

КОМП'ЮТЕРНІ ЗАСОБИ, МЕРЕЖІ ТА СИСТЕМИ

*D. Artemenko, O. Kitaev,
V. Fedak*

PORTABLE PAM CHLOROPHYLL-FLUORIMETER WITH MEASURING OF THERMOINDUCTION CHARACTERISTICS

In the article the portable PAM chlorophyll-fluorimeter for thermoinduction characteristics measuring, its operating modes and measured characteristics are considered.

Key words: thermoinduction, chlorophyll-fluorimeter, fluorescence.

Рассмотрен портативный PAM флуорометр, позволяющий измерять показатели термоиндукции, приведены возможные режимы его работы и измеряемые показатели.

Ключевые слова: термоиндукция, хлорофил-флуорометр, флуоресценция.

Розглянуто портативний PAM флуорометр, який дозволяє вимірювати показники термоіндукції, наведені можливі режими його роботи та вимірювані показники.

Ключові слова: термоіндукція, хлорофіл-флуорометр, флуоресценція.

© Д.М. Артеменко, О.І. Китаєв,
В.С. Федак, 2010

УДК 381.3

Д.М. АРТЕМЕНКО, О.І. КИТАЄВ, В.С. ФЕДАК

ПОРТАТИВНИЙ PAM ХЛОРОФІЛ- ФЛУОРОМЕТР З ВИМІРЮВАННЯМ ПОКАЗНИКІВ ТЕРМОІНДУКЦІЇ

Вступ. Застосування сучасних агротехнічних засобів, потребує безперервного моніторингу стану рослин. Експресне визначення стану рослин та їх реакцій на впливи різної природи є актуальною задачею.

Загальна частина. Для вирішення зазначених задач використовують засоби експресної діагностики стану рослин за функціональними індукційно-флуоресцентним та термоіндукційним показниками, як найбільш чутливими та швидкими [1, 2].

Стан рослини, за даним переліком показників визначають шляхом вивчення її фотосинтетичного апарату.

Зміна у часі сигналу червоної флуоресценції хлорофілу при синьому опроміненні листа після темної адаптації має характерний вигляд кривої індукції флуоресценції (кривої Каутського). Доведено, що певні ділянки індукційної кривої є індикаторами відповідних фізіологічних процесів передачі збудження від реакційних центрів і далі між ланками ланцюга фотосинтезу у вигляді окисно-відновних реакцій [2, 3].

На індукційній кривій виділяють характерні, екстремальні, реперні точки або цілі фрагменти, значення яких використовують для діагностики стану рослини. Ці значення використовують також для розрахунків різних коефіцієнтів, індексів, критеріїв та інших узагальнюючих діагностичних ознак [4]. Кількість вимірюваних показників сучасних флуорометрів залежить від їх складності, призначення і може коливатись від одиниць («Флоратест», Україна) до кількох десятків

РАМ-2100 (Pulse-Amplitude-Modulation) фірми Heinzwalz GmbH Німеччина [3]. У роботі [3] міститься фізіологічна інтерпретація багатьох показників індукційної кривої, кожен з яких відповідає за реакцію рослини на той чи інший впливовий чинник.

Відсутність у польових приладах терморегуляції опроміненого фрагмента листа не дозволяє вимірювати показники термоіндукції, що зменшує їх діагностичні можливості.

Призначення створеного в Інституті кібернетики імені В.М. Глушкова НАН України портативного модуляційного хлорофіл-флуорометра (рис. 1) полягає в опрацюванні способів і методик експрес-діагностики стану рослин у польових умовах на основі аналізу індукції флуоресценції та термоіндукції. Його конструктивні, метрологічні та експлуатаційні характеристики задовольняють основним вимогам до польових приладів, що необхідно для подальшої орієнтації хлорофіл-флуорометра на вузько спеціалізовані діагностичні задачі. Прилад розрахований на науковців галузевих аграрних інститутів, фахівців дослідних, випробних та селекційних станцій.



РИС. 1. Портативний модуляційний хлорофіл-флуорометр

Структурна схема модуляційного хлорофіл-флуорометра показана на рис. 2. Прилад реалізує наступні функції: опромінення, приймання, виділення та вимірювання сигналу флуоресценції, вибір режиму вимірювання, термостабілізацію зони вимірювання, підвищення температури зони вимірювання із заданою швидкістю, індикацію температури та передачу даних до комп'ютера через інтерфейс RS-232.

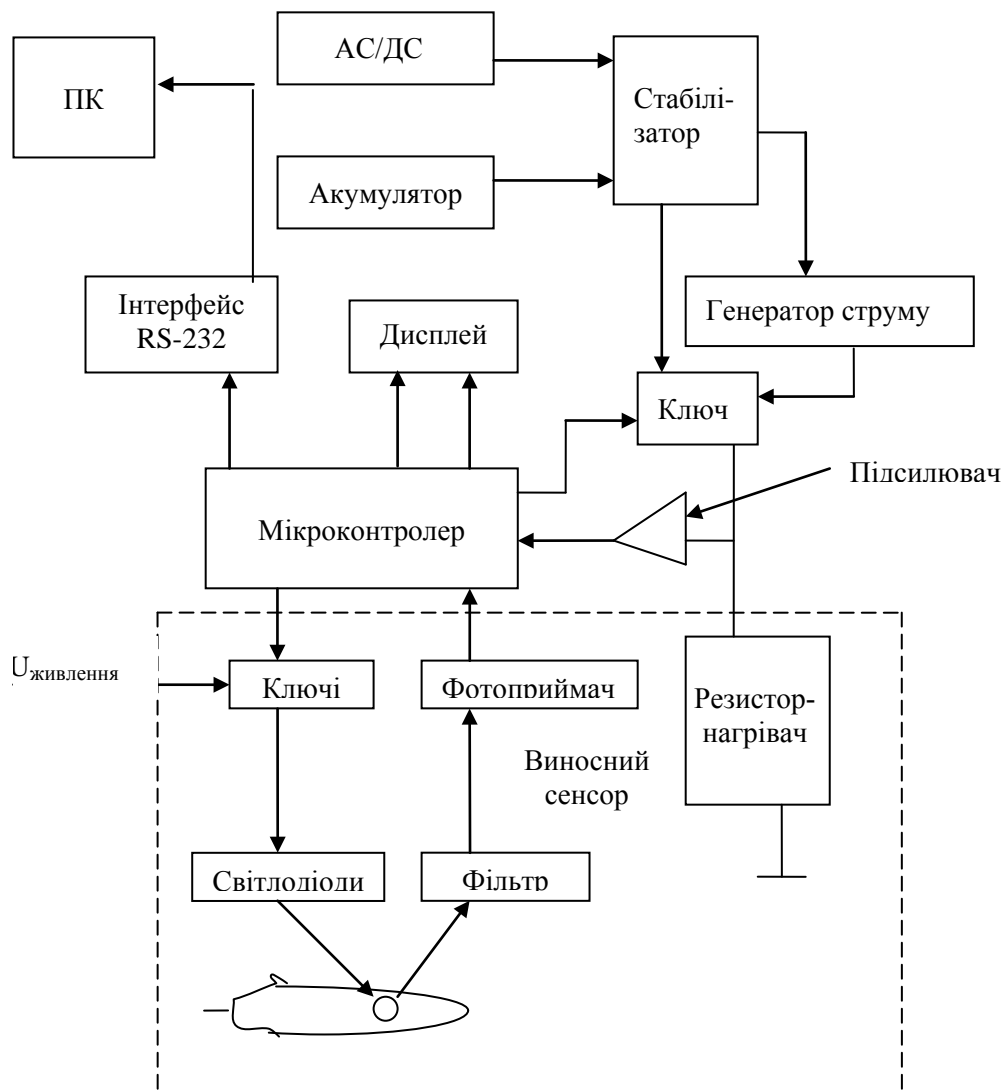


РИС. 2. Структурна схема модуляційного хлорофіл-флуорометра з підігрівом

Опромінення фрагмента листа діаметром 5 мм. здійснюється на довжині хвилі 470 нм. У табл. 1 наведені режими опромінення та їх енергетичні характеристики. Модуляція опромінення полягає у реалізації насичуючих спалахів, число яких від 1 до 99 у трьоххвилинному циклі задається користувачем з клавіатури перед циклом вимірювання флуоресценції. Опромінення здійснюється суперяскравими світлодіодами під керуванням мікроконтролера.

ТАБЛИЦЯ 1. Режими опромінення модуляційного хлорофіл-флуорометра

Назва режиму	Функції	Освітленість		Тривалість τ с	Частота α Гц
		мк моль фот / \cdot м ² с	Вт / м ²		
ML	Вимірююче світло, що не викликає фотохімічних реакцій	0,5	0,125	0,8	-
AL	Діюче, актинічне світло, підтримує фотосинтез	100	25	180 480	-
SP	Насичуючі спалахи	200	50	0,3	1÷99 імп.

На рис. 3 показано часові діаграми режиму опромінення. Приймання сигналу флуоресценції здійснюється з опроміненого фрагмента листа. Сигнал флуоресценції виділяється світлофільтром, який пропускає червоне світло починаючи з довжини хвилі 675 нм. Фотоприймач на основі фотодіода з підсилювачем перетворює оптичний сигнал флуоресценції в електричний і передає його до мікроконтролера. Вибірка сигналу здійснюється зі швидкістю 100 вимірів у секунду. Параметри флуоресценції і температури передаються до комп'ютера через стандартний інтерфейс RS-232.

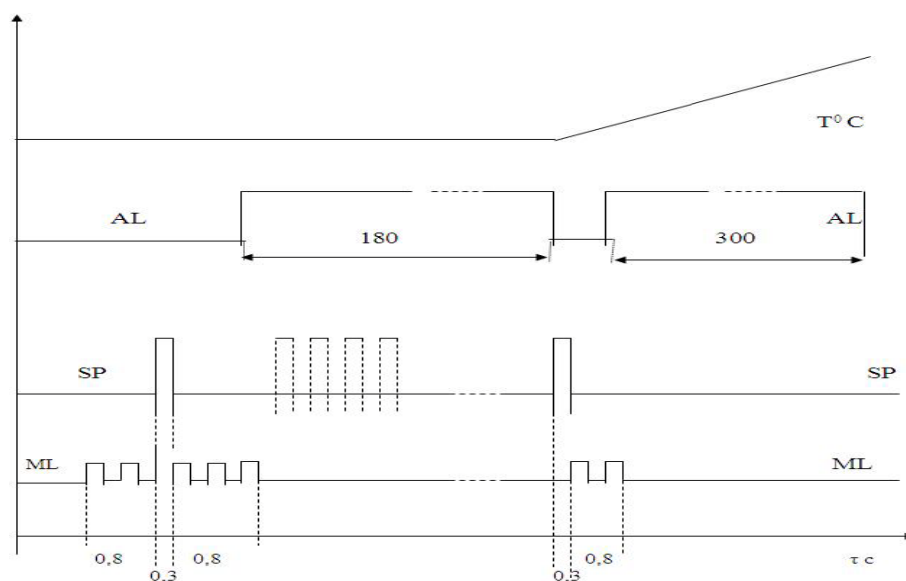


РИС. 3. Режимы опромінення

Режимом роботи керує мікроконтролер. Нагрівання та контроль температури здійснюється за допомогою резистивного нагрівача, який одночасно є термодатчиком. Термометр-нагрівач (рис. 4) виготовлений за тонкоплівковою технологією і розміщений на нижній пластині виносного сенсора. Він має малу інерційність і використовується також для вимірювання температури листа.

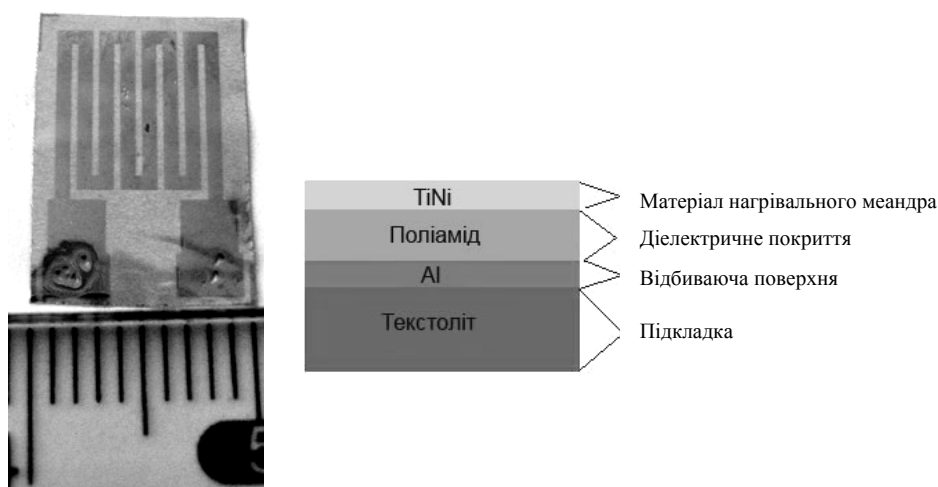


РИС. 4. Термометр-нагрівач

Прилад забезпечує термостабілізацію опроміненого фрагмента листа в заданому користувачем діапазоні температур у межах від зовнішньої до 70 °С, а також її підвищення від 0 до 80 °С з заданою швидкістю наростання, від 1 до 98 °С на хвилину. Значення поточної температури, а також вибраної швидкості наростання температури відображається на дисплеї приладу. Суміщення функцій нагрівання та вимірювання температури досягається шляхом почергового пропускання через резистор-нагрівач відповідної величини струму, нагрівачого – 110 mA або вимірювального – 10 mA. Вимірювальний струм формується генератором струму. Під час протікання вимірювального струму напруга з резистора через операційний підсилювач поступає на вхід АЦП мікроконтролера. Результат вимірювання поступає на дисплей.

У табл. 2 наведені типові режими роботи модуляційного хлорофіл-флуорометра, тривалість режимів, можливі регулювання та перелік параметрів за термінологією [1, 3], які вимірюються в кожному з режимів. З наведених показників розраховуються діагностичні коефіцієнти, індекси, критерії тощо.

За допомогою модуляційного хлорофіл-флуорометра з підігрівом реалізовані методики ідентифікації бактеріозу рослин [5], визначення сумісності компонентів сорто-підщепних комбінувань [6], та визначення водного дефіциту листа рослин [7].

Рекомендується застосовувати хлорофіл-флуорометр у рослинництві, садівництві, виноградарстві.

ТАБЛИЦЯ. 2. Режими роботи модуляційного хлорофіл-флуорометра з підігрівом

№ ре-жи-му	Опис та назва режиму	Регулювання	Опромінення	Кінець вимірювань	Вимірювані показники
1	Стандарт 180–600 с термоіндукції	Швидкість нагріву в діапазоні $5 \div 50$ °C/хв	ML, SP, ML, AL, SP, ML, AL	За досягненням 80 °C	$F_0, F_m, F_{pl}, F_p, F_{M1}, F_{S1}, F_{M2}, F_{S2}, F_{st}, F_m^1, F_0^1, F_\alpha, F_\beta, F_\gamma$
2	Завдання тривалості від 2 до 180 с	За сигналом комп'ютера	ML, SP, ML, ML, SP, ML, AL, SP, ML	За сигналом комп'ютера За сигналом комп'ютера	$F_0, F_m, F_0, F_m, F_{pl}, F_p, F_{M1}, F_{S1}, F_{M2}, F_{S2}, F_{st}, F_m^1, F_0^1$
3	Модуляційний 180 с	Кількість спалахів 1–90 рівномірно по AL	ML, SP, ML, AL, n, SP, SP, ML	За досягненням 180 с	$F_0, F_m, F_{pl}, F_p, F_{M1}, F_{S1}, F_{M2}, F_{S2}, F_m^{ln}, F_t^{ln}, F_m^1, F_0^1$
4	Термостабілізація	Задається в діапазоні 20–80 °C тривалістю 0,05–600 с з шагом 0,5 с	SP SP	По закінченню тривалості заданого режиму	$F_{01}, F_{m1}, F_{02}, F_{m2}$
5	Термоудар	Температура скачка від 20 до 90 °C	SP по закінченню	За досягненням заданої температури	F_m

Висновки

1. Модуляційний хлорофіл-флуорометр значно розширює діагностичні можливості при аналізі індукції флуоресценції нативного хлорофілу інтактного листа рослини.

2. Використання програмованих режимів швидкості нагрівання фрагмента листа дозволяє отримати та визначати показники термоіндукції, зокрема, α , β і γ хвили.

3. Наявність режиму термостабілізації дозволяє здійснювати вимірювання при заданій температурі та визначати її вплив на окремі ланки процесу фотосинтезу.

4. Конструкція приладу, малі вага, габарити та енергоспоживання, дозволяють використовувати флуорометр у польових умовах експлуатації.

1. *Корнеев Д.Ю.* Информационные возможности метода индукции флуоресценции хлорофилла. – Киев: Альтерпрес, 2002. – 188 с.
2. *Нобель П.* Физиология растительной клетки. – М.: Мир, 1973. – 44 с.
3. FluroGam <http://www.PSI.CZ>
4. *Romanov V., Fedak V., Galelyuka I., Sarakhan Ye., Skrypnyk O.* Portable Fluorometer for Express-Diagnostics of Photosynthesis: Principles of Operation and Results of Experimental Researches // Proceeding of the 4th IEEE Workshop on "Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications", IDAACS'2007. – Dortmund, Germany. – 2007, September 6 – 8. – P. 570 – 573.
5. *Патент України на винахід № 82714.* Спосіб ідентифікації бактеріозу рослин / О.І. Китаєв, Я.І. Мовчан, Ю.С. Колесник, В.С. Федак. – Опубл. 12.05.2008, бюл. № 9.
6. *Патент України на винахід № 83752* Спосіб визначення сумісності компонентів сорто-підщепних комбінуваних рослин / О.І. Китаєв, А.В. Долід, М.В. Матвієнко, В.О. Романов, П.С. Клочан, О.А. Кишак, Ю.С. Колесник, В.С. Федак. – Опубл. 11.08.2008, бюл. № 15.
7. *Патент України на винахід № 85524.* Спосіб визначення водного дефіциту листя рослин / О.І. Китаєв, Ю.Ю. Андрусик, П.С. Клочан, І.В. Ковалевський, Ю.С. Колесник, О.П. Лушпиган, В.О. Романов, В.А. Скряга, Т.В. Бедненко, В.С. Федак. – Опубл. 26.01.2009, бюл. № 2.

Отримано 25.10.2010