

## Рисунок 1. Концентрация пигментов в 1 мг листа (мкг/мг) при моделировании водного дефицита в культуре *in vitro*

### Выводы

Моделирование условий засухи в культуре *in vitro* при использовании в качестве осмотика ПЭГ 6000 оказалось эффективным для оценки адаптационных механизмов трех изученных древесно-кустарниковых видов. В условиях осмотического стресса отмечалось угнетение ростовых процессов, уменьшение листовых пластин при увеличении плотности устьичных клеток и постепенное смыкание устьичных щелей у всех исследуемых образцов. Информативным показателем для прогноза адаптации к осмотическому стрессу является концентрация пигментов в листовых пластинах, отсутствие изменений этого показателя говорит о стабильной работе фотосинтетического аппарата и успешной адаптации к моделируемой засухе *in vitro*. Среди изученных видов можно условно выделить засухоустойчивый подвой для косточковых VSL-2, частично адаптированный вид *C. rugosa*, в зависимости от генотипа и его способности к укоренению, и чувствительный к водному дефициту кустарник *Spartium junceum*.

### Список литературы

1. Аминова Е.Ю. Оценка засухоустойчивости отдельных генотипов *Pinus sylvestris* L. на основе метода культуры ткани *in vitro* в моделируемых стрессовых условиях / Е.Ю. Аминова, Т.М. Табацкая, О.С. Машкина, В.Н. Попов // Труды Санкт-Петербургского научно-исследовательского института лесного хозяйства. – 2017. – № 1. – С. 14–22.
2. Гвасалия М.В. Отбор на засухоустойчивость соматических клонов растений чая (*Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze) в культуре *in vitro* / М.В. Гвасалия // Новые технологии. – 2020. – №3. – С.114–121.
3. Дубровная О.В. Селекция *in vitro* пшеницы на устойчивость к абиотическим стрессовым факторам / О.В. Дубровная // Физиология растений и генетика. – 2017. – Т. 49, № 4. – С. 279–292.
4. Егорова Н.А. Использование эмбриокультуры для отбора устойчивых к осмотическому стрессу форм шалфея мускатного *in vitro* / Н.А. Егорова, И.В. Ставцева // Таврический вестник аграрной науки. – 2022. – № 1(29). – С. 41–56.
5. Калашникова Е.А. Клеточная инженерия растений / Е.А. Калашникова. – М.: Юрайт. – 2020. – 333 с.
6. Табацкая Т.М. Биотехнологическая оценка коллекционного материала березы и тополя в условиях солевого стресса в культуре *in vitro* / Т.М. Табацкая, Е.Ю. Аминова, О.С. Машкина // Современное состояние, проблемы и перспективы развития аграрной науки. – 2020. – С. 190–191.

УДК 575.13:633.521

### Создание *in vitro* устойчивых к болезням генотипов льна для экологизации сельскохозяйственного производства льнопродукции

**Наталья Викторовна Пролётова, Людмила Платоновна Кудрявцева, Вероника Сергеевна Зотова**

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр лубяных культур», г. Тверь

**Аннотация.** В статье представлены схемы селекции льна *in vitro* на устойчивость к наиболее вредоносным болезням – фузариозному увяданию (*Fusarium oxysporum*) и антракнозу (*Colletotrichum lini*).

**Ключевые слова:** лён, селекция *in vitro*, фузариевая кислота, культуральный фильтрат, незрелые зародыши, каллус

***Creation of disease-resistant flax varieties in vitro for ecologization of agricultural production of flax products***

**Nataliya Viktorovna Proletova, Ludmila Platonovna Kudryavtseva, Veronika Sergeevna Zotova**  
Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Scientific Center for Bast Crops", Tver

**Abstract.** The article presents schemes of *in vitro* flax breeding for resistance to the most harmful diseases - fusarium wilt (*Fusarium oxysporum*) and anthracnose (*Colletotrichum lini*).

**Key words:** flax, *in vitro* selection, fusaric acid, culture filtrate, immature embryos, callus

**Введение.** Почва всегда занимала главенствующее место в перечне национальных богатств любого государства. Большинство микроорганизмов, обитающих в почве, сапрофаги, не приносящие вреда животным организмам. Вместе с тем постоянно или временно в почве обитают патогенные, болезнетворные микроорганизмы, возбудители заболеваний растений. Поэтому для получения высокого выхода чистой продукции требуются мероприятия по уничтожению или нивелированию действия болезнетворных микроорганизмов. К таким мероприятиям относятся протравливание семян перед посевом, внесение пестицидов и фунгицидов во время вегетации растений. Использование этих приёмов позволяет уничтожать патогенные организмы, но вместе с тем наносит ущерб экологической обстановке [1, 3, 4, 7]. Создание сортов, устойчивых к болезням, является одним из факторов охраны окружающей среды. При использовании в производстве устойчивых сортов не требуется проводить работы по уничтожению вредоносных и болезнетворных микроорганизмов, потому что устойчивый сорт способен расти и формировать урожай в условиях распространения патогена [2, 5, 11].

Лён, наша традиционная национальная культура, поражается несколькими вредоносными болезнями: фузариозным увяданием, ржавчиной, пасмо, антракнозом, полиспорозом и бактериозом [2, 8, 9, 10, 11]. Определение уровня устойчивости растений к болезням, а также возможности биотехнологического и селекционного изменения этого уровня, несомненно, является актуальной проблемой. Достижения биотехнологии, которые для многих других культур, например для хлопка, уже давно выражаются в доведении до выращивания трансгенных растений на полях, для льна пока не реализованы. Поэтому целью исследований являлась разработка эффективных селективных систем «лён-патоген» для создания новых, устойчивых к болезням, форм льна для экологизации сельскохозяйственного производства льнопродукции.

Разработанные нами селективные системы с использованием культуры незрелых зародышей и культуры пыльников позволяют отбирать клетки льна-долгунца, устойчивые к культуральному фильтрату гриба – возбудителя антракноза и фузариевой кислоте, и на их основе получать устойчивые растения-регенеранты из восприимчивых к патогенам форм. При определённых концентрациях селективных агентов (культуральный фильтрат возбудителя антракноза – 36 мл/л; токсин – фузариевая кислота – 0,1 мг/л) на первичных эксплантах и каллусных культурах первого – четвёртого пассажей формируются морфогенные очаги. При последующих отборах *in vitro* в течение четырёх – шести пассажей, формируются растения-регенеранты, устойчивые к используемому селективному агенту [6, 8, 9, 10].

Из восприимчивых к фузариозному увяданию генотипов льна-долгунца в результате целенаправленного отбора в культуре *in vitro* создано 37 растений-регенерантов, с устойчивостью 52 – 93%. По уровню устойчивости полученные формы превышали родительские на 30 – 50 %. Нами выделено 5 линий, которые в течение 3-х лет проявляли не

только высокую устойчивость к фузариозному увяданию (66 – 100 %), но и характеризовались высокими хозяйственно ценными показателями (высота растений, содержание волокна в стебле, количество коробочек на одном растении и количество семян с одного растения).

Создание новых линий льна-долгунца, устойчивых к антракнозу, сопровождалось формированием как устойчивых и среднеустойчивых к антракнозу линий (устойчивость на уровне 50,0-75,0%), так и восприимчивыми формами (устойчивость менее 50 %). У устойчивых и среднеустойчивых генотипов параметры устойчивости были выше, чем у исходных форм на 12,0 – 37%. Однако, во втором поколении, линии, проявившие высокую устойчивость к антракнозу снизили свою устойчивость на 10,0-50,0%. Линии, характеризовавшиеся как среднеустойчивые, повысили устойчивость на 2,2-26,8%. В течение последующих двух поколений устойчивость к антракнозу у полученных линий стабилизировалась на уровне среднеустойчивых – устойчивых (50,0 – 62,0%). Создана линия НЛ 40-2 (потомство P<sub>3</sub>), устойчивая к двум болезням - антракнозу и фузариозному увяданию.

При создании форм льна-долгунца, устойчивых к антракнозу, получено 5 линий (потомство P<sub>3</sub> – P<sub>5</sub>), высокоустойчивых к ржавчине (устойчивость – 100,0%), 31 линия (потомство P<sub>3</sub> – P<sub>5</sub>), устойчивая к фузариозному увяданию (устойчивость 83,3 – 100,0%).

При оценке хозяйственно ценных признаков этих линий было выявлено, что все они, в основном, несколько уступают исходным формам по качественным технологическим показателям (содержание волокна в стебле, выход волокна). В то же время, у ряда линий некоторые показатели (высота растения, масса технической части стебля, количество семян с 1 растения, содержание волокна) были высокие и превосходили сорт – стандарт Алексим на 1- 38,9% [9].

Таким образом, разработанные нами селективные системы «лён - *Fusarium oxysporum*» и «лён - *Colletotrichum lini*» эффективны для создания растений-регенерантов льна-долгунца *in vitro*, устойчивых к болезням (фузариозное увядание, антракноз). Их использование позволяет получать из восприимчивых к патогену генотипов новые устойчивые формы выращивания которых в производстве даёт возможность получать льнопродукцию без использования фунгицидов, что способствует оздоровлению экологической обстановки в льносеющих хозяйствах.

#### Список литературы

1. Berestetskiy, A., Lednev, G., & Hu, Q. Promising approaches to the search for fungal metabolites for management of arthropod pests. *Plant Protection News*, 2021. 104(1), 6-27.
2. Кудрявцева, Л. П. Групповая устойчивость сортов – важный приоритет селекции льна-долгунца / Л. П. Кудрявцева, О. В. Прасолова // *Аграрный вестник Верхневолжья*. - 2018. - № 3(24). - С. 25–30.
3. Марьина-Чермных, О.Г. Особенность развития почвенных патогенов в агроэкосистеме яровой пшеницы/ О.Г. Марьина-Чермных // *Вестник марийского государственного университета*. 2016. Т.2 . № 1 (5). С. 35-38.
4. Нехведович С.И. Патогенный комплекс грибов, паразитирующий на льне масличном Молодежь в науке - 2018. Сборник материалов Международной конференции молодых ученых. 2019 Изд: Республиканское унитарное предприятие "Издательский дом "Белорусская наука". С. 159-175
5. Novakovskiy R. O. Data on genetic polymorphism of flax (*Linum usitatissimum* L.) pathogenic fungi of *Fusarium*, *Colletotrichum*, *Aureobasidium*, *Septoria*, and *Melampsora* genera / R. O. Novakovskiy, E. M. Dvorianinova, T. A. Rozhmina [et al] // *Data in Brief*. - 2020. - Т. 31. - С. 105710.
6. Патент № 2478282 Российская Федерация, RU 2478282 С2, 10.04.2013. Способ получения регенерантов льна-долгунца, устойчивых к антракнозу, методами *in vitro*: № 2011115728/10: заявл. 20.04.2011 / Пролётова Н. В., Кудрявцева Л. П., Виноградова Е.Г.; ГНУ ВНИИЛ Россельхозакадемии. 4 с.

7. Полуэктова, Е. В. Грибы рода *Colletotrichum* как продуценты биологически активных соединений и биогербицидов / Е. В. Полуэктова, А. О. Берестецкий // Микология и фитопатология. - 2018. - Т. 52, № 6. - С. 367–381.
8. Пролётова, Н. В. Методы создания *in vitro* растений-регенерантов льна-долгунца устойчивых к антракнозу (*Colletotrichum lini* Manns et Volley) и токсичным ионам алюминия : методические рекомендации / Н. В. Пролётова, Е. Г. Виноградова, Л. П. Кудрявцева. – Тверь, 2014. – 19 с.
9. Пролётова, Н. В. Использование биотехнологических методов для создания новых генотипов льна, устойчивых к антракнозу / Н. В. Пролётова // Достижения науки и техники АПК. - 2019. - Т. 33, № 8. - С. 24-28.
10. Пролётова Н.В., Лошакова Н.И., Поляков А.В. Получение растений-регенерантов льна-долгунца, устойчивых к фузариозному увяданию, методами *in vitro* (культура пыльников, клеточная селекция). Методические рекомендации, Торжок, 2008 - 20 с.
11. Рожмина, Т. А. Изучение контроля устойчивости к фузариозному увяданию (*Fusarium oxysporum f. lini*) на начальных этапах селекционного процесса льна-долгунца / Т. А. Рожмина, Н. В. Пролётова, И. В. Ущиповский // Кормопроизводство. 2022. 9. С. 22-26.