

УДК 632.4:634.8

UDC 632.4:634.8

DOI 10.30679/2219-5335-2023-5-83-116-134

DOI 10.30679/2219-5335-2023-5-83-116-134

**ФУЗАРИОЗ ВИНОГРАДА:
ОТ СКРИНИНГА ДО БИОКОНТРОЛЯ
ДРОЖЖЕВЫМИ ГРИБАМИ**

**GRAPE FUSARIUM:
FROM SCREENING
TO BIOCONTROL BY YEAST FUNGI**

Волынчук Наталья Николаевна
аспирант
e-mail: volynchuk.n@mail.ru

Volynchuk Natalya Nikolayevna
graduate student
e-mail: volynchuk.n@mail.ru

*Полесский государственный университет,
Пинск, Беларусь*

*Polesky State University,
Pinsk, Belarus*

Виноградная лоза (*Vitis vinifera* L.) является одной из самых важных плодовых культур в мире. На культивируемые сорта винограда в значительной степени влияет большое количество патогенных микроорганизмов, которые вызывают заболевания в период вегетации, влияя на количество и качество урожая, его переработку и экспорт. Среди потенциальных угроз – бактерии, грибы, оомицеты или вирусы с различными жизненными циклами, механизмами заражения и стратегиями выживания. В последние годы отмечается усиление фузариоза винограда и изменение комплекса его патогенов в различных странах. Фузариоз винограда, являясь относительно новым и опасным его заболеванием, отрицательно влияет и на виноградное сушло. В поражении винограда участвует комплекс грибов рода *Fusarium*, главная особенность которых заключается в способности продуцировать микотоксины. Видовой состав и доля каждого из видов в комплексе выявляемых грибов могут меняться с изменением условий выращивания или хранения винограда, что сопровождается изменениями в спектре микотоксинов. Поэтому эффективные методы борьбы с грибами рода *Fusarium* необходимо внедрять уже в поле до уборки урожая, особенно с использованием альтернативных пестицидам методов, таких как биоконтроль. Один из перспективных, но в то же время слабо разработанных методов – использование антагонистов продуцентов микотоксинов. Актуальным является применение дрожжевых

The grapevine (*Vitis vinifera* L.) is one of the most important fruit crops in the world. Cultivated grape varieties are considerably affected by a large number of pathogenic microorganisms that cause diseases during the growing season impacting the quantity and quality of the crop its processing and export. Potential threats include bacteria, fungi, oomycetes or viruses with different life cycles, infection mechanisms and survival strategies. In recent years there has been an increase in grape fusarium and a change in the complex of its pathogens in various countries. *Fusarium* of grapes being a relatively new and dangerous disease negatively affects grape must. A complex of fungi of the genus *Fusarium* is involved in the defeat of grapes the main feature of which is the ability to produce mycotoxins. The species composition and the proportion of each species in the complex of detected fungi can vary with changes in the conditions of cultivation or storage of grapes, which is accompanied by changes in the spectrum of mycotoxins. Therefore, effective *Fusarium* control methods need to be introduced in the field before harvest especially using alternative methods to pesticides such as biocontrol. One of the most promising but at the same time poorly developed is the use of antagonists of mycotoxin producers.

грибов в качестве биологизированной технологии защиты от фузариоза в виноградарстве. Часто сообщаемые антагонисты среди дрожжей включают штаммы, принадлежащие к роду *Pichia*, *Meyerozyma*, *Rhodotorula*, *Metschnikowia*, *Saccharomyces*, *Candida*, *Hanseniaspora*, а также дрожжеподобного гриба *Aureobasidium pullulans*. Обзор посвящен характеристике патогенных для винограда грибов рода *Fusarium* и перспективности применения биологического средства борьбы с ними с помощью дрожжевых грибов.

Ключевые слова: FUSARIUM SP., VITIS VINIFERA, МИКОБИОТА, МИКОТОКСИНЫ, ДРОЖЖЕВЫЕ ГРИБЫ, БИОКОНТРОЛЬ

The use of yeast fungi as a biologized technology of protection against *Fusarium* in viticulture is relevant. Frequently reported yeast antagonists include strains belonging to the genus *Pichia*, *Meyerozyma*, *Rhodotorula*, *Metschnikowia*, *Saccharomyces*, *Candida*, *Hanseniaspora*, and the yeast-like fungus *Aureobasidium pullulans*. The review is devoted to the characterization of *Fusarium* fungi pathogenic for grapes and perspectives of application of biological means of their control with the help of yeast fungi.

Key words: FUSARIUM SP., VITIS VINIFERA, MYCOBIOTA, MYCOTOXINS, YEAST FUNGI, BIOCONTROL

Введение. Виноград является одним из древнейших растений, которые возделывает человечество. Ягоды винограда – высокоценный продукт питания и сырье для пищевой промышленности [1]. В мировом производстве около 80 % ягод винограда используется как сырье для винодельческой промышленности, 7 % – для производства сушеного винограда и немногим более 12 % – в свежем виде [2]. Виноград – культура свето- и теплолюбивая. Сорт и место его произрастания, как ни для одной из сельскохозяйственных культур, определяют успех в культивировании виноградника [3]. Виноградная лоза часто поражается микопатогенами из-за таких особенностей возделывания культуры как большие площади массивов насаждений, большое разнообразие сортов, отсутствие плодосмена, возраст растений и другие [4]. Также виноград является хозяином потенциально микотоксигенных грибов из числа неспецифической полупаразитной микрофлоры – грибов рода *Alternaria* Keissler, *Aspergillus* Link, *Cladosporium* Link, *Fusarium* Nirenberg [5].

Грибы рода *Fusarium* являются широко распространенными факультативными паразитами не только винограда, но и других сельскохозяйственных культур. За последние годы отмечено усиление вредоносности

фузариоза во многих районах возделывания винограда [4]. Вирулентность болезни возрастает, когда на растения нападают такие насекомые как филлоксеры, которые оставляют раны, облегчающие грибковую инфекцию [6]. Использование видов и гибридов *Vitis*, более устойчивых к фузариозу, может снизить заболеваемость, но степень устойчивости у *V. labrusca* (американская группа) и *V. vinifera* (европейско-азиатская группа) низкая. Более восприимчивы к заболеванию сорта винограда Саперави, Пино черный, группа мускатов, Семильон, Каберне, Ркацителли, Рислинг рейнский. Расширение видового разнообразия и частоты встречаемости грибов рода *Fusarium* на винограде культурном является следствием, с одной стороны – возрастания количества дней с низкой температурой в зимний и ранневесенний период, а с другой – адаптацией этих грибов к низким температурам, благодаря способности образовывать хламидоспоры и склероции [7]. Ослабленное состояние и восприимчивость всех плодовых культур к грибам рода *Fusarium*, возможная интродукция новых видов этого рода на другие плодовые культуры, высокие адаптационные свойства и недостаточное знание механизмов вредоносности грибов данного рода и способов борьбы с ними делают необходимым изучение их на виноградниках.

Дрожжевые грибы, являясь многосторонними условно-патогенными симбионтами виноградной лозы, имеют большой потенциал в борьбе с микопатогенами винограда в качестве альтернативы химическим пестицидам. Также дрожжи, присутствуя в эндосфере, могут вызывать внутренние изменения в метаболизме растения-хозяина, тем самым повышая рост и активируя защиту растений от различных болезней. А некоторые роды полуферментативных дрожжей, такие как *Hanseniaspora*, *Metchnikowia*, *Pichia* и *Candida*, могут также и положительно влиять на вкус и качество вина во время ферментации в зависимости от вида и штамма [8].

В данной статье представлен обзор научной литературы о фузариозе винограда и методах его контроля с помощью дрожжевых грибов.

Распространение и морфолого-культуральные характеристики фузариоза винограда. Необходимо отметить, что первые данные о фузариозе винограда появились сравнительно недавно (табл. 1).

Таблица 1 – Примеры патогенных грибов рода *Fusarium*, выделенных из разных органов винограда культурного

Вид	Орган растения	Страна	Год	Автор
<i>F. graminearum</i>	ягоды	Италия	2015	[9]
	ягоды	Словакия	2012	[10]
	ягоды	США	2021	[11]
<i>F. oxysporum</i>	ягоды	Словакия	2012	[10]
	ягоды	США	2016	[12]
	грозди, соцветия	Россия	2015	[4]
<i>F. proliferatum</i>	ягоды	Китай	2014	[13]
	ягоды	Словакия	2012	[10]
	ягоды	США	2016	[12]
	ягоды	Пакистан	2016	[14]
	грозди, соцветия	Россия	2015	[4]
<i>F. solani</i>	корни	Китай	2022	[15]
	ягоды	Словакия	2012	[10]
	ягоды	США	2016	[12]
<i>F. equiseti</i>	стебли	Афганистан	2017	[16]
	ягоды	США	2016	[12]
	ягоды	Словакия	2012	[10]
<i>F. fujikuroi</i>	ягоды	США	2021	[11]
	ягоды	США	2016	[12]
	побеги	Узбекистан	2021	[17]
<i>F. concentricum</i>	ягоды	США	2016	[12]
<i>F. avenaceum</i>	ягоды	Китай	2015	[18]
<i>F. compactum</i>	корни	Испания	2018	[19]

Словацкими исследователями в 2012 году как из стерилизованных, так и из нестерилизованных ягод винограда были выделены патогенные виды *F. proliferatum* и *F. sporotrichioides*, что указывает на то, что эти виды могут присутствовать не только в эпифитной флоре винограда, но и в эндосфере [10]. Осенью 2014 года потери урожая винограда от фузариоза в одной из стран Восточной Азии составляли от 10 до 15 %. Согласно описанию, симптомы начинались как небольшие, круглые, пропитанные водой поражения, которые в течение 4-6 дней постепенно увеличивались в диаметре и глубине, превращаясь в мягкий, слегка вдавленный светло-розовый мице-

лий вблизи центра зараженных ягод [13]. На промышленных виноградниках Таманского полуострова Краснодарского края (РФ) в 2015 году во время роста ягод наблюдались многочисленные грозди, частично или полностью усохшие, с частотой встречаемости до 30 %. Авторами было установлено, что первые симптомы болезни появляются во время цветения винограда, начинаются с единичного усыхания цветков, плодоножек и кончика главной оси соцветий, затем развитие болезни продолжается на гроздях, плодоножках и гребнях, которые усыхают вместе с ягодами. В результате идентификации, причиной усыхания гроздей и ягод были два вида фитопатогенных грибов *F. oxysporum* и *F. proliferatum* [4].

Необычные симптомы плодовой гнили наблюдали пакистанские ученые через 3-5 дней после сбора урожая бессемянного сорта винограда Кишмиш в 2016 году [14]. Колонии с обильным воздушным мицелием сначала были белыми, ватными, а со временем становились фиолетовыми и темно-фиолетовыми. Макроконидии были тонкими, тонкостенными, имели 3-5 перегородок, изогнутые апикальные клетки размером $20,9-45,2 \times 3,2-7,1$ мкм, а микроконидии были тонкостенными, асептированными, булавовидными, размером $4,5-11,2 \times 2,3-4,1$ мкм. Данные характеристики соответствовали описаниям *Fusarium proliferatum*, который также является членом комплекса *Fusarium fujikuroi species* (EFSC).

Группа исследователей во главе с Rajput в 2017 году описала заболевание виноградных лоз, вызванное *F. equiseti*, характеризующееся появлением на стеблях винограда мелких и круглых пятен от пурпурно-коричневого до темно-коричневого цвета [16]. На картофельном агаре гриб образовывал колонии с белым плотным воздушным мицелием, который впоследствии приобретал темно-оливковый цвет в центре. Макроконидии имели 5-6 перегородок ($1,6-2,4 \times 27-38$ мкм), хорошо развитые, с заметной дорсивентральной, серповидной, толстостенной, удлинённой апикальной клеткой. Микроконидии не были обнаружены. Конидиофоры были раз-

ветвленными или неразветвленными, несущими монофиаиды. Хламидоспоры обильно образовывались на воздушном мицелии.

Необходимо отметить, что внешний вид виноградных кустов, пораженных грибом рода *Fusarium*, сходен с кустами, заболевшими хлорозом, вызванным физиологическими причинами, однако дополнительно наблюдается некроз сосудов, древесина подземного штамба и головки куста приобретают розовый цвет [2, 7]. Первые признаки заболевания (пожелтение тканей между жилками верхних листьев) проявляются за 7-10 дней до начала цветения. На больных растениях отмечается короткоузلية побегов, измельчание листовых пластинок, развитие большого числа тонких пасынков, заметно ослабленный рост винограда. В июне происходит массовое хлорозирование листьев, но с наступлением жаркой погоды их окраска может частично восстанавливаться [12]. Ягоды остаются недоразвитыми, слабоокрашенными, снижается их качество и урожай. Иногда фузариоз может привести к полной гибели виноградного куста [18].

Токсинообразование грибов рода *Fusarium*. Известно, что плесневые грибы с целью уничтожения своих конкурентов (другие виды грибов, бактерии, растения и животные) синтезируют особые вторичные метаболиты – микотоксины, роль которых в жизнедеятельности грибов-продуцентов сводится к главной биологической задаче всех живых существ – выживанию вида [20, 21]. Способность к токсинообразованию заложена в геноме грибов и зачастую является не только видоспецифичной, но и штаммоспецифичной [22, 23]. Наиболее часто встречающиеся грибы, продуцирующие микотоксины, относятся к трем родам: *Fusarium*, *Aspergillus*, *Penicillium* [24, 25]. Грибы рода *Fusarium* являются наиболее значимыми в глобальном масштабе и могут продуцировать более 150 трихотеценовых и около 40 других микотоксинов, из которых наиболее важные Т-2 токсин, дезоксиниваленол, фумонизины, зеараленон, монилиформин и фузаровая кислота [26]. Фумонизин В1 (FB1), который в основном продуцирует *Fusarium*

verticillioides, и фумонизин В2 (FB2) были идентифицированы еще 1988 г. В 2010 году FB2 был выявлен как загрязнитель вина. Доказано, что обнаружение в вине FB2, который может присоединиться к охратоксину А, продуцируемому микроскопическими плесневыми грибами рода *Aspergillus*, удваивает их токсичность в цепочке виноград-вино [12, 27].

В 2013 году американские ученые изучили образцы местного винограда, чтобы выяснить риск наличия микотоксинов в вине [12]. В результате почти все идентифицированные изоляты *F. fujikuroi* продуцировали фумонизины В1, В2 и В3 на уровнях, сравнимых с изолятами *F. proliferatum* и *F. verticillioides*. Такая способность к выработке фумонизина опровергает общепринятое представление о том, что *F. fujikuroi* продуцирует неопределяемые или низкие уровни фумонизинов, и дает основания рассматривать этот вид как микотоксигенную угрозу экономически значимым сельскохозяйственным культурам. По данным словацких ученых, различные виды грибов рода *Fusarium* продуцировали боверицин (3,265-13,400 мкг/кг), фузапролиферин в высокой концентрации (49,850-259,500 мкг/кг), фумонизин В1 и фумонизин В2 (500-2,040 мкг/кг), авенацеин Y, апицидин, ауурофузарин, хламидоспорол, 2-амино-14,16-диметилондадекан-3-ол, энниатин А, энниатин А1, энниатин В2, энниатин В3 и эквисетин [10]. *F. sporotrichioides* демонстрировал высокую способность продуцировать диацетоксисципенол, дезоксиниваленол, зеараленон, токсины НТ-2 и Т-2. *F. proliferatum* подтвердил лишь спорадическую продукцию данных веществ. В нескольких статьях показано, что *F. oxysporum* является одним из основных продуцентов зеараленона [29, 30]. Фузариозные микотоксины могут сохраняться в процессе виноделия и загрязнять сусло и вино даже после того, как сами грибы уничтожены.

Дрожжи как агенты биоконтроля и механизмы их действия. В связи с растущим экономическим значением фузариозов на виноградниках растет научный и практический интерес к разработке мер контроля данных

микопатогенов как химических, так и биологических [31]. Успешность микробиологического метода во многом определяется выбором микроорганизмов-антагонистов, которые способны обеспечить эффективную защиту в течение вегетационного периода [32, 33]. Потенциальными биологическими агентами, высокоэффективными для защиты растений от фузариозов, могут быть полезные дрожжевые грибы [5, 34]. Часто сообщаемые антагонисты среди дрожжей включают, главным образом, штаммы, принадлежащие к роду *Pichia* (*P. caribbica*, *P. guilliermondii*, *P. membranifaciens*, *Wickerhamomyces anomalus* (ранее *P. anomala*) [35, 36] и *Meyerozyma guilliermondii* (ранее *P. guilliermondii*) [37]. Многие исследования показали также способность биоконтроля наиболее часто встречающихся на ягодах других видов дрожжей [38], таких как *Rhodotorula glutinis*, *R. mucilaginosa*, *Metschnikowia pulcherrima* [39], *Saccharomyces cerevisiae* [2], *Candida saitoana*, *C. intermedia*, *Hanseniaspora uvarum*, *H. opuniatae* и дрожжеподобного гриба *Aureobasidium pullulans* (черные дрожжи) [27, 40].

Дрожжи встречаются на надземных и подземных частях растений и используют различные механизмы для эффективного предотвращения развития *Fusarium spp.* как в период вегетации, так и при хранении [41, 42]. Основными механизмами действия дрожжей, которые играют ключевую роль в биологической борьбе с патогенными грибами, являются:

- 1) конкуренция за питательные вещества и пространство;
- 2) производство противогрибковых диффундирующих и летучих метаболитов;
- 3) секреция ферментов, разрушающих клеточную стенку микопатогена;
- 4) секреция противомикробных соединений, таких как токсины-киллеры или «микоцины»;
- 5) включение индуцированной системной резистентности растения;
- 6) микопаразитизм (воздействие на споры фитопатогена) [34, 43, 44].

Одним из наиболее изученных механизмов биоконтроля дрожжевых грибов является конкуренция за пространство и питательные вещества. Этот механизм имеет большое значение особенно во время послеуборочной обработки, поскольку многочисленные инфекции возникают из-за ран, полученных на этапах сбора, отбора, упаковки и продажи винограда. Следует отметить, что биологическая эффективность в борьбе с фузариозным усыханием генеративных органов винограда в полевых условиях штамма дрожжей *Hansenula anomala* составила 53,1 % [45]. Другим важным механизмом действия является конкуренция за железо, которая включает продукцию сидерофоров, – небольших молекул с высоким сродством к железу и способных хелатировать ионы Fe^{3+} и доставлять их в клетку по системам активного транспорта. Железо имеет основополагающее значение для роста и процесса патогенеза плесени [39].

Кроме того, другими возможными механизмами являются образование биопленки и индукция резистентности. Формирование биопленок является специфической стратегией конкуренции, используемой агентами биологического контроля для успешной колонизации неповрежденных или поврежденных поверхностей плодов и лучшего прилипания и размножения [46, 47]. Индукция устойчивости у растений заключается в стимуляции активации защитных механизмов с помощью элиситоров, представляющих собой синтетические или природные молекулы, имитирующие атаку патогена или состояние стресса [48]. Этот механизм может включать активацию связанных с патогенезом белков (β -1,3-глюканазы и хитиназы) или связанных с защитой ферментов, таких как фенилаланин-аммиак-лиаза, пероксидаза и полифенолоксидаза, которые продуцируются агентами биоконтроля [24, 49].

Вышеописанные механизмы действия против патогенных мицелиальных грибов обычно применяются одновременно, усиливая тем самым антагонистический эффект (табл. 2).

Таблица 2 – Механизм действия дрожжей-антагонистов против фитопатогенных грибов рода *Fusarium*

Патоген	Дрожжи-антагонисты	Механизм действия	Автор
<i>F. moniliforme</i>	<i>Wickerhamomyces anomalus</i> <i>Kodamaea ohmeri</i>	-синтез летучих органических соединений (ЛОС) -синтез литических ферментов -синтез сидерофоров -солюбилизация фосфатов и оксида цинка	[50]
<i>F. proliferatum</i> , <i>F. oxysporum</i>	<i>Hansenula anomala</i>	-борьба за пространство и питание	[51]
<i>F. cereals</i> <i>F. graminearum</i> <i>F. poae</i>	<i>Pichia kudriavzevii</i> , <i>Pichia occidentalis</i> , <i>Meyerozyma guilliermondii</i> <i>Meyerozyma caribbica</i>	-борьба за пространство и питание -синтез ЛОС (2-бутил-1-октанол, 2,2-диметилпропаналь)	[52]
<i>F. graminearum</i>	<i>Cryptococcus flavescens</i>	-борьба за пространство и питание	[53]
	<i>Papiliotrema flavescens</i> <i>Pseudozyma sp.</i>	-борьба за пространство и питание	[31]
<i>F. oxysporum</i>	<i>Candida orthopsilosis</i> <i>Rhodotorula mucilaginososa</i>	-борьба за пространство и питание -синтез литических ферментов	[29]
	<i>Candida tropicalis</i> <i>Cryptococcus tephrensis</i> <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	-синтез литических ферментов	[54]
	<i>W. anomalus</i> <i>Candida sp.</i> <i>M. pulcherrima</i> <i>Pichia sp.</i> <i>Debaryomyces sp.</i> <i>S. cerevisiae</i>	-борьба за пространство и питание -образование биопленки	[36]
<i>F. culmorum</i> <i>F. graminearum</i> <i>F. poae</i>	<i>Cryptococcus carnescens</i>	-борьба за пространство и питание -синтез ЛОС -микопаразитизм -продукция сидерофоров -синтез внеклеточных литических ферментов	[55]
<i>F. culmorum</i>	<i>A. pullulans</i>	-борьба за пространство и питание -синтез литических ферментов	[56]

Производство первичных и вторичных метаболитов, особенно против мицелиальных грибов, считается ключевым механизмом действия агентов биологического контроля. Среди метаболитов летучие органиче-

ские соединения обладают высокой эффективностью биоконтроля, так как могут диффундировать на большие расстояния в структурно неоднородной среде. ЛОС включают несколько молекулярных классов (углеводороды, спирты, тиоспирты, альдегиды, кетоны, тиоэферы, циклогексаны, гетероциклические соединения, фенолы и производные бензола), которые демонстрируют широкий спектр действия в качестве антимикробных средств. По данным Khunnamwong et al. [50] антагонистические механизмы *W. anomalus* и *Kodamaea ohmeri* были основаны на производстве 3-метил-1-бутилацетата и 3-метил-1-бутанола. Большинство исследований по использованию ЛОС дрожжевых грибов для ингибирования роста патогенов было проведено в лабораторных условиях, при этом процент ингибирования *F. cerealis* составлял 67-89 %, *F. graminearum* – 72-92 % [52], 63-88 % [55], *F. roae* – 38-80 % [55], 80-90 % [52]. Действие антагонистов фитопатогенных грибов в опытах *in vitro* отличается от действия, которое они проявляют *in vivo*. Это подчеркивает важность проведения экспериментов в полевых условиях перед маркетинговой разработкой продукта, а также пригодность оценки различных штаммов микроорганизмов для скрининга и определения их потенциальной токсичности.

Заключение. Патогенные штаммы грибов рода *Fusarium* являются самой сложной проблемой для сельскохозяйственных культур во всем мире. Эти фитопатогенные грибы ежегодно наносят большой экономический ущерб виноградарству и представляют потенциальную опасность для человека, поэтому борьба с ними необходима как до, так и после сбора урожая. На винограде отсутствуют меры борьбы с фузариозом, так как это относительно новое заболевание «солнечной ягоды». В связи с этим, необходима разработка адаптивной (биологизированной) технологии защиты, включающей в себя в том числе и применение микробиологического метода контроля.

Одной из групп средств биоконтроля фитопатогенных грибов, которая в последнее время привлекает повышенное внимание ученых и производителей, являются дрожжевые грибы. Антагонистическое действие дрожжей против фитопатогенных грибов может быть обусловлено различными механизмами, включая конкуренцию за питательные вещества и железо, выработку литических ферментов и летучих органических соединений, киллерной активностью и т.д. Таким образом, отбор новых антагонистических штаммов дрожжей для биоконтроля представляет большой интерес для виноградарства, учитывая, что их антагонистические качества могут быть экстраполированы и на другие сельскохозяйственные культуры.

Литература

1. Кузьмин В.Н. Опыт поддержки виноградарства в Европейском союзе // Садоводство и виноградарство. 2020. № 1. С. 49-57. <https://doi.org/10.31676/0235-2591-2020-1-49-57>
2. Solairaj D., Legrand N.N.G., Yang Q., Zhang H. Isolation of pathogenic fungi causing postharvest decay in table grapes and in vivo biocontrol activity of selected yeasts against them // *Physiol. Mol. Plant Pathol.* 2020. Vol. 110. 101478. <https://doi.org/10.1016/j.pmpp.2020.101478>
3. Волянчук Н.Н., Жук О.Н. Биоразнообразие микробного сообщества винограда культурного (*Vitis vinifera*) // *Веснік Палескага дзяржаўнага ўніверсітэта. Серыя прыродазнаўчых навук: навучна-практычны журнал.* 2022. № 2. С. 8-28.
4. Юрченко Е.Г., Савчук Н.В., Буровинская М.В. Фузариозное усыхание генеративных органов винограда: особенности патогенеза и вредоносность // *Магарач. Виноградарство и виноделие.* 2020. Т. 22. №. 4 (114). С. 344-349. <https://doi.org/10.35547/https://doi.org/10.35547/IM.2020.40.10.010>
5. Di Canito A., Mateo-Vargas M.A., Mazzieri M. et al. The role of yeasts as biocontrol agents for pathogenic fungi on postharvest grapes: a review // *Foods.* 2021. Vol. 10(7). 1650. <https://doi.org/10.3390/foods10071650>
6. Idris I., Arabi M. I.E. The relationship between grape phylloxera and *Fusarium* root infection // *Advances in horticultural science.* 2014. Vol. 28(1). P. 14-19. <https://doi.org/10.13128/ahs-22750>
7. Якуба Г.В., Мищенко И.Г. Распространение грибов рода *Fusarium* на плодовых культурах Юга России // *Плодоводство и ягодоводство России.* 2019. Т. 58. С. 206-211. <https://doi.org/10.31676/2073-4948-2019-58-206-211>
8. Martiniuk J.T., Hamilton J., Dodsworth T., Measday V. Grape-associated fungal community patterns persist from berry to wine on a fine geographical scale // *FEMS Yeast Research.* 2023. Vol. 23. foac067. <https://doi.org/10.1093/femsyr/foac067>
9. Lorenzini M., Zapparoli G. Occurrence and infection of *Cladosporium*, *Fusarium*, *Epicoccum* and *Aureobasidium* in withered rotten grapes during post-harvest dehydration // *Antonie van Leeuwenhoek.* 2015. Vol. 108. P. 1171-1180. <https://doi.org/10.1007/s10482-015-0570-8>

10. Tancinova D., Maskova Z., Rybarik L. Species of genera *Botrytis*, *Fusarium* and *Rhizopus* on grapes of the Slovak origin // *Potravinarstvo: Slovak Journal of Food Sciences*. 2017. Vol. 11(1). P. 403-409. <https://doi.org/10.5219/763>
11. Cosseboom S.D., Hu M. Identification and pathogenicity of *Cladosporium*, *Fusarium*, and *Diaporthe spp.* associated with late season bunch rots of grape // *Plant disease*. 2021. Vol. 105(5). P. 1308-1319. <https://doi.org/10.1094/pdis-05-20-0988-re>
12. Bolton S.L., Brannen P.M., Glenn A.E. A novel population of *Fusarium fujikuroi* isolated from southeastern U.S. winegrapes reveals the need to re-evaluate the species' fumonisin production // *Toxins*. 2016. Vol. 8(9). 254. <https://doi.org/10.3390/toxins8090254>
13. Gao H., Yin X., Jiang X. Diversity and spoilage potential of microbial communities associated with grape sour rot in eastern coastal areas of China // *Peer J*. 2020. Vol. 8. e9376. <https://doi.org/10.7717/peerj.9376>
14. Ghuffar S., Irshad G., Zhai F. First Report of *Fusarium proliferatum* causing fruit rot of grapes (*Vitis vinifera*) in Pakistan // *International journal of phytopathology*. 2018. Vol. 7(2). P. 85-88. <https://doi.org/10.33687/phytopath.007.02.2589>
15. Zhang J., Liu Q., Li K. Peanut root exudates suppress *Fusarium solani* and modulate the microbial community structure of rhizosphere in grape replant // *Horticulturae*. 2022. Vol. 8(10). 892. <https://doi.org/10.3390/horticulturae8100892>
16. Rajput N. A., Zaman B., Huo C., Rajput N.A. First report of *Fusarium equiseti* causing stem rot disease of grape (*Vitis vinifera* L.) in Afghanistan // *Journal of Plant Pathology*. 2020. Vol. 102. 1277. <https://doi.org/10.1007/s42161-020-00557-8>
17. К изучению видовой и функциональной структуры микробиома винограда в ампелоценозах Республики Узбекистан / Д.Б. Турабекова [и др.] // *Магарач. Виноградарство и виноделие*. 2023. № 25(1). С. 43-50. <https://doi.org/10.34919/IM.2023.25.1.006>
18. Wang C.W., Ai J., Liu Y.X., et al. *Fusarium avenaceum*: a new pathogen causing amur grape (*Vitis amurensis*) fruit rot in Jilin province, China // *APS Phytopathology*. 2015. Vol. 99(6). 889. <https://doi.org/10.1094/pdis-11-14-1216-pdn>
19. First report of *Fusarium equiseti* causing vascular wilt disease on *Vitis vinifera* in Spain / Astudillo-Calderon S., Tello M.L., Alonso de Robador J.M., et al. // *Plant Disease*. 2019. Vol. 103(9). 2471. <https://doi.org/10.1094/pdis-01-19-0067-pdn>
20. Буровинская М.В., Юрченко Е.Г. Структура и динамика патокомплекса некротической листовой пятнистости винограда в условиях Западного Предкавказья [Электронный ресурс] // *Плодоводство и виноградарство Юга России*. 2022. № 75(3). С. 231-242. Режим доступа: <http://journalkubansad.ru/pdf/22/03/18.pdf>. DOI: 10.30679/2219-5335-2022-3-75-231-242 (дата обращения: 15.08.2023).
21. Balendres M.A., Karlovsky P., Cumagun C. Mycotoxigenic fungi and mycotoxins in agricultural crop commodities in the Philippines: a review // *Foods*. 2019. Vol. 8(7). 249. <https://doi.org/10.3390/foods8070249>
22. Yazid S., Jinap S., Ismail S.I., et al. Phytopathogenic organisms and mycotoxigenic fungi: Why do we control one and neglect the other? A biological control perspective in Malaysia // *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.* 2020. Vol. 19(2). P. 643-669. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12541>
23. Семенова С.А., Красовская Ю.В., Нурғалиев Ф.М. Оценка токсичности кормов по регионам Российской Федерации // *Вестник Марийского государственного университета. Серия «Сельскохозяйственные науки. Экономические науки»*. 2021. № 3. С. 259-265. <https://doi.org/10.30914/2411-9687-2021-7-3-259-265>
24. Wang Z., Sui Y., Li J., Tian X., Wang Q. Biological control of postharvest fungal decays in citrus: a review // *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 2022. Vol. 62(4). P. 861-870. <https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1829542>

25. Астапчук И.Л., Якуба Г.В., Насонов А.И. Скрининг штаммов-антагонистов *Trichoderma pers.* к возбудителям гнили корней яблони из рода *Fusarium* Link // Садоводство и виноградарство. 2022. №5. С. 47-53. <https://doi.org/10.31676/0235-2591-2022-5-47-53>
26. Ефимочкина Н.Р., Седова И.Б., Шевелева С.А., Тутьельян В.А. Токсигенные свойства микроскопических грибов // Вестник Томского государственного университета. Биология. 2019. №45. С. 6-33. <https://doi.org/10.17223/19988591/45/1>
27. Perfume guns: potential of yeast volatile organic compounds in the biological control of mycotoxin-producing fungi / Oufensou S., Hassan Z., Balmas V., et al. // Toxins. 2023. Vol. 15(1). 45. <https://doi.org/10.3390/toxins15010045>
28. Shude S.P., Mbili N.C. Combination of yeast antagonists and Acibenzolar-S-Methyl reduced the severity of *Fusarium* head blight of wheat incited by *Fusarium graminearum* sensu stricto // Plant Science Today. 2021. Vol. 21. P. 404-411. <https://doi.org/10.14719/pst.1438>
29. Abdel-Kareem M.M., Zohri A.N. Novel marine yeast strains as plant growth-promoting agents improve defense in wheat (*Triticum aestivum*) against *Fusarium oxysporum* // J. Plant Dis. Prot. 2021. Vol. 128. P. 973-988. <https://doi.org/10.1007/s41348-021-00461-y>
30. de Jager M., Roets F. Pathogenicity of *Fusarium euwallaceae* towards apple (*Malus domestica*) and grapevine (*Vitis vinifera*) // Australasian Plant Disease Notes. 2022. Vol. 17. 8. <https://doi.org/10.1007/s13314-022-00456-0>
31. Shude S.P., Mbili N.C., Yobo K.S. Epiphytic yeasts as potential antagonists against *Fusarium* head blight of wheat (*Triticum aestivum* L.) caused by *Fusarium graminearum* sensu stricto // Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences. 2022. Vol. 21. P. 404-411. <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2021.11.001>
32. Zheng X., Zheng L., Xia F., et al. Biological control of blue mold rot in apple by *Kluyveromyces marxianus* XZ1 and the possible mechanisms of action // Postharvest Biology and Technology. 2023. Vol. 196. 112179. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2022.112179>
33. The rise of *Candida pyralidae* and *Pichia kluyveri* to control spoilage microorganisms of raw fruits used for beverage production / M. Mewa-Ngongang, et al. // Foods. 2019. Vol. 8(10). 454. <https://doi.org/10.3390/foods8100454>
34. *Botrytis cinerea* and table grapes: a review of the main physical, chemical, and bio-based control treatments in post-harvest / N. De Simone, et al. // Foods. 2020. Vol. 9(9). 1138. <https://doi.org/10.3390/foods9091138>
35. Matic S., Spadaro D., Garibaldi A., Gullino M.L. Antagonistic yeasts and thermotherapy as seed treatments to control *Fusarium fujikuroi* on rice // Biological Control. 2014. Vol. 73. P. 59-67. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2014.03.008>
36. Fernandez-San Millan A., Larraya L., Farran I., et al. Successful biocontrol of major postharvest and soil-borne plant pathogenic fungi by antagonistic yeasts // Biological Control. 2021. Vol. 160. 104683. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2021.104683>
37. Screening and identification of an antagonistic yeast controlling postharvest blue mold decay of pears and the possible mechanisms involved / Q. Zhang, et al // Biol. Control. 2019. Vol. 133. P. 26-33. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2019.03.002>
38. Rossetti A.P., Perpetuini G., Battistelli N., et al. Capturing the fungal community associated with conventional and organic Trebbiano Abruzzese grapes and its influence on wine characteristics // Food Bioscience. 2023. Vol. 52. 102382. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2023.102382>
39. Sipiczki M. *Metschnikowia pulcherrima* and related pulcherrimin-producing yeasts: fuzzy species boundaries and complex antimicrobial antagonism // Microorganisms. 2020. Vol. 8(7). 1029. <https://doi.org/10.3390/microorganisms8071029>

40. Ghanbarzadeh B., Ahari A.B., Sampaio J.P., Arzanlou M. Biodiversity of epiphytic and endophytic yeasts on grape berries in Iran // Nova Hedwig. 2020. Vol. 110. P. 137-156. https://doi.org/10.1127/nova_hedwigia/2020/0569

41. Ding S., Li N., Cao M., et al. Diversity of epiphytic fungi on the surface of Kyoho grape berries during ripening process in summer and winter at Nanning region, Guangxi, China // Fungal Biology. 2019. Vol. 123. P. 283-289. <https://doi.org/10.1016/j.funbio.2018.11.014>

42. Study on biocontrol of postharvest decay of table grapes caused by *Penicillium rubens* and the possible resistance mechanisms by *Yarrowia lipolytica* / M. Wang, et al // Biol. Control. 2019. Vol. 130. P. 110-117. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2018.11.004>

43. Alasmir R., Ul-Hassan Z., Zeidan R., et al. Isolation of a novel *Kluyveromyces marxianus* strain QKM-4 and evidence of its volatillome production and binding potentialities in the biocontrol of toxigenic fungi and their mycotoxins // ACS Omega. 2020. Vol. 5(28). P. 17637-17645. <http://doi.org/10.1021/acsomega.0c02124>

44. Poveda J., Barquero M., Gonzalez-Andres F. Insight into the microbiological control strategies against *Botrytis cinerea* using systemic plant resistance activation // Agronomy. 2020. Vol. 10(11). 1822. <https://doi.org/10.3390/agronomy10111822>

45. Савчук Н.В. Фузариозное усыхание генеративных органов винограда и меры борьбы с ним: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 06.01.07 / Савчук Надежда Васильевна. М., 2021. 164 с.

46. Freimoser F.M., Rueda-Mejia M.P., Tilocca B., Migheli Q. Biocontrol yeasts: mechanisms and applications // World J Microbiol Biotechnol. 2019. Vol. 35(10). 154. <https://doi.org/10.1007/s11274-019-2728-4>

47. Liu Q.W., Wang S.X., Li K., et al. Responses of soil bacterial and fungal communities to the long-term monoculture of grapevine // Appl. Microbiol. Biotechnol. 2021. Vol. 105. P. 7035-7050. <https://doi.org/10.1007/s00253-021-11542-1>

48. Kioroglou D., Kraeva-Deloire E., Schmidtke L.M., et al. Geographical origin has a greater impact on grape berry fungal community than grape variety and maturation state // Microorganisms. 2019. Vol. 7(12). 669. <https://doi.org/10.3390/microorganisms7120669>

49. Yeasts from different habitats and their potential as biocontrol agents / Pretscher J., Fischkal T., Branscheidt S., et al. // Fermentation. 2018. Vol. 4(2). 31. <https://doi.org/10.3390/fermentation4020031>

50. Khunnamwong P., Lertwattanasakul N., Jindamorakot S., et al. Evaluation of antagonistic activity and mechanisms of endophytic yeasts against pathogenic fungi causing economic crop diseases // Folia Microbiol. 2020. Vol. 65. P. 573-590. <https://doi.org/10.1007/s12223-019-00764-6>

51. Yurchenko E.G., Savchuk N.V., Porotikova E. V. First report of grapevine (*Vitis sp.*) cluster blight caused by *Fusarium proliferatum* in Russia // Plant Disease. 2020. Vol. 104(3). P. 991. <https://doi.org/10.1094/pdis-05-19-0938-pdn>

52. Choinska R., Piasecka-Jozwiak K., Chabłowska B., et al. Biocontrol ability and volatile organic compounds production as a putative mode of action of yeast strains isolated from organic grapes and rye grains // Antonie van Leeuwenhoek. 2020. Vol. 113. P. 1135-1146. <https://doi.org/10.1007/s10482-020-01420-7>

53. Schisler D. A., Amanda B. C., Michael J.B., et al. Population dynamics of the *Fusarium* head blight biocontrol agent *Cryptococcus flavescens* OH 182.9 on wheat anthers and heads // Biological Control. 2014. Vol. 70. P. 17-27. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2013.11.011>

54. Kamel S.M., Morsy E.M., Massoud O.N. Potentiality of some yeast species as biocontrol agents against *Fusarium oxysporum f. sp. cucumerinum* the causal agent of cucumber wilt // Egyptian journal of biological pest control. 2016. Vol. 26 (2). P. 185-193.

55. Podgorska-Kryszczuk I., Solarska E., Kordowska-Wiater M. Biological control of *Fusarium culmorum*, *Fusarium graminearum* and *Fusarium poae* by antagonistic yeasts // Pathogens. 2022. Vol. 11(1). 86. <https://doi.org/10.3390/pathogens11010086>

56. Wachowska U., Glowacka K. Antagonistic interactions between *Aureobasidium pullulans* and *Fusarium culmorum*, a fungal pathogen of winter wheat // BioControl. 2014. Vol. 59. P. 635-645. <https://doi.org/10.1007/s10526-014-9596-5>

References

1. Kuzmin V.N. Experience in supporting viticulture in the European Union // Horticulture and viticulture. 2020. №1. P. 49-57. <https://doi.org/10.31676/0235-2591-2020-1-49-57> (in Russian)

2. Solairaj D., Legrand N.N.G., Yang Q., Zhang H. Isolation of pathogenic fungi causing postharvest decay in table grapes and in vivo biocontrol activity of selected yeasts against them // Physiol. Mol. Plant Pathol. 2020. Vol. 110. 101478. <https://doi.org/10.1016/j.pmpp.2020.101478>

3. Volynchuk N.N., Zhuk O.N. Biodiversity of the microbial community of grape roots as a potential biotechnological resource // Bulletin of Polesky State University. Series in natural sciences. 2022. № 2. P. 8-28. (in Russian)

4. Yurchenko E.G., Savchuk N.V., Burovinskaya M.V. Fusarium cluster blight of grapes: features of pathogenesis and harmfulness // Magarach. Viticulture and Winemaking. 2020. №. 4 (114). P. 344-349. <https://doi.org/10.35547/IM.2020.40.10.010> (in Russian)

5. Di Canito A., Mateo-Vargas M.A., Mazzieri M. et al. The role of yeasts as biocontrol agents for pathogenic fungi on postharvest grapes: a review // Foods. 2021. Vol. 10(7). 1650. <https://doi.org/10.3390/foods10071650>

6. Idris I., Arabi M. I.E. The relationship between grape phylloxera and Fusarium root infection // Advances in horticultural science. 2014. Vol. 28(1). P. 14-19. <https://doi.org/10.13128/ahs-22750>

7. Yakuba G.V., Mishchenko I.G. Spread of fusarium genus fungi on fruit crops of South Russia // Pomiculture and small fruits culture in Russia. 2019. Vol. 58. P. 206-211. <https://doi.org/10.31676/2073-4948-2019-58-206-211> (in Russian)

8. Martiniuk J.T., Hamilton J., Dodsworth T., Measday V. Grape-associated fungal community patterns persist from berry to wine on a fine geographical scale // FEMS Yeast Research. 2023. Vol. 23. foac067. <https://doi.org/10.1093/femsyr/foac067>

9. Lorenzini M., Zapparoli G. Occurrence and infection of *Cladosporium*, *Fusarium*, *Epicoccum* and *Aureobasidium* in withered rotten grapes during post-harvest dehydration // Antonie van Leeuwenhoek. 2015. Vol. 108. P. 1171-1180. <https://doi.org/10.1007/s10482-015-0570-8>

10. Tancinova D., Maskova Z., Rybarik L. Species of genera *Botrytis*, *Fusarium* and *Rhizopus* on grapes of the Slovak origin // Potravinarstvo: Slovak Journal of Food Sciences. 2017. Vol. 11(1). P. 403-409. <https://doi.org/10.5219/763>

11. Cosseboom S.D., Hu M. Identification and pathogenicity of *Cladosporium*, *Fusarium*, and *Diaporthe spp.* associated with late season bunch rots of grape // Plant disease. 2021. Vol. 105(5). P. 1308-1319. <https://doi.org/10.1094/pdis-05-20-0988-re>

12. Bolton S.L., Brannen P.M., Glenn A.E. A novel population of *Fusarium fujikuroi* isolated from southeastern U.S. winegrapes reveals the need to re-evaluate the species' fumonisin production // Toxins. 2016. Vol. 8(9). 254. <https://doi.org/10.3390/toxins8090254>

13. Gao H., Yin X., Jiang X. Diversity and spoilage potential of microbial communities associated with grape sour rot in eastern coastal areas of China // Peer J. 2020. Vol. 8. e9376. <https://doi.org/10.7717/peerj.9376>

14. Ghuffar S., Irshad G., Zhai F. First Report of *Fusarium proliferatum* causing fruit rot of grapes (*Vitis vinifera*) in Pakistan // International journal of phytopathology. 2018. Vol. 7(2). P. 85-88. <https://doi.org/10.33687/phytopath.007.02.2589>

15. Zhang J., Liu Q., Li K. Peanut root exudates suppress *Fusarium solani* and modulate the microbial community structure of rhizosphere in grape replant // Horticulturae. 2022. Vol. 8(10). 892. <https://doi.org/10.3390/horticulturae8100892>

16. Rajput N. A., Zaman B., Huo C., Rajput N.A. First report of *Fusarium equiseti* causing stem rot disease of grape (*Vitis vinifera* L.) in Afghanistan // Journal of Plant Pathology. 2020. Vol. 102. 1277. <https://doi.org/10.1007/s42161-020-00557-8>

17. To the study of species and functional composition of grape microbiome in ampelocenoses of the Republic of Uzbekistan / D.B. Turabekova, et al. // Magarach. Viticulture and Winemaking. 2023. Vol. 25(1). P. 43-50. <https://doi.org/10.34919/IM.2023.25.1.006> (in Russian)

18. Wang C.W., Ai J., Liu Y.X., et al. *Fusarium avenaceum*: a new pathogen causing amur grape (*Vitis amurensis*) fruit rot in Jilin province, China // APS Phytopathology. 2015. Vol. 99(6). 889. <https://doi.org/10.1094/pdis-11-14-1216-pdn>

19. First report of *Fusarium equiseti* causing vascular wilt disease on *Vitis vinifera* in Spain / Astudillo-Calderon S., Tello M.L., Alonso de Robador J.M., et al. // Plant Disease. 2019. Vol. 103(9). 2471. <https://doi.org/10.1094/pdis-01-19-0067-pdn>

20. Burovinskaya M.V., Yurchenko E.G. Structure and dynamics of the pathocomplex of necrotic leaf spot of grapes in the conditions of the Western Caucasus [Electronic resource] // Fruit growing and viticulture of South Russia. 2022. № 75(3). P. 231-242. Available at: <http://journalkubansad.ru/pdf/22/03/18.pdf>. DOI: 10.30679/2219-5335-2022-3-75-231-242 (accessed date: 15.08.2023). (in Russian)

21. Balendres M.A., Karlovsky P., Cumagun C. Mycotoxigenic fungi and mycotoxins in agricultural crop commodities in the Philippines: a review // Foods. 2019. Vol. 8(7). 249. <https://doi.org/10.3390/foods8070249>

22. Yazid S., Jinap S., Ismail S.I., et al. Phytopathogenic organisms and mycotoxigenic fungi: Why do we control one and neglect the other? A biological control perspective in Malaysia // Compr. Rev. Food Sci. Food Saf. 2020. Vol. 19(2). P. 643-669. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12541>

23. Semenova S. A., Krasovskaya Yu. V., Nurgaliev F. M. Search for mycotoxin producer antagonists // Vestnik of the Mari State University. Chapter "Agriculture. Economics". 2021. Vol. 7 (3). P. 259-265. <https://doi.org/10.30914/2411-9687-2021-7-3-259-265> (in Russian)

24. Wang Z., Sui Y., Li J., Tian X., Wang Q. Biological control of postharvest fungal decays in citrus: a review // Crit. Rev. Food Sci. Nutr. 2022. Vol. 62(4). P. 861-870. <https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1829542>

25. Astapchuk I.L., Yakuba G.V., Nasonov A.I. Screening of antagonistic strains *Trichoderma* Pers. towards causative agent of root rot in apples of genus *Fusarium* Link // Horticulture and viticulture. 2022. №5. P. 47-53. <https://doi.org/10.31676/0235-2591-2022-5-47-53> (in Russian)

26. Efimochkina N.R., Sedova I.B., Sheveleva S.A., Tutelyan V.A. Toxigenic properties of mycotoxin-producing fungi // Tomsk State University Journal of Biology. 2019. № 45. P. 6-33. <https://doi.org/10.17223/19988591/45/1> (in Russian)

27. Perfume guns: potential of yeast volatile organic compounds in the biological control of mycotoxin-producing fungi / Oufensou S., Hassan Z., Balmas V., et al. // Toxins. 2023. Vol. 15(1). 45. <https://doi.org/10.3390/toxins15010045>

28. Shude S.P., Mbili N.C. Combination of yeast antagonists and Acibenzolar-S-Methyl reduced the severity of *Fusarium* head blight of wheat incited by *Fusarium gramine-arum* sensu stricto // *Plant Science Today*. 2021. Vol. 21. P. 404-411. <https://doi.org/10.14719/pst.1438>
29. Abdel-Kareem M.M., Zohri A.N. Novel marine yeast strains as plant growth-promoting agents improve defense in wheat (*Triticum aestivum*) against *Fusarium oxysporum* // *J. Plant Dis. Prot.* 2021. Vol. 128. P. 973-988. <https://doi.org/10.1007/s41348-021-00461-y>
30. de Jager M., Roets F. Pathogenicity of *Fusarium euwallaceae* towards apple (*Malus domestica*) and grapevine (*Vitis vinifera*) // *Australasian Plant Disease Notes*. 2022. Vol. 17. 8. <https://doi.org/10.1007/s13314-022-00456-0>
31. Shude S.P., Mbili N.C., Yobo K.S. Epiphytic yeasts as potential antagonists against *Fusarium* head blight of wheat (*Triticum aestivum* L.) caused by *Fusarium gramine-arum* sensu stricto // *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*. 2022. Vol. 21. P. 404-411. <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2021.11.001>
32. Zheng X., Zheng L., Xia F., et al. Biological control of blue mold rot in apple by *Kluyveromyces marxianus* XZ1 and the possible mechanisms of action // *Postharvest Biology and Technology*. 2023. Vol. 196. 112179. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2022.112179>
33. The rise of *Candida pyralidae* and *Pichia kluyveri* to control spoilage microorganisms of raw fruits used for beverage production / M. Mewa-Ngongang, et al. // *Foods*. 2019. Vol. 8(10). 454. <https://doi.org/10.3390/foods8100454>
34. *Botrytis cinerea* and table grapes: a review of the main physical, chemical, and bio-based control treatments in post-harvest / N. De Simone, et al. // *Foods*. 2020. Vol. 9(9). 1138. <https://doi.org/10.3390/foods9091138>
35. Matic S., Spadaro D., Garibaldi A., Gullino M.L. Antagonistic yeasts and thermo-therapy as seed treatments to control *Fusarium fujikuroi* on rice // *Biological Control*. 2014. Vol. 73. P. 59-67. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2014.03.008>
36. Fernandez-San Millan A., Larraya L., Farran I., et al. Successful biocontrol of major postharvest and soil-borne plant pathogenic fungi by antagonistic yeasts // *Biological Control*. 2021. Vol. 160. 104683. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2021.104683>
37. Screening and identification of an antagonistic yeast controlling postharvest blue mold decay of pears and the possible mechanisms involved / Q. Zhang, et al // *Biol. Control*. 2019. Vol. 133. P. 26-33. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2019.03.002>
38. Rossetti A.P., Perpetuini G., Battistelli N., et al. Capturing the fungal community associated with conventional and organic Trebbiano Abruzzese grapes and its influence on wine characteristics // *Food Bioscience*. 2023. Vol. 52. 102382. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2023.102382>
39. Sipiczki M. *Metschnikowia pulcherrima* and related pulcherrimin-producing yeasts: fuzzy species boundaries and complex antimicrobial antagonism // *Microorganisms*. 2020. Vol. 8(7). 1029. <https://doi.org/10.3390/microorganisms8071029>
40. Ghanbarzadeh B., Ahari A.B., Sampaio J.P., Arzanlou M. Biodiversity of epiphytic and endophytic yeasts on grape berries in Iran // *Nova Hedwig*. 2020. Vol. 110. P. 137-156. https://doi.org/10.1127/nova_hedwigia/2020/0569
41. Ding S., Li N., Cao M., et al. Diversity of epiphytic fungi on the surface of Kyoho grape berries during ripening process in summer and winter at Nanning region, Guangxi, China // *Fungal Biology*. 2019. Vol. 123. P. 283-289. <https://doi.org/10.1016/j.funbio.2018.11.014>
42. Study on biocontrol of postharvest decay of table grapes caused by *Penicillium rubens* and the possible resistance mechanisms by *Yarrowia lipolytica* / M. Wang, et al // *Biol. Control*. 2019. Vol. 130. P. 110-117. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2018.11.004>

43. Alasmar R., Ul-Hassan Z., Zeidan R., et al. Isolation of a novel *Kluyveromyces marxianus* strain QKM-4 and evidence of its volatilome production and binding potentialities in the biocontrol of toxigenic fungi and their mycotoxins // *ACS Omega*. 2020. Vol. 5(28). P. 17637-17645. <http://doi.org/10.1021/acsomega.0c02124>
44. Poveda J., Barquero M., Gonzalez-Andres F. Insight into the microbiological control strategies against *Botrytis cinerea* using systemic plant resistance activation // *Agronomy*. 2020. Vol. 10(11). 1822. <https://doi.org/10.3390/agronomy10111822>
45. Savchuk N.V. Fusarium shrinkage of generative organs of grapes and methods of combating it: abstract. dis. ... cand. biol. sciences: 06.01.07 / Savchuk Nadezhda Vasilevna. M., 2021. 164 p. (in Russian)
46. Freimoser F.M., Rueda-Mejia M.P., Tilocca B., Migheli Q. Biocontrol yeasts: mechanisms and applications // *World J Microbiol Biotechnol*. 2019. Vol. 35(10). 154. <https://doi.org/10.1007/s11274-019-2728-4>
47. Liu Q.W., Wang S.X., Li K., et al. Responses of soil bacterial and fungal communities to the long-term monoculture of grapevine // *Appl. Microbiol. Biotechnol*. 2021. Vol. 105. P. 7035-7050. <https://doi.org/10.1007/s00253-021-11542-1>
48. Kioroglou D., Kraeva-Deloire E., Schmidtke L.M., et al. Geographical origin has a greater impact on grape berry fungal community than grape variety and maturation state // *Microorganisms*. 2019. Vol. 7(12). 669. <https://doi.org/10.3390/microorganisms7120669>
49. Yeasts from different habitats and their potential as biocontrol agents / Pretscher J., Fischkal T., Branscheidt S., et al. // *Fermentation*. 2018. Vol. 4(2). 31. <https://doi.org/10.3390/fermentation4020031>
50. Khunnamwong P., Lertwattanasakul N., Jindamorakot S., et al. Evaluation of antagonistic activity and mechanisms of endophytic yeasts against pathogenic fungi causing economic crop diseases // *Folia Microbiol*. 2020. Vol. 65. P. 573-590. <https://doi.org/10.1007/s12223-019-00764-6>
51. Yurchenko E.G., Savchuk N.V., Porotikova E. V. First report of grapevine (*Vitis sp.*) cluster blight caused by *Fusarium proliferatum* in Russia // *Plant Disease*. 2020. Vol. 104(3). P. 991. <https://doi.org/10.1094/pdis-05-19-0938-pdn>
52. Choinska R., Piasecka-Jozwiak K., Chabłowska B., et al. Biocontrol ability and volatile organic compounds production as a putative mode of action of yeast strains isolated from organic grapes and rye grains // *Antonie van Leeuwenhoek*. 2020. Vol. 113. P. 1135-1146. <https://doi.org/10.1007/s10482-020-01420-7>
53. Population dynamics of the Fusarium head blight biocontrol agent *Cryptococcus flavescens* OH 182.9 on wheat anthers and heads / Schisler D. A., Amanda B. C., Michael J.B., et al. // *Biological Control*. 2014. Vol. 70. P. 17-27. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2013.11.011>
54. Kamel S.M., Morsy E.M., Massoud O.N. Potentiality of some yeast species as biocontrol agents against *Fusarium oxysporum f. sp. cucumerinum* the causal agent of cucumber wilt // *Egyptian journal of biological pest control*. 2016. Vol. 26 (2). P. 185-193.
55. Podgorska-Kryszczuk I., Solarska E., Kordowska-Wiater M. Biological control of *Fusarium culmorum*, *Fusarium graminearum* and *Fusarium poae* by antagonistic yeasts // *Pathogens*. 2022. Vol. 11(1). 86. <https://doi.org/10.3390/pathogens11010086>
56. Wachowska U., Glowacka K. Antagonistic interactions between *Aureobasidium pullulans* and *Fusarium culmorum*, a fungal pathogen of winter wheat // *BioControl*. 2014. Vol. 59. P. 635-645. <https://doi.org/10.1007/s10526-014-9596-5>