articles should be treated confidentially. The reviewers will be chosen in such a way that there is no conflict of interests with respect to the research, the authors and/or the research funders.

The editors have complete responsibility and authority to reject or accept a paper, and they will only accept a paper when reasonably certain. They will preserve anonymity of reviewers and promote publication of corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. The acceptance of a paper automatically implies the copyright transfer to the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan.

The Editorial Board of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan will monitor and safeguard publishing ethics.

Правила оформления статьи для публикации в журнале смотреть на сайте:

www.nauka-nanrk.kz

<http://www.biological-medical.kz/index.php/ru/>

Редактор *М. С. Ахметова*
Верстка на компьютере *Д. Н. Калкабековой*

Подписано в печать 12.02.2016.
Формат 60x881/8. Бумага офсетная. Печать – ризограф.
13,25 п.л. Тираж 300. Заказ 1.