

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-2-5-10>
УДК 635.659:633.52

Ю.Н. Куркина

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Белгородский государственный национальный исследовательский университет»

308007, Россия, г. Белгород, ул. Победы, 85, корп. 14, ауд. 6-11, кафедра биотехнологии и микробиологии

*Автор для переписки: kurkina@bsu.edu.ru

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Куркина Ю.Н. Структура микокомплексов ризосферы и филлопланы арахиса культурного. *Овощи России*. 2022;(2):5-10. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-2-5-10>

Поступила в редакцию: 16.02.2022

Принята к печати: 07.04.2022

Опубликована: 25.04.2022

Yulia N. Kurkina

Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education
«Belgorod State National Research University»
85, Pobeda Street, part 14, office 6-11,
Department of Biotechnology and Microbiology,
308015, Belgorod, Russia

*Corresponding author: kurkina@bsu.edu.ru

Conflict of interest: The author declare that they have no conflict of interest.

For citations: Kurkina Yu.N. Structure of rhizosphere mycocomplexes and phyloplanes of cultural peanuts. *Vegetable crops of Russia*. 2022;(2):5-10. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-2-5-10>

Received: 16.02.2022

Accepted for publication: 07.04.2022

Published: 25.04.2022

Структура микокомплексов ризосферы и филлопланы арахиса культурного



Резюме

Актуальность. Семена арахиса богаты маслами, белком, углеводами, витаминами и флавоноидами, поэтому широко используются в производстве продуктов питания, кормов, биодизеля, а также в медицине. При возделывании арахиса обязательно встает проблема снижения урожайности, а порой и качества семян, из-за воздействия фитопатогенных микроскопических грибов, а главными факторами передачи инфекционного начала являются почва и растительные остатки. Система защиты растений должна базироваться на знаниях структуры микокомплексов ризосферы и филлопланы.

Методы. На типичном черноземе на естественном инфекционном фоне в г. Белгороде (Россия) изучали образец арахиса культурного V-2012 (Вьетнам) из коллекции кафедры биотехнологии и микробиологии Института фармации, химии и биологии НИУ «БелГУ». Анализировали видовой состав микроскопических грибов ризосферы арахиса в сравнении с парующей почвой (контроль), обнаруженный методом высева почвенных разведений и образцов листьев на плотные питательные среды с последующей идентификацией до вида.

Результаты. По сравнению с контрольной почвой, микокомплекс ризосферы арахиса (значение индекса Шеннона на уровне 2,5 и 2,7 в ризосфере и контроле соответственно) отличался меньшей степенью разнообразия и степенью сходства почвенных образцов высокая (коэффициент Жаккара составил 50%), а это значит, что возделывание арахиса незначительно влияет на состав и структуру типичного чернозема. В ризосфере арахиса наблюдалось снижение частоты встречаемости фитопатогенного вида *F. oxysporum*, что может быть связано с повышением ранга в микокомплексе микофильного вида *T. lignorum*. Чувствительными к возделыванию арахиса видами оказались *Aspergillus ochraceus*, *A. terreus*, *A. ustus*, *Candida albicans*, *Curvularia lunata*, *Fusarium oxysporum*, *Trichothecium roseum*. Пятнистость листьев арахиса ежегодно вызывал вид *Alternaria alternata*, способный приводить к снижению продуктивности семян до 80%.

Ключевые слова: арахис, фитопатогены, альтернариоз, микромицеты, индикаторные виды, биотестирование, болезни растений, продуктивность семян

Structure of rhizosphere mycocomplexes and phyloplanes of cultural peanuts

Abstract

Relevance. Peanut seeds are rich in oils, protein, carbohydrates, vitamins and flavonoids, therefore they are widely used in the production of food, feed, biodiesel, as well as in medicine. When cultivating peanuts, the problem of reducing the yield and sometimes the quality of seeds necessarily arises due to the impact of phytopathogenic microscopic fungi, and the main factors in the transmission of the infectious principle are soil and plant residues. The plant protection system should be based on knowledge of the structure of mycocomplexes of the rhizosphere and phylloplane.

Methods. On a typical black soil on a natural infectious background in Belgorod (Russia), a sample of cultural peanuts V-2012 (Vietnam) from the collection of the Department of Biotechnology and Microbiology of the Institute of Pharmacy, Chemistry and Biology of the National Research University "BelSU" was studied. The species composition of microscopic fungi in the peanut rhizosphere was analyzed in comparison with fallow soil (control), which was found by seeding soil dilutions and leaf samples on dense nutrient media, followed by identification to species.

Results. Compared with the control soil, the mycocomplex of the peanut rhizosphere (the Shannon index value at the level of 2.5 and 2.7 in the rhizosphere and control, respectively) was characterized by a lower degree of diversity and the degree of similarity of soil samples was high (the Jaccard coefficient was 50%), which means that that the cultivation of peanuts has little effect on the composition and structure of a typical black soil. In the peanut rhizosphere, a decrease in the frequency of occurrence of the phytopathogenic species *F. oxysporum* was observed, which may be associated with an increase in the rank in the mycocomplex of the mycophilic species *T. lignorum*. *Aspergillus ochraceus*, *A. terreus*, *A. ustus*, *Candida albicans*, *Curvularia lunata*, *Fusarium oxysporum*, *Trichothecium roseum* species were found to be sensitive to peanut cultivation. Peanut leaf spot was caused annually by the species *Alternaria alternata*, which can lead to a decrease in seed productivity up to 80%.

Keywords: peanuts, phytopathogens, alternariosis, micromycetes, indicator species, biotesting, plant diseases, seed productivity

Введение

Бобовое растение арахис культурный (*Arachis hypogaea* L.) считается королем масличных культур, его так и называют – «King of oil seeds», т.к. семена его содержат около 60% масла, до 33% белка, до 20% углеводов, рекордное количество олеиновой кислоты (более 75%) и около 4% клетчатки, а также соли кальция, магния, железа, витамины группы В, С, Е, РР, биотин, бетаин, холин, тритерпеновые сапонины, фитостеролы, флавоноиды [1]. В масле арахиса 80% ненасыщенных (линоленовая, эруковая, эйкозеновая) и 20% насыщенных (пальмитиновая, арахидовая, стеариновая, миристиновая, лигноцеридовая, бегоновая) жирных кислот. Белок арахиса отличается легкой усваиваемостью, содержанием глобулинов арахина и конарахина, незаменимыми аминокислотами, такими как аргинин, лизин, гистидин, триптофан, цистин [2], поэтому семена арахиса используют в качестве растительного источника полноценного белка, токоферолов и полиненасыщенных жирных кислот в продуктах функционального назначения [3], что способствует политике государства в области совершенствования тенденции здорового питания населения [4-7]. Масло арахиса применяют в качестве салатного, а также в производстве десертов, кормов и даже биодизеля [8] и содержит оно почти половину из необходимых витаминов, а также незаменимые жиры, необходимые для понижения уровня холестерина в крови [9]. В народной медицине семена арахиса применяют как седативное средство, а в современной официальной медицине и используются антиоксидантные, бактерицидные, противовирусные, регенерирующие, слабительные, обволакивающие, гемостатические, противосудоржные и обезболивающие свойства масла, семян и экстрактов кожуры арахиса [10].

И хотя площади возделывания арахиса в мире составляют более 24 млн. га в 100 странах, Россия пока входит в число стран-покупателей [8, 11].

Одной из глобальных проблем является снижение потерь урожая сельскохозяйственных культур от воздействия патогенов. Известно более 10 тыс. видов грибов-фитопатогенов, как значительно снижающих продуктивность культур, так и ухудшающих качество продукции [12, 13]. Одним из главных факторов передачи инфекционного начала являются почва и растительные остатки, где микроскопические грибы могут сохраняться до 10 лет [14]. При интродукции и селекции арахиса следует учитывать, что его бобы и семена являются объектом особого риска из-за контаминации потенциально патогенными микромицетами [15-18]. С целью защиты арахиса при возделывании необходимо знать структуру микокомплексов как зоны ризосферы, так и филлопланы здоровых растений на естественном инфекционном фоне, что и стало целью наших исследований.

Материалы и методы исследования

Изучали образец арахиса культурного V-2012 (Вьетнам) из коллекции кафедры биотехнологии и микробиологии Института фармации, химии и биологии НИУ «БелГУ» в 2012-2014, 2017-2020 годах на территории Ботанического сада НИУ «БелГУ» (г. Белгород). Посев проводили по схеме 50x20 см на

обыкновенном черноземе с рН водной вытяжки 7,6 по методике Б.А. Доспехова (1985). Отбор проб проводили в фазу бутонизации – начала цветения растений. Почвенные образцы отбирали асептически, численность грибных propagул определяли после отбора проб посевом водных разведений на плотные питательные среды и выражали в количестве колониеобразующих единиц (КОЕ) на 1 г сухой почвы. Контролем служила парующая почва. Выделяли грибы методом почвенных разведений с последующим глубинным посевом на плотные питательные среды Чапека, Сабуро и КМА (картофельно-морковный агар). Материалом лабораторного изучения филлопланы служили листья арахиса. Количественный учет колоний грибов проводили на 7-14-е сутки инкубирования при 23±2оС.

Определение грибов проводили до вида по совокупности морфологических и культуральных признаков. Структуры микокомплексов ризосферы и филлопланы арахиса описывали с учетом пространственной и временной частот встречаемости видов и их обилия. Определили долю типичных видов в микокомплексе. Влияние прижизненных корневых экссудатов арахиса на типичный чернозем оценили с помощью коэффициента Жаккара. Оценку биоразнообразия комплексов микромицетов филлопланы проводили с помощью индекса Шеннона [19, 20].

Учитывая, что темноокрашенные микромицеты могут накапливаться в почвах агроценозов, по литературным источникам определили принадлежность выделенных видов микромицетов к группам оппортунистических и аллергенных организмов [21].

Статистический анализ проводили с расчетом среднего арифметического, ошибки среднего, критерия Стьюдента с использованием методов вариационной статистики в компьютерной программе Excel.

Результаты исследования и их обсуждение

Для характеристики своеобразия состава видов грибов разных типов почв используется понятие комплекса типичных видов, который выделяется на основе пространственной и временной частоты встречаемости вида. Многие антропогенные воздействия могут изменять структуру комплексов почвенных грибов, в том числе и выделения растений [22, 23].

В составе контрольных почвенных образцов доминантные виды не обнаружены (табл.). Всего выявлено 17 видов из 11-ти родов микроскопических грибов, а частым и в данном комплексе оказались 2 вида (*Aspergillus ochraceus* и *Rhizopus microsporus*), редких видов было 6, остальные 9 видов не относились к типичным видам и отнесены в ранг случайных. В микокомплексе ризосферы арахиса культурного выделены 15 видов из 9-ти родов микромицетов, среди которых в ранге частых оказались 4 вида, редких – 2 и 9 видов отнесены к случайным. По сравнению с контрольной почвой, микокомплекс ризосферы арахиса отличался меньшей степенью разнообразия, о чем свидетельствуют и значения индекса Шеннона (табл.). В целом же, степень сходства почвенных образцов высокая, так как коэффициент Жаккара составил 50%, а это значит, что возделывание арахиса незначительно влияет на состав и структуру почвенных комплексов.

Таблица. Видовой состав почвенных микокомплексов
Table. Species composition of soil mycosomes

Виды грибов	Значимость видов в почвенном комплексе		Реакция вида гриба на арахис
	контроль	под арахисом (КОЕ)*	
<i>Acremonium strictum</i> W. Gams	С	С (0,6)	У
<i>Actinomucor elegans</i> (Eidam) C.R. Benj. & Hesselt.	-	Р (4,1)	Н
<i>Alternaria alternate</i> (Fr.) Keissl.	-	С (1,2)	Н
<i>Arthrinium phaeospermum</i> (Corda) M.B. Ellis	С	-	ЧВ
<i>Aspergillus candidus</i> Link	Р	Ч (4,5)	И
<i>A. flavus</i> Link	С	С (0,1)	У
<i>A. nidulans</i> (Eidam) G. Winter	С	С (0,2)	У
<i>A. niger</i> Tieghem	Р	Р (4,3)	У
<i>A. ochraceus</i> Wilh.	Ч	С (0,4)	ЧВ
<i>A. terreus</i> Thom	Р	-	ЧВ
<i>A. ustus</i> (Bainier) Thom & Church	Р	С (1,8)	ЧВ
<i>A. versicolor</i> (Vuill.) Tirab.	-	С (2,5)	Н
<i>Candida albicans</i> (C.P. Robin) Berkhout	Р	-	ЧВ
<i>Cladosporium epiphyllum</i>	-	С (0,1)	Н
<i>Curvularia lunata</i> (Wakker) Boedijn	С	-	ЧВ
<i>Fusarium oxysporum</i> Schltdl.	Р	С (0,7)	ЧВ
<i>Penicillium funiculosum</i> Thom	С	Ч (4,1)	И
<i>Rhizopus microsporus</i> Tiegh.	Ч	Д (11,2)	И
<i>Torula lucifuga</i> Oudem.	С	-	Ч
<i>Trichoderma lignorum</i> (Tode) Harz	С	Ч (4,8)	И
<i>Trichothecium roseum</i> (Pers.) Link	С	-	ЧВ
Всего видов	17	15	
Коэффициент Жаккара, %	50%		
Индекс Шеннона	2,7	2,5	
Доля оппортунистических видов, %	59	69	
Доля аллергенных видов, %	24	23	

Условные обозначения видов: * – численность грибных пропагул (тыс. КОЕ/г); Д – доминантный, Ч – частый, Р – редкий, С – случайный, ЧВ – чувствительный, У – устойчивый, И – индикаторный, Н – нехарактерный для контроля (заносной вид)

По сравнению с контрольной почвой под арахисом в фазу цветения в ризосферном микокомплексе не встречались 2 типичных (рангом выше случайного) для контроля вида (*A. terreus* и *Candida albicans*), но появился редкий вид *Actinomucor elegans* и случайные виды *A. versicolor*, *Alternaria alternate* и *Cladosporium epiphyllum*. Грибы *A. candidus*, *Penicillium funiculosum*, *Rhizopus microsporus*, *Trichoderma lignorum* повысили ранг до частого, а частый вид *A. ochraceus* и редкие виды *A. ustus*, *Fusarium oxysporum* перешли в ранг случайных. Редким

видом в сравниваемых образцах оказался – *A. niger*, случайными – виды *Acremonium strictum*, *A. flavus* и *A. nidulans*.

Выявлены наиболее показательные виды грибов для биоиндикации почвы (см. таблицу). Грибы, которые не выделялись под арахисом или резко снижали ранг по сравнению с контрольной почвой, отнесены в группу чувствительных к воздействию прижизненных корневых экссудатов растений. Если ранг вида не изменялся в вариантах опыта, то вид отнесен к устойчивым. Индикаторными считали виды микромицетов, для которых характерно

повышение ранга доминирования. В группу чувствительных к возделыванию арахиса видов типичного чернозема отнесены *Arthrinium phaeospermum*, *A. ochraceus*, *A. terreus*, *A. ustus*, *C. albicans*, *Curvularia lunata*, *F. oxysporum*. Микромицетами с индикаторными особенностями оказались виды *A. candidus*, *P. funiculosum*, *Rh. microspores*, *T. lignorum*. Виды *A. strictum*, *A. flavus*, *A. nidulans*, *A. niger*, отмечены как устойчивые и остальные 4 вида оказались нехарактерными для контроля (см. таблицу).

Наблюдалось снижение частоты встречаемости фитопатогенного вида *F. oxysporum*, что может быть связано с повышением ранга в комплексе микромицетов под арахисом микофильного вида *T. lignorum*. Известно, что триходерма затрудняет развитие других видов микромицетов как контактно, гиперпаразитируя, так и дистантно, синтезируя микотоксины, а окультуривание почвы благоприятно для развития триходерм [24]. Частый в контрольной почве вид *Rh. microspores* в ризосфере арахиса повысил ранг до доминантного, что может объясняться большим (по сравнению с контролем) содержанием слабо разложившихся органических веществ.

Среди типичных видов почвенных комплексов в нашем исследовании обнаружены грибы из родов *Alternaria*, *Aspergillus*, *Candida*, *Cladosporium*, *Fusarium*, *Penicillium*, способные провоцировать микогенные аллергии, в основе которых лежит аллергизация организма антигенами мицелиальных грибов [25], с долей в микокомплексах 23-24% (табл.).

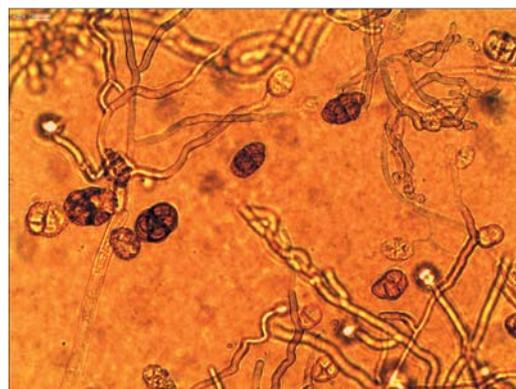
Определены и грибы, в литературе описанные как оппортунистические, то есть способные быть причиной микозов у людей с ослабленным иммунитетом [26], например, *Candida albicans* и представители родов *Aspergillus*, *Fusarium* и *Trichoderma*, выделены из микокомплексов с долей 59-69% (с повышением доли под арахисом).

Микромицеты в подавляющем своем большинстве являются убиквидами, т.е. способными развиваться на поверхности всех органов растений [27]. В филлосфере арахиса выявлены 9 видов микроскопических грибов из 8 родов (рис. 1), причем, 8 видов не были обнаружены при изучении почвенных образцов.

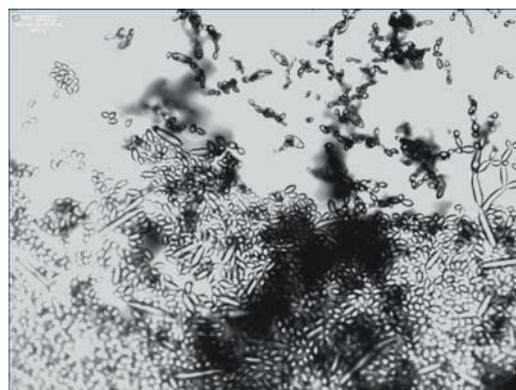
На растениях арахиса культурного значительные доли характерны для фитопатогенных грибов *Macrophomina phaseolina*, *Ulocladium chartarum*, *Cladosporium cladosporioides* (рис. 2. А-В) и *Colletotrichum*



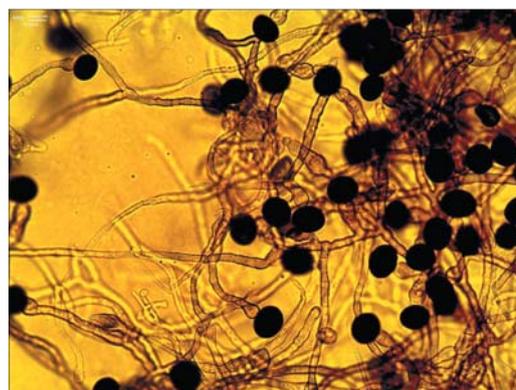
А.



Б.



В.



Г.

Рис. 2. Микрофотографии выделенных из филлосферы арахиса *Macrophomina phaseolina* (А) при ув. 100Ч, *Ulocladium chartarum* (Б), *Cladosporium cladosporioides* (В) и *Nigrospora sphaerica* (Г) при ув. 400Ч
Fig. 2. Micrographs of *Macrophomina phaseolina* isolated from the peanut phyllosphere (A) at uv. 100Ч, *Ulocladium chartarum* (B), *Cladosporium cladosporioides* (C) and *Nigrospora sphaerica* (D) at SW. 400Ч

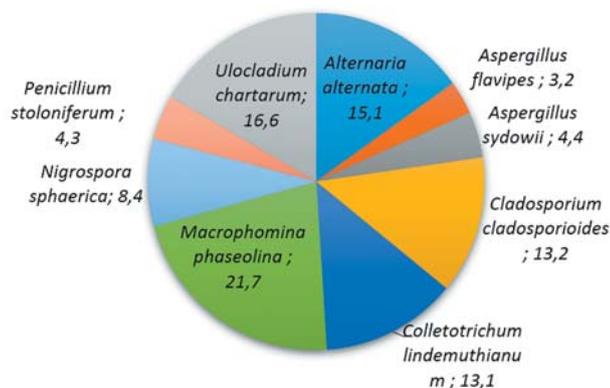


Рис. 1. Видовой состав микромицетов филлосферы арахиса культурного и доля каждого вида в комплексе (%)
Fig. 1. Species composition of mycomycetes of cultural peanut phyllosphere and share of each species in the complex (%)



А.



Б.

Рис. 3. Проявления альтернариоза листьев арахиса (А) и конидии *Alternaria alternata* при ув. 400Ч (Б)
Fig. 3. Manifestations of alternariosis of peanut leaves (A) and conidia *Alternaria alternata* at SW. 400Ч (B)

lindemuthianum, которые вызывали склероциальную гниль, красную пятнистость, кладоспориоз и антракноз у бобовых культур. Также в комплексе микромицетов филлопланы выявлен вид *Nigrospora sphaerica* (рис. 2. Г), который является возбудителем нигроспороза растений [28-30].

За все годы изучения вегетации арахиса в Белгороде ежегодно отмечались симптомы альтернариоза. На рисунке 3 хорошо заметна краевая пятнистость листовых пластинок арахиса.

В среднем по годам на посевах арахиса альтернариоз проявлялся на 6-18% растений и приводил к недобору 21-80% продуктивности семян. Причем, страдала, как вегетативная, так и генеративная части растений (рис. 4). Так, растения с альтернариозной пятнистостью (больные) были в 1,7 раза ниже, имели в 1,4 раза меньше боковых побегов, а индивидуальная продуктивность семян была ниже в 3,6 раза.

Таким образом, изучение вегетации арахиса на естественном инфекционном фоне в почвенно-климатических условиях г. Белгорода выявлены 15 видов микроскопических грибов в ризосфере и 9 видов – в филлоплане арахиса. Большинство (69%) микромицетов ризосферы арахиса являются оппортунистическими и 23% могут вызывать у человека аллергии.

При выращивании арахиса выявлены чувствительные (*Aspergillus ochraceus*, *A. terreus*, *A. ustus*, *Candida albicans*, *Curvularia lunata*, *Fusarium oxysporum*, *Trichothecium roseum*) и индикаторные (*Aspergillus candidus*, *Penicillium funiculosum*, *Rhizopus microspores*, *Trichoderma lignorum*) к прижизненным корневым экссудатам виды.

Представители темноокрашенных гифомицетов *Alternaria alternate* присутствовали в ранге случайного вида в ризосфере арахиса и были обнаружены в его филлоплане. Кроме того, этот вид являлся причиной альтернариозной пятнистости и в отдельные годы приводил к потере 80% семян арахиса. Поэтому, изучение характеристик болезней арахиса в агрофитоценозе должно послужить обоснованием для разработки и применения современных методов защиты растений. В связи с чем чрезвычайно актуально контролировать рост микроскопических грибов в ризосфере и филлоплане культурных растений.

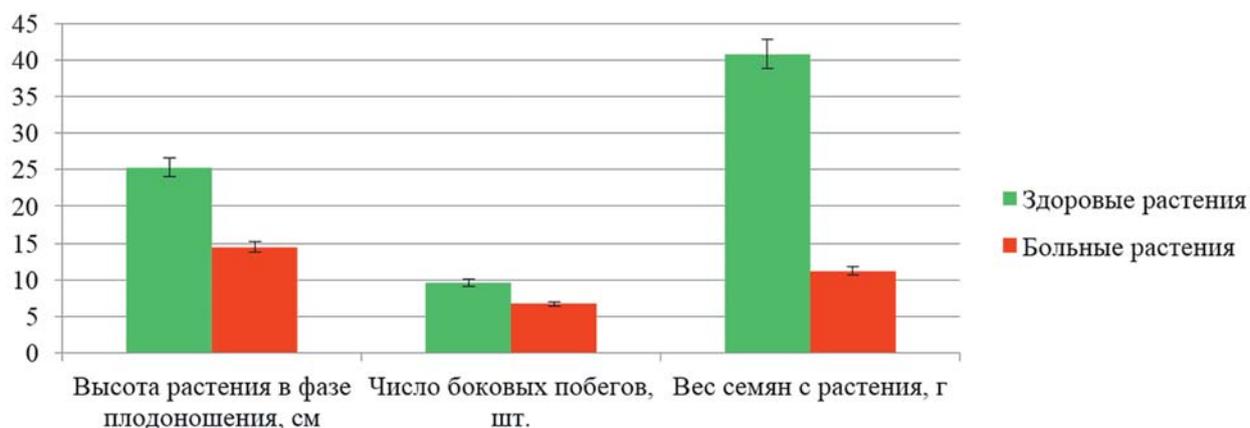


Рис. 4. Сравнение показателей здоровых (без признаков поражения) и больных (с альтернариозной пятнистостью) растений арахиса культурного (данные 2014 г., когда поражение альтернариозом было наибольшим)
Fig. 4. Comparison of indicators of healthy (without signs of damage) and diseased (with Alternarioid spotting) of cultivated peanut plants (data of 2014, when the defeat of Alternariosis was the greatest)

Об авторе:

Юлия Николаевна Куркина – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры биотехнологии и микробиологии, <https://orcid.org/0000-0001-9180-1257>, Scopus Author ID 5702176800

About the author:

Yulia N. Kurkina – Cand. Sci. (Agriculture), Associate professor of the Department of Biotechnology and Microbiology, <https://orcid.org/0000-0001-9180-1257>, Scopus Author ID 5702176800

• References

1. Кишлян Н.В., Бемова В.Д., Матвеева Т.В., Гаврилова В.А. Биологические особенности и возделыванием арахиса (обзор). *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2020;181(1):119-127. DOI: 10.30901/2227-8834-2020-1-119-127
2. Wang M.L., Khera P., Pandey M.K., Wang H., Qiao L., Feng S. et al. Genetic Mapping of QTLs Controlling Fatty Acids Provided Insights into the Genetic Control of Fatty Acid Synthesis Pathway in Peanut (*Arachis hypogaea* L.). *Plos one*. 2015;10(4):e0119454. DOI: 10.1371/journal.pone.0119454.
3. Стриженко А.В., Яковлева Т.В. Продукты переработки семян арахиса в рецептурах бисквитных полуфабрикатов функционального назначения. *Научно-теоретический журнал*. 2015;(1):176-179.
4. Козубаева Л.А., Кузьмина С.С. Перспективы применения арахиса в производстве капкейков. *Ползуновский вестник*. 2021;(2):20-26. DOI: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.02.003.
5. О стратегии научно-технологического развития Российской Федерации: Указ Президента РФ №642 от 01.12.2016. Собрание законодательства Российской Федерации, 2016;(49):6887.
6. Михайлов В.А., Вершинина О.Л., Росляков Ю.Ф., Шпаков А.В. Характеристика семян арахиса и их применение в хлебопечении. *Успехи современного естествознания*. 2005;(5):55. ID: 12931401.
7. Елисеева Л.Г., Юрина О.В., Луценко Л.М. Эффективность использования природных антиоксидантов для увеличения срока хранения ореховых снеков. *Пищевая промышленность*, 2015;(12):30-34. ID: 25668763.
8. Туз Р.К., Подольная Л.П., Асфандиярова М.Ш., Дубовская А.Г., Еремин В.А., Мигачева Е.О. Изменчивость образцов арахиса селекции ВНИИМК в условиях Астраханской области. *Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур*. 2018;4(176):64-67. DOI 10.25230/2412-608X-2018-3-175-64-67.
9. Михайлов В.А., Гончар В.В., Росляков Ю.Ф., Дамения М.Е. Микробиологическая характеристика семян арахиса, используемых в хлебопечении. *Успехи современного естествознания*. 2005;(5):56.
10. Кароматов И.Д., Халилова Р.С. Лечебные свойства арахиса. Электронный научный журнал «Биология и интегрированная медицина». 2019;1(29):227-235.
11. Ракозов Ш.И., Мирзоев Д.М., Кононенко Г.П., Буркин А.А. Микотоксины в бобах арахиса, выращенного в Таджикистане. *Российский журнал «Проблемы ветеринарной санитарии, гигиены и экологии»*. 2018;4(28):74-79. DOI: 10.25725/vet.san.hygiene.ecol.201804011.
12. Семенова И.Г., Соколова Э.С. Фитопатология. М.: Академия, 2003.
13. Метлицкий Л.В., Озерковская О.Л. Как растения защищаются от болезней. М.: Наука, 1985.
14. Жернов Г.О. Видовой состав, биологические особенности возбудителей болезней в агрофитоценозе сои и агроэкологическая оценка приемов защиты в Курганской области. Дис. ... канд. биол., 2014. 157 с.
15. Gonzalez E., Nogueira J.Y., Fonseca H. et al. Mycobiota and mycotoxins in Brazilian peanut kernels from sowing to harvest. *Int. J. Food Microbiol.* 2008;(123):184-190.
16. Mphande F.A., Siame B.A., Taylor J.E. Fungi, aflatoxins and cyclopiazonic acid associated with peanut retailing in Botswana. *J. Food Prot.* 2004;(67):96-102.
17. Novas M.V., Cabral D. Association of mycotoxin and sclerotia production with compatibility groups in *Aspergillus flavus* from peanut in Argentina. *Plant Dis.* 2002;(86):215-219.
18. Pildain M.B., Vaamonde G., Cabral D. Analysis of population structure of *Aspergillus flavus* from peanut based on vegetative compatibility, geographic origin, mycotoxin and sclerotia production. *Int. J. Food Microbiol.* 2004;(93):31-40.
19. Tresner H.D., Bacus M.P., Curtis I.T. Soil microfungi in relation to the hardwood forest continuum in Southern Wisconsin. *Mycologia*. 1954;46(3):314.
20. Zak J.C., Willig M.R. Fungal biodiversity patterns. In: Biodiversity of fungi. Inventory and monitoring methods. USA: Elsevier Academic Press, 2004. P.59-75.
21. Чудинова Ю.В., Наплекова Н.Н. Влияние микроорганизмов из ризосферы льна на всхожесть и рост ростков и корней редиса. *Вестник Алтайского ГАУ*. 2009;57(7):14-18.
22. Берсенева О.А., Саловарова В.П., Префикс А.А. Почвенные микромицеты основных природных зон. *Известия Иркутского государственного университета. Серия «Биология. Экология»*. 2008;1(1):3-9.
23. Kurkina Yu.N., Nguen T-L, Huong, Ngo T-D, Kieu, Lasarev A.V. Pathogenicity of micromycete strains isolated from the Legume rhizosphere and phylloplane. *International Journal of Pharmacy and Technology*. 2016;8(2):14441-14445.
24. Сенчакова Т.Ю., Свистова И.Д. Спектр биологической активности микромицетов черемухи. *Проблемы медицинской микологии*. 2009;11(1):30-33.
25. Кочкина Г.А., Иванушкина Н.Е., Зякун А.М., Рачиба М.Г., Озерская С.М. Мицелиальные аллергенные грибы на сухом пищевом и лекарственном растительном сырье. *Иммунопатология, аллергология, инфектология*, 2004;(1):49-55.
26. Кузикова И.Л., Медведева Н.Г. Оппортунистические грибы – контаминанты среды обитания человека и их потенциальная патогенность. *Экология человека*. 2021;(3):4-14.
27. Скоробогатова Р.А., Шинкель Т.В., Малащичкая Н.В., Жебрак И.С. Микобиота пищевых и лекарственных субстратов из растений. *Современная микология в России. Том 2. Материалы второго съезда микологов России*, 2008. С.105-106.
28. Станчева И. Атлас болезней сельскохозяйственных культур. Т.4. Болезни технических культур, 2003.
29. Хохлаков М.К., Доброзракowa Т.Л., Степанов К.М., Летова М.Ф. Определитель болезней растений, 2003.
30. Куркина Ю.Н. Болезни овощных бобов, вызываемые микроскопическими грибами. *Овощи России*. 2018;(3):99-104. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2018-3-99-104>

• References

1. Kishlyan N.V., Bemova V.D., Matveeva T.V., Gavrilova V.A. Biological peculiarities and cultivation of groundnut (a review). *Proceedings on applied botany, genetics and breeding*, 2020;181(1):119-127. (In Russ.) DOI: 10.30901/2227-8834-2020-1-119-127
2. Wang M.L., Khera P., Pandey M.K., Wang H., Qiao L., Feng S. et al. Genetic Mapping of QTLs Controlling Fatty Acids Provided Insights into the Genetic Control of Fatty Acid Synthesis Pathway in Peanut (*Arachis hypogaea* L.). *Plos one*. 2015;10(4):e0119454. DOI: 10.1371/journal.pone.0119454.
3. Strizhenko A.V., Yakovleva T.V. Processing products of peanut seeds in the recipes of biscuit semi-finished products for functional purposes. *Scientific and theoretical journal*, 2015;(1):176-179. (In Russ.)
4. Kozubaeva L.A., Kuzmina S.S. Prospects for the use of peanuts in the production of cupcakes. *Polzunovskiy vestnik*. 2021;(2):20-26. (In Russ.) DOI: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.02.003.
5. On the strategy of scientific and technological development of the Russian Federation: Decree of the President of the Russian Federation No. 642 dated 01.12.2016. Collection of legislation of the Russian Federation. 2016;(49):6887. (In Russ.) URL: <https://www.prib.ru/en/node/680193>
6. Mikhailov V.A., Vershinina O.L., Roslyakov Yu.F., Shpakov A.V. Characteristics of peanut seeds and their use in baking. *Successes of modern natural science*. 2005;(5):55. ID: 12931401. (In Russ.)
7. Eliseeva L.G., Yurina O.V., Lutsenko L.M. The effectiveness of using natural antioxidants to increase the shelf life of nut snacks. *Food industry*. 2015;(12):30-34. ID: 25668763. (In Russ.)
8. Tuz R.K., Podolnaya L.P., Asfandiayrova M.Sh., Dubovskaya A.G., Eremin V.A., Migacheva E.O. Variability of peanut samples of VNIIMK breeding in the conditions of the Astrakhan region. *Scientific and technical bulletin of the All-Russian Scientific Research Institute of Oilseeds*. 2018;(4):176. (In Russ.)
9. Mikhailov V.A., Gonchar V.V., Roslyakov Yu.F., Damiya M.E. Microbiological characteristics of peanut seeds used in baking. *Successes of modern natural science*. 2005;(5):56. (In Russ.)
10. Karomatov I.D., Khalilova R.S. Medicinal properties of peanuts. Electronic scientific journal "Biology and integrated medicine". 2019;1(29):227-235. (In Russ.)
11. Razokov Sh.I., Mirzoev D.M., Kononenko G.P., Burkin A.A. Mycotoxins in peanut beans grown in Tajikistan. *Russian journal "Problems of veterinary sanitation, hygiene and ecology"*. 2018;4(28):74-79. (In Russ.) DOI: 10.25725/vet.san.hygiene.ecol.201804011
12. Semenova I.G., Sokolova E.S. Plant pathology. 2003. (In Russ.)
13. Metlitsky L.V., Ozerkovskaya O.L. How do plants protect themselves from disease. 1985.
14. Zhernov G.O. Species composition, biological characteristics of pathogens in soybean agrophytocenosis and agroecological assessment of protection methods in the Kurgan region. 2014. 157 p. (In Russ.)
15. Gonzalez E., Nogueira J.Y., Fonseca H. et al. Mycobiota and mycotoxins in Brazilian peanut kernels from sowing to harvest. *Int. J. Food Microbiol.* 2008;(123):184-190.
16. Mphande F.A., Siame B.A., Taylor J.E. Fungi, aflatoxins and cyclopiazonic acid associated with peanut retailing in Botswana. *J. Food Prot.* 2004;(67):96-102.
17. Novas M.V., Cabral D. Association of mycotoxin and sclerotia production with compatibility groups in *Aspergillus flavus* from peanut in Argentina. *Plant Dis.* 2002;(86):215-219.
18. Pildain M.B., Vaamonde G., Cabral D. Analysis of population structure of *Aspergillus flavus* from peanut based on vegetative compatibility, geographic origin, mycotoxin and sclerotia production. *Int. J. Food Microbiol.* 2004;(93):31-40.
19. Tresner H.D., Bacus M.P., Curtis I.T. Soil microfungi in relation to the hardwood forest continuum in Southern Wisconsin. *Mycologia*. 1954;46(3):314.
20. Zak J.C., Willig M.R. Fungal biodiversity patterns. In: Biodiversity of fungi. Inventory and monitoring methods. USA: Elsevier Academic Press, 2004. P.59-75.
21. Chudinova Yu.V., Naplekova N.N. Influence of microorganisms from the flax rhizosphere on the germination and growth of radish sprouts and roots. *Bulletin of the Altai State Agrarian University*. 2009;57(7):14-18. (In Russ.)
22. Berseneva O.A., Salovarova V.P., Prefix A.A. Soil micromycetes of the main natural zones. *News of the Irkutsk State University. Series "Biology. Ecology"*. 2008;1(1):3-9. (In Russ.)
23. Kurkina Yu.N., Nguen T-L, Huong, Ngo T-D, Kieu, Lasarev A.V. Pathogenicity of micromycete strains isolated from the Legume rhizosphere and phylloplane. *International Journal of Pharmacy and Technology*. 2016;8(2):14441-14445.
24. Senchakova T.Yu., Svistova I.D. Spectrum of biological activity of chemozem micromycetes. *Problems of medical mycology*. 2009;11(1):30-33. (In Russ.)
25. Kochkina G.A., Ivanushkina N.E., Zyakun A.M., Rachiba M.G., Ozerskaya S.M. Mycelial Allergenic Fungi on Dry Foodstuffs and Medicinal Herbs. *Immunopathology, allergology, infectology*. 2004;(1):49-55. (In Russ.)
26. Kuzikova I.L., Medvedeva N.G. *Human Ecology*. 2021;(3):4-14. (In Russ.)
27. Skorobogatova R.A., Shinkel T.V., Malashchitskaya N.V., Zhebrak I.S. Mycobiota of food and medicinal substrates from plants. *Modern mycology in Russia. Volume 2. Materials of the second congress of mycologists of Russia*. 2008. P.105-106. (In Russ.)
28. Stancheva Y. Atlas of diseases of agricultural crops. T.4. Diseases of industrial crops. 2003. (In Russ.)
29. Khokhryakov M.K., Dobrozrakowa T.L., Stepanov K.M., Letova M.F. Key to Plant Diseases. 2003. (In Russ.)
30. Kurkina Yu.N. Diseases of broad beans caused by microscopic fungi. *Vegetable crops of Russia*. 2018;(3):99-104. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2018-3-99-104>