

## БИОХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ КУЛЬТУРАЛЬНОГО ФИЛЬТРАТА ШТАММОВ ГРИБА COLLETOTRICHUM LINI И ЕГО ИЗМЕНЕНИЕ В ПРОЦЕССЕ РОСТА И РАЗВИТИЯ ПАТОГЕНА

© 2024. Н. В. Пролётова, В. С. Зотова

ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур»,  
г. Тверь, Российская Федерация

*Исследования проводили на базе лаборатории селекционных и биотехнологий ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур» (Тверская и Смоленская области). Целью исследования являлось изучение изменения химического состава культуральных фильтратов в процессе роста и развития гриба Colletotrichum lini Manns et. Volley. Результаты исследований оптической плотности показали, что количество белков в культуральных фильтратах менялось в течение всего периода культивирования. Их накопление происходило до 28 суток. В дальнейшем оптическая плотность уменьшалась. Исследования показали, что накопление белков в культуральном фильтрате штамма 639 происходило более интенсивно. Высказано предположение, что, скорее всего, снижение количества белков в культуральных фильтратах после 28 суток культивирования гриба связано с недостатком питания, поскольку после 28 суток рост биомассы продолжался, а новые питательные элементы в среду не поступали. Качественный анализ свободных аминокислот показал, что в культуральных фильтратах штаммов 419 и 639 выявлены свободные аминокислоты аргинин, аланин, глицин, треонин, аспарагин, цистеин, аспарагиновая и глутаминовая кислоты. Тирозин и лизин определены лишь у сильновирулентного штамма 639 на 35 и 42 сутки, соответственно. Выявлено, что токсичность культурального фильтрата зависела от агрессивности и степени вирулентности штамма возбудителя антракноза – 23-суточный культуральный фильтрат агрессивного сильновирулентного штамма 639 более токсичен, чем культуральный фильтрат менее агрессивного средневирулентного штамма. По-видимому, токсичность культуральных фильтратов, в том числе, зависит от присутствия в них цистеина и тирозина – аминокислот, обладающих высокой реакционной способностью в отношении растительных и животных клеток.*

**Ключевые слова:** антракноз, лён, культуральный фильтрат, белки, аминокислоты, оптическая плотность.

**Благодарности:** исследования выполнены в рамках Государственного задания ФГБНУ ФНЦ ЛК по теме № FGSS-2024-0004.

**Для цитирования:** Пролётова Н.В., Зотова В.С. Биохимический состав культурального фильтрата штаммов гриба Colletotrichum lini и его изменение в процессе роста и развития патогена. Технические культуры. Научный сельскохозяйственный журнал. 2024; 1(4):(42–49). DOI: 10.54016/SVITOK.2024.12.87.006

Поступила: 19.02.2024 Принята к публикации: 28.02.2024 Опубликована: 28.03.2024

## BIOCHEMICAL COMPOSITION OF CULTURE FILTRATE OF COLLETOTRICHUM LINI FUNGUS STRAINS AND ITS CHANGES DURING THE PROCESS OF GROWTH AND DEVELOPMENT OF THE PATHOGEN

© 2024. N. V. Proletova, V. S. Zotova,

Federal Research Center for Bast Fiber Crops  
Tver, Russian Federation

*The research was carried out on the basis of the laboratory of breeding and biotechnology of the Federal State Budgetary Institution "Federal Research Center for Bast Fiber Crops" (Tver and Smolensk regions).*

*The research objective was to study changes in the chemical composition of cultural filtrates during the growth and development of the fungus *Colletotrichum lini* Manns et. Bolley. The results of optical density studies showed that the amount of proteins in the culture filtrates varied throughout the cultivation period. Their accumulation occurred up to 28 days. Subsequently, the optical density decreased. Studies have shown that the accumulation of proteins in the culture filtrate of strain 639 occurred more intensively. It has been suggested that, most likely, the decrease in the amount of proteins in the culture filtrates after 28 days of fungi cultivation is due to a lack of nutrition, since after 28 days the growth of biomass continued, and new nutrients did not enter the medium. Qualitative analysis of free amino acids showed that free amino acids arginine, alanine, glycine, threonine, asparagine, cysteine, aspartic acid and glutamic acid were detected in the culture filtrates of strains 419 and 639. Tyrosine and lysine were detected only in highly virulent strain 639 on days 35 and 42, respectively. It was revealed that the toxicity of the culture filtrate depended on the aggressiveness and degree of virulence of the anthracnose pathogen strain – the 23-day culture filtrate of the aggressive highly virulent strain 639 is more toxic than the culture filtrate of the less aggressive medium-virulent strain. Apparently, the toxicity of culture filtrates, among other things, depends on the presence of cysteine and tyrosine in them – amino acids with high reactivity against plant and animal cells.*

**Keywords:** anthracnose, flax, culture filtrate, proteins, amino acids, optical density.

**Acknowledgments:** the research was carried out within the framework of the State Assignment of the Federal State Budgetary Research Institution «Federal Research Center for Bast Fiber Crops» on the topic No. FGSS-2024-0004.

**For citation:** Proletova N.V., Zotova V.S. Biochemical composition of the culture filtrate of *Colletotrichum lini* fungus strains and its changes during the process of growth and development of the pathogen. Technical crops. Scientific agricultural journal. 2024; 1(4):(42–49). DOI: 10.54016/SVITOK.2024.12.87.006

Received: 19.02.2024 Accepted for publication: 28.02.2024 Published: 28.03.2024

**В**ведение. Поражаемость льна патогенами является одним из лимитирующих факторов его возделывания. Из комплекса болезней, встречающихся на культуре, вредоносной является антракноз – заболевание, возбудителем которого является несовершенный гриб *Colletotrichum lini* Manns et Bolley. Патоген может поражать различные части льна (всходы, стебли, листья, коробочки, семена) в течение всего вегетационного периода. Антракноз льна распространяется с остатками растений, семенами, насекомыми, дождем, ветром, через почву, а также при контакте больных и здоровых растений [2, 4, 6, 12, 17]. Развитию антракноза льна способствует влажная теплая погода, а также поздние сроки посева и легкие кислые почвы. При заражении антракнозом растения покрываются бурыми пятнами и вылегают. Наибольшую опасность антракноз представляет для всходов льна. Выжившие растения отстают в росте. Это снижает урожайность и затрудняет механизированную уборку. При сильном развитии инфекции недобор льноволокна достигает 30%. Кроме того, всхожесть семян, собранных с инфицированных растений, гораздо ниже, чем у здо-

ровых. Солома пораженных растений легкая и ломкая, волокно низкого качества [2, 4, 10, 13]. Агрессивность возбудителя антракноза объясняется высокой воспроизводимостью патогена. В то же время патогенность и вирулентность антракноза – свойства, более стабильные, чем агрессивность. Агрессивность, в отличие от вирулентности и патогенности, может варьировать в зависимости от условий окружающей среды [2, 4, 6, 7].

Все большее значение в настоящее время приобретает проблема устойчивости льна к антракнозу. Протравливание семян химическими средствами создает дополнительную экологическую нагрузку и приводит к снижению ареала использования льнопродукции. А создание новых, устойчивых к антракнозу сортов льна селекционными методами является одним из путей решения проблемы устойчивости [7, 10, 13]. Актуальным является получение нового селекционного материала льна с использованием селективных систем *in vitro*, имитирующих искусственный инфекционный фон [4, 5, 7, 8, 9]. Создание таких условий обеспечивает проявление генов устойчивости, и при этом создается возможность отбора нужных вариантов клеток.

Для создания новых форм – соматоклонов, устойчивых к патогену, селективные агенты в питательную среду вносят отдельно и в различных комбинациях на этапах пролиферации и морфогенеза каллусной ткани. Подобные биотехнологические приемы позволяют проводить *in vitro* отбор клеток, устойчивых к селективному агенту, а в последующем и растений-регенерантов, устойчивых к антракнозу. При этом уменьшаются физические объемы экспериментального материала, трудозатраты и значительно сокращаются сроки создания новых высокопродуктивных сортов льна. В качестве селективного агента при селекции *in vitro* на устойчивость к антракнозу используют культуральные фильтраты штаммов возбудителя [5, 7, 8, 9]. Штаммы патогена различаются по культурально-морфологическим признакам, и, соответственно, культуральные фильтраты, полученные на основе этих штаммов, различаются между собой. Характеристика культуральных фильтратов во многом зависит от вирулентности используемого штамма, его агрессивности и концентрации продуктов жизнедеятельности, выделенных в среду культивирования. Поэтому необходимость определения аминокислотного состава культурального фильтрата и содержания в нём белков в динамике возникла в процессе решения вопроса о структуре метаболитов штаммов гриба, продуцируемых его клетками в среду культивирования, токсичности такой среды для клеток льна [11, 14, 16].

**Методика исследований.** Исследования проводили на базе лаборатории селекционных и биотехнологий ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур» (Тверская и Смоленская области). Объектом исследований служили штаммы гриба – возбудителя антракноза льна *Colletotrichum lini* Manns et Volley.

Штаммы патогена из коллекции микроорганизмов – возбудителей болезней льна предоставлены ведущим научным сотрудником лаборатории иммунитета Кудрявцевой Л.П. Штамм возбудителя антракноза 639 характеризовался как агрессивный, сильно-вирулентный, быстрорастущий, с обильным спороношением. Штамм возбудителя антракноза 419 – умеренно агрессивный, средневирулентный, быстрорастущий, с обильным спороношением.

Схема исследований:

1. Культивирование мицелия гриба в течение 50 суток на жидкой среде Sh-2, не содержащей регуляторы роста, согласно модифицированной методике Проценко М.А. с соавторами [9].

2. Определение интенсивности спороношения штаммов антракноза в капле дистиллированной воды с помощью камеры Горяева под микроскопом МБИ-6.

3. Расчёт количества спор патогена в 1 см<sup>3</sup> по формуле:  $N/20 \times 10^6$ , где N – количество конидий в поле зрения микроскопа в камере Горяева.

4. Определение аминокислотного состава культурального фильтрата (КФ) штаммов на 7, 14, 21, 28, 35, 42 сутки методом распределительной восходящей бумажной хроматографии [11].

5. Расчет содержания белков в культуральных фильтратах штаммов 419 и 639 из уравнения калибровочной кривой, полученной по стандартным растворам кристаллического белка [1].

6. Визуальная оценка прироста биомассы гриба – возбудителя антракноза на 7, 14, 28, 35, 42 и 50 сутки.

Статистическая обработка выполнена с помощью пакета программ Microsoft Excel, с использованием метода первичной статистической обработки результатов эксперимента – определения выборочной средней величины.

**Результаты и их обсуждение.** Характер накопления белков в культуральных фильтратах возбудителя антракноза неизвестен и таких данных в литературных источниках не удалось обнаружить. В связи с чем использовали два метода определения количества белков с разной степенью чувствительности. В исследованиях использовали КФ гриба *Colletotrichum Lini* сильновирулентного штамма 639 и средневирулентного штамма 419.

На первом этапе определения содержания белков оптическую плотность КФ этих штаммов определяли по методу биуретовой реакции в динамике через каждые 7 суток. Анализ полученных данных показал, что изменение количества белков наблюдалось в течение всего периода культивирования. Причем, накопление белков происходило до 28 суток, как для штамма 419 (0,243), так и для штамма 639 (0,357). В дальнейшем опти-

ческая плотность уменьшалась и составляла для штамма 419 – 0,044, а для штамма 639 – 0,08. Больше количество белков содержалось в культуральном фильтрате сильновирulentного штамма 639 возбудителя антракноза в течение всего периода роста гриба на питательной среде.

Расчет содержания белков в КФ штаммов 419 и 639 находили из уравнения калибровочной кривой, полученной по стандартным растворам кристаллического белка. Исследования показали, что накопление белков в КФ штамма 639 происходило более интенсивно. Однако максимальное содержание белков наблюдали на 28 сутки в КФ обоих штаммов. Так, на 7 сутки концентрация (С) белков в КФ штамма 419 составила 0,172 мг/10 мл, а штамма 639 – 0,325 мг/10 мл. На 14 сутки концентрация (С) белков в КФ штамма 419 составила 0,999 мг/10 мл, штамма 639 – 1,45 мг/10 мл. На 21 сутки, соответственно, 1,14 мг/10 мл и 1,61 мг/10 мл. На 28 сутки – 1,22 мг/10 мл и 1,69 мг/10 мл, соответственно. При дальнейшем культивировании штаммов на питательной среде было выявлено, что количество белков в

КФ снижалось. На 35 сутки концентрация (С) белка в КФ штамма 419 составила 0,824 мг/10 мл, штамма 639 – 1,17 мг/10 мл. На 42 сутки – 0,312 мг/10 мл и 0,392 мг/10 мл, соответственно. Скорее всего, снижение количества белков в культуральных фильтратах связано с недостатком питания. До 28 суток в используемом объеме питательных веществ хватало для разрастающейся биомассы гриба. После 28 суток рост биомассы продолжался, а новые питательные элементы в среду не поступали.

Разнообразие и специфичность существующих белков в природе определяются аминокислотным составом и генетически точно заданной последовательностью аминокислот в полипептидной цепи [3, 15].

Качественный анализ свободных аминокислот показал, что в культуральных фильтратах штаммов 419 и 639 выявлены следующие свободные аминокислоты – аргинин, аланин, глицин, треонин, аспарагин, цистеин, аспарагиновая и глутаминовая кислоты. Тирозин и лизин определены лишь у сильновирulentного штамма 639 на 35 и 42 сутки, соответственно (табл. 1).

**Таблица 1 – Аминокислотный состав КФ некоторых штаммов гриба – возбудителя антракноза в динамике**

Название аминокислот	Наличие аминокислот в культуральных фильтратах штаммов											
	639						419					
	7	14	21	28	35	42	7	14	21	28	35	42
Аргинин	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+
Аланин	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Глицин	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Треонин	-	-	+	+	+	+	-	-	+	+	+	+
Аспарагин	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Цистеин	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Аспарагиновая кислота	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Глутаминовая кислота	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Тирозин	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-
Лизин	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-

В результате исследований выявлено, что уже на 7 сутки в КФ обоих штаммов присутствовали аланин, глицин, треонин, аспарагин, цистеин, аспарагиновая и глутаминовая кислоты. В течение всего периода культиви-

рования мицелия грибов в КФ средневирулентного штамма определялся аргинин, который не присутствовал в КФ 639 сильновирulentного штамма.

Анализ токсичности культуральных филь-

тратов в период роста мицелия гриба показал, что наибольшей токсичностью обладал 23-суточный КФ агрессивного сильновирulentного штамма 639 (табл. 2). Прирост ко-

решков и гипокотилей льна при использовании КФ штамма 639 был меньшим у всех генотипов, взятых в исследования.

**Таблица 2 – Влияние 23-суточного КФ штаммов возбудителя антракноза льна *Colletotrichum lini* на величину проростков льна (корешки, гипокотили)**

Генотип льна	Средняя длина корешка, мм ± Sp						Средняя длина гипокотыля, мм ±Sp					
	3-и сутки	% к контролю	8-е сутки	% к контролю	15-е сутки	% к контролю	3-е сутки	% к контролю	8-е сутки	% к контролю	15-е сутки	% к контролю
Пенджаб – КФ штамма 419	1±0,1	12,5	7,1 ±0,2	23,7	16,3±0,16	20,9	0	0	1±0,2	12,5	23±0,4	29,1
Пенджаб – КФ штамма 639	1±0,08	12,5	4,9±0,16	16,3	13,3±0,2	17	0	0	1±0,17	12,5	11,9 ±0,22	14,4
Алексим – КФ штамма 419	2±0,1	19,4	8,1±0,1	20,3	13±0,17	21,5	7,1	10,8±0,1	34,4±0,22	39,8	2±0,13	19,4
Алексим – КФ штамма 639	1,2±0,15	11,7	6,2±0,06	15,5	10,8±0,1	17,9	4,4	6,7±0,1	18,9±0,24	21,9	1,2±0,08	11,7
Л 957-8-4 – КФ штамма 419	0,7±0,22	25	4,3±0,2	23,5	7,8±0,2	22,3	10	25,3±0,12	12,5±0,15	24,4	0,7±0,16	25
Л 957-8-4 – КФ штамма 639	0,5±0,03	17,9	3,7±0,17	20,2	7,4±0,13	19,5	2,9	7,3±0,08	12,4±0,13	20,8	0,5±0,15	17,9
Л 1506-8-4 – КФ штамма 419	0,8±0,1	8,2	4,8±0,12	13	9,5±0,22	13,8	3,3	6,5±0,03	11,7±0,14	15,1	0,8±0,15	8,2
Л 1506-8-4 – КФ штамма 639	0,7±0,05	7,5	3,4±0,15	9,3	7, ±0,22	10,4	0	0	8,9±0,2	11,5	0,7±0,12	7,5

Так, например, при анализе средней длины корешка (проращивание семян на фильтровальной бумаге, смоченной КФ) у генотипа Пенджаб на 15 сутки установлено, что у КФ штамма 419 (среднеагрессивного средневирulentного) эта величина составила 20,9% к контролю (16,3 мм), у КФ штамма 639 (агрессивного сильновирulentного) – 17% (13,3 мм). У генотипа Л 957-8-4 этот

показатель составил, соответственно, 22,3% (7,8 мм) – у КФ штамма 419, 19,5% (7,4 мм) – у КФ штамма 639.

При анализе средней длины гипокотеля (проращивание семян льна на селективной среде, содержащей КФ) у всех генотипов, взятых в исследования, эта величина была выше у КФ среднеагрессивного штамма (29,0% – у сорта Пенджаб, 19,4% – у сорта

Алексим, 25% – у линии Л 957-8-4, 8,2% – у линии Л 1506-8-4). В то время как на селективной среде, содержащей КФ агрессивного штамма 639, средняя длина гипокотеля была ниже (14,4%; 11,7%; 17,9%; 7,5%, соответственно).

Как показали результаты проведенных исследований, токсичность культурального фильтрата зависела от агрессивности и степени вирулентности штамма возбудителя антракноза – КФ агрессивного сильно-вирулентного штамма более токсичен, чем КФ менее агрессивного средневирулентного штамма. Возможно, что одним из факторов токсичности КФ является наличие в культуральном фильтрате тирозина и цистеина, отличающихся высокой реакционной способностью.

Известно, что различные функциональные группы природных аминокислот широко используются в синтезе многих биологически активных веществ [1]. В качестве примера охарактеризуем некоторые аминокислоты, определённые нами в культуральных фильтратах штаммов 419 и 639 методом распределительной восходящей бумажной хроматографии.

Цистеин – это неполярная аминокислота, состоящая из двух молекул серина, соединенных между собой дисульфидной связью. Важный компонент многих белков, ферментов. Принимает участие в различных биологических процессах. Характерная особенность химического строения цистеина – наличие сульфгидрильной группы, отличающейся высокой реакционной способностью [3, 15]. Концентрация выявленного цистеина в КФ штамма 419 составляла  $C=2 \cdot 10^{-3}$  моль/л, т (цистеина) =  $C \cdot V \cdot M = 1,25 \cdot 10^{-4}$  г; в КФ штамма 639 –  $C=3,2 \cdot 10^{-2}$  моль/л; т (цистеина) =  $C \cdot V \cdot M = 1,9 \cdot 10^{-3}$  г. Количество цистеина выше было в КФ сильновирулентного штамма 639.

Глутамин – аминокислота, которая может синтезироваться в достаточном количестве в организме. Глутамин участвует в синтезе других аминокислот, биосинтезе углеводов, принимает участие в синтезе нуклеиновых кислот и т.д. [3, 15]. Глутамин присутствует в питательных средах для культивирования клеток и тканей льна. Концентрация глутамина в КФ составляла  $C = 1,1 \cdot 10^{-1}$  моль/л, т (глутамина) =  $1,12 \cdot 10^{-2}$  г в КФ штамма 419;

$C=7,4 \cdot 10^{-1}$  моль/л, т (глутамина) =  $7,5 \cdot 10^{-2}$  г – в КФ штамма 639. Количество глутамина значительно выше в КФ сильновирулентного штамма 639.

Аспарагин – одна из 20 наиболее распространенных в природе аминокислот. Предшественником аспарагина является оксалоацетат [3, 15]. Также аспарагин является аминокислотой, которую вносят в состав питательных сред для культивирования клеток и тканей льна. Его концентрация составляла  $C=1,410^{-1}$  моль/л, т (аспарагин) =  $1,3 \cdot 10^{-2}$  г – в КФ штамма 419;  $C=2,0 \cdot 10^{-1}$  моль/л, т (аспарагин) =  $1,8 \cdot 10^{-2}$  г – в КФ штамма 639. Количество глутамина несколько выше в КФ сильновирулентного штамма 639.

Аргинин отвечает за синтез белков и протеина, принимает участие в образовании оксида азота, обеспечивая нормальную работу всех органов. Характерной особенностью аргинина является наличие в его молекуле наряду с  $\alpha$ -аминогруппой амидиновой группы ( $\text{NH}_2\text{-CNH}$ ), которой принадлежит важная роль в обмене азотистых веществ [3, 15]. В КФ отмечено присутствие аргинина в концентрации  $C=1,2 \cdot 10^{-2}$  моль/л, т (аргинина) =  $1,3 \cdot 10^{-3}$  г – в КФ штамма 419;  $C=2,0 \cdot 10^{-2}$  моль/л, т (аргинина) =  $2,2 \cdot 10^{-3}$  г – в КФ штамма 639. Количество глутамина несколько выше в КФ сильновирулентного штамма 639.

Тирозин – ароматическая альфа-аминокислота. Существует в двух оптически изомерных формах – L и D и в виде рацемата (DL). По строению соединение отличается от фенилаланина наличием фенольной гидроксильной группы в параположении бензольного кольца. L-тирозин является протеиногенной аминокислотой и входит в состав белков всех известных живых организмов. Тирозин входит в состав ферментов, во многих из которых именно тирозину отведена ключевая роль в ферментативной активности и её регуляции. Тирозин образуется из фенилаланина – производного цистеина [3, 15]. Концентрация тирозина в КФ штамма 419 составляла  $C=3,0 \cdot 10^{-3}$  моль/л, т (тирозина) =  $3,8 \cdot 10^{-4}$  г; в КФ штамма 639 –  $C=8,210^{-2}$  моль/л, т (тирозина) =  $1,04 \cdot 10^{-3}$  г.

**Выводы.** В результате исследований в культуральных фильтратах штаммов 419 и 639 выявлены свободные аминокислоты: аргинин, аланин, глицин, треонин, аспарагин, цистеин, аспарагиновая и глутаминовая

кислоты. У сильновирulentного штамма 639 на 35 и 42 сутки определены тирозин и лизин. Присутствие в КФ гриба *Colletotrichum lini* аминокислот цистеин, (продукта синтеза фенилаланина), начиная с раннего срока культивирования гриба, говорит о возможном наличии, на определённом этапе, самого фенилаланина – сильнейшего ингибитора роста растительных клеток. Поэтому возможно, что одним из слагающих токсичности культуральных фильтратов гри-

ба – возбудителя антракноза льна является факт наличия данной аминокислоты. В то же время присутствие таких аминокислот, как аспарагин, глутамин, доказывают возможность индуцирования морфогенетической активности клеток льна-долгунца при соответствующем подборе оптимальных концентраций культуральных фильтратов в селективной среде для получения новых, устойчивых к антракнозу форм льна биотехнологическими методами.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абрамова З.И. Исследование белков и нуклеиновых кислот (учебное пособие). – Казанский государственный университет им. В.И.Ульянова-Ленина, 2006. – 157 с.
2. Карпунин Б.Ф. Антракноз льна: лекция на устойчивость. – Lap Lambert Academic Publishing, 2016. – 113 с.
3. Кретович В.Л. Основы биохимии растений. – М.: Высшая школа, 1971. – 464 с.
4. Кудрявцева Л.П., Прасолова О.В. Групповая устойчивость сортов – важный приоритет селекции льна-долгунца // Аграрный вестник Верхневолжья. – 2018. – № 3 (24). – С. 25–30.
5. Курчакова Л.Н. Методика получения культуральных фильтратов гриба *Fusarium oxysporum* и *F. semitectum* и их применение в культуре *in vitro* для получения фузариозоустойчивых форм льна-долгунца // Сборник науч. трудов ВНИИЛ, 1994.– Вып. 28-29. – С. 127–128.
6. Полуэктова Е. В., Берестецкий А. О. Грибы рода *Colletotrichum* как продуценты биологически активных соединений и биогербицидов // Микология и фитопатология. – 2018. – Т. 52. – № 6. – С. 367–381.
7. Пролётова Н.В. Использование биотехнологических методов для создания новых генотипов льна, устойчивых к антракнозу // Достижения науки и техники АПК. – 2019. – Т. 33. – № 8. – С. 24-28.
8. Пролётова Н.В., Кудрявцева Л.П., Виноградова Е.Г. Способ получения регенерантов льна-долгунца, устойчивых к антракнозу, методами *in vitro*: Патент на изобретение RU 2478282 С2. 10.04.2013. Заявка № 2011115728/10 от 20.04.2011.
9. Проценко М.А., Костина Н.Е., Теплякова Т.В. Подбор питательных сред для глубинного культивирования дереворазрушающего гриба *Daedaleopsis tricolor* (Bull.) Bondartsev et singer // Биотехнология. – 2018. – Т. 34. – № 1. – С. 45-51.
10. Рожмина Т.А., Мельникова Н.В., Головлев М.Г., Смирнова М.И., Куземин И.А. Скрининг образцов генофонда льна на устойчивость к неблагоприятным факторам // Достижения науки и техники АПК. – 2018. – Т. 32. – № 10. – С. 11-14.
11. Рудаков О.Б., Рудакова Л.В., Букша М.С. Генотипическая изменчивость аминокислотного состава белков животного и растительного происхождения // Сорбционные и хроматографические процессы. – 2020. – 20(1). – С. 8-21.
12. Руцкая В.И. Антракноз люпина и его биологические особенности // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2018. – № 4(28). – С. 130-135.
13. Трабурова Е.А., Рожмина Т. А. Изучение коллекционных образцов коллекции льна-долгунца (*Linum usitatissimum* L.) // Достижения науки и техники АПК. – 2018. – №11. – С. 40-42.
14. Шамсизаде Л.А., Новрузов Э.Н., АМЕА-нын Хябярляри. Состав и содержание свободных аминокислот в плодах некоторых лекарственных плодово-ягодных растений. – 2011. –Т. 66. – С. 112–119.
15. Якубке Х.Д., Ешкайт Х. Аминокислоты. Пептиды. Белки. – М.: «Мир», 1985. – 82 с.
16. Jayawardena R. S., Li X. H., Liu M., et al. *Colletotrichum*: Biological control, bio-catalyst,

secondary metabolites and toxins // *Mycosphere*. – 2016. – Vol. 7 (8). – Pp. 1164–1176.

17. Novakovskiy R.O., Krasnov G.S., Pushkova E.N. Polymorphism of flax pathogens assessed using deep sequencing / В кн.: *Plant*

*Genetics, Genomics, Bioinformatics, and Biotechnology // PlantGen. Abstracts*. Eds. A.V. Kochetov, E.A. Salina; Institute of Cytology and Genetics, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences. 2019. – С. 145.

#### СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

**Пролётова Наталья Викторовна**, кандидат биол. наук, ведущий научный сотрудник, ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур», 17/56, Комсомольский проспект, г. Тверь, Российская Федерация, 170041, e-mail: n.proletova.trk@fncl.k.ru

**Зотова Вероника Сергеевна**, младший научный сотрудник, ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур», 17/56, Комсомольский проспект, г. Тверь, Российская Федерация, 170041, ORCID:<https://orcid.org/0000-0001-5230-0580>, e-mail: v.erofeeva.sml@fncl.k.ru

**Natalya V. Proletova**, PhD in Biological Sciences, leading researcher, Federal Research Center for Bast Fiber Crops, 17/56, Komsomolsky pr., Tver, Russia Federation, 170041, e-mail: n.proletova.trk@fncl.k.ru

**Veronika S. Zotova**, junior researcher, Federal Research Center for Bast Fiber Crops, 17/56 Komsomolsky pr., Tver, Russian Federation, 170041, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5230-0580>, e-mail: v.erofeeva.sml@fncl.k.ru