

УДК 633.521: 631.52: 632.4

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2021-346-3-85-89>

Краткий обзор/Brief review

Пролетова Н.В.

ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур», 172002, РФ, Тверь, Комсомольский проспект, 17/56
E-mail: science.trk@fncl.ru

Ключевые слова: лен, антракноз, устойчивость, штамм, культуральный фильтрат, незрелый зародыш, каллусные клетки

Для цитирования: Пролетова Н.В. Изучение культуральных фильтратов штаммов возбудителя антракноза для использования в селекции льна *in vitro* на устойчивость к патогену. *Аграрная наука*. 2021; 346 (3): 85–89.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2021-346-3-85-89>**Конфликт интересов отсутствует****Nataliya V. Proletova**

FSBSI "Federal Scientific Center of Bast Cultures", 172002, Russian Federation, Tver, Komsomolsky prospect, 17/56
E-mail: science.trk@fncl.ru

Key words: flax, anthracnose, sustainability, selective agent, culture filtrate

For citation: Proletova N.V. Study of culture filtrates of anthracnose pathogen strains for use in *in vitro* flax breeding for pathogen resistance. *Agrarian Science*. 2021; 346 (3): 85–89. (In Russ.)

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2021-346-3-85-89>**There is no conflict of interests**

Изучение культуральных фильтратов штаммов возбудителя антракноза для использования в селекции льна *in vitro* на устойчивость к патогену

РЕЗЮМЕ

Исследования проводили на базе лаборатории селекционных технологий ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур» (Тверская обл.) в 2018–2020 гг. Цель исследований — создание *in vitro* новых генотипов льна, устойчивых к антракнозу — одной из наиболее вредоносных грибных болезней. В результате исследований уточнен состав культурального фильтрата возбудителя антракноза. Выявлено, что токсичность культуральных фильтратов не зависела от вирулентности используемых в настоящих исследованиях штаммов — более токсичными оказались культуральные фильтраты штаммов 784 (сильновирulentного) и 780 (средневирулентного) (загнивание и отмирание первичных корешков на 5-е сутки наблюдали у 67–88% проросших семян), менее токсичны — штаммы 793 (сильновирulentный) и 788 (слабовирulentный) (на 5-е сутки загнивание и отмирание первичных корешков отмечено у 9–5% проросших семян). Установлено, что морфогенные очаги формировались активнее у генотипов, морфогенный каллус которых переносили на среду с более высокой концентрацией культурального фильтрата; показано, что во втором пассаже, при переносе морфогенных каллусов с селективной среды, содержащей 40 мл/л культурального фильтрата, на селективную среду, содержащую также 40 мл/л культурального фильтрата, а также при переносе морфогенных каллусов с селективной среды, содержащей 40 мл/л культурального фильтрата, на селективную среду, содержащую 44 мл/л культурального фильтрата, на 14-е сутки количество сформированных морфогенных каллусов и зеленых почек значительно больше, чем при переносе с селективной среды, содержащей 40 мл/л культурального фильтрата, на селективную среду, содержащую 36 мл/л культурального фильтрата. Получены жизнеспособные растения-регенеранты и выделены генотипы, которые в течение трех поколений сохраняли устойчивость к антракнозу на уровне 50–60%: НО-78 x Ленок, НЛ-103-2 x Ленок, НЛ-40-1 x Ленок, НЭ-38 x Росинка, НЭ-36 x Ленок, НЭ-17 x Ленок, НЭ-16-2 x Росинка.

Study of culture filtrates of anthracnose pathogen strains for use in *in vitro* flax breeding for pathogen resistance

ABSTRACT

The studies were carried out on the basis of the laboratory of breeding technologies of the Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Scientific Center for Bast Crops" (Tver region) in 2018–2020. The aim of the research is to create *in vitro* new flax genotypes, resistant to anthracnose, one of the most harmful fungal diseases. As a result of the research, the composition of the culture filtrate of the anthracnose causative agent was clarified. It was revealed that the toxicity of the culture filtrates did not depend on the virulence of the strains used in the present studies — the cultural filtrates of strains 784 (highly virulent) and 780 (medium virulent) were more toxic (decay and death of primary roots on day 5 was observed in 67–88% grown seeds), strains 793 (strongly virulent) and 788 (weakly virulent) are less toxic (on the 5th day, decay and death of primary roots was noted in 9–15% of germinated seeds). It was found that morphogenic foci were formed more actively in genotypes, the morphogenic callus of which was transferred to a medium with a higher concentration of the culture filtrate; it was shown that in the second passage, when transferring morphogenic callus from a selective medium containing 40 ml/l of culture filtrate to a selective medium, containing also 40 ml/l of culture filtrate, as well as when transferring morphogenic callus from a selective medium containing 40 ml/l of culture filtrate, on a selective medium, containing 44 ml/l of culture filtrate, on the 14th day the number of formed morphogenic callus and green buds is significantly greater than when transferred from a selective medium, containing 40 ml/l of culture filtrate to a selective medium, containing 36 ml/l of culture filtrate. Viable regenerant plants were obtained and genotypes were isolated, which for three generations retained resistance to anthracnose at a level of 50–60%: NO-78 x Lenok, HJI-103-2 x Lenok, NL-40-1 x Lenok, NE -38 x Rosinka, NE-36 x Lenok, NE-17 x Lenok, HE-16-2 x Rosinka.

Поступила: 12 февраля
После доработки: 11 марта
Принята к публикации: 16 марта

Received: 12 February
Revised: 11 March
Accepted: 16 March

Введение

Лен является стратегической культурой России. Актуальным направлением селекционной работы является создание сортов льна, сочетающих высокую урожайность с устойчивостью к наиболее вредоносным болезням. Антракноз является одной из них и проявляется ежегодно и, по данным Адушкевич (2000), Кудрявцевой, Павловой, Рожминой (2016), отмечается на 48,9% обследованных площадей с поражением 5–65% растений и развитием болезни от 1 до 19% [1, 2, 3]. Антракноз проявляется во все периоды роста и развития растений. На корешках проростков появляются желто-оранжевые или стекловидные серые пятна, которые через некоторое время превращаются в язвы и перетяжки. На подсемядольном колене и семядолях образуются резко ограниченные, сначала желтые или слегка светло-желтые, а затем расплывчатые бурые пятна. Всходы, у которых поражены корешки и семядоли, обычно погибают. Менее пораженные растения развивают дополнительные корни, но отстают в росте, вследствие чего наблюдается их разноярусность. С ростом льна болезнь обнаруживается на листьях. Как и на семядолях, на листьях появляются сначала желтые, а затем бурые пятна. Пораженные листья засыхают и опадают. В фазе ранней желтой спелости льна болезнь проявляется в нижней части стебля в виде мелких бурых или продолговатых пятен (расплывчатой буровой мраморности). Иногда антракнозные пятна распространяются по всему стеблю, боковым веточкам и коробочкам. Пораженные коробочки буреют, семена в них образуются щуплые, с низкой всхожестью. Урожайность волокна при сильном поражении льна антракнозом может снижаться до 37,5%. Полученные от больных растений семена могут быть заражены антракнозом на 80% и более [3, 4, 5]. Успех селекционной работы на устойчивость к болезням зависит от многих причин, в частности от исходного селекционного материала, обладающего этой устойчивостью [6, 7]. Применение биотехнологических приемов и методов как дополнительного инструмента классической селекции с использованием генетического разнообразия каллусных клеток позволяет проводить *in vitro* отбор устойчивых к селективному агенту клеток и впоследствии получать на их основе устойчивые к болезни формы [8, 9, 10]. Однако низкая регенерационная активность клеток льна-долгунца в селективных условиях не позволяет получать формы, устойчивые к данным болезням, в массовом количестве [11, 12]. Поэтому в задачу исследований входила оптимизация селективных сред для проведения отбора устойчивых каллусных клеток льна к антракнозу в условиях *in vitro* в первом — третьем пассажах и создание новых генотипов льна, устойчивых к антракнозу.

Объекты и методы исследований

Исследования по созданию новых генотипов льна, характеризующихся устойчивостью к антракнозу, проводились в условиях *in vitro* и вегетационного опыта [13, 14]. Селекцию *in vitro* на устойчивость к антракнозу выполняли согласно методическим рекомендациям «Методы создания *in vitro* растений-регенерантов льна-долгунца, устойчивых к антракнозу (*Colletotrichum lini* Manns et Bolley) и токсичным ионам алюминия» [15]. Интенсивность спороношения определяли в капле дистиллированной воды с помощью камеры Горяева под микроскопом МБИ-6. Количество спор в 1 см³ считывали по формуле: $N/20 \times 10^6$, где N — количество конидий в поле зрения микроскопа в камере Горяева.

Визуальную оценку прироста биомассы гриба — возбудителя антракноза проводили на 7, 14, 28, 35 и 40-е сутки. Токсичность культуральных фильтратов определяли по методике Курчаковой Л.Н. путем замачивания семян льна восприимчивого (Пенджаб) и устойчивого (Леона) сортов и проращивания их на фильтровальной бумаге в течение 7 суток [16]. Искусственная полевая популяция биообразцов возбудителя антракноза для заражения льна состояла на 50% из сильновирulentных штаммов (725, 726, 729, 730, 735, 739) и по 25% средне- (724, 737, 728, 724) и слабовирulentных штаммов (712, 714), согласно методическим рекомендациям [15]. Все штаммы были выделены из растительных остатков и семян льна в 2017 году и подбирались исходя из их состояния на момент культивирования, жизнеспособности, интенсивности спороношения.

Схема проведения исследований в условиях *in vitro*: подбор исходного растительного материала льна; подбор штаммов гриба — возбудителя антракноза льна; культивирование мицелия гриба *Colletotrichum lini* на жидкой среде MS в течение 40 суток; культивирование незрелых зародышей (НЗ), первичного и пересадочного морфогенного каллуса льна на селективной среде, состоящей из компонентов питательной среды MS и культурального фильтрата (КФ) в концентрации 36; 40 и 44 мл/л; отбор устойчивых к КФ клеток льна; получение растений-регенерантов, обладающих устойчивостью к КФ возбудителя антракноза льна; оценка регенерантов на искусственном инфекционно-провокационном фоне и в условиях *in vitro* по устойчивости к антракнозу.

Объектом исследований при селекции *in vitro* на устойчивость к антракнозу, являлись незрелые зародыши, изолированные на 10-е сутки, растения сортов льна и форм, полученных в результате селекции *in vitro* на устойчивость к антракнозу и гибридов третьего — пятого поколений: Л 2053-5-11, НЭ-15, НЭ-39, ЛМ-98, Леннок, Росинка, F5 ДБ 121-22, F5 БД 215-14, F3 НОЛ-78, F3 НОР-78, F3 НЛЛ-103-2, F3 НЛР-40-2, F3 НЛЛ-40-1, F3 НЭЛ-38, F3 НЭР-38, F3 НЭЛ-36, F3 НЭЛ-17, F3 НЭР-16-2, а также штаммы гриба — возбудителя антракноза льна *C. lini*: сильновирulentные — 793 и 784, средневирulentный — 780, слабовирulentный — 788.

В качестве селективного агента при культивировании *in vitro* незрелых зародышей льна вышеуказанных генотипов использовали КФ штаммов гриба — возбудителя антракноза в концентрациях: 0 — контроль (питательная среда MS без селективного агента); 36, 40, 44 мл/л. Для получения культуральных фильтратов штаммы культивировали на питательной среде в течение 40 суток.

Для культивирования мицелия гриба использовали жидкую питательную среду MS, не содержащую витамины, желатинный комплекс, регуляторы роста. Для контроля состояния мицелия гриба — возбудителя антракноза проводили учет массы мицелия и, соответственно, прироста биомассы в динамике каждые 7 суток начиная с 14-х суток с момента помещения на питательную среду [17, 18].

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

Результаты исследований

Для получения культуральных фильтратов на питательной среде MS проведено культивирование четырех штаммов гриба — возбудителя антракноза

Colletotrichum lini Manns et Bolley: двух сильновирulentных — 793 и 784, одного средневирulentного — 780, и одного слабовирulentного — 788.

В результате проведенных исследований выявлено, что у мицелиев всех используемых штаммов гриба на 7-е сутки визуально фиксировались единичные конидии, которые разрастались и к 14-м суткам культивирования образовывали желеобразную биомассу. Биомасса различных штаммов возбудителя антракноза имела различную окраску, приобретает которую штаммы начинали с 10–12-х суток. Штамм 793 имел бледно-оранжевую окраску мицелия, серо-белое опушение с вкраплениями черного, которое начинало появляться к 28-м суткам. У штамма 784 фиксировали оранжево-коричневую окраску мицелия и бело-серое опушение с желтыми пятнами, которое появлялось уже на 21–23-и сутки. 780 штамм имел бледно-розовую с оранжевыми прожилками окраску мицелия, бело-желто-розовое опушение, появляющееся на 21–23-е сутки. 788 штамм — с розово-оранжевой окраской мицелия и бело-желтым опушением, которое визуально фиксировалось на 26–28-е сутки. К 40-м суткам культивирования мицелий у всех исследуемых штаммов приобретал плотную консистенцию и к расцветкам, которые имелись добавлялся темно-коричневый цвет.

При измерении объема и прироста биомассы мицелия штаммов возбудителя антракноза установлено, что при культивировании мицелия гриба штаммов 784 (сильновирulentного), 780 (средневирulentного) в течение 40 суток прирост биомассы составлял 32,7 и 30,8% соответственно, тогда как у штаммов 793 (сильновирulentного), 788 (слабовирulentного) — 10,5 и 9,8% соответственно (таблица 1). Результаты исследований показали, что наращивание биомассы, интенсивность роста гриба не зависели от вирулентности штамма. Сильновирulentный штамм 784 и средневирulentный 780 к 40-м суткам имели большую массу мицелия (14,08 и 14,32 г) и прирост биомассы, тогда как у сильновирulentного штамма 793 и слабовирulentного 788 масса мицелия была ниже (12,62 и 12,00 г) и прирост биомассы гораздо меньше.

Оценка токсичности полученных культуральных фильтратов показала, что токсичность КФ не зависела от вирулентности вышеуказанных

Таблица 1. Рост мицелия гриба — возбудителя антракноза льна на жидкой питательной среде MS

Table 1. Growth of the fungus mycelium, the causative agent of anthracnose flax on liquid nutrient medium MS

Штамм	Масса мицелия, г		Прирост биомассы, % ± Sp
	на 28-е сутки ± Sp	на 40-е сутки ± Sp	
784 сильновирulentный	10,61±1,1	14,08±0,8	32,7±0,9
793 сильновирulentный	11,43±0,6	12,63±0,7	10,5±0,6
780 средневирulentный	10,95±2,1	14,32±0,9	30,8±1,5
788 слабовирulentный	10,93±0,8	12,00±1,0	9,8±0,9

Таблица 2. Влияние культурального фильтрата штаммов гриба *Colletotrichum lini* на жизнеспособность семян (проращивание на 5 сутки)

Table 2. Influence of the culture filtrate of *Colletotrichum lini* bean strains on seeds viability (germination on day 5)

Культуральные фильтраты штаммов	Количество загнивших первичных корешков, % ± Sp	
	Пенджаб	Леона
784	86,0±0,4	67,0±0,4
793	14,0±0,3	9,0 ± 0,2
780	88,0±0,4	71,0±0,5
788	15,0±0,2	10,0±0,3

Таблица 3. Морфогенез льна на селективных средах (2-й пассаж)

Table 3. Morphogenesis of flax on selective media (2nd passage)

Генотип	Концентрация КФ, мл/л (в 1-м пассаже/в текущем пассаже)	Кол-во перенесенных морфогенных каллусов, шт.	Сформировалось на 14-е сутки, шт.		
			почек	побегов	морфогенных каллусов
НЭ-17 х Ленок	40/40	9	45	3 (не ж/с)*	8
	40/36	10	16	1 (не ж/с)	9
	40/44	8	46	3 (не ж/с)	8
НЭ-17	40/40	6	40	–	4
	40/36	3	6	–	2
	40/44	6	42	–	5
Л 2053-5-11	40/40	16	52	5 (не ж/с)	12
	40/36	4	28	3 (не ж/с)	3
	40/44	12	54	3 (не ж/с)	11
ФЗ НЛ 103-2 х Ленок	40/40	12	12	4 (не ж/с)	11
	40/36	12	15	3 (не ж/с)	11
	40/44	11	14	3 (не ж/с)	11
НЭ-36 х Ленок	40/40	9	48	1	9
	40/36	7	46	1	7
	40/44	8	50	2	8
Росинка	36/36	4	35	2	4
	36/40	5	34	2	5
	36/44	4	44	2	4

* Не жизнеспособные, т.е. побеги, которые через 7–10 суток после формирования становились стекловидными и погибли

штаммов. Более токсичными оказались КФ штаммов 784 (сильновирulentного) и 780 (средневирулентного). Загнивание и отмирание первичных корешков наблюдали на 5-е сутки у 67 — 88% проросших семян как у устойчивого к антракнозу сорта Леона, так и у восприимчивого — Пенджаб. Менее токсичны оказались штаммы 793 (сильновирulentный) и 788 (слабовирulentный). На 5-е сутки загнивание и отмирание первичных корешков отмечено у 9–15% проросших семян (таблица 2).

Незрелые зародыши культивировали на среде MS, содержащей 0, 36, 40 мл/л культурального фильтрата смеси изучаемых штаммов, по 9 мл/л каждого штамма при концентрации 36 мл/л и по 10 мл/л — при концентрации 40 мл/л. Морфогенные каллусы через 14 суток переносили на среду MS, содержащую 0, 36, 40, 44 мл/л культурального фильтрата смеси изучаемых штаммов (по 9 мл/л каждого штамма при концентрации 36 мл/л, по 10 мл/л — 40 мл/л, по 11 мл/л — при концентрации 44 мл/л). Установлено, что морфогенные очаги формировались активнее у генотипов, морфогенный каллус которых переносили на среду с более высокой концентрацией культурального фильтрата штаммов возбудителя антракноза. Так, во втором пассаже при переносе 9 морфогенных каллусов генотипа НЭ-17 х Ленок с селективной среды, содержащей 40 мл/л культурального фильтрата, на селективную среду, содержащую также 40 мл/л культурального фильтрата, на 14-е сутки сформировалось 8 морфогенных каллусов и 45 зеленых почек; 8 морфогенных каллусов с селективной среды, содержащей 40 мл/л культурального фильтрата, на селективную среду, содержащую 44 мл/л культурального фильтрата, на 14-е сутки сформировалось 8 морфогенных каллусов и 46 зеленых почек, тогда как при переносе 10 морфогенных каллусов с селективной среды, содержащей 40 мл/л культурального фильтрата, на селективную среду, содержащую 36 мл/л культурального фильтрата, на 14-е сутки сформировалось 9 морфогенных каллусов и 16 зеленых почек (таблица 3). Аналогичные результаты получены для всех генотипов, используемых в исследованиях.

В результате последующих отборов *in vitro* устойчивых клеток льна, которые на селективном фоне не утратили морфогенетические свойства, получены растения-регенеранты, устойчивые к действию культурального фильтрата *in vitro*.

В инфекционно-провокационном питомнике проводили оценку генотипов на устойчивость к антракнозу. В результате исследований выявлено, что устойчивость ряда генотипов льна к патогену (гибриды третьего поколения, полученные от скрещивания устойчивых в результате отбора *in vitro* форм с восприимчивыми сортами Ленок и Росинка) сохраняется до третьего поколения на уровне 51,2–59,4%. Так, например, в третьем поколении гибридов, полученных от скрещивания устойчивой к антракнозу *in vitro* формы НО-78 (устойчивость 58–60%) и восприимчивого сорта Ленок (устойчивость 32–35%), устойчивость составляет 55% (таблица 4). В первом и

Таблица 4. Устойчивость образцов льна к антракнозу

Table 4. Resistance of flax samples to anthracnose

Генотип льна	Степень устойчивости, %		
	первое поколение	второе поколение	третье поколение
Ленок♀ р.ф.*	35,3	35,2	35,7
Росинка♀ р.ф.	34,9	35,4	35,0
НО-78 х Ленок	60,0	55,0	55,0
НО-78 х Росинка	53,1	42,5	33,3
НЛ-103-2 х Ленок	53,3	52,1	51,2
НЛ-40-2 х Росинка	42,5	38,9	43,8
НЛ-40-1 х Ленок	58,3	58,3	59,4
НЭ-38 х Росинка	50,0	59,0	51,7
НЭ-38 х Ленок	43,9	48,3	38,9
НЭ-36 х Ленок	60,0	58,7	59,6
НЭ-17 х Ленок	55,0	55,0	55,0
НЭ-16-2 х Росинка	59,6	59,0	58,3
Леона ст.**	75,0	75,0	75,0
Пенджаб ст.	31,3	30,9	31,3

* Родительская форма. ** Сорт-стандарт.

втором поколении устойчивость этой формы составляла 55–60%. В третьем поколении гибридов, полученных от скрещивания устойчивой к антракнозу *in vitro* формы НЭ-38 (устойчивость 50–59%) и восприимчивого сорта Росинка (устойчивость 32–35%), устойчивость составляет 51,7%. В первом и втором поколении устойчивость этой формы составляла 50–59%.

Таким образом, в результате исследований с использованием биотехнологических методов и приемов созданы новые формы льна, устойчивые к антракнозу — одному из вредоносных заболеваний льна-долгунца.

Заключение

Уточнен состав культурального фильтрата возбудителя антракноза с целью создания *in vitro* новых генотипов льна, устойчивых к антракнозу — одному из наиболее вредоносных грибных болезней.

Выявлено, что токсичность культуральных фильтратов не зависела от вирулентности используемых в настоящих исследованиях штаммов — более токсичными оказались культуральные фильтраты штаммов 784 (сильновирulentного) и 780 (средневирулентного) (загнивание и отмирание первичных корешков наблюдали на 5-е сутки у 67–88% проросших семян как у устойчивого к антракнозу сорта Леона, так и у восприимчивого — Пенджаб), менее токсичны — штаммы 793 (сильновирulentный) и 788 (слабовирulentный) (на 5-е сутки загнивание и отмирание первичных корешков отмечено у 9–15% проросших семян).

Установлено, что морфогенные очаги формировались активнее у генотипов, морфогенный каллус которых переносили на среду с более высокой концентрацией культурального фильтрата штаммов возбудителя антракноза; показано, что во втором пассаже при переносе морфогенных каллусов с селективной среды, содержащей 40 мл/л культурального фильтрата, на селективную среду, содержащую также 40 мл/л культурального фильтрата, а также при переносе морфогенных каллусов с селективной среды, содержащей

40 мл/л культурального фильтрата, на селективную среду, содержащую 44 мл/л культурального фильтрата, на 14-е сутки количество сформированных морфогенных каллусов и зеленых почек значительно больше, чем при переносе с селективной среды, содержащей 40 мл/л культурального фильтрата, на селективную среду, со-

держащую 36 мл/л культурального фильтрата. Получены жизнеспособные растения-регенеранты и выделены генотипы, которые в течение трех поколений сохраняли устойчивость к антракнозу на уровне 50–60%: НО-78 x Ленок, НЛ-103-2 x Ленок, НЛ-40-1 x Ленок, НЭ-38 x Росинка, НЭ-36 x Ленок, НЭ-17 x Ленок, НЭ-16-2 x Росинка.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Адушевич Л. Л. Распространенность и развитие антракноза льна на территории Беларуси // Защита растений. Сборник научных трудов. – Выпуск XIX / XXIII. – Минск, 2000. – С. 125-127.
2. Кудрявцева Л.П., Павлова Л.Н., Рожмина Т.А. Исходный материал для селекции льна на горизонтальную устойчивость к септориозу (пасмо) / Материалы заочной Международной научно-практической конференции «Инновационные разработки для производства льна», ВНИИМЛ (19-20 мая Тверь). – Тверь, 2016. – С. 15-23.
3. Карпунин Б. Ф. Антракноз льна: селекция на устойчивость // Lap Lambert Academic Publishing, 2016. - 113 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. Рожмина Т.А., Мельникова Н.В., Головлев М.Г., Смирнова М.И., Кузмин И.А. Скрининг образцов генофонда льна на устойчивость к неблагоприятным факторам // Достижения науки и техники АПК. 2018. Т. 32. № 10. С. 11-14.
6. Novakovskiy R.O., Dvorianinova E.M., Rozhmina T.A., et al Data on genetic polymorphism of flax (*Linum usitatissimum* L.) pathogenic fungi of *Fusarium*, *Colletotrichum*, *Aureobasidium*, *Septoria*, and *Melampsora* genera // Data in Brief. 2020. Т. 31. С. 105710.
7. Рожмина Т. А., Жученко А. А., Рожмина Н. Ю., Киселева Т. С., Герасимова Е. Г. Новые источники селекционно-значимых признаков льна, адаптивные к условиям Центрального нечерноземья // Достижения науки и техники АПК. 2020. Т. 34. № 8. - С. 50-55.
8. Пролетова 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.
9. Коваленко Н. Н., Поливарова Н. В. Оптимизация питательных сред для культивирования *in vitro* зародышей из гибридов рода *Cerasus* Mill. Плодоводство и ягодоводство России. 2017. Т. 49. - С. 18-21.

10. 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.

11. Пролетова Н.В. Повышение устойчивости льна-долгунца к антракнозу (*Colletotrichum lini* Manns et Bolley) методами *in vitro* // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. 2018. № 3 (175). - С. 128-131.

12. Пролетова Н.В., Кудрявцева Л.П., Виноградова Е.Г. Способ получения регенерантов льна-долгунца, устойчивых к антракнозу, методами *in vitro*: -

- Патент на изобретение RU 2478282 C2, 10.04.2013. Заявка № 2011115728/10 от 20.04.2011.

13. Миллер С.А. Методы культуры тканей в фитопатологии: грибы // В кн.: Биотехнология растений: культура клеток / Пер.с англ. В.И. Негрука. Под ред. Р.Г. Бутенко. –М.: ВО Агропромиздат, 1989. – С. 259 – 274.

14. Клейн Р.М., Клейн Д.Т. Методы исследования растений / Пер.с англ. и предисл. В.И. Мельгунова. – М.: Колос, 1974. – 528 с.

15. Методы создания *in vitro* растений-регенерантов льна-долгунца устойчивых к антракнозу (*Colletotrichum lini* Manns et Bolley) и токсичным ионам алюминия // Методические рекомендации / Пролетова Н.В., Виноградова Е.Г., Кудрявцева Л.П. – Тверь, 2014. –19 с.

16. 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. Вып. 28-29. Торжок, 1994. - С. 127–128.

17. *Colletotrichum*: Biological control, bio-catalyst, secondary metabolites and toxins / R. S. Jayawardena, X. H. Li, M. Liu, et al. // *Mycosphere*. 2016. Vol. 7 (8). P. 1164–1176.

18. 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.

ОБ АВТОРАХ:

Пролетова Наталья Викторовна, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, ведущий научный сотрудник лаборатории селекционных технологий, врио заместителя директора ОП НИИЛ ФГБНУ ФНЦ ЛК

ABOUT THE AUTHORS:

Natalia V. Proletova, Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher

НОВОСТИ • НОВОСТИ • НОВОСТИ • НОВОСТИ • НОВОСТИ •

Картофель, выращенный на умной сити-ферме порадовал урожаем

Российские ученые вырастили первый урожай картофеля на автоматизированной вертикальной ферме в центре Москвы на базе ФИЦ Биотехнологии РАН.

В результате, как сообщает rosng.ru, получен оздоровленный исходный материал картофеля, который можно использовать для дальнейшего размножения в поле. При этом, технологии, применяемые на умной сити-ферме, дают возможность собирать с квадратного метра в 10 раз больше овощей в год, чем при традиционном выращивании.

Ученые подчеркивают, что они не вмешиваются в генетику растений, а лишь создают «природоподобные технологии» и управляемое светодиодное освещение. Производство отличается безотходностью и экологической чистотой.

Вертикальная ферма собрана из модульных стеллажей и полностью автоматизирована. Она рассчитана на выращивание различных культур и имеет индивидуально настраиваемое LED-освещение с разным спектральным составом, чтобы эффективно выращивать не только картофель, но и огурцы, и зелень, и помидоры, и пшеницу, и свеклу.