

КОМП'ЮТЕРНІ ЗАСОБИ, МЕРЕЖІ ТА СИСТЕМИ

V. Grusha, O. Kovyrova

RESEARCH OF FLUOROMETER "FLORATEST" SENSITIVITY TO STRESS FACTORS ON STATE OF PLANTS

Results of research of fluorometer "Floratest" sensitivity to stress factors on state of plants on example of datura and cucumbers are considered in the article.

Key words: chlorophyll fluorescence induction, fluorometer.

Рассмотрены результаты исследования чувствительности флуориметра "Флоратест" к действию стрессовых факторов на примере дурмана и огурцов обыкновенных.

Ключевые слова: индукция флуоресценции хлорофилла, флуориметр.

Розглянуто результати досліджень чутливості флуориметра "Флоратест" до дії стресових факторів на стан рослин на прикладі дурману та огірків звичайних.
Ключові слова: індукція флуоресценції хлорофілу, флуориметр.

© В.М. Груша, О.В. Ковирьова,
2012

УДК 578.01+681.7.08+535.3+681.335.2

В.М. ГРУША, О.В. КОВИРЬОВА

ДОСЛІДЖЕННЯ ЧУТЛИВОСТІ ФЛУОРИМЕТРА "ФЛОРАТЕСТ" ДО ДІЇ СТРЕСОВИХ ФАКТОРІВ НА СТАН РОСЛИН

Вступ. В Інституті кібернетики імені В.М. Глушкова НАН України створено і поставлено на серійне виробництво комп'ютерний прилад "Флоратест" (спектральний діапазон вимірювання інтенсивності флуоресценції від 670 до 770 нм) [1, 2]. Прилад призначений для використання як для наукових досліджень, так і для використання у промислового сільському господарстві для експрес-діагностики стану рослин.

З метою оцінки чутливості флуориметра до дії стресових факторів в ІК НАН України виконані натурні дослідження. Досліджувалась зміна індукції флуоресценції хлорофілу (ІФХ) бур'яну "Дурман" (лат. *Datura*) при дії гербіциду "Раундап" та ІФХ овочевої культури "Огірки звичайні" (лат. *Cucumis sativus*) при зневодненні.

Експеримент включав кілька чітко визначених етапів [3, 4], а саме:

1) організацію підготовки і проведення експерименту таким чином, щоб як найкраще вирішити поставлену задачу мінімізувати часові та матеріальні витрати і досягти більш точних результатів;

2) обробку результатів експерименту з метою отримання максимальної кількості даних про досліджуваний об'єкт;

3) формування висновків про стан об'єкта за результатами експерименту.

Розглянемо перший етап, а саме: підготовку до експерименту.

Для висадки рослин дурману та огірків звичайних використовувався ґрунт "СМРО

SANA" [5] виробництва Німеччини. Ґрунт "COMPO SANA" має наступний склад: торф (НЗ-Н8 ступеня розкладу), глинистий гранулят, пісок, вапно, добрива типу нітроамофоска (NPK). Засоленість ґрунту (КСІ) – < 3 г/л, кислотність ґрунту, рН – 5,0 – 6,5. Дати поливу фіксувалися в окремій таблиці.

Виміри за допомогою флуориметра "Флоратест" проводилися наступним чином:

- фіксувався час початку виміру;
 - за допомогою метеостанції виробництва фірми "ТФА" [6] фіксувалися температура та вологість оточуючого середовища;
 - за допомогою пристрою "Діагностичної системи ґрунту 4 в 1" [7] фіксувалася температура ґрунту в градусах Цельсія, вологість ґрунту, значення кислотності ґрунту рН. У кожному горщику виміри проводилися 3 рази під час кожної серії вимірювання;
 - темнова адаптація перед вимірюванням становила 3 хв;
 - час кожного виміру 160 с;
 - лист, який вимірювався на рослині під час кожної серії вимірювання, вибирався з одного ярусу для всіх горщиків;
 - вимірювання проводилися за допомогою двох екземплярів приладів "Флоратест";
 - всі вищезазначені параметри фіксувалися у таблиці.
- Графіки для аналізу будувалися наступним чином:
- вибиралися криві з контрольної та дослідної груп;
 - вибиралася крива з максимальною амплітудою, аномальні дані відкидалися;
 - для побудови кривих ІФХ та їх аналізу використано програмний засіб Microsoft Office Excel 2007.

Дослідження ІФХ дурману під впливом дії пестициду "Раундап".

Експеримент проводився з 19.07.2012 по 13.09.2012. У табл. 1 наведена схема експерименту. Всього використано 12 горщиків з 2 – 3 рослинами у кожному (рис. 1). Горщики та рослини пронумеровані у форматі x.y, де x – номер горщика (число від 1 до 12), y – номер рослини у горщику (число від 1 до 3). Рослини поділені на 3 групи, у групі № 1 – 11 рослин, у групі № 2 – 10 рослин, у групі № 3 – 11 рослин.



РИС. 1. Горщики з рослиною дурман (дата зйомки – 03.08.2012)

ТАБЛИЦЯ 1. Дослідження стану рослини дурман під впливом гербіциду "Раундап"

Дата	Етапи експерименту
09.07.2012	Підготовка розсади дурману для проведення експерименту
19.07.2012	Висадка розсади дурману в горщики (площа поверхні кожного 0,04 м ²). Горщики виставлені на відкритому ділянку
24.07.2012	Виконання вимірів кривих ІФХ за допомогою флуориметра "Флоратест"
25.07.2012	Приготування розчинів гербіциду "Раундап" № 1 і № 2, обприскування рослин групи № 1 та № 2
26.07.2012 – 09.08.2012	Проведення 5 серій вимірювань
09.08.2012	Приготування розчину гербіциду "Раундап" № 3, обприскування рослин групи № 1
10.08.2012 – 13.09.2012	Проведення 10 серій вимірювань

Розчин гербіциду "Раундап" [8–10] приготовлено матричним методом 25.07.2012, тобто спочатку 2 мл гербіциду "Раундап" розчинено у 0,5 л води, далі 0,5 мл цього розчину розчинено у 200 мл води і таким чином отримано робочий розчин № 1. Для отримання розчину № 2 1 мл попередньо підготовленого розчину розчинено у 200 мл води. Рослини з групи № 1 обприскано робочим розчином № 1 (200 мл на кожний горщик), рослини з групи № 2 обприскано робочим розчином № 2 (200 мл на кожний горщик).

На рис. 2 показана типова крива ІФХ.

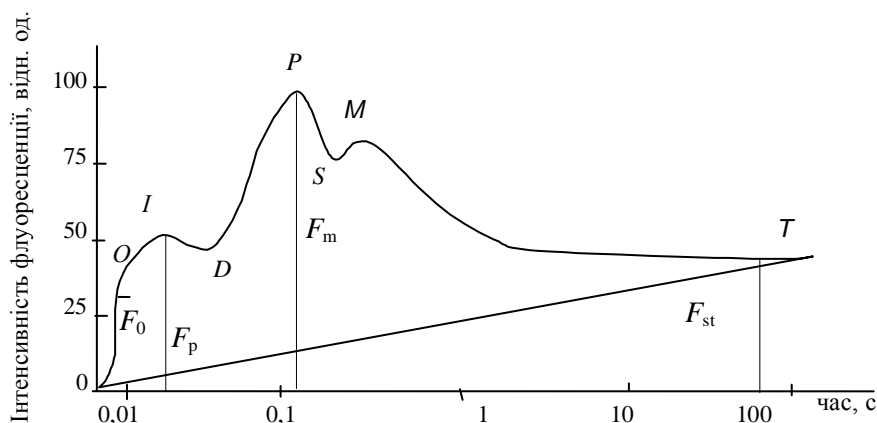


РИС. 2. Типова крива індукції флуоресценції хлорофілу

Для оцінки стану фотосинтетичного апарата рослин використовують ряд числових показників кривої ІФХ: F_0 – початкове значення індукції флуоресценції після включення опромінення; F_p – значення індукції флуоресценції «плато»; F_m – максимальне значення індукції флуоресценції; F_{st} – стаціонарне значення індукції флуоресценції після світлової адаптації листа рослини; $F_m - F_0$ – варіабельна флуоресценція, τ_1 – час досягнення 0,5 варіабельної флуоресценції при зростанні кривої ІФХ; τ_2 – час досягнення 0,5 варіабельної флуоресценції при спаданні кривої ІФХ; $T = \tau_2 - \tau_1$ – тривалість ІФХ [11].

Виміри 26.07.2012 показали значну залежність кривих ІФХ від сонячного випромінювання, тому прийнято рішення проводити подальші вимірювання у затіненні (рис. 3).

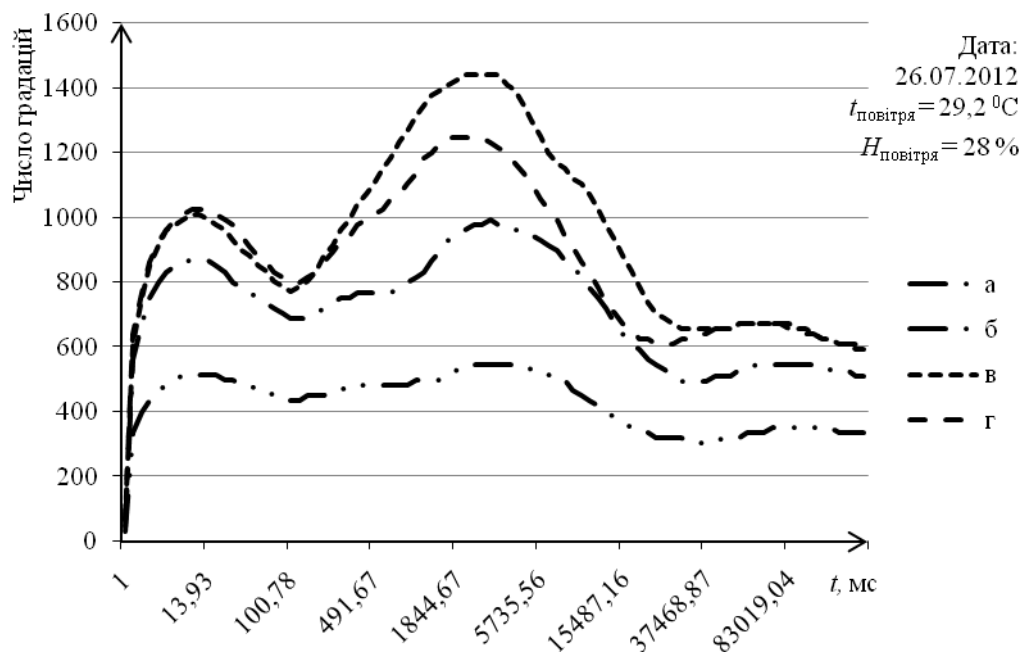


РИС. 3. Результати вимірювання кривих ІФХ рослини дурману за допомогою портативного флуориметра "Флоратест" (а – час 11:40, група № 1, рослини знаходились на сонці; б – час 11:48, група № 1, рослини знаходились на сонці; в – час 13:18, група № 3, рослини знаходились у тіні; г – час 13:26, група № 3, рослини знаходились у тіні)

Аналіз кривих після першого обприскування робочим розчином № 1 та робочим розчином № 2 показав незначні відмінності від кривих у контрольній групі № 3, що пов'язано з низькою концентрацією гербіциду "Раундап". Тому прийнято рішення обприскати групу № 1 робочим розчином № 3 (5 мл попередньо підготовленого розчину розчинили у 100 мл води), що виконано 9.08.2012.

Перші відмінності у кривих ІФХ зареєстровані 17.08.2012. Відмінності у кривих індукції флуоресценції хлорофілу групи № 1 у порівнянні з кривими, що отримані у контрольній групі № 3, зафіксовані 21.08.2012 (рис. 4). Рослини, що обприскані гербіцидом, мали вищий рівень флуоресценції, найбільша різниця відмічена на відрізку кривої між F_m та F_{st} .

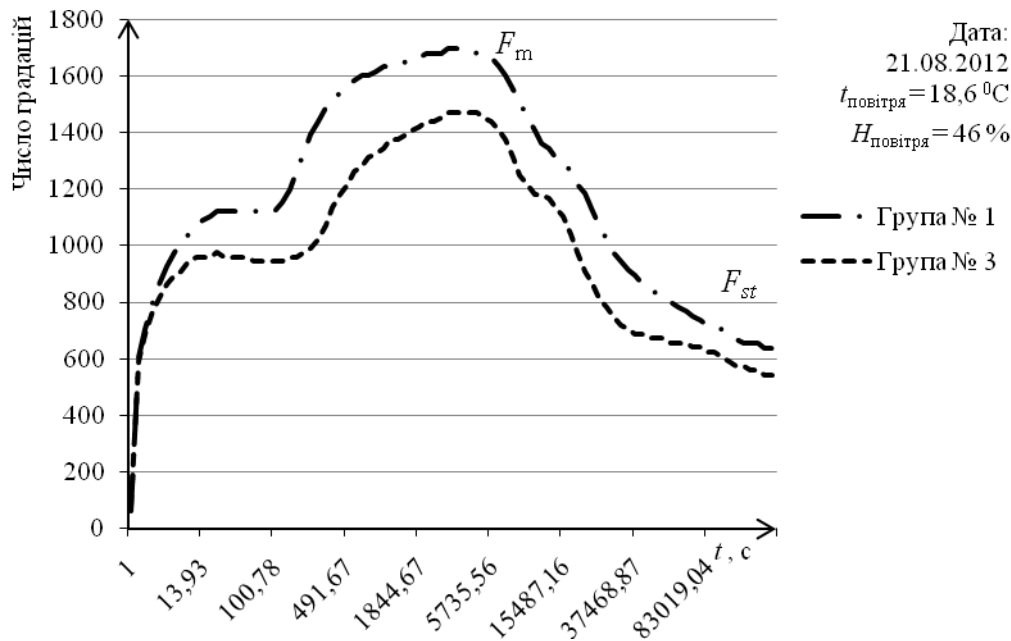


РИС. 4. Результати вимірювання кривих ІФХ рослин дурману за допомогою портативного флуориметра "Флоратест"

Здійснено пошук кореляції між середніми значеннями параметрів кривої F_m , F_{st} , F_o та параметрами зовнішнього середовища: температурою повітря ($t_{\text{повітря}}$), вологістю повітря ($H_{\text{повітря}}$), температурою ґрунту ($t_{\text{ґрунту}}$), вологістю ґрунту ($H_{\text{ґрунту}}$). Обчислення кореляції здійснювалося в середовищі MS Excel за допомогою функції CORREL(). Результати обчислень наведені у табл. 2. Виявлений сильний зв'язок параметра ІФХ F_o з температурою повітря, вологістю повітря та температурою ґрунту. Ці параметри також взаємопов'язані, оскільки температура повітря знижувалася в дощову хмарну погоду, під час якої збільшувалася вологість.

Графіки зміни середньої вологості повітря та F_o в різні дні вимірювань показані на рис. 5, 6. Графік вологості повітря обернений до графіка температури повітря.

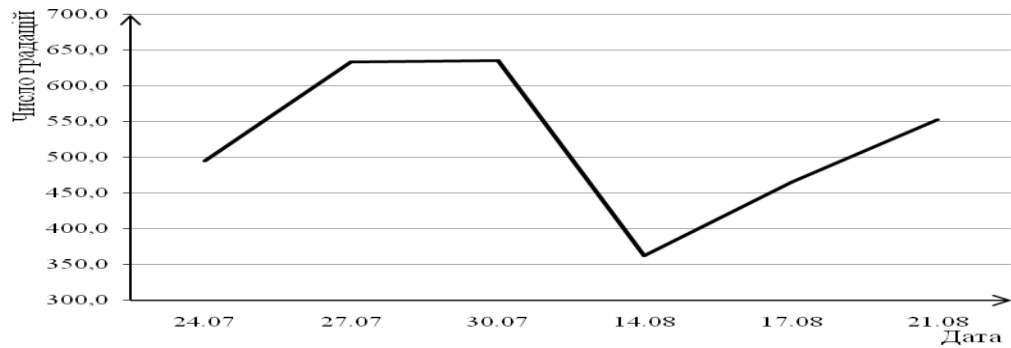


РИС. 5. Середні значення F_0 у дні вимірювання

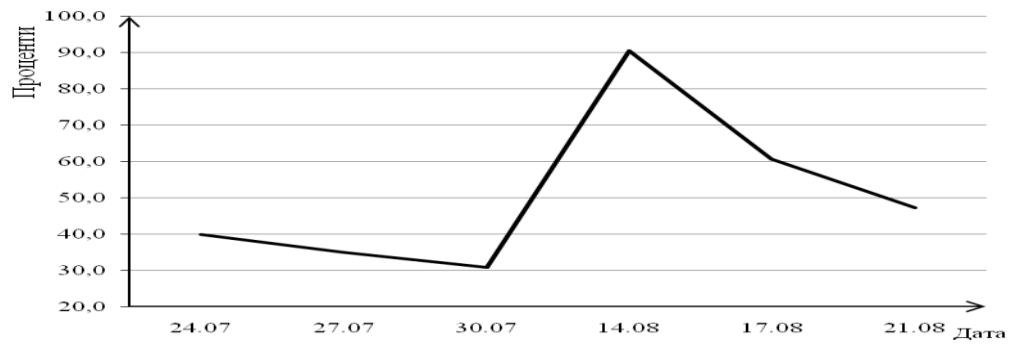


РИС. 6. Середні значення вологості повітря у дні вимірювання

Таблиця 2. Корелювання основних параметрів кривої з параметрами зовнішнього середовища та останніх між собою

Дата	F_m	F_{st}	F_0	$t_{\text{повітря}}, ^\circ\text{C}$	$H_{\text{повітря}}, \%$	$t_{\text{грунту}}, ^\circ\text{C}$	$H_{\text{грунту}}, \%$
24.07.2012	2041,3	618,7	494,7	20,8	39,9	17,8	70,0
27.07.2012	1698,7	558,7	633,3	30,1	35,0	28,1	62,8
30.07.2012	1779,7	592,0	635,1	29,9	30,8	29,6	24,1
14.08.2012	1785,3	596,0	362,7	13,8	90,5	14,1	50,6
17.08.2012	1458,7	533,3	465,3	22,2	60,7	20,8	42,8
21.08.2012	1621,3	581,3	552,5	18,5	47,2	18,0	23,1
Коефіцієнт кореляції							
$t_{\text{повітря}}$	-0,06	-0,28	0,89	1	-0,82	0,98	-0,04
$H_{\text{повітря}}$	-0,18	-0,05	-0,92	-0,82	1	-0,75	0,07
$t_{\text{грунту}}$	-0,13	-0,30	0,88	0,98	-0,75	1	-0,18
$H_{\text{грунту}}, \%$	0,50	0,17	-0,24	-0,04	0,07	-0,18	1

Дослідження ІФХ огірків звичайних при зневодненні.

Дослідження ІФХ огірків при зневодненні проводилося відповідно до схеми експерименту (табл. 3). Всього використано 8 горщиків з 2 – 4 рослинами у кожному. Рослини поділені на 2 групи, у групі № 1 – 6 рослин, у групі № 2 – 11 рослин.

ТАБЛИЦЯ 3. Дослідження стану рослини огірків при зневодненні

Дата	Етапи експерименту
04.06.2012	Підготовка розсади огірків для проведення експерименту
19.06.2012	Висадка розсади огірків у горщики
19.06.2012 – 16.07.2012	Полив рослин виконується з однаковою періодичністю
17.07.2012	Припинення поливу рослин із групи № 2
18.07.2012 – 01.08.2012	Проведення 8 серій вимірювання

При аналізі результатів вимірів з оцінкою параметрів F_m , F_{st} , F_o виявлено, що їх середні значення для кожної групи подібні. Аналогічне спостерігалось в інших точках кривих. Проте відмічена різниця для кожної з груп у формі кривих при спаді з F_m до F_{st} . У контрольній групі № 1 спад відбувається швидше, а в групі № 2 – повільніше (рис. 7).

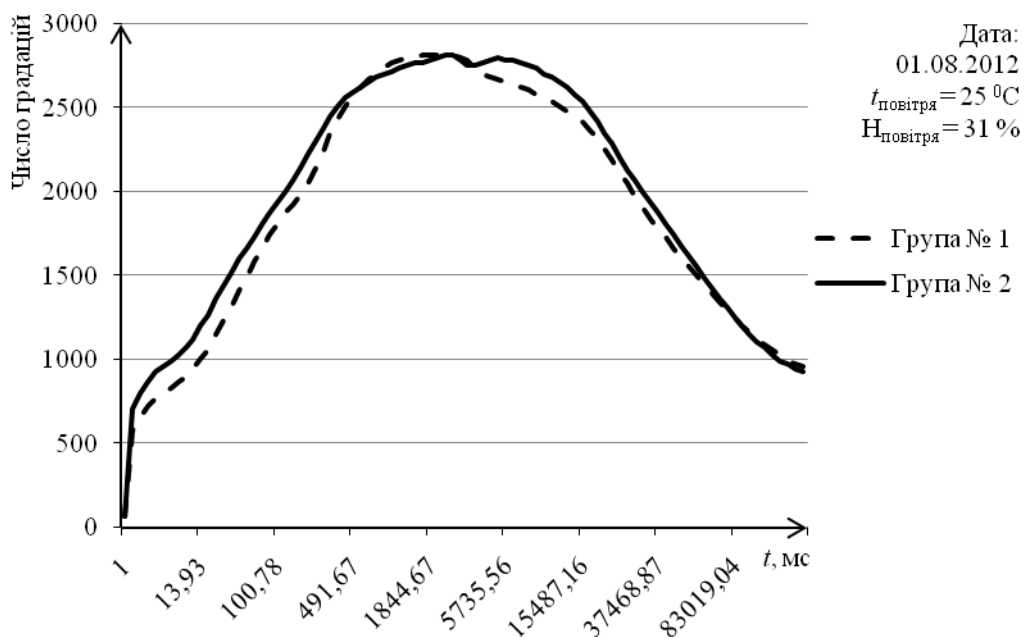


РИС. 7. Результати вимірювання кривих ІФХ рослин огірків звичайних за допомогою портативного флуориметра "Флоратест"

Висновки. 1. В результаті виконаного дослідження показано, що чутливість флуориметра «Флоратест» на латентному періоді достатня для виявлення дії стресових факторів на стан рослин. 2. Експериментальні дослідження впливу гербіцидів на дурман і зневоднення на огірки неінвазивним методом ІФХ показали ефективність цього методу як для використання в аграрній галузі, так і наукових дослідженнях біологічного напрямку. 3. Виявлено, що методом ІФХ можна спостерігати вплив кліматичних факторів на стан рослин.

1. Романов В.О., Галелюка І.Б. Комп'ютерний прилад для експрес-діагностики стану рослин: результати міжнародного проекту по підготовці до серійного випуску // Комп'ютерні засоби, мережі та системи. – 2012. – № 11. – С. 91 – 98.
2. Романов В.А., Галелюка І.Б., Сахаран Е.В. Портативный флуориметр и особенности его применения // Сенсорная электроника и микросистемные технологии. – 2010. – 1 (7). – № 3. – С. 146 – 152.
3. Барабашук В.И., Креденцер Б.П., Мирошниченко В.И. Планирование эксперимента в технике. – Киев: Техника, 1984. – 196 с.
4. Володарский Е.Т., Малиновский Б.Н., Туз Ю.М. Планирование и организация измерительного эксперимента. – Киев: Вища школа, 1987. – 280 с.
5. <http://www.international.compo.com/en/consumer/blumenerde/composana.html>
6. <http://tfa-dostmann.de>
7. http://prostosad.ua/product/Diagnosticheskaya_sistema_pochvy_4_v_1/
8. <http://www.monsanto.com>
9. <http://www.monsanto.com.ua/produkty/himichni-produkty/raundap-ekstra>
10. <http://forca.ru/instrukcii/dolznostnye/instrukciya-po-ohrane-truda-pri-ispolzovanii-gerbicide-raundap.html>
11. Корнеев Д.Ю. Информационные возможности метода индукции флуоресценции хлорофилла. – Киев: "Альтерпрес", 2002. – 188 с.

Одержано 26.10.2012