

**Accent Graphics**  
Publishing & Communications

Accent Graphics Communications & Publishing, Hamilton, Canada

 **PREMIER**  
Publishing

Premier Publishing s.r.o.

Центр научных исследований «Solution»

8<sup>th</sup> International conference

# **Science and society**

9<sup>th</sup> November 2018

**Hamilton, Canada**  
**2018**

The 8th International conference “Science and society” (November 9, 2018) Accent Graphics Communications & Publishing, Hamilton, Canada. 2018. 580 p.

**ISBN 978-1-77192-360-6**

The recommended citation for this publication is:

*Busch P. (Ed.) (2018). Humanitarian approaches to the Periodic Law // Science and society. Proceedings of the 8th International conference. Accent Graphics Communications & Publishing. Hamilton, Canada. 2018. Pp. 12–17*

<b>Editor</b>	Lucas Koenig, Austria	Morozova Natalay Ivanovna, Russia
<b>Editorial board</b>	Abdulkasimov Ali, Uzbekistan	Moskvin Victor Anatolevich, Russia
	Adieva Aynura Abduzhalalovna, Kyrgyzstan	Nagiyev Polad Yusif, Azerbaijan
	Arabaev Cholponkul Isaevich, Kyrgyzstan	Naletova Natalia Yurevna, Russia
	Zagir V. Atayev, Russia	Novikov Alexei, Russia
	Akhmedova Raziyat Abdullayevna	Salaev Sanatbek Komiljanovich, Uzbekistan
	Balabiev Kairat Rahimovich, Kazakhstan	Shadiev Rizamat Davranovich, Uzbekistan
	Barlybaeva Saule Hatiyatovna, Kazakhstan	Shhahutova Zarema Zorievna, Russia
	Bestugin Alexander Roaldovich, Russia	Soltanova Nazilya Bagir, Azerbaijan
	Boselin S.R. Prabhu, India	Spasennikov Boris Aristarkhovich, Russia
	Bondarenko Natalia Grigorievna, Russia	Spasennikov Boris Aristarkhovich, Russia
	Bogolib Tatiana Maksimovna, Ukraine	Suleymanov Suleyman Fayzullaevich, Uzbekistan
	Bulatbaeva Aygul Abdimazhitovna, Kazakhstan	Suleymanova Rima, Russia
	Chiladze George Bidzinovich, Georgia	Tereschenko-Kaidan Liliya Vladimirovna, Ukraine
	Dalibor M. Elezović, Serbia	Tsersvadze Mzia Giglaevna, Georgia
	Gurov Valeriy Nikolaevich, Russia	Vijaykumar Muley, India
	Hajiyev Mahammad Shahbaz oglu, Azerbaijan	Yurova Kseniya Igorevna, Russia
	Ibragimova Liliya Ahmatyanovna, Russia	Zhaplova Tatiana Mikhaylovna, Russia
	Blahun Ivan Semenovich, Ukraine	Zhdanovich Alexey Igorevich, Ukraine
	Ivannikov Ivan Andreevich, Russia	<b>Proofreading</b> Andrey Simakov
	Jansarayeva Rima, Kazakhstan	<b>Cover design</b> Andreas Vogel
	Khubaev Georgy Nikolaevich	<b>Contacts</b> Premier Publishing s.r.o.
	Khurtsidze Tamila Shalvovna, Georgia	Praha 8 – Karlín,
	Khoutyz Zaur, Russia	Lyčkovo nám. 508/7, PSČ 18600
	Khoutyz Irina, Russia	1807-150 Charlton st.East,
	Korzh Marina Vladimirovna, Russia	Hamilton, Ontario, L8N 3×3 Canada
	Kocherbaeva Aynura Anatolevna, Kyrgyzstan	
	Kushaliyev Kaisar Zhalitovich, Kazakhstan	
	Lekerova Gulsim, Kazakhstan	
	Melnichuk Marina Vladimirovna, Russia	
	Meymanov Bakyt Kattoevich, Kyrgyzstan	
	Moldabek Kulakhmet, Kazakhstan	

### Material disclaimer

The opinions expressed in the conference proceedings do not necessarily reflect those of the Premier Publishing s.r.o. or Accent Graphics Communications & Publishing, the editor, the editorial board, or the organization to which the authors are affiliated.

The Premier Publishing s.r.o. or Accent Graphics Communications & Publishing is not responsible for the stylistic content of the article. The responsibility for the stylistic content lies on an author of an article.

### Included to the open access repositories:

**eLIBRARY.RU**

© Premier Publishing s.r.o.

© Accent Graphics Communications & Publishing

© Центр научных исследований «Solution»

All rights reserved; no part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording, or otherwise, without prior written permission of the Publisher.

Typeset in Berling by Ziegler Buchdruckerei, Linz, Austria.

Printed by Premier Publishing s.r.o., Vienna, Austria on acid-free paper

54.	СЕНЧУК А.Я., ЧЕРМАК В.І., ЧЕРМАК І.І. ДІАГНОСТИКА ТА МЕДИКАМЕНТОЗНА КОРЕКЦІЯ ДЕФІЦИТУ МАГНІЮ У ПАЦІЄНТОК ІЗ ГРУПИ РИЗИКУ РОЗВИТКУ ПРЕЕКЛАМПСІЇ.	480
55.	АНДРІЙЧУК Т.П., ЧЕРМАК В.І., МАРКУШ І.М. МАРКЕРИ ПЛАЦЕНТАРНОЇ ДИСФУНКЦІЇ У ВАГІТНИХ ІЗ ХРОНІЧНИМ САЛЬПІНГООФОРИТОМ І УСКЛАДНЕНИМ ПЕРЕБІГОМ ВАГІТНОСТІ.	490
56.	АНДРІЙЧУК Т.П. КОРЕКЦІЯ ПЛАЦЕНТАРНОЇ ДИСФУНКЦІЇ У ВАГІТНИХ ІЗ ХРОНІЧНИМ САЛЬПІНГООФОРИТОМ І УСКЛАДНЕНИМ ПЕРЕБІГОМ ВАГІТНОСТІ.	498
57.	КАРАКУРКЧІ Г.В., САХНЕНКО М.Д., ВЕДЬ М.В., ГАЛАК О.В., МЕНЬШОВ С.М., МАТИКІН О.В. ОКСИДНО-МЕТАЛЕВІ КАТАЛІТИЧНІ СИСТЕМИ НА СПЛАВАХ АЛЮМІНІЮ ТА ТИТАНУ ДЛЯ ЕКОТЕХНОЛОГІЙ.	504
58.	INTERCULTURAL STRATEGIES OF GEORGIAN, AZERBAIJANI AND ARMENIAN DIASPORAS IN UKRAINE ALINA KHELASHVILI.	516
59.	ІВАНЕНКО І. М. АУДІАЛЬНО-МЕТАФОРИЧНІ МОДЕЛІ ПРОСТОРУ І ЧАСУ В УКРАЇНСЬКІЙ ПОЕЗІЇ ХХ СТОЛІТТЯ.	520
60.	СЕНЬКОВИЧ О. Р. МОДЕЛІ ОКАЗІОНАЛЬНОГО СЛОВОТВОРЕННЯ В УКРАЇНСЬКІЙ ПОЕТИЧНІЙ МОВІ ХХ СТОЛІТТЯ.	527
61.	РИМАР Н. Ю. НАРАТОЛОГІЯ ЯК ГАЛУЗЬ СУЧАСНОГО ЛІТЕРАТУРОЗНАВСТВА: ТЕОРЕТИЧНИЙ ОГЛЯД.	534
62.	ВАСИЛЬЧИШИН Я.М., ВАСЮК В.Л., ПРОЦЮК В.В., ВАСЮК С.В. РЕВІЗІЙНЕ ЕНДОПРОТЕЗУВАННЯ КУЛЬШОВОГО СУГЛОБА В РАЗІ АСЕПТИЧНОЇ НЕСТАБІЛЬНОСТІ КОМПОНЕНТІВ ЕНДОПРОТЕЗУ.	544
63.	ГРИЦАК Л.Р., СЕМЕНЮК Д.М., ДМИТРИШИН І.С., ДРОБИК Н.М. ВИКОРИСТАННЯ ІНДЕКСУ ФЛУОРЕСЦЕНЦІЇ ХЛОРОФІЛУ ДЛЯ ОЦІНКИ ФУНКЦІОНУВАННЯ ФОТОСИНТЕТИЧНОГО АПАРАТУ РОСЛИН <i>GENTIANA LUTEA</i> L. У РІЗНИХ УМОВАХ КУЛЬТИВУВАННЯ <i>IN VITRO</i> .	556
64.	ЛЕВЧЕНКО А.І. ЕВОЛЮЦІЯ СТАНОВЛЕННЯ ІНСТИТУТІВ ГРОМАДЯНСЬКОГО СУСПІЛЬСТВА.	568
65.	БРАДУЛОВ П. О. АНАЛІЗ КОНКУРЕНТІВ В ІНТЕРНЕТ-МАРКЕТИНГУ.	575

**ВИКОРИСТАННЯ ІНДЕКСУ ФЛУОРЕСЦЕНЦІЇ ХЛОРОФІЛУ ДЛЯ  
ОЦІНКИ ФУНКЦІОНУВАННЯ ФОТОСИНТЕТИЧНОГО АПАРАТУ  
РОСЛИН *GENTIANA LUTEA* L. У РІЗНИХ УМОВАХ КУЛЬТИВУВАННЯ  
*IN VITRO***

**ГРИЦАК Л.Р.**

*кандидат біологічних наук, доцент,*

*докторант кафедри загальної біології та методики навчання природничих  
дисциплін*

**СЕМЕНЮК Д.М.**

*студентка магістратури хіміко-біологічного факультету*

**ДМИТРИШИН І.С.**

*студентка 2 курсу хіміко-біологічного факультету*

**ДРОБИК Н.М.**

*доктор біологічних наук, професор,*

*декан хіміко-біологічного факультету, професор кафедри загальної біології  
та методики навчання природничих дисциплін*

*Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира  
Гнатюка*

*м. Тернопіль, Україна*

До загальноприйнятих індикаторів стану рослин належить зміна ефективності первинних процесів фотосинтезу. Значення цього показника визначається як важливістю фотосинтетичної функції у житті рослини, так і високою чутливістю асиміляційного апарату до ушкоджуючих впливів. Порушення в первинних процесах фотосинтезу безпосередньо позначаються на зміні флуоресценції хлорофілу *a* і з'являються задовго до видимих погіршень

фізіологічного стану рослин. Це пояснюється тим, що поглинута світлова енергія, яка використовується для фотосинтезу, розсіюється через виділення тепла і ре-емісію малих, але діагностично важливих доз поглинутого випромінювання у вигляді світлових хвиль червоного та інфрачервоного діапазонів. Таку ре-емісію світла, яку називають індукцією флуоресценції хлорофілу (ІФХ), широко використовується у сучасних дослідженнях фотосинтетичних процесів, оскільки є дієвим методом визначення функціонального стану рослинних об'єктів [5].

В останнє десятиліття цей метод почали застосовувати й для рослин, що культивуються в умовах *in vitro*, оскільки ІФХ дозволяє оцінити ступінь залежності фотосинтетичних процесів від наявності/відсутності речовин-осмолітів у складі живильного середовища, їх концентрації, вмісту макро- та мікроелементів, інтенсивності світлового потоку в області фотосинтетично активної радіації (ФАР) тощо [18]. Крім того, цей метод часто пропонують використовувати для оцінки швидкості акліматизації отриманого біотехнологічними методами рослинного посадкового матеріалу до умов *ex vitro* [10]. Виходячи із вище зазначеного, мета роботи полягала у вивченні особливостей функціонування фотосинтетичного апарату *in vitro* рослин *Gentiana lutea* L. за різних умов освітлення та джерела карбону у складі живильного середовища за допомогою методу ІФХ.

Флуоресценцію хлорофілу визначали у світлоадаптованих листках культивованих *in vitro* рослин *G. lutea* за допомогою РАМ флуориметра MultispeQ, що поєднує в собі портативний флуориметр і хлорофілометр, інтегрований у платформу PhotosynQ [3]. Для експерименту було відібрано по 10 вихідних, отриманих шляхом пророщування *in vitro* насіння рослин *G. lutea* з двох популяцій (г. Пожижевська (хр. Чорногора, Надвірнянський р-н, Івано-Франківська обл., 1427 м н.р.м, 48°09'196'' N, 024°31'935'' E), г.г. Шешул-Павлик (хр. Чорногора, Рахівський р-н, Закарпатська обл., 1627 м н.р.м, 48°08'992'' N, 024°21'576'' E)). Рослини мікроклонально розмножували для отримання потрібної для дослідження кількості рослинного матеріалу.

Для з'ясування впливу інтенсивності освітлення та спектрів випромінювання на функціонування фотосинтетичного апарату культивованих *in vitro* рослин було проаналізовано 2 варіанти корекції світлового режиму (СК) культуральної кімнати за використання люмінесцентних ламп Lumilux 36W 840 холодного білого світла (ЛХБ) (спектральний склад в області ФАР: 12,80 % – 400-450 нм, 20,1 % – 450-500 нм, 12,3 % – 500-550 нм, 29,7 % – 550-600 нм, 20,2 % – 600-650 нм, 4,9 % – 650-700 нм) та фітоламп Fluora L 36W/77 G13 (ФЛ) зі спектральним складом: 15,50 % – 400-450 нм, 3,7 % – 450-500 нм, 7,4 % – 500-550 нм, 9,6 % – 550-600 нм, 59,9 % – 600-650 нм, 3,9 % – 650-700 нм фірми «Osram» (Німеччина), а саме: 1 варіант – лампи ЛХБ, інтенсивність світлового потоку в області ФАР 85 Вт/м<sup>2</sup>, сумарний спектральний склад: хвилі синього діапазону (Ес) : хвилі зеленого діапазону (Ез) : хвилі червоного діапазону (Еч) = 33% : 42% : 25%; 2 варіант – лампи ЛХБ і ФЛ у співвідношенні 1 : 1, інтенсивність світлового потоку в області ФАР 100 Вт/м<sup>2</sup>, спектральний склад: Ес : Ез : Еч = 25% : 27% : 48%.

У кожному із 2 варіантів СК використовували по 40 рослин – по 20 з кожної із двох популяцій. Інтенсивність світлового потоку в області ФАР розраховували згідно із «Нормами технологічного проектування теплиць і тепличних комбінатів для вирощування овочів та розсади НТП10-95», за формулою:

$$N = \frac{S \cdot W}{W_{\text{л}}}$$

де N – кількість ламп, шт; S – площа приміщення, м<sup>2</sup>; W – питома потужність освітленості, Вт/м<sup>2</sup>; W<sub>л</sub> – питома потужність лампи в області ФАР, Вт [1].

Поряд із корекцією світлового режиму, оцінювали вплив на функціонування асиміляційного апарату джерела карбону (10 г/л сахарози або 3 г/л маніту) у складі живильних середовищ МС/2 (середовище МС [14] з половинним вмістом макро- та мікросолей), доповнених 0,1 мг/л кінетину.

Визначали такі параметри ІФХ:  $Fo'$  – мінімальний рівень флуоресценції адаптованих до світла листків;  $Fm'$  – максимальний рівень флуоресценції адаптованих до світла листків;  $\Phi_{PSII}$  – ефективний квантовий вихід фотосистеми II (ФС II);  $Fv'/Fm'$  – ефективність «відкритих» реакційних центрів (РЦ) на світлі;  $NPQ_t$  – рівень нефотохімічного гасіння;  $F_s$  – стаціонарний рівень флуоресценції;  $q_L$  – частка РЦ ФС II, що знаходяться у «відкритому стані»;  $\phi_{NO}$  – частка світла, що отримується рослиною, котра втрачається через нерегульовані процеси, побічні продукти яких інгібують фотосинтез або є шкідливими;  $\phi_{NPQ}$  – частка світла, що отримується рослиною, але розсіюється у вигляді тепла через нефотохімічне гасіння;  $LEF$  – лінійний електронний транспорт у межах світлозбирального комплексу (ССК) ФС II;  $qP$  – фотохімічне гасіння хлорофілу;  $Rfd$  – індекс життєздатності. При цьому, було прийнято положення, що сума квантових виходів трьох основних процесів, що беруть участь у реалізації енергії квантів світла –  $\Phi_{PSII}$ ,  $\phi_{NPQ}$  і  $\phi_{NO}$ , дорівнює одиниці [5]. Параметри ІФХ однієї рослини визначали як середньоарифметичне із 5 визначень, а по вибірці – вказували усереднені дані по 10 рослинам та наводили стандартні відхилення.

Аналіз результатів впливу світлових режимів культивування на функціонування фотосинтетичного апарату *in vitro* рослин *G. lutea* показав, що ефективність роботи ФС II в умовах освітлення є вищою (табл. 1). За таких світлових умов нижчими на 16 % були втрати світла на теплову дисипацію ( $\phi_{NPQ}$ ) та на 6,5 % – на нерегульовані процеси ( $\phi_{NO}$ ), що підвищувало й ефективність флуоресценції «відкритих» реакційних центрів на світлі ( $Fv'/Fm'$ ) та ефективність квантового виходу ФС II (на 8,3 %) порівняно з рослинами, що вирощувалися за світлового режиму 1 варіанту СК. Проте, показники відносного хлорофілу були, навпаки, вищими у 1,6 раза у рослин, які культивували за 1 варіанту СК. Існуючу, на перший погляд, невідповідність між високим вмістом хлорофілів у рослин 1 варіанту СК і нижчою ефективністю роботою їхньої ФС II і, навпаки, нижчий вміст хлорофілів і вищі показники ефективності квантового виходу ФС II у рослин, що культивували за 2 варіанту СК, ймовірно, можна пояснити таким чином:

– вміст хлорофілів впливає на спектральні властивості листка, особливо, в ділянці поглинання червоних хвиль діапазону ФАР [3]. *G. lutea* є високогірним таксоном, природні популяції якого зростають у «холодній зоні» субальпійського поясу Українських Карпат [11], Піреней та Малої Азії [17].



Зміна флуоресценції хлорофілу залежно від світлових умов культивування *in vitro* рослин *G. lutea* та джерела карбону у складі живильного середовища MC/2, n = 20, x ± SD

Умови освітлення	Популяція	LEF	NPQt	$\Phi_{PSII}$	$\phi NO$	$\phi NPQ$	Relative Chlorophyll	Fm'	Fo'	Fs	$v/Fm'$	qL	qP	Rfd
<b>Джерело карбону: сахароза</b>														
1 варіант	г.г. Шешул-Павлик	8,41 ± 0,40	± 1,55 ± 0,23	± 0,59 ± 0,03	± 0,16 ± 0,01	± 0,25 ± 0,03	± 13,57 ± 1,66	± 1710,4 ± 27,0	± 587,2 ± 81,5	700,6 ± 89,2	± 0,66±0,02	0,77±0,05	0,9 ± 0,02	1,44 ± 0,03
	г. Пожижевська	8,89 ± 0,35	± 1,67 ± 0,04	± 0,60 ± 0,002	± 0,15 ± 0,002	± 0,25 ± 0,002	± 15,02 ± 3,79	± 1687,9 ± 84,8	± 595,8 ± 27,6	± 675,0 ± 34,2	± 0,65±0,00	0,82±0,01	0,93	1,5
	<b>Середнє</b>	<b>8,65 ± 0,24</b>	<b>± 1,61 ± 0,06</b>	<b>± 0,60 ± 0,01</b>	<b>± 0,16 ± 0,01</b>	<b>± 0,25 ± 0,01</b>	<b>± 14,3 ± 0,73</b>	<b>1699,2 ± 11,3</b>	<b>± 591,5 ± 4,3</b>	<b>± 687,8 ± 12,9</b>	<b>± 0,66 ± 0,01</b>	<b>± 0,80 ± 0,03</b>	<b>± 0,92 ± 0,02</b>	<b>1,47 ± 0,1</b>
2 варіант	г.г. Шешул-Павлик	6,34 ± 0,23	± 1,70 ± 0,26	± 0,63 ± 0,03	± 0,14 ± 0,003	± 0,23 ± 0,03	± 9,63 ± 0,98	1604,1 ± 149,6	± 571,8 ± 96,3	± 603,3 ± 110,5	± 0,65±0,02	0,93±0,03	0,97	1,66
	г. Пожижевська	7,02 ± 0,02	± 1,16 ± 0,21	± 0,66 ± 0,02	± 0,16 ± 0,01	± 0,18 ± 0,02	± 8,36 ± 0,64	1644,5 ± 8,3	± 498,4 ± 32,2	± 555,2 ± 27,4	± 0,69±0,02	0,86±0,01	0,95	1,96
	<b>Середнє</b>	<b>6,68 ± 0,34</b>	<b>± 1,43 ± 0,27</b>	<b>± 0,65 ± 0,02</b>	<b>± 0,15 ± 0,01</b>	<b>± 0,21 ± 0,02</b>	<b>± 9,0 ± 0,65</b>	<b>1624,3 ± 20,2</b>	<b>± 535,1 ± 36,7</b>	<b>± 579,3 ± 24,1</b>	<b>± 0,67 ± 0,02</b>	<b>± 0,90 ± 0,04</b>	<b>± 0,96 ± 0,01</b>	<b>1,81 ± 0,2</b>
<b>Джерело карбону: маніт</b>														
1 варіант	г.г. Шешул-Павлик	9,07 ± 0,39	± 0,93±0,11	± 0,68±0,01	± 0,17±0,01	± 0,16±0,01	31,10±4,82	2407,2±52,2	± 681,3±38,2	± 777,3±22,5	± 0,72±0,01	0,83±0,03	0,94	2,1
	г. Пожижевська	8,68±0,23	± 0,90±0,01	± 0,69±0,01	± 0,16±0,00	± 0,15±0,00	28,54±1,96	2335,3±138,3	± 652,5±34,5	± 726,2±41,5	± 0,72±0,00	0,86±0,01	0,96	2,22
	<b>Середнє</b>	<b>8,88±0,20</b>	<b>± 0,92±0,02</b>	<b>± 0,69±0,01</b>	<b>± 0,17±0,01</b>	<b>± 0,15±0,01</b>	<b>29,82±1,3</b>	<b>2371,3±35,9</b>	<b>± 666,9±14,4</b>	<b>± 751,7±25,5</b>	<b>± 0,72±0,01</b>	<b>± 0,85±0,02</b>	<b>± 0,95±0,01</b>	<b>2,16±0,01</b>
2 варіант	г.г. Шешул-Павлик	7,00±0,27	± 0,86±0,09	± 0,70±0,01	± 0,18±0,02	± 0,15±0,01	22,85±8,21	2226,1±287,1	± 638,0±30,8	± 733,8±71,7	± 0,73±0,06	0,84±0,04	0,94	2,03
	г. Пожижевська	6,62±0,19	± 0,83±0,02	± 0,69±0,01	± 0,17±0,00	± 0,14±0,01	21,24±8,75	2115,3±183,9	± 573,9±46,9	± 643,2±42,9	± 0,73±0,00	0,85±0,02	0,96	2,89
	<b>Середнє</b>	<b>6,81±0,19</b>	<b>± 0,85±0,01</b>	<b>± 0,70±0,01</b>	<b>± 0,18±0,01</b>	<b>± 0,14±0,01</b>	<b>23,55±2,31</b>	<b>2170,7±55,4</b>	<b>± 606,0±32,1</b>	<b>± 688,5±45,3</b>	<b>± 0,73±0,01</b>	<b>± 0,85±0,01</b>	<b>± 0,95±0,01</b>	<b>2,46±0,4</b>

Примітки: Fo' – мінімальний рівень флуоресценції адаптованих до світла листків; Fm' – максимальний рівень флуоресценції адаптованих до світла листків;  $\Phi_{PSII}$  – ефективний квантовий вихід фотосистеми II (ФС II);  $Fv/Fm'$  – ефективність «відкритих» реакційних центрів (РЦ) на світлі; NPQt – рівень нефотохімічного гасіння; Fs – стаціонарний рівень флуоресценції; qL – частка РЦ ФС II, що знаходяться у «відкритому стані»;  $\phi NO$  – частка світла, що отримується рослиною, котра втрачається через нерегульовані процеси, побічні продукти яких інгібують фотосинтез або є шкідливими;  $\phi NPQ$  – частка світла, що отримується рослиною, але розсіюється у вигляді тепла через нефотохімічне гасіння; Relative Chlorophyll – відносний хлорофіл; LEF – лінійний електронний транспорт у межах світлозбирального комплексу (ССК) ФС II; qP – фотохімічне гасіння хлорофілу; Rfd – індекс життєздатності.

В Українських Карпатах протягом вегетаційного періоду кількість днів із середньодобовою температурою  $+15\text{ }^{\circ}\text{C}$  не перевищує 60–70, внесок прямої радіації у сумарну є меншим 40% ( $1234\text{ МДж/м}^2$ ) і навіть влітку через значну хмарність не досягає середнього рівня, характерного для інших територій [7]. За таких умов освітлення у спектрі випромінювання збільшується частка синьо-фіолетових хвиль. Тому, це дозволяє припустити, що зниження концентрації хлорофілів у рослин *in vitro* тирличу жовтого за культивування в умовах 2 варіанту освітлення є компенсаторним механізмом, що дозволяє адаптуватися особинам до росту в умовах високої кількості у спектрі хвиль Еч діапазону ФАР. На користь цього припущення свідчить зафіксоване нами почервоніння листків у деяких рослин *G. lutea* через підвищення вмісту каротиноїдів та зниження, порівняно з 1 варіантом освітлення, у 1,3 раза лінійного транспорту електронів в межах ССК;

– висока інтенсивність світла та більша частка хвиль синього діапазону, порівняно із Еч у спектральному складі 1 варіанту СК, зумовлює підвищення загального вмісту пігментів, зокрема, хлорофілів [13]. Саме цим, ймовірно, можна пояснити вищий вміст хлорофілів у рослинах, які культивували за світлових умов 1 варіанту дослідження. Нижчі ж показники ефективності роботи ФСII за такого режиму культивування, порівняно із 2 варіантом, пояснюються внутрішньою конверсією в молекулі хлорофілу *a* при поглинанні хвиль синього діапазону, зокрема: при поглинанні фотона сонячного світла ділянки ФАР (430 нм, 2,88 еВ) молекула хлорофілу *a* переходить у збуджений стан (S2), який швидко релаксує у найнижчий збуджений стан (S1), що відповідає енергії фотона червоної ділянки ФАР (660 нм, 1,88 еВ). Процес релаксації енергії електронного збудження з вищих енергетичних рівнів на найнижчий однієї мультиплетності називають внутрішньою конверсією. У випадку хлорофілу *a* у результаті внутрішньої конверсії збудженого стану S2 (2,88 еВ) до S1-стану (1,88 еВ) відбувається втрата в тепло  $\sim 35\%$  енергії поглинутого фотона [15]. Внутрішня конверсія у тепло поглинутої у синьому діапазоні енергії й пояснює

вищий рівень показників нефотохічного гасіння у рослин 1 варіанту порівняно з 2 варіантом досліду.

Крім того, рівень ефективності флуоресценції «відкритих» реакційних центрів на світлі у обох варіантах ( $Fv'/Fm'$ ) не перевищує 84,0% від загальноприйнятого оптимального значення, яке  $\geq 0,8$  [2]. Однак, показники фотохімічного гасіння хлорофілу ( $qP$ ) є вищими у рослин 2 варіанту СК. Як результат, вищим є й показник індексу життєздатності ( $R_{fd}$ ), який наближається до оптимального ( $> 2$ ) для рослин значення.

Як показують результати наших досліджень, на ефективність функціонування фотосинтетичного апарату впливає й джерело карбону у складі живильного середовища МС/2 – сахароза або маніт. З'ясовано, що заміна у складу живильного середовища МС/2 сахарози на маніт (табл. 1) підвищує ефективність квантового виходу ФС II на 13% (у випадку 1 варіанту СК) і на 8% (у випадку 2 варіанту СК) та зменшує на 40% і 33% відповідно кількість поглинутого світла, що витрачається на теплову дисипацію. Як результат – зростає більш, ніж на 8%, рівень ефективності флуоресценції «відкритих» реакційних центрів на світлі ( $Fv'/Fm'$ ) за обох варіантів світлової корекції і становить вже 91,3% від оптимального значення, як і у рослин *G. lutea* з природи (не опубліковані дані). Рівень життєстійкості ( $R_{fd}$ ) рослин теж зростає на 32% і 26%, відповідно. Нижча ефективність функціонування фотосинтетичного апарату рослин *G. lutea*, які культивують на живильних середовищах, доповнених сахарозою, пов'язана, ймовірно, із зміною активності апопластної інвертази в умовах *in vitro*. Тому вона здатна швидше каталізувати гідроліз цукрів, які надходять по апопласту з живильного середовища [4]. Присутність сахарози у складі живильного середовища змінює й експресію генів, які відповідають за рухові реакції хлоропластів у випадку зміни інтенсивності освітлення. Як результат – знижується інтенсивність протікання фотосинтетичних реакцій [8, 9]. Згідно досліджень А. Banas (2007), маніт не впливає на рухи хлоропласту в клітинах мезофілу *Arabidopsis thaliana* навіть за низької інтенсивності освітлення, а за інтенсивного освітлення – вже через дві

доби культивування на середовищі, доповненому манітом у концентрації 3% реакція хлоропластів на світло підвищується.

Необхідно також відзначити, що у рослин, які культивують на живильних середовищах з манітом, зростають на 6% (1 варіант) і 17% (2 варіант) показники  $\phi\text{NO}$ , які свідчать про збільшення втрат світла на ряд нерегульованих процесів, побічні продукти яких інгібують фотосинтез або є шкідливими у рослин. Вважається, що підвищення показника  $\phi\text{NO}$  є ознакою перебування рослин в умовах водного дефіциту [6]. Фотохімічні реакції, пов'язані з фотосистемою II, чутливі до посухи і зумовлені деструктивними процесами, зокрема втратою або зниженням вмісту білків D1 та D2 — найважливіших компонентів фотосистеми II [12]. Тому, за водного стресу порушується електронному транспорті, що спричинює надмірне утворення супероксидних радикалів ( $\text{O}^{2-}$ ) завдяки відновленню молекулярного кисню НАДФ на акцепторній ділянці фотосистеми I [16]. Це дозволяє припустити, що додавання до складу живильних середовищ маніту не лише підвищує ефективність функціонування фотосинтетичного апарату у культивованих *in vitro* рослин *G. lutea*, але й активізує у них механізми стійкості до водного дефіциту.

Отже, застосування методу ІФХ показало, що на функціонування фотосинтетичного апарату *in vitro* рослин *G. lutea* впливають як умови освітлення, так й джерело карбону у складі живильного середовища. Встановлено, що за інтенсивності світлового потоку в області ФАР  $100 \text{ Вт/м}^2$  та спектрального складу:  $E_c : E_z : E_{ch} = 25\% : 27\% : 48\%$  ефективний квантовий вихід ФС II у рослин підвищується на 8,3 % порівняно із особинами *G. lutea*, які культивували за інтенсивності світлового потоку  $85 \text{ Вт/м}^2$  та спектрального складу:  $E_c : E_z : E_{ch} = 33\% : 42\% : 25\%$ ; показник життєздатності – на 23 %. Заміна джерела карбону у складі живильного середовища із сахарози (10 г/л) на маніт (3 г/л) не лише підвищує ефективність функціонування фотосинтетичного апарату у культивованих *in vitro* рослин *G. lutea*, але й активізує у них механізми стійкості до водного дефіциту.

### Використана література:

1. Велит І. А. Вибір джерел світла для оптичного опромінення рослин томатів, огірків та розсади / І. А. Велит Д. В. Гузик. // Системи управління, навігації та зв'язку. – 2013. – Т.1, № 25. – С. 128-132.
2. Венедиктов П. С. Использование флуоресценции хлорофилла для контроля физиологического состояния зеленых насаждений в экосистемах / П. С. Венедиктов, С. Л. Волгин, Ю. В. Казимирко, Т. Е. Кренделева, Г. П. Кукарских, В. В. Макарова, О. Г. Лаврухина, С. И. Погосян, О. В. Яковлева, А. Б. Рубин // Биофизика. – 1999. – Т. 44, № 6. – С. 1037-1047.
3. Герц А. І. Виявлення функціональної неоднорідності фотосинтетичного апарату рослин методом фотореєстрації спектру відбиття світла / А. І. Герц, Н. В. Герц // Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія: Біологія. – 2016. – Т. 2, № 66.– С. 41- 49.
4. Дерябин А. Н. Морфофизиологические и биохимические характеристики растений картофеля, экспрессирующих ген SUC2 инвертазы *Saccharomyces cerevisiae*, при выращивании *in vitro* / А. Н. Дерябин, Т. И. Трунова // Вестник Томского государственного университета. Серия: Биология. – 2014. – № 4 (28). – С. 150-168.
5. Корнеев Д. Ю. Информационные возможности метода индукции флуоресценции хлорофилла. – К.: “Альтерпрес”, 2002. – 188 с.
6. Мусієнко М. М. Молекулярні механізми індукції захисних реакцій рослин в умовах посухи / М. М. Мусієнко, І. В. Жук // Укр. Ботан. журн. – 2009. – Т. 66, № 4. – С. 580-595.
7. Рибченко Л. С. Потенціал геліоенергетичних кліматичних ресурсів сонячної радіації в Україні / Л. С. Рибченко, С. В. Савчук // Український географічний журнал – 2015. – № 4. – С. 16-23.
8. Banas A. K. Influence of sugars on blue light-induced chloroplast relocations / A. K. Banas, H. Gabrys // Plant Signaling & Behavior. – 2007. – V. 2 (4). – P. 221-

230.

9. Eckstein A. Sugar and light effects on the condition of the photosynthetic apparatus of *Arabidopsis thaliana* cultured in vitro / A. Eckstein, P. Zieba, H. Gabrys // *J Plant Growth Regul.* – 2012. – V. 31. – P. 90-101.

10. Keutgen N. Chlorophyll Fluorescence as a Tool to Assess the Regeneration Potential of African Violet Leaf Explants / N. Keutgen, A. Anna Figas, M. Tomaszewskasowa, K. Raunest, A. J. Keutgen // *Not Bot Horti Agrobo.* – 2016. – V. 44 (1). – P. 11-16.

11. Kobiv Yu. Distribution and population status of rare plant species in the Marmarosh Mountains (Ukrainian Carpathians) / Yu. Kobiv, A. Prokopiv, V. Nachychko, L. Borsukevych, M. Helesh // *Ukrainian Botanical Journal.* – 2017. V. 74 (2). – P. 163-176.

12. Lu C. *Effects of water stress on photosystem II photochemistry and its thermostability in wheat plants* / C. Lu, J. Zhang // *J. Exp. Bot.* – 1999. – 50. – P. 1199–1206.

13. Muneer S., Influence of green, red and blue light emitting diodes on multiprotein complex proteins and photosynthetic activity under different light intensities in lettuce leaves (*Lactuca sativa* L.) / S. Muneer, E. J. Kim, J. S. Park, J. H. Lee // *Int. J. Mol. Sci.* – 2014. – V. 15. – P. 4657-4670.

14. Murashige T. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures / T. Murashige, F. Skoog // *Physiol. plant.* – 1962. – V. 15. – P. 473-497.

15. Ouzounis T. Spectral effects of artificial light on plant physiology and secondary metabolism: a review / T. Ouzounis, E. Rosenqvist, C. O. Ottose // *Hortscience.* – 2015. – V. 50 (8). – P. 1128–1135.

16. Reddy A. R. Drought-induced responses of photosynthesis and antioxidant metabolism in higher plants / A. R. Reddy, K. V. Chaitanya, M. Vivekananda // *J. Plant Physiol.* – 2004. – V. 161 (11). – P. 1189-1202.

17. Rossi M. Biosystematic studies on the mountain plant *Gentiana lutea* L. reveal variability in reproductive traits among subspecies / M. Rossi, A. Fisogni, M. Galloni // *Plant Ecology & Diversity*. – 2016. – V. 9 (1). – P. 97-104.

18. Zanandrea I. Chlorophyll fluorescence in vitro cultivated apple / I. Zanandrea, M. A. Bacarin, D. D. Schmitz, J. B. Braga, J. A. Peters, R. Bras // *Agrociência, Pelotas*. – 2006. – V. 12 (3). – P. 305-308.