

**Рисунок 2 – Влияние пленкообразующих составов на прирост побегов неукорененных отводков яблони**

**Результаты и обсуждение.** Определение показателей скорости роста одревесневших черенков яблони ВА-29 показало, что в июне в вариантах опыта с использованием препарата 1 их прирост увеличивался на 15 – 20 %, а при использовании препарата 2 прирост увеличивался на 8 – 10 % в сравнении с контролем (рис. 1). Однако на более поздних этапах онтогенеза различия по скорости роста между обработанными и необработанными черенками уменьшались, а в августе оказались недостоверными.

Изучение влияния разработанных пленкообразующих составов на развитие черенков из неукорененных отводков яблони ВА-29 показало, что прирост черенков обработанных препаратом 1 был на 33 – 35 % больше, а прирост черенков обработанных препаратом 2 – 5 – 8 % больше, чем в контроле (рис. 2). Причем, эффективность действия составов, содержащих разные регуляторы роста растений, была разной. Более эффективным в данном случае оказался пленкообразующий состав (препарат) 1.

**Выводы.** Таким образом, по результатам проведенных исследований показана возможность использования комплексных пленкообразующих составов, содержащих регуляторы роста растений и микроэлементы для стимуляции укоренения одревесневших черенков и неукорененных отводков яблони ВА-29.

Установлено, что разработанные составы оказывают разное стимулирующее действие на развитие и рост одревесневших черенков и неукорененных отводков яблони ВА-29 в полевых условиях.

Полученные результаты являются основой для дальнейшего изучения физиологической активности разработанных пленкообразующих составов в лабораторных, вегетационных и полевых опытах.

#### Литература

1. Мажуль В.М., Ивашевич Л.С., Проколова Ж.В., Чайка М.Т., Наумова Г.В., Райцина Г.И. Патент СССР № 1790340. Состав для укоренения черенков плодовых культур // 1993. Бюл. № 3.
2. Захаров Ю.И., Гаранович И.М., Рупасова Ж.А., Мажуль В.М. Использование стимуляторов ризогенеза на основе пленкообразующего полимера при вегетативном размножении лимона // Природные ресурсы. 2002. № 1. С. 108 – 113.
3. Кабашникова Л. Ф. Способ ранней диагностики эффективности многокомпонентных капиллирующих составов для обработки семян. Методические указания. – Мн.: ИООО «Право и экономика», 2003. – 31 с.
4. Методика изучения клоновых подвоев в Прибалтийских республиках и Белорусской ССР / ред. И. Коченова. Елгава. 1980. – 59 с. (препринт / Латвийская сельскохозяйственная академия; № 066).

#### **Влияние ультрафиолетовой радиации на зараженность меристемных регенерантов картофеля (*Solanum tuberosum* L.) X-вирусом**

*О.А. Ковалёва*

**Введение.** В настоящее время наиболее актуальной проблемой в физиологии растений стоит поиск новых подходов в формировании устойчивости растений к патогенам. Одним из та-

ких подходов является возможное участие различных участков спектрального света в явлении фотоиндуцированной устойчивости растений.

В последние годы активно обсуждаются работы по исследованию влияния ультрафиолетовой радиации (УФР) на патогенные организмы культурных растений. Так, в работе Raviv, Michael [0] описаны положительные эффекты облучения УФР пораженных грибковыми инфекциями зерновых культур. Эти авторы утверждают, что ультрафиолетовое (УФ) облучение прерывает жизненный цикл нескольких грибковых инфекционных агентов и изменяет визуальное поведение многих насекомых.

Современные исследователи проявляют всё большее внимание к изучению молекулярных механизмов взаимодействия патогенов и растений, начинающихся с их контакта и завершающегося формированием ответа растения и подавления развития патогена. Действие патогена на растительный организм вызывает значительные изменения метаболизма растений.

Для преодоления иммунитета растения, патоген секретирует литические ферменты, специфические и неспецифические иммуносупрессоры, токсины и экзополисахариды [2; 3]. Элиситоры связываются с внешним участком белкового рецептора, расположенного в плазмалемме и вызывают его фосфолирование, а также изменение его конформации. Затем остаток фосфорной кислоты передаётся на цитоплазматический участок белка, изменяя его и вызывая активацию пероксидазы, ассоциированной с рецептором [4]. Активация фермента является важнейшим звеном сигнальной системы, которая передаёт элиситорный сигнал и вызывает экспрессию защитных генов, РР-белков, ингибиторов протеиназ, активных форм кислорода, которые определяют защитный ответ клеток на инфицирование [5].

В настоящее время выделяют ряд сигнальных систем, одной из которых является супероксидсинтазная сигнальная система. Окисление НАДФН молекулярным кислородом приводит к образованию супероксид-анионов, которые в результате реакции, катализируемой СОД, превращаются в перекись водорода [5]. Резкое повышение содержания активных форм кислорода и перекиси водорода (так называемый «окислительный взрыв») оказывает подавляющее действие на развитие патогена [5]. В то же время активные формы кислорода и перекись водорода являются вторичными посредниками, вызывающими активацию факторов регуляции транскрипции и экспрессию защитных генов [6].

Установлено, что активные формы кислорода образуются в реакциях с участием пероксидазы [7]. Во многих работах показано увеличение активности пероксидазы при патогенезе. Поэтому пероксидазу рассматривают как одну из важнейших каталитических систем среди биохимических факторов защиты растений от патогенных микроорганизмов [7].

Основываясь на экспериментальных данных, полученных нами ранее по изучению изменения активности пероксидазы при УФ облучении меристемных регенерантов картофеля [8; 9; 10; 11] и выше представленного литературного обзора данного раздела мы предположили вероятность оказания УФР антивирусного эффекта.

Целью работы явилось выяснение эффектов воздействия УФР на зараженность Х-вирусом (ХВК) меристемных регенерантов картофеля сорта Скарб.

**Объекты и методы исследования.** Исследования выполнены на меристемных регенерантах картофеля сорта Скарб белорусской селекции, которые выращивали под натриевыми лампами ДНАЗ-400 ( $\lambda_{\text{max}}=610 \text{ nm}$ ) фотопериод 16/8 часов, в пластиковых контейнерах на синтетических ионообменных субстратах при температуре  $20 \pm 2^\circ\text{C}$ . Меристемные регенеранты картофеля подвергались заражению ХВК (механическая инокуляция клеточным соком инфицированных растений) в возрасте 7 суток и затем облучались УФР дозой 240 и 360 Дж/м<sup>2</sup> в возрасте 14 суток. Источник УФР – ртутная лампа ДРТ – 1000 ( $\lambda=240-320 \text{ nm}$ ). Для контроля величины дозы облучения растений использовали УФР – дозиметр ДАУ – 8. Однократная доза УФР была 120 Дж/м<sup>2</sup> или  $E_1=1,2 \cdot 10^5 \text{ эрг/м}^2$ . Контролем служили зараженные растения, не подвергавшиеся УФ облучению. Определение ХВК осуществляли с помощью метода ИФА на 14-е, 21-е сутки после облучения УФР согласно инструкции [12]. Все варианты экспериментов выполняли в 3-5 кратной повторности.

Результаты представлены как среднеарифметические значения и их стандартные ошибки с учетом числа биологических повторностей. Достоверность оценивали по критерию Стьюдента. Различия считали достоверными при  $p < 0,05$ .

**Результаты и обсуждение.** Вирусные болезни - самые опасные болезни картофеля. Симптомы вирусных заболеваний разнообразны. Обычно это скручивание листьев, их пожелтение (часто пятнами), мельчание и общее угнетение растения. Симптомы могут сильно изменяться в зависимости от сорта, штамма вирусов и условий выращивания. Самые сильные потери урожая вызывают PLRV (вирус скручивания листьев), Y-вирус, X-вирус и PSTV (вириод веретеновидности клубней).

ХВК - один из наиболее распространенных вирусов картофеля (рис. 1). На многих сортах вирус не вызывает видимых симптомов, поэтому остается незамеченным. Однако он вызывает снижение урожая, которое может достигать 15%. Идентифицировать вирус можно только лабораторными методами. Распространяется вирус преимущественно при механических контактах с поврежденными растениями, при резке картофеля, через сельскохозяйственные орудия и механизмы при сельскохозяйственных работах.

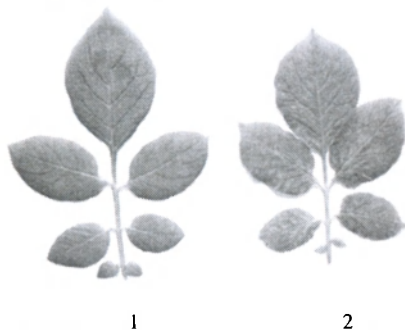


Рисунок 1 – вирус картофеля: 1 – здоровый лист; 2 – инфицированный лист

Таблица 1 – Зараженность ХВК меристемных регенерантов картофеля сорта Скарб при УФ облучении

Вариант	Оптическая плотность при 492 нм			
	Время после заражения, сут			
	14	% к контролю	21	% к контролю
Контроль	1,961±0,12	-	1,990±0,11	-
+УФР 240 Дж/м <sup>2</sup>	1,608±0,23	18	1,596±0,18	20
+УФР 360 Дж/м <sup>2</sup>	1,578±0,15	20	1,547±0,10	22

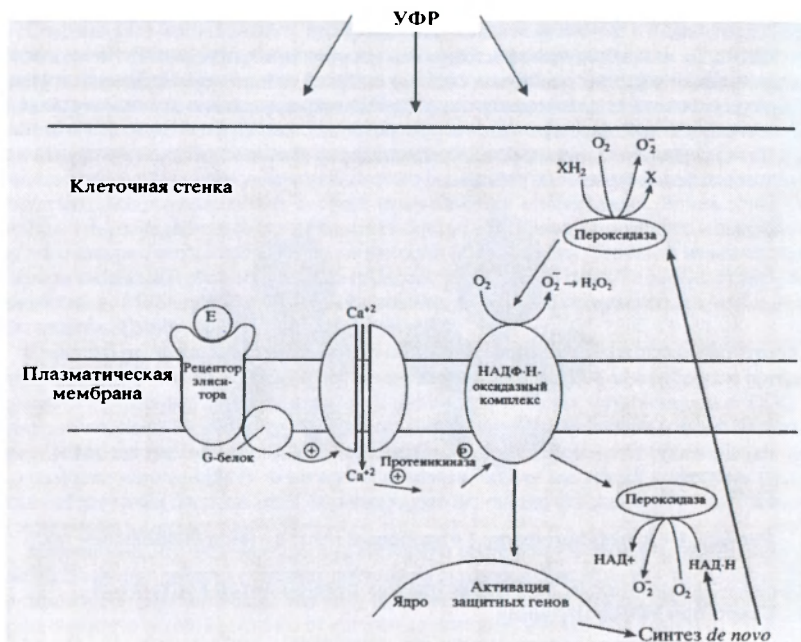
Данные, представленные в табл. 1, говорят о снижении пораженности ХВК меристемных регенерантов картофеля при УФ облучении. Так доза УФР в 240 Дж/м<sup>2</sup> снижает пораженность ХВК на 18-20 %, а доза 360 Дж/м<sup>2</sup> – на 20-22 %.

Поскольку УФР способствует резкому увеличению активности пероксидазы в 1-3 сутки после облучения [8; 9; 10; 11], то вероятнее всего именно этим объясняется снижение зараженности ХВК меристемных регенерантов при УФ облучении.

Полученные результаты позволяют представить следующую модель (рис. 2): при воздействии УФР на клеточной стенке растения активируются пероксидазы, связанные с плазматической мембраной, или, как их называют, «внеклеточные пероксидазы».

При этом происходит одноэлектронное восстановление молекулярного кислорода до супероксидного аниона и накопление перекиси. Эта реакция протекает с высокой скоростью (она

длиться менее 1 с) и вызывает «окислительный взрыв», и как результат – гибель патогенна. При активировании внеклеточных пероксидаз, происходит освобождение и активация G- белка и также активирование кальциевых каналов. Увеличение концентрации ионов  $Ca^{2+}$  влияет на работу протеинкиназы и НАДФН-оксидазы. Накопление свободных форм кислорода и перекиси активируют синтез защитных генов. В результате экспрессии этих генов начинается синтез новых белков, а также новых молекул пероксидазы [5]. Всё это приводит к формированию защитной реакции клеток картофеля.



**Рисунок 2 – Предполагаемые пути активации внутри- и внеклеточных пероксидаз при облучении УФВ**

Таким образом, при УФ облучении инфицированных меристемных регенерантов картофеля сорта Скарб наблюдается снижение ХВК, т.е. УФВ обладает антивирусным эффектом за счет увеличения активности пероксидазы. Так доза УФВ в 240 Дж/м<sup>2</sup> снижает зараженность ХВК на 18-20 %, а доза 360 Дж/м<sup>2</sup> – на 20-22 %, но следует также отметить, что полного ингибирования вирусной инфекции при данных дозах УФВ не происходило.

#### Литература

1. Raviv, Michael. UVR effects on pathogens and Insect Pest of Greenhouse – Grown crops // Photochemistry and Photobiology, Mar, 2004, p. 219-226.
2. The cascade mechanisms of nitric oxide as a second messenger of UVB in inhibiting mesocotyl elongation / M.X. Zhang [et al] // Photochem. Photobiol. -2003.-V.77. – P 235-244.
3. Bjorn, L.O. Effects of ozone depletion and increased UV-B on terrestrial ecosystems / L.O. Bjorn // Int. J. Environ. Study. – 1996. – V.51. – P 217-243.
4. Galston, A. W. Polyamines as modulators of plant development / A. W. Galston // BioScience. – 1983. – V.33 – P.382-388.

5. Relation of polyamine synthesis and titer to aging and senescence in oat leaves / R. Kaur- Sawhney [et al.] // *Plant Physiol.* – 1982. – V.69. – P. 405-415.

6. Adamse P., Britz S.J. Rapid fluence-dependent responses to ultraviolet-B radiation in cucumber leaves: The role of UV-B absorbing pigments in damage protection. // *J. Plant Physiol.* 1996. Vol.148. P.57-62.

7. Sloum, R. The physiology and biochemistry of polyamines in plants / R. Sloum // *Arch. Biochemistry and biophys.* - 1984. – V. 235. – P. 283-303.

8. Ковалёва О.А. Влияние ультрафиолетовой радиации на активность пероксидазы листьев меристемных регенерантов картофеля (*Solanum tuberosum*) // *Материалы международной конференции молодых учёных «Актуальные проблемы ботаники и экологии»*. Киев. 2007. с.207-208.

9. Ковалёва О.А. Влияние УФ облучения меристемных регенерантов картофеля (*Solanum tuberosum*) на процессы ризогенеза и активность пероксидазы. // *Материалы докладов XV Международной конференции студентов, аспирантов и молодых учёных «Ломоносов – 2008»* / Отв. ред. И.А. Алешковский, П.Н. Костылев, А.И. Андреев. [Электронный ресурс] — М.: Издательство МГУ; СПб МЫСЛЬ, 2008. с. 18. ISBN 978-5-91579-003-1

10. Ковалёва О.А. Взаимосвязь процессов ризогенеза и активности пероксидазы в пистях меристемных регенерантов картофеля (*Solanum tuberosum*) при их облучении УФ // *Материалы международной научной конференции «Биоразнообразие: проблемы и перспективы сохранения»*. Пенза. 2008. с. 46-48.

11. Ковалёва О.А. Влияние облучения ультрафиолетовой радиацией меристемных регенерантов картофеля (*Solanum tuberosum*) на активность пероксидазы и способность к ризогенезу. // *Материалы XV Всероссийской молодёжной научной конференции «Актуальные проблемы биологии и экологии»*. Сыктывкар. 2008. с. 119-120.

12. Инструкция по использованию иммуноферментного диагностического набора для определения вирусов картофеля. Коренево. - 2003. - 8 с.

## Содержание свободных фитогормонов в меристемных регенерантах картофеля (*Solanum tuberosum* L.) при ультрафиолетовом облучении

О.А. Ковалёва, О.В. Страшкевич

**Введение.** Восприятие растениями условий окружающей среды, передачу полученных сигналов и физиологические ответы на них интенсивно изучают во всём мире. Проблема реакции растений на повышающийся уровень ультрафиолетовой радиации (УФР) находится в ряду наиболее актуальных. Физиологические процессы в растениях регулируются и контролируются растительными гормонами. В настоящее время известны следующие группы природных веществ [1; 2; 3], выполняющих роль фитогормонов:

1. Ауксины: оказывают влияние на рост клеток в фазе растяжения; стимулируют выход протонов в клеточную стенку и увеличивают её растяжимость; вызывают дифференциацию ксилемы, индуцируют корнеобразование; стимулируют рост боковых корней; усиливают поступление воды и питательных веществ (аттрагирующее влияние).

2. Гиббереллины: усиливают вытягивание стебля; под влиянием гиббереллина повышается интенсивность использования единицы хлорофилла, возрастает ассимиляционное число.

3. Цитокинины: оказывают влияние на деление клеток; способствуют пробуждению и росту боковых почек; задерживают старение листьев; оказывают влияние на ультраструктуру хлоропластов: ускоряют дифференциацию пластид и образование в них мембран и гран; повышают содержание хлорофилла, ускоряя образование его предшественника – протохлорофиллида; активируют синтез РБФ-карбоксилазы; оказывают аттрагирующее влияние.

4. Ингибиторы роста (АБК, этилен): тормозят процессы роста.

Как известно, адаптация растений представляет собой сложный, многокомпонентный процесс, включающий в себя как специфические, так и неспецифические реакции. При изучении механизмов неспецифического реагирования особое внимание уделяется фитогормонам, поскольку ответ растений на неблагоприятные факторы, прежде всего, связан с изменениями в балансе эндогенных фитогормонов: понижением уровня одних и повышением – других.

Анализировать изменения, происходящие с фитогормонами при ультрафиолетовом (УФ) облучении, довольно сложно по нескольким причинам. Во-первых, фитогормоны затрагивают многие стороны обмена веществ; во-вторых, следует учитывать сложные взаимодействия между всеми группами гормонов. Поэтому на первый взгляд кажущиеся простыми изменения в уровне