

UDC 579.64; 632.4.01/.08

CONTENT AND SPECIES COMPOSITION OF PATHOGENIC MICROMYCETES ON POTATO PLANTINGS**Anikina I.N.**

NAO «Toraygyirov universitet»
Kazakhstan, g. Pavlodar, ul. Lomova 64
e-mail: anikina.i@mail.ru

Vdovenko S.A.

Vinnytsia National Agrarian University
Solnychna str., 3, Vinnytsia, Ukraine, 28003
e-mail: vdovenko@btu-center.com

Ulianych E.I.

Uman National University of Horticulture
Instutytska str., 1, Uman, Cherkasy region, Ukraine, 20305
e-mail: olena.ivanivna@gmail.com

Kamarova A.N.

NAO «Toraygyirov universitet»
Kazakhstan, g. Pavlodar, ul. Lomova 64
e-mail: aidana_19@inbox.ru
<https://doi.org/10.32717/0131-0062-2021-69-55-62>

The article presents the results of studies of the quantitative and specific composition of soil micromycetes in potato cultivation, depending on the intensity of irrigation in the north-east of Kazakhstan. During their growth in the soil, plants actively interact with its microflora, while microorganisms can have both positive and negative effects. Micromycetes produce mycotoxins that accumulate in food and, when ingested, cause liver damage and cancer. Some mycotoxins persist in the ground for a long time, and with improper agricultural processing, they accumulate in it, and are also removed from it to adjacent environments (surface reservoirs). As a result of the conducted studies, indicators of the quantitative and specific composition of fungi were obtained, antagonist fungi and toxin-forming species were identified. According to the results of the mycological analysis of soil samples, 39 isolates were isolated. During the study, the accumulation of toxin-forming species was found to be 43–54 % in all the studied variants. In the soil, when using irrigation, there are both pathogenic (18.1-50.0%) and saprophytic (50.0-81.9%) species of micromycetes, as well as toxin-forming species of fungi (46.2-55.6%) , which can cause different effects on the resistance of plants to potato diseases. The greatest number of pathogenic fungi, as well as toxin-forming fungi, was found when using limited watering of potatoes. The greatest number of pathogenic fungal species was observed in the variants with moderate irrigation –38.5 % (genera *Fusarium* – 30.8 %, *Penicillium* – 7.7 %), as well as in the variant with maximum irrigation – 50.0 % (genus *Fusarium* – 39.0%, from the genera *Gliocladium* and *Aspergillus* – 5.5%). Thus, the use of crop rotations and repeated fungicidal treatments carried out when growing potatoes does not guarantee the absence of pathogenic microorganisms in the soil, and the use of intensive watering provokes a stronger development of pathogenic microflora. New approaches to integrated potato protection are required.

Key words: microorganisms, soil, fungi, micromycetes, plants, potatoes, pathogenic species, toxin-forming species.

СОДЕРЖАНИЕ И ВИДОВОЙ СОСТАВ ПАТОГЕННЫХ МИКРОМИЦЕТОВ НА ПОСАДКАХ КАРТОФЕЛЯ**Аникина И.Н.**

НАО «Торайгыров университет»
Казахстан, г. Павлодар, ул. Ломова 64
e-mail: anikina.i@mail.ru

Вдовенко С.А.

Винницкий национальный аграрный университет
Украина, г. Винница, ул. Солнечная 3
e-mail: vdovenko@btu-center.com

Ульянич Е.И.

Уманский национальный университет садоводства
Украина, г. Умань, ул. Институтская 1
e-mail: olena.ivanivna@gmail.com

Камарова А.Н.

НАО «Торайгыров университет»
Казахстан, г. Павлодар, ул. Ломова 64
e-mail: aidana_19@inbox.ru

В статье представлены результаты исследований количественного и видового состава почвенных микромицетов при выращивании картофеля в зависимости от интенсивности полива в условиях северо-востока Казахстана. Во время своего роста в почве растения активно взаимодействуют с микрофлорой, при этом микроорганизмы оказывают как положительное, так и отрицательное влияние. Для картофеля, который формирует урожай в почве, изучение почвенной микрофлоры имеет очень важное значение, поскольку речь идёт о биобезопасности и качестве продукции. В результате проведенных исследований получены показатели количественного и видового состава грибов, определены грибы антагонисты и токсинообразующие виды. По результатам микологического анализа почвы выделено 39 изолятов, обнаружено накопление токсинообразующих видов в количестве 43–54 %. В почве, при использовании полива, существуют как патогенные (18,1–50,0 %) и сапрофитные (50,0–81,9 %) виды микромицетов, а также токсинообразующие виды грибов (46,2–55,6 %), которые могут вызывать различное влияние на устойчивость растений к болезням картофеля. Наибольшее количество патогенных грибов, а также токсинообразующих грибов обнаружено при применении ограниченного полива картофеля. Больше количество патогенных грибов наблюдалось при ограниченном поливе – 50,0 % (родов *Fusarium* – 39 %, из родов *Gliocladium* и *Aspergillus* по 5,5 %), а также в варианте с интенсивным поливом – 38,5 % (рода *Fusarium* – 30,8 %, *Penicillium* – 7,7 %). Использование специализированного севооборота и многократных фунгицидных обработок, проводимых при выращивании картофеля, не гарантирует полное отсутствие микроорганизмов – возбудителей болезней в почве, а использование интенсивных поливов провоцирует более сильное развитие патогенной микрофлоры.

Ключевые слова: микроорганизмы, почва, грибы, микромицеты, растения, картофель, патогенные и токсинообразующие виды

Введение. Для картофеля, который формирует урожай в почве, изучение почвенной микрофлоры в процессе его возделывания имеет важнейшее значение, так как это в большей степени связано с биобезопасностью и качеством продукции, в том числе и семян. (*Dobrovolskaya T.G.* 2002).

Специфика взаимоотношений почвенных микроорганизмов с жизнедеятельностью растений представляет особый интерес как с практической, так и с теоретической точки зрения, при этом доказано, что микроорганизмы могут оказывать на растение значительное влияние, как положительное, так и отрицательное (*Beneduzi A., Ambrosini A., 2012; Passaglia L.M.P., 2012; Kosolapova A., Yamaltdinova V., 2016; Mitrofanova E., Fomin D. 2016; Teterlev I. 2016.*

Biological. Известны примеры, когда микроорганизмы при совместном обитании значительно увеличивают продуктивность растений, известны микроорганизмы продуценты биологически активных веществ, а так же микроорганизмы, которые проявляют фунгицидные свойства. Но есть и большая группа микроорганизмов, которые являются патогенами растений (*Bulgarelli D., Schlaeppi K., 2013; Spaepen S., Ver Loren van Themaat E., 2013; Schulze-Lefert P., 2013; Gveroska B., 2013.*

Анализ последних исследований. Картофель очень чувствителен к водному стрессу (*Djaman K., Irmak S. et al, 2021; Zarzynska K., Boguszewska-Mankowska D., et al., 2017; Romero A.P., Alarcón A., 2017.*), дефициту азотных удобрений (*Gastal F., Lemaire G. 2002.*), подвержен

самым разным нарушениям и болезням. Наземные органы поражаются различными возбудителями: *Alternaria solani*, *Alternaria alternate*, *Phytophthora infestans*, *Fusarium* spp., *Colletotrichum coccodes*, *Pectobacterium* spp., *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum*, *Clavibacter michiganensis* subsp. *sepedonicus*, вирус Y картофеля. К физиологическим расстройствам картофеля относятся трещины, выпуклости, деформации, формирование пустой сердцевины или потемнение клубней, которые могут вызывать некоторые возбудители: *Rhizoctonia solani*, *Streptomyces scabiei*, *Spongospora subterranea* f. sp. *subterranean*, *Sclerotinia sclerotiorum*, *Helminthosporium solani*, *Phytophthora erythroseptica*, *Verticillium dahlia*, *Pythium* spp., *Ralstonia solanacearum*. Указанные возбудители заболеваний очень сильно влияют на урожайность клубней и их органолептические качества (Larkin R.P., Halloran J.M. 2014.; Finckh M.R., Schulte-Geldermann E., et al., 2006; Tein B., Kauer K., et al., 2015; Bernard E., Larkin R.P., et al., 2014).

Влияние на патогенный комплекс насаждений картофеля оказывают и определенные климатические изменения («потепление»). В последние годы из-за потепления климата распространенным заболеванием картофеля стал альтернариоз, эпифитотии которого снижают урожайность культуры на 40 % (Gannibal F.B., 2011). Раннее развитие альтернариоза при оптимальных условиях для патогена способствует к существенному снижению ассимилирующей поверхности листовой пластины, массовому отмиранию листьев и значительному уменьшению урожайности клубней культуры (Smirnov A.N., Prikhodko E.S., et al., 2019). Вредоносность альтернариоза также зависит от применения интегрированной системы защиты культуры, основными компонентами которой есть устойчивые сорта и использование фунгицидов (Anisimov B.V., Belov G.L., et al., 2009; Filippov A.V., Kuznetsova M.A., et al., 2007; Rogozhin A.N., Smetanina T.I., et al 2007; Issiakhem F., Bouznad Z., 2010). Как альтернатива химическим средствам защиты растений от болезней являются биопрепараты фунгицидного действия. Эффективна система защиты растений с включением биопрепаратов сочетает в себе возможности одновременно повышать устойчивость растений к болезням и абиотическим стрессам путем активизации иммунитета, а также активизировать ростовые процессы за счет изменений физиологического состояния растений (Gainatuli-

na V.V., Makarova M.A., 2018; Plekhanova L.P., Buldakov S.A., 2018). В некоторых случаях (например для контроля в насаждениях картофеля ризоктониоза) высокую эффективность обеспечивает совместное применение фунгицидов и биопрепаратов (Gainatulina V.V., Khasbiullina O.I., 2020).

Влияют на развитие болезней картофеля как отдельные элементы, так и целые технологические подходы выращивания культуры. Севооборот играет огромную роль в поддержании контролируемого уровня многих заболеваний картофеля. Посредством процесса, известного как биофумигация, растения семейства Brassicaceae производят глюкозинолаты, которые распадаются на летучие соединения, токсичные для некоторых патогенов растений (Larkin R.P., Griffin T.S., 2007; Melrose J., 2019; Sarwar A., Latif Z., 2018; Matthiessen J.N., Kirkegaard J.A., 2006; Vega-Álvarez C., Francisco M., 2021; Soengas P., 2021). В то же время внедрение органических технологий выращивания картофеля обуславливает более активное развитие парши и уменьшение некоторые другие заболевания (Tein B., Kauer K. et al., 2015). Использование сидеральных и классических органических удобрений в рамках органического земледелия редко оказывает усиливающее воздействие на распространения и степень развития заболеваний картофеля, передаваемых через почву (Larkin R.P., Griffin T.S., 2007; Termorshuizen A.J., Van Rijn, E. et al., 2006).

Для сельскохозяйственного производства особую опасность несут фитопатогенные микроорганизмы – грибы, поражающие растения, чьи споры, могут сохраняться в почве даже в неблагоприятных условиях и последующим заселять растения (Katkova T.S., 2007; Mosina L.V., 2014). Клубни картофеля могут служить источником опасных заболеваний, которые в дальнейшем поставят под угрозу будущий урожай. Изучение распространённости возбудителей почвенно-клубневых инфекций, необходимо для изыскания наиболее приемлемых способов защиты картофеля и снижения потерь при её хранении (Heydari A., Pessarakli M., 2010; Akimova E.E., Minaeva O.M., 2009).

Учитывая большое значение видового состава микрофлоры почвы на качество и безопасность сельскохозяйственной продукции, а также на повышение биологической активности почвы и её физического состояния, были проведены лабораторные исследования образцов почвы по накоплению патогенной микрофлоры

после выращивания картофеля в зависимости от интенсивности полива. Выращивание картофеля проводилось в Крестьянском хозяйстве «Тимур», одном из наиболее передовых картофелеводческих хозяйств Казахстана.

Цель исследования – изучение влияния схем полива почвы при выращивании картофеля на содержание и видовой состав патогенных микроорганизмов.

Материалы и методы исследования. Исследование почвы на содержание и видовой состав патогенных микроорганизмов было проведено в 2019–2020 гг. в крестьянском хозяйстве «Тимур» Павлодарской области (Казахстан) по схеме:

1. Участок с интенсивным поливом (5 поливов по 400 м³/га).

2. Участок с ограниченным поливом (4 полива по 300 м³/га).

3. Участок без полива, целина (контроль).

Почвы опытного участка каштановые, суглинистые, с содержанием гумуса 1,0–1,3 %, подвижного фосфора–135–150 мг/кг, обменного калия – 167–175 мг/кг; рН – 6,6–6,8. Опыт заложен в трёхкратном повторении методом рендомизированных блоков.

Выделение грибов из образцов почвы в чистой культуре и определение видового состава проводили в лаборатории ООО «Институт прикладной биотехнологии» (Украина). Анализ микофлоры образцов проводили методом грунтовых растворов (Litvinov M.A. 1969). Для культивирования грибов использовали картофельный агар с глюкозой, который готовили по методике Наумова (Naumov N.A., 1937).

По результатам исследований установлены количественный и видовой состав грибов, определены грибы: антагонисты и токсинообразующие виды.

В хозяйстве на всех участках использовали травяно-пропашной севооборот с чередованием культур: ячмень с подсевом люцерны – люцерна – картофель – морковь. Для посадки использовался семенной материал картофеля сорта Солист и Вaley (класс элита). В процессе выращивания картофеля в крестьянском хозяйстве «Тимур» использовали предпосадочную обработку клубней препаратом Селест Топ, по вегетации применяли обработки

препаратами Ридомил Голд – 400 л/га, Танос – 0,06 кг/га; Консенто КС – 2 л/га. В основную обработку почвы внесены удобрения: аммиачная селитра 3,5 ц/га, нитроаммофоска 2,0 ц/га, калий хлорид 1,5 ц/га (N₁₅₀P₃₅K₁₂₅).

Результаты исследований и их обсуждение. В результате проведённого анализа видового состава микроорганизмов в почве были обнаружены патогенные (18,1–50,0 %) и сапрофитные (50,0–81,9 %) виды микромицетов, а также токсинообразующие виды грибов (46,2–55,6 %), которые вызывали различное влияние на устойчивость растений к болезням и соответственно на общую урожайность клубней картофеля. Наибольшее количество патогенных грибов, а также токсинообразующих грибов обнаружено на участке, где применяли ограниченный полив картофеля с оросительной нормой 1200 м³/га (табл. 1).

Из отобранных образцов почвы было выделено 39 изолятов, а общее количество патогенных грибов составляло по вариантах опыта от 18,1 % до 50,0 %. Определён видовой состав патогенных грибов. К патогенным видам грибов принадлежали 16 видов – *Penicillium viridicatum* Westling, *Pythium irregulare* Buis., *Fusarium culmorum* (Sm.) Sacc, *Fusarium sporotrichiella* nom. Nov. Bilai, *Fusarium gibbosum* App. et Wr. emend Bilai, *Fusarium graminearum* Schwabe, *Fusarium sambucinum* Fuck, *Fusarium oxysporum* (Sclerot.) Snyd. et Hans, *Gliocladium rozeum* Bainier, *Helminthosporium sativum* Pam. King et Bakke, *Aspergillus niger* van Tieghem, *Aspergillus fumigatus*, *Aspergillus flavus*.

Использование специализированного севооборота и применение фунгицидных обработок не гарантирует полное отсутствие возбудителей болезней в почве, использование интенсивных поливов провоцирует более сильное развитие патогенной микофлоры. Среднее количество патогенных видов грибов наблюдалось в образце: № 1 (38,5 %) – из родов *Fusarium* – 30,8 %, *Penicillium* – 7,7 %, а также в № 2 (50,0 %) – из рода *Fusarium* – 39,0 %, из родов *Gliocladium* и *Aspergillus* по 5,5 % (табл. 2).

Таблица 1 – Содержание микроскопических грибов в образцах почвы

№ п/п	Вариант опыта (оросительная норма)	Всего тыс./г почвы	В т.ч.				Грибы антагонисты		Токсинообразующие виды грибов	
			Патогенные виды		Сапрофитные виды		тыс./г почвы	%	тыс./г почвы	%
			тыс./г почвы	%	тыс./г почвы	%				
1	Участок с интенсивным поливом (2000 м ³ /га)	45,8	17,6	38,5	28,2	61,5	0	0	21,2	46,2
2	Участок с ограниченным поливом (1200 м ³ /га)	65,8	32,9	50,0	32,9	50,0	3,7	5,6	36,6	55,6
3	Поле без полива (контроль)	40,2	7,3	18,1	32,9	81,9	11,0	27,3	21,9	54,35

Таблица 2 – Родовое соотношение патогенной микрофлоры почвы

№	Оросительная норма	Всего патогенных грибов		В том числе и родов, %								
		тыс./г почвы	%	<i>Penicillium</i>	<i>Fusarium</i>	<i>Mucor</i>	<i>Alternaria</i>	<i>Rhizopus</i>	<i>Pythium</i>	<i>Helminthosporium</i>	<i>Gliocladium</i>	<i>Aspergillus</i>
1	2000 м ³ /га	17,6	38,5	7,7	30,8	0	0	0	0	0	0	0
2	1200 м ³ /га	32,9	50,0	0	39,0	0	0	0	0	0	5,5	5,5
3	без орошения (контроль)	7,3	18,1	9,1	9,0	0	0	0	0	0	0	0

Наибольшим распространением в почве характеризовались грибы из родов *Fusarium*, которые обнаружены в почве, где их количество составляло 39,0 % в варианте с ограниченным поливом по 4 полива с поливной нормой 300 м³/га; и *Penicillium* – 9,1 % в варианте, где не применяли полив. Несколько меньшее количество *Penicillium* – 7,7 % обнаружено в варианте с интенсивным поливом растения. Наличие в почве этих видов грибов способствует поражению сельскохозяйственных культур корневыми гнилями, фузариозами, пятнистостями, вызывает плесень у семян, чёрный зародыш и т.д.

Наиболее низкое содержание патогенных грибов наблюдалось в образце почвы № 3, в котором общее количество патогенных грибов составляло 18,1 % – из рода *Penicillium* (9,1 %), а из рода *Fusarium* – (9,0 %).

Исследованием установлено, что с использованием ограниченного полива растений картофеля по схеме 4 полива с поливной нормой 300 м³/га были обнаружены микромицеты из рода *Aspergillus niger* van Tieghem и *Aspergillus glaucus* которые вызывают плесень у семян. Также *Aspergillus niger* van Tieghem производит афлатоксины В₁, В₂, G₁, G₂ и др., которые имеют определённое фитотоксическое влияние на вегетирующие растения, особенно на прорастающие семена.

Гриб *Fusarium culmorum* (Sm.) Sacc. – возбудитель снежной или фузариозной плесени, фузариоза колоса и фузариозной корневой гнили, *Fusarium oxysporum* (Schlecht.) Snyd. Et. Hans – возбудитель фузариозной корневой гнили пшеницы озимой. В зерне, поражённом фузариозом колоса (возбудители

Fusarium oxysporum (Schlecht.) Snyder. Et. Hans, *Fusarium culmorum* (W. G. Sm.) Sacc.) обнаруживаются микотоксины ДОН (синоним – вомитоксин), зеараленон и Т-2 токсин. Гриб *Fusarium oxysporum* (Schlecht.) Snyder. Et. Hans. производит также фузариевую кислоту, ликомаразмин и ферменты – эополы галактуроназа, пектин-транс-елининаза, которые нарушают физиологические функции растений и подавляют их развитие.

Грибы *Fusarium spp.* являются возбудителями опасного заболевания картофеля – фузариозное увядание или сухая гниль. Заболевание характеризуется быстрым развитием, что приводит к гибели растений и поредению посевов. Оно может снизить урожайность до 40 %. Попадание больных клубней в хранилище приводит к увеличению отходов до 20 %.

Патогенный вид *Penicillium viridicatum* вызывает плесень семян пшеницы озимой. Чрезвычайно опасны охратоксины, продуцируемые видами из рода *Penicillium*. Способность к их образованию наиболее выражена в *Penicillium viridicatum* Westling. Из рода *Gliocladium* встречался факультативный паразит *Gliocladium rozeum* Bainier поражающий ослабленные растения пшеницы озимой и вызывает корневые гнили.

На основе существующих данных делаем вывод: большим интересом пользуется способ защиты растений от болезней и улучшение количества почвенных сапрофитов с помощью применения препаратов бактериального происхождения, в основу которых входят биологически активные соединений для активизации защитных механизмов самих растений. При этом происходит биосинтез защитных веществ у растений (фитоалексинов, PR-белков, дефензинов и др.).

Согласно данным Вдовенко С.А. (Vdovenko S.A., 2019) бактерии, входящие в состав биопрепаратов, своевременно обеспечивают растение элементами питания, а также влияют на уменьшение количества патогенной микрофлоры в почве и на растении. Кроме того хорошую перспективу в качестве средств защиты растений имеют биопрепараты как фунгицидного действия, а именно МикоХелп, Склероцид, так и деструктор стерни Экостерн в состав которых входят специфические бактерии, которые позволяют значительно снизить размножение и рост фитопатогенов в почве, кроме того они экологически безопасны

и не вызывают резистентности к ним патогенов (Siryu D., 2019; Vdovenko S.A., 2019).

Применение микробиологических препаратов при выращивании сельскохозяйственных культур способствует повышению урожайности за счет их положительного влияния на развитие корневой системы и надземной части растений, повышение устойчивости к инфицированию патогенными микроорганизмами, и повреждения вредными организмами (Butsyak A.A., Kalin B.M., 2013; Kots S.Y., Malichenko S.M., 2001; Krugova O.D. 2001).

Выводы. Использование специализированного севооборота и фунгицидные обработки не гарантирует полное отсутствие возбудителей болезней в почве, использование интенсивных поливов провоцирует более сильное развитие патогенной микрофлоры.

В почве, при использовании полива, существуют как патогенные (18,1–50,0 %) и сапрофитные (50,0–81,9 %) виды микромицетов, а также токсинообразующие виды грибов (46,2–55,6 %), которые могут вызывать различное влияние на устойчивость растений к болезням картофеля. Наибольшее количество патогенных грибов, а также токсинообразующих грибов обнаружено при применении ограниченного полива картофеля, а именно: 4 полива с поливной нормой 300 м³/га.

References

- Akimova, E.E., Minaeva, O.M. (2009). Vliyaniye bakteriy Pseudomonas Sp. V-6798 na fitopatologicheskoye sostoyaniye kartofelya v polevykh eksperimentakh. [Influence of bacteria Pseudomonas Sp. B-6798 on the phytopathological state of potatoes in field experiments]. *Bulletin of Tomsk State University. Biology*, 2 (6), 42–47 [in Russian].
- Anisimov, B.V., Belov, G.L., Varitsev, Yu.A. and others (2009). Zashchita kartofelya ot bolezney, vreditel'ey i sornyakov [Protection of potatoes from diseases, pests and weeds]. Moscow: Potato grower, 256 [in Russian].
- Beneduzi, A., Ambrosini, A., Passaglia, L.M.P. (2012). Plant-growth-promoting rhizobacteria (PGPR): Their potential as antagonists and biocontrol agents. *Genet. Mol. Biol.*, 2012, 35, 4, 1044–1051 [in English].
- Bernard, E., Larkin, R.P., Tavantzis, S., Erich, M.S., Alyokhin, A., Gross, S.D. (2014). Rapeseed rotation, compost and biocontrol amendments re-

duce soilborne diseases and increase tuber yield in organic and conventional potato production systems. *Plant. Soil.*, 374, 611–627 [in English].

Bulgarelli, D., Schlaeppi, K., Spaepen, S., Ver Loren van Themaat, E., Schulze-Lefert, P. (2013). Structure and function of bacterial microbiota of plants. *Annu. Rev. Plant Biol.*, 64, 807–838. doi: 10.1146/annurev-arplant-050312-120106 [in English].

Butsyak, A.A., Kalin, B.M. (2013). Mikroorhanizmy, yak alternatyva pestytsydam u vyrobnytstvi ekolohichno bezpechnoyi produktsiyi roslynyntstva [Microorganisms as an alternative to pesticides in the production of environmentally friendly crop products]. Scientific Bulletin of LNUVMBT named after S.Zh. Gzycki, 1 (55), 30–34 [in Ukrainian].

Djaman, K., Irmak, S., Koudahe, K., Allen, S. (2021). Irrigation management in potato (*Solanum tuberosum* L.) production: A review. *Sustainability*, 13, 1504 [in English].

Dobrovolskaya, T. G. (2002). Struktura bakterialnykh soobshchestv pochv [The structure of soil bacterial communities]. Moscow: Akademkniga, 282 [in Russian].

Filipov, A.V., Kuznetsova, M.A., Rogozhin, A.N., Smetanina, T.I., Spiglazova, S.Yu. (2007). Sistemy prinyatiya resheniy o zashchite kartofelya ot fitoftoroza [Decision-making systems for protecting potatoes from late blight]. *Plant protection and quarantine*, 3, 54–58 [in Russian].

Finckh, M.R., Schulte-Geldermann, E., Bruns, C. (2006). Challenges to organic potato farming: Disease and nutrient management. *Potato Res.*, 49, 27–42 [in English].

Gainatulina, V.V., Khasbiullina, O.I. (2020). Effektivnost primeneniya biopreparatov i fungitsidov v borbe s rizoktoniozom kartofelya [The effectiveness of the use of biological products and fungicides in the fight against potato rhizoctoniae]. Bulletin of the FEB RAS, 4, 93–99. doi: 10.37102/08697698.2020.212.4.015 [in Russian].

Gainatulina, V.V., Makarova, M.A. (2018). Khimicheskiye i biologicheskiye fungitsidy na zashchite kartofelya ot rizoktonioza [Chemical and biological fungicides to protect potatoes from rhizoctonia]. *Far East Agrarian Vestnik*, 3, 7–12 [in Russian].

Gannibal, F.B. (2011) Monitoring alternariozov selskokhozyaystvennykh kultur i identifikatsiya gribov roda *Alternaria* [Monitoring of *Alternaria* crops and identification of fungi of the genus *Alternaria*]. St. Petersburg: VIZR, 71 [in Russian].

Gastal, F., Lemaire, G. (2002). N uptake and distribution in crops: An agronomical and ecophysiological perspective. *J. Exp. Bot.*, 53, 789–799 [in English].

Gveroska, B. (2013). Relationships of *Trichoderma* spp. quantity in soil to reducing the damping-off in tobacco seedlings. *Bulg. J. Agric. Sci.*, 19, 666–674 [in English].

Heydari, A. and Pessaraki, M. (2010). A Review on Biological Control of Fungal Plant Pathogens Using Microbial Antagonists. *Journal of Biological Sciences*, 10, 273–290 [in English].

Issiakhem, F., Bouznad, Z. (2010). In vitro evaluation of difenoconazole and chlorothalonil on conidial germination and mycelial growth of *Alternaria alternata* and *A. solani* causal agent of early blight in Algeria PPO – Special Report. №14, 297–303 [in English].

Katkova, T.S. (2007). Vidovoy sostav patogennykh gribov v okulturenykh pochvakh Yemel'yanovskogo rayona [Species composition of pathogenic fungi in cultivated soils of the Emelyanovsk region]. *Bulletin of KrasGAU, Krasnoyarsk. state agrarian. un-t.* Krasnoyarsk, 6, 308–311 [in Russian].

Kosolapova, A., Yamaltdinova, V., Mitrofanova, E., Fomin, D. and Teterlev, I. (2016). Biological activity of soil depending on fertilizer systems. *Bulg. J. Agric. Sci.*, 22, 921–926 [in English].

Kots, S.Y., Malichenko, S.M., Krugova, O.D. (2001). Fiziolohe-biokhimichni osoblyvosti zhyvlennya roslyn biolohichnym azotom [Physiological and biochemical features of plant nutrition with biological nitrogen]. Kyiv: Logos, 271 [in Ukrainian].

Larkin, R.P., Griffin, T.S. (2007). Control of soilborne diseases of potato using Brassica green manures. *Crop Prot.*, 26, 1067–1077 [in English].

Larkin, R.P., Halloran, J.M. (2014). Management effects of disease suppressive rotation crops on potato yields and soilborne diseases and their economic implications in potato production. *Am. J. Potato Res.*, 91, 429–439 [in English].

Litvinov, M.A. (1969). Metody izucheniya pochvennykh mikroskopicheskikh gribov. [Methods of studying soil microscopic fungi]. Leningrad: Ed. Nauka, 121 [in Russian].

Matthiessen, J.N., Kirkegaard, J.A. (2006). Biofumigation and enhanced biodegradation: Opportunity and challenge in soilborne pest and disease management. *Crit. Rev. Plant Sci.*, 25, 235–265 [in English].

Melrose, J. (2019). The Glucosinolates: A sul-

phur glucoside family of mustard anti-tumour and antimicrobial phytochemicals of potential therapeutic application. *Biomedicines*, 7, 62 [in English].

Mosina, L.V. (2014). Vliyaniye zagryazneniya pochv tyazhelymi metallami na izmeneniye kachestvennogo sostava mikrobykh poseleniy i obrazovaniye mikotoksinov. [Influence of soil pollution with heavy metals on the change in the qualitative composition of microbial settlements and the formation of mycotoxins]. *Advances in medical mycology*. Moscow: Publisher: Public National Academy of Mycology, 12, 126–128 [in Russian].

Naumov, N.A. (1937). Metody mikologicheskikh i fitopatologicheskikh issledovaniy. [Methods of mycological and phytopathological research]. Moscow, 272 [in Russian].

Plekhanova, L.P., Buldakov, S.A. (2018). Vliyaniye biologicheskikh i khimicheskikh preparatov na ustoychivost rasteniy i klubney kartofelya k bolezniam i urozhaynost [The influence of biological and chemical preparations on the resistance of potato plants and tubers to diseases and yield]. *Innovative scientific achievements in the agro-industrial complex of the Far East region: theory and practice: collection of articles. scientific. tr. / FANO. SakhNIISH. Yuzhno-Sakhalinsk: Kano*, 62–68 [in Russian].

Romero, A.P., Alarcón, A., Valbuena, R.I., Galeano, C.H. (2017). Physiological assessment of water stress in potato using spectral information. *Front. Plant Sci.*, 8, 1608 [in English].

Sarwar, A., Latif, Z., Zhang, S., Zhu, J., Zechel, D.L., Bechthold, A. (2018). Biological control of potato common scab with rare isotropolone C compound produced by plant growth promoting *Streptomyces* A1RT. *Front. Microbiol.*, 9, 1126 [in English].

Siryi, D. (2019). Ovochevyy praktykum «BTU-Tsentr». [Vegetable workshop “BTU-Center”]. *Agribusiness Today*. [http://agribusiness.com.ua/2017-09-29-05-56-](http://agribusiness.com.ua/2017-09-29-05-56-43/item/12486-ovochevyi-praktykum-btutsentr.html)

[43/item/12486-ovochevyi-praktykum-btutsentr.html](http://agribusiness.com.ua/2017-09-29-05-56-43/item/12486-ovochevyi-praktykum-btutsentr.html) [in English].

Smirnov, A.N., Prikhodko, E.S., Vasilchenko, V.V., Khokhlov, V.P., Sukhorukov, A.A., Kuznetsov, S.A. (2019). Prikladnoye znacheniyе opredeleniya reproduktivnogo potentsiala i agressivnosti grybnykh i psevdogrybnykh patogenov kartofelya i tomata [Applied value of determining the reproductive potential and aggressiveness of fungal and pseudo-fungal pathogens of potatoes and tomatoes]. *Potatoes and vegetables*, 6, 23 [in Russian].

Tein B., Kauer K., Runno-Paurson E., Eremeev V., Luik A., Selge A., Loit E. The potato tuber disease occurrence as affected by conventional and organic farming systems. *Am. J. Potato Res.* 2015. 92, pp. 662–672 [in English].

Termorshuizen, A.J., Van Rijn, E., Van der Gaag, D.J. et al. (2006). Suppressiveness of 18 composts against 7 pathosystems: Variability in pathogen response. *Soil Biol. Biochem.*, 38, 2461–2477 [in English].

Vdovenko, S.A. (2019). Kompleksna systema vyroshchuvannya ovochiv u vidkrytomu grunti [Complex system of growing vegetables in the open ground]. *Planter*, 2 (44), 54-55 [in Ukrainian].

Vdovenko, S.A. (2019). Vyroshchuvannya buryaka stolovoho za riznykh tekhnolohiy v umovakh pravoberezhnoho lisostepu Ukrayiny [Growing table beets by different technologies in the right-bank forest-steppe of Ukraine]. *Vegetable and melon growing*, 65, 23-31 [in Ukrainian].

Vega-Alvarez, C., Francisco, M., Soengas, P. (2021). Black rot disease decreases young Brassica oleracea plants' biomass but has no effect in adult plants. *Agronomy*, 11, 569 [in English].

Zarzynska, K., Boguszewska-Mankowska, D., Nosalewicz, A. (2017). Differences in size and architecture of the potato cultivars root system and their tolerance to drought stress. *Plant. Soil Environ*, 63, 159–164 [in English].