

¹М. В. Дудов, асп.,

^{1,2}М. С. Гинс, д. б. н., профессор, член-корреспондент РАН,

¹А. А. Байков, снс

¹ФГБНУ ВНИИССОК, г. Москва,

²Российский университет дружбы народов, г. Москва

maxim674@rambler.ru, physiologist@inbox.ru

УДК 577.3:581.19:632.76:635.16

ФИЗИОЛОГО-БИОХИМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЛИСТЬЕВ КАРТОФЕЛЯ В НОРМЕ И ПРИ ПОВРЕЖДЕНИИ НАДЗЕМНОЙ ЧАСТИ РАСТЕНИЯ КОЛОРАДСКИМ ЖУКОМ

Резюме. Исследована динамика изменения содержания фотосинтетических пигментов, суммы антиоксидантов, выхода электролитов и флуоресцентных характеристик в листьях *Solanum tuberosum* L. сорта Жуковский ранний на начальной стадии поражения колорадским жуком (*Leptinotarsa decemlineata* Say). Оптимизирована система выращивания картофеля в гидрогеле.

Ключевые слова: *Solanum tuberosum* L., *Leptinotarsa decemlineata* Say, фотосинтетические пигменты, суммарное содержание антиоксидантов, быстрые световые кривые, выход электролитов.

Summary. The dynamics of changes in the content of photosynthetic pigments, the total antioxidant content, the electrolyte leakage, and fluorescence characteristics in *Solanum tuberosum* L. cv. Zhukovski rannij leaves at early stages of injury by Colorado beetle (*Leptinotarsa decemlineata* Say) was study. The system of cultivation of potatoes in a hydrogel was optimized.

Key words: *Solanum tuberosum* L., *Leptinotarsa decemlineata* Say, photosynthetic pigments, total antioxidant content, rapid light curves, electrolyte leakage.

Задачи по биологической защите растений с целью снижения использования химического метода и химической нагрузки в полевых условиях, а также предотвращения появления резистентных или устойчивых к химическим препаратам насекомых вредителей выходят сегодня на передний план. Использование энтомофагов в полевых условиях практикуется в последнее время достаточно часто. Начатые во ВНИИССОК исследования по изучению динамики взаимодействия хищного клопа пикромеруса *Picromerus bidens* L. и колорадского жука *Leptinotarsa decemlineata* Say на листьях картофеля в открытом грунте показали, что количественное описание параметров эксперимента затруднительно из-за высокой мобильности фито- и энтомофагов. Для более точного изучения динамики взаимодействия фитофаг-энтомофаг была создана светоклиматическая установка, в которой регулируется температура, влажность среды и освещенность. Для проведения круглогодичного эксперимента была отработана методика поддержания необходимой численности особей колорадского

жука различного возраста. Особи колорадского жука *Leptinotarsa decemlineata* Say содержались в пластмассовых ёмкостях с засыпанной в них почвой и свежей ботвой картофеля. Сверху ёмкости закрывались смоченным в воде марлевым материалом и помещались в холодильную камеру с температурой воздуха +3...+6 °С с одновременным поддержанием оптимальной влажности, что вызывало состояние диапаузы у колорадского жука. Постепенное «пробуждение» имаго колорадского жука проводилось путём помещения колорадских жуков в определённом количестве на листья ботвы картофеля светоклиматической установки с температурой +25 °С и поддержанием необходимой влажности. Наблюдения за колорадским жуком в светоклиматической установке показали, что имаго колорадского жука постепенно просыпалось с повышением температуры и начинало активно питаться листьями ботвы картофеля. Жуки откладывали яйца на листья ботвы картофеля, из них появлялись личинки I возраста. Через некоторое время личинки превращались в новых молодых жуков.

Для предотвращения ухода колорадского жука в почву и получения более точных количественных результатов динамики взаимодействия колорадского жука *Leptinotarsa decemlineata* Say и хищного клопа пикромеруса *Picromerus bidens* L. был использован гидрогель — как заменитель почвы. При понижении температуры окружающей среды колорадские жуки не уходят в гидрогель, как, например, в почву и остаются на поверхности. Растения можно выращивать на чистом гидрогеле, при этом корни растений прорастают в набухшие кристаллы гидрогеля обычно в течение 1,5–2 недель. Для выращивания растений картофеля в гидрогеле использовали пластмассовые ёмкости с предварительно просверленными отверстиями для отведения лишней воды, в которые был помещён гидрогель весом 1 грамм. Эти ёмкости заполняли водой. После того как гранулы гидрогеля полностью впитывали воду, в ёмкости высаживали растения картофеля. Для предотвращения защелачивания гидрогеля и поддержания оптимальной pH (5,3–5,8) использовались азотная и уксусная кислоты.

Данная работа носила методический характер, и ее целью было исследование физиолого-биохимических характеристик листьев картофеля при использовании в качестве субстрата почвы и геля, а так же первичный ответ растений при «пробуждении» колорадского жука. Для изучения функциональной активности фотосинтетического аппарата были применены люминесцентные методы исследования, они отражают те изменения в фотосинтетическом аппарате, которые происходят на самых ранних стадиях внешнего воздействия [1–4]. В качестве индикатора окислительного стресса был использован интегральный параметр суммы антиоксидантов [5].

Растения выращивались в светоклиматической установке при температуре +18...+25 °С и 15-часовом фотопериоде (200–400 мкмоль·м⁻²·с⁻¹). Максимальную относительную скорость электронного транспорта ($rETR_{max}$) определяли методом быстрых световых кривых [4, 6]. Суммарное содержание

антиоксидантов (ССА, мг.-экв. ГК/г) определяли амперометрическим методом [5]. Определение содержания фотосинтетических пигментов, выход электролитов (ВЭ) проводили, как описано в работах [7, 8].

В ответ на начальное повреждение растения колорадским жуком в листьях снизилось содержание фотосинтетических пигментов на 22–25% и увеличился выход электролитов с 16,1 до 23,2% (табл. 1). Последнее может свидетельствовать о некоторой деградации мембранных липидов вследствие окислительного стресса.

Таблица 1.

Физиолого-биохимические характеристики листьев картофеля

Параметр	Контроль	Повреждение	Гель
Хлорофилл а, мг/г	1,56±0,07	1,18±0,06	1,67±0,06
Хлорофилл б, мг/г	0,38±0,02	0,29±0,01	0,40±0,02
Каротиноиды, мг/г	0,45±0,03	0,35±0,02	0,47±0,03
rETRmax, усл.ед.	22,6±1,2	30,2±1,3	24,7±1,1
ССА, мг.-экв. ГК/г	0,89±0,05	1,11±0,08	0,95±0,06
ВЭ, %	16,1±2,3	23,2±2,5	17,0±2,1

Вместе с тем в растении запустились процессы оптимизации на уровне антиоксидантной и фотосинтетической систем, об этом свидетельствует увеличение на 25% параметра ССА, характеризующего емкость антиоксидантного пула, а также неизменность параметра Fv/Fm, характеризующего максимальную эффективность фотохимического разделения зарядов в ФС II, который не отличался достоверно во всех исследуемых образцах и принимал значения в диапазоне от 0,78 до 0,81, что характерно для адаптированных к темноте листьев [3]. При этом в поврежденных листьях увеличилась максимальная относительная скорость электронного транспорта rETRmax (табл. 1). Подобный эффект наблюдали ранее при повреждении листьев земляники садовой атлантическим паутиным клещом [4] и при воздействии гамма-радиации на растения арабидопсиса [9].

Сравнение физиолого-биохимических характеристик листьев картофеля выращенных в грунте (контроль) и гидрогеле (табл. 1), позволяет сделать вывод, что выбранные условия выращивания позволяют получить идентичные результаты. Растения дополнительного стресса, связанного с использованием геля, не испытывают.

Выводы

Подобрана среда для выращивания растений картофеля с использованием гидрогеля для наблюдения за динамикой взаимодействия колорадского жука *Leptinotarsa decemlineata* Say и хищного клопа пикромеруса *Picromerus bidens* L. Выбраны физиолого-биохимические величины, которые чувствительны к

изменениям, происходящим на самых ранних стадиях воздействия колорадского жука. Охарактеризована реакция растений картофеля в ответ на начальное повреждение колорадским жуком.

Список использованной литературы

1. Вацадзе Н. С., Пахненко Е. П., Глазунова С. А., Караваев В. А., Байков А. А., Солнцев М. К. Люминесцентные показатели растений на ранних этапах онтогенеза при разных условиях питания // АгроЭкоИнфо, 2011. — № 2. — С. 18.
2. Пахненко Е. П., Вацадзе Н. С., Глазунова С. А., Караваев В. А., Байков А. А., Солнцев М. К. Ранняя диагностика физиологического состояния растений люминесцентными методами при разных условиях питания // Вестник Московского университета. — Серия 17: Почвоведение, 2012. — № 2. — С. 8–13.
3. Байков А. А., Караваев В. А., Попов С. Я., Квитка А. Ю., Левыкина И. П., Солнцев М. К., Тихонов А. Н. Люминесцентные характеристики листьев земляники на ранних стадиях повреждения растений паутинным клещом // Биофизика, 2013. — Т. 58. — № 2. — С. 321–328.
4. Попов С. Я., Пономаренко Е. К., Гинс М. С., Байков А. А. Анализ различных параметров флуоресценции хлорофилла в листьях земляники садовой при повреждении атлантическим паутинным клещом *Tetranychus atlanticus* McGregor // Плодоводство и ягодоводство России, 2016. — Т. XXXXVI. — С. 323–329.
5. Гинс М. С., Гинс В. К., Кононков П. Ф., Байков А. А., Торрес М. К., Романова Е. В., Лапо О. А. Методика анализа суммарного содержания антиоксидантов в листовых и листостебельных овощных культурах: Учебно-методическое пособие. — М., 2013.
6. Ralph P. J., Gademann R. Rapid light curves: a powerful tool to assess photosynthetic activity // Aquat. Bot., 2005. — V. 82. — P. 222–237.
7. Lichtenthaler H. K. Chlorophylls and carotenoids — pigments of photosynthetic biomembranes // Methods in Enzymology, 1987. — V. 148. — P. 350–382.
8. Pinhero R. G., Rao M. V., Paliyath G., Murr D. P., Fletcher R. A. Changes in activities of anti-oxidant enzymes and their relationship to genetic and paclobutrazol-induced chilling tolerance of maize seedlings // Plant Physiol., 1997. — V. 114 — P. 695–704.
9. Vanhoudt N., Horemans N., Wannijn J., Nauts R., Hees M. V., Vandenhove H. Primary stress responses in *Arabidopsis thaliana* exposed to gamma radiation // J. Environ. Radioact., 2014. — V. 129. — P. 1–6.



¹M. V. Dudov, ^{1,2}M. S. Gins, ¹A. A. Baikov

¹ARRIVBSP, Moscow, ²PFUR, Moscow

PHYSIOLOGICAL AND BIOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF POTATO LEAVES IN NORM AND DAMAGE TO AERIAL PARTS OF THE PLANT BY THE COLORADO BEETLE