

## ЗМІНА ЕКСПРЕСІЇ ГЕНІВ ЦВІТІННЯ У ВІДПОВІДЬ НА УФ-С ОПРОМІНЕННЯ РОСЛИН *ARABIDOPSIS THALIANA*, ВИРОЩЕНИХ ЗА РІЗНИХ УМОВ ОСВІТЛЕНОСТІ ТА ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМУ

М.В. КРИВОХИЖА\*, Н.М. РАШИДОВ

Інститут клітинної біології та генетичної інженерії НАН України,  
відділ біофізики і радіобіології, лабораторія біофізики сигнальних систем  
вул. Академіка Заболотного, 148, м. Київ, 03143  
\*e-mail: [krivohizha.marina@gmail.com](mailto:krivohizha.marina@gmail.com)

Метою даної роботи є дослідити яким чином вирощування рослин в різних умовах освітлення впливає на час цвітіння та регуляцію активності генів цвітіння під дією стрес-фактору. Рослини *Arabidopsis thaliana* екотипу Col0 культивували у червоному, фіолетовому та оранжевому світлі при 21 °C та 24 °C в режимі світла та темряви у співвідношенні 18/6. В ході росту рослин фіксували фази розвитку. На фазі сформованої розетки 2.3, експериментальні групи були опромінені УФ-С впродовж 10 хв. На фазі 5.1. визначали відносну експресію генів *Apetala 1*, *Gigantia*, *Leafy*, *Flowering locus T*, *Flowering locus C*, *Constants*, *RAD51* та *PCNA2* методом кількісної ПЛР в реальному часі. В якості референсного гену використовували ген актину *act 2*.

Фенологічні дані експерименту показали, що рослини, вирощені в фіолетовому та оранжевому освітленні та при температурі 21 °C мають затримку у розвитку на 6 днів порівняно з білим світлом при 24 °C; рослини, вирощені в червоному та фіолетовому спектрі при 24 °C мають затримку у 3 дні. Аналіз відносної експресії генів показав, що при вирощуванні у червоному спектрі світла при 24 °C, експресія гену *RAD51* знижувалася у відповідь на УФ-опромінення за коефіцієнтом 0.379 ( $P(H1) = 0.000$ , 95% C.I. 0.192 – 0.764). Експресія гену циркадних ритмів *Co* знижувалася за коефіцієнтом 0.021 ( $P(H1) = 0.000$ , 95% C.I. 0.011 – 0.041), *Gi* знижується з середнім коефіцієнтом 0.291 ( $P(H1) = 0.000$ , 95% C.I. 0.144 – 0.595), *AP1* навпаки збільшується з середнім коефіцієнтом 2.557 ( $P(H1) = 0.000$ , 95% C.I. 1.194 – 6.399). При вирощуванні рослин у фіолетовому та оранжевому освітленні та за температури 21 °C, показано зниження рівня експресії транскрипційного фактору *AP1* для рослин дослідної групи з коефіцієнтом 0.023 ( $P(H1) = 0.000$ , 95% C.I. 0.007 – 0.078) та 0.306 ( $P(H1) = 0.000$ , 95% C.I. 0.116 – 0.818) відповідно, *LFY* також зменшується за коефіцієнтом 0.177 ( $P(H1) = 0.000$ , 95% C.I. 0.069 – 0.455) та 0.33 ( $P(H1) = 0.000$ , 95% C.I. 0.172 – 0.633). Для групи рослин, що культивувалися в фіолетовим освітленням при 24 °C статистично значущих змін експресії серед досліджуваних генів виявлено не було.

**Ключові слова:** УФ-опромінення, арабідопсис, гени цвітіння, відносна експресія, освітленість, РНК, кількісний ПЛР-аналіз.

**Вступ.** Ріст та розвиток рослин залежать від освітленості, температури, доступності органічних та неорганічних нутрієнтів. Інтенсивність світла, фотоперіод та спектр світла - це одні з найважливіших умов розвитку рослин (Seiler et al., 2017, Valentim et al. 2015).

Генетичні механізми регулювання часу цвітіння широко вивчаються на модельних рослинах *Arabidopsis thaliana* (Song et al., 2013). Для рослин арабідопсиса наразі відомі шляхи детермінації часу цвітіння: фотоперіодичний, яровізаційний та автономний шлях, але основним детермінуючим механізмом є фотоперіодичний шлях (Bernier and Périlleux, 2005). В цьому випадку час цвітіння регулюється циркадними ритмами та залежить від довжини дня (Percy et al., 1998). *Arabidopsis thaliana* відноситься до рослин довгого дня, для яких стимулююче співвідношення світла та тіні складає 18 годин світла та 6 годин темряви.

Але на час зацвітання важливу роль відіграє спектр видимого світла (McCree, 1972). Світло синього спектру відіграє велику роль у фотосинтезі (Brown et al., 1995), тоді як світло червоного спектру має вплив на проростання, вегетативний ріст та цвітіння (Kingetal, 2008). Видиме світло різного спектру поглинається різними фоторецепторами: фітохромом (PHYA-PHYE для *Arabidopsis thaliana*) поглинають червоне світло, тоді як блакитне світло сприймається криптохромами (CRY1 і CRY2), фототропінами (фототр. 1 і фототр. 2) та білками ZTL групи (ZKL, FKF1 та LKP2) (Seiler et al., 2017).

За нашої гіпотези, рослини, що були вирощені в умовах освітленості з різними спектрами мають різний характер відповіді на стрес фактори, особливо що має відношення до такої критичної та чутливої фази розвитку як цвітіння.

Високо інтенсивним стресовим фактором є ультрафіолетове (УФ) випромінювання (Sidler et

al., 2015). Вплив УФ-випромінювання на живі організми викликає зацікавлення у дослідників вже тривалий час (Teramura and Sullivan, 1994). Ця тема отримала актуальність в той час, коли стало зрозуміло, що збільшення рівня атмосферного CO<sub>2</sub> та УФ-радіації є одними з наслідків глобального потепління (Rozema et al., 1997; Hollo, 2002).

Останні дослідження показали, що УФ-випромінювання з короткою та середньою довжиною хвилі спричиняє порушення в конформації ДНК та появу фотопошкоджень молекул ДНК (Choi, 2017).

В даній роботі досліджувалися гени транскрипційних факторів фотоперіодичного шляху, такі як *Apetala 1*, *Leafy*, *Flowering locus T*, гени циркадних годинників *Constants*, *Gigantia* (Bernier and Périlleux 2005). Дані гени є ключовими ланками в передачі сигналу середовища до початку детермінації меристеми по флоральному типу. Для оцінки впливу опромінення на рослини в аналіз включили ген репарації *RAD51* та ген проліферації *PCNA2*.

Метою даної роботи є дослідити яким чином вирощування рослин в різних умовах освітлення впливає на час цвітіння та виявити можливу участь фотосинтетичних систем рослин у регуляції активності генів цвітіння під дією стрес-фактору.

**Матеріали та методи.** Для вивчення даної гіпотези підготували п'ять груп рослин *Arabidopsis thaliana* екотипу *Col0*. Вказані рослини вирощували в різних умовах світла та температури. Експериментальні рослини культивували *in vitro* в чашках Петрі на субстраті MS-20 з насіння. Перед культивуванням, насіння стерилізували 25% розчином хлору та 70% етанолом.

Рослини були розділені на п'ять груп, що культивували у білому спектрі світла при температурі 24°C, червоному при 24°C, фіолетовому при 21°C і 24°C та оранжевому спектрах за температури 21°C. Всі рослини вирощували в режимі світла та темряви у співвідношенні 18/6, який є стимулюючим для рослин довгого дня. В ході росту рослин фіксували фази розвитку. За час настання фази розвитку приймали вступ 30% рослин у відповідну фазу.

В ході експерименту з кожного з варіантів були виділені контрольна та дослідна групи рослин. Експериментальні групи були опромінені УФ-С впродовж 10 хв на відстані 10 см від джерела опромінення на фазі сформованої розетки 2.3 (Boyes, 2001).

На стадії стрілкування та початку цвітіння 5.1 (Boyes, 2001) проводили екстракцію РНК для

аналізу відмінностей у експресії генів при різних умовах освітлення та температури культивування в контрольних та експериментальних групах. Екстракція РНК проводилась за допомогою набору QIAGEN *Rneasy Plant mini kit* (Німеччина). Ефективність екстракції перевіряли за допомогою електрофорезу в 2% агарозному гелі. Концентрацію екстрагованої РНК та чистоту екстракції вимірювали за допомогою спектрофотометра *LightNano*. Наступним кроком ми провели синтез кДНК за допомогою ThermoFisher Scientific *Maxima First Strand cDNA Synthesis Kit* (США). Реакцію зворотної транскрипції проводили згідно протоколу виробника, для проведення реакції було використано 1 мкг РНК.

У даному експерименті ми визначити відносну експресію генів *Apetala 1*, *Gigantia*, *Leafy*, *Floweringlocus T*, *Constants*, *RAD51* та *PCNA2*. В якості референсного гену використовували ген актину  $\beta$ -*act* (Volkov et al., 2003). Для проведення ПЛР використовували кДНК в розведенні 1:10, праймери в розведенні 1:100, флуорофори SYBR Green (*Thermo Scientific Maxima SYBR Green qPCR Master Mix*). Довжина ПЛР продукту кДНК гену *Ap 1* становить 242 п.н., *Gi* - 75 п.н., *LFY* - 60 п.н., *FT* - 160 п.н., *Co* - 325 п.н., *RAD51* - 82 п.н., *PCNA2* - 70 п.н., *act 2* - 71 п.н. Для ампліфікації використовували триступеневу програму ампліфікації з температурою відпалу 60°C, детекцію проводили по каналу детектування флуоресцентного сигналу Green. Для кожного з праймерів була побудована стандартна крива для визначення коефіцієнта ефективності роботи праймера.






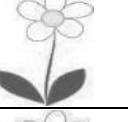
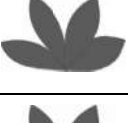


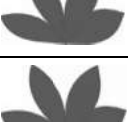
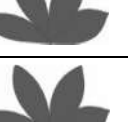
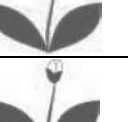
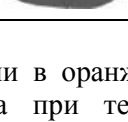
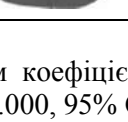

Статистичну обробку даних кількісної ПЛР методом побудови стандартної кривої та визначення відносної активності генів з подвійною нормалізацією по референсному гену та контрольним зразкам проводили за допомогою програми REST 2009 (Pfaffl et al., 2002). Експеримент проводився в трикратній повторності.

**Результати їх обговорення.** Найшвидші темпи розвитку характерні для рослин, вирощених у інтенсивному білому освітленні та при 24°C: фазу стрілкування 5.1 (Boyes, 2001) спостерігали на 17 день, фазу цвітіння 6.1 спостерігали на 20 день, фазу цвітіння 6.3 спостерігали на 23 добу (табл. 1).

Для рослин, що культивували при червоному та фіолетовому світлі при 24 °C, перехід до фази 5.1 спостерігали на 20 день, 6.1 стадію цвітіння спостерігали на 23 день (табл. 1).

**Таблиця 1.**  
**Фенологічний календар рослин, вирощених в різних умовах освітленості та температури (Boyes, 2001)**

**Table 1.**  
**Phenological calendar of plants grown in different light and temperature conditions (Boyes, 2001)**

Світло	Вік, дні	Фаза розвитку		Вік, дні	Фаза розвитку		Вік, дні	Фаза розвитку	
Інтенсивний білий 24°C	17	5.1		20	6.1		23	6.3	
Червоний 24°C		3.9			5.1			6.1	
Фіолетовий 24°C		3.9			5.1			6.1	
Оранжевий 21°C		3.8			3.9			5.1	
Фіолетовий 21°C		3.8			3.9			5.1	

Рослини, які культивували в оранжевому та фіолетовому спектрі світла при температурі 21 °C досягли фази розвитку 5,1 на 24 день (табл. 1). Фенологічні дані показують, рослини, вирощені в фіолетовому та оранжевому освітленні та при температурі 21°C мають затримку у розвитку на 6 днів.

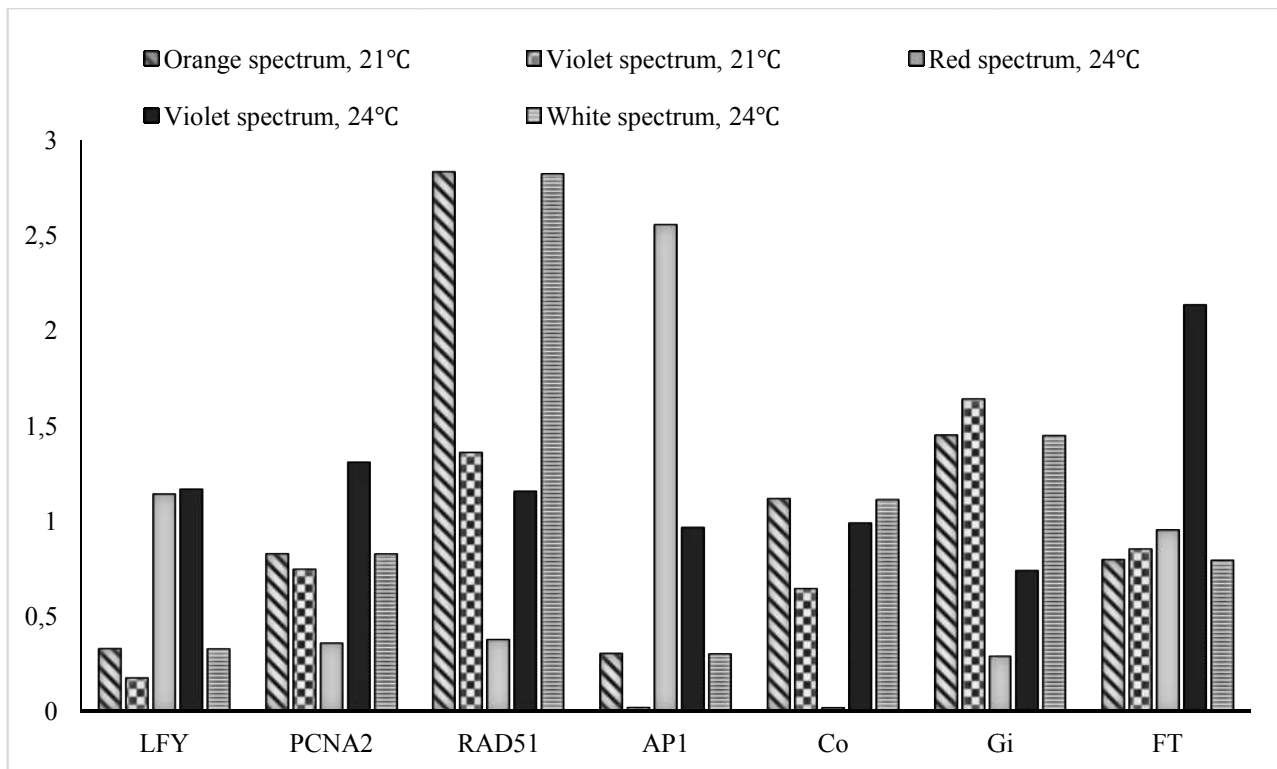
За допомогою стандартної кривої визначали коефіцієнти відносної експресії з нормалізацією по референсному гену. Рівень експресії референсного гену *act 2* було прийнято за одиницю. В розрахунку проводилася подвійна нормалізація результатів за рівнем експресії референсного гену та контрольною групою. У рослин, що були вирощені у червоному спектрі світла, при температурі культивування 24°C, ген репарації *RAD51* також показав зниження експресії в дослідній групі у порівнянні з контрольною групою з середнім значенням рівня експресії 0.379 (P (H1) = 0.000, 95% C.I. 0.192 – 0.764).

Серед генів цвітіння, зниження експресії було показано для гена циркадних ритмів *Co* в дослідній групі з коефіцієнтом експресії рівному 0.021 (P (H1) = 0.000, 95% C.I. 0.011 - 0.041). Експресія гену циркадних ритмів *Gi* також знижується при УФ-опроміненні у порівнянні з контрольною групою з середнім коефіцієнтом 0.291 (P (H1) = 0.000, 95% C.I. 0.144 – 0.595). Рівень експресії фактору транскрипції *API*, що приймає участь у детермінації меристеми по флоральному шляху навпаки збільшується при УФ-опроміненні порівняно з контролем з

середнім коефіцієнтом рівня експресії 2.557 (P (H1) = 0.000, 95% C.I. 1.194 – 6.399).

Для рослин, вирощених в умовах освітлення з фіолетовим спектром за температури 21°C, показано зниження рівня експресії транскрипційного фактору *API* для дослідної групи з коефіцієнтом 0.023 (P (H1) = 0.000, 95% C.I. 0.007 – 0.078). Аналогічний результат був показаний для іншого транскрипційного фактору *LFY*, експресія даного гену зменшується під впливом УФ-опромінення з коефіцієнтом 0.177 (P (H1) = 0.000, 95% C.I. 0.069 – 0.455). Для рослин, що були вирощені в освітленні оранжевого спектру при температурі 21°C результати аналізу експресії генів були аналогічними до попереднього варіанту. Так, рівень експресії гену *LFY* знижується в дослідній групі порівняно з контрольною групою за середнім коефіцієнтом 0.33 (P (H1) = 0.000, 95% C.I. 0.172 – 0.633). Також показано зниження експресії *API* для дослідної групи рослин за коефіцієнтом 0.306 (P (H1) = 0.000, 95% C.I. 0.116 – 0.818). Для групи рослин, що культивувалися в умовах освітлення з фіолетовим спектром за температури 24 °C статистично значущих змін експресії серед досліджуваних генів виявлено не було (рис.1).

За результатами експерименту можна зазначити, що рослини, які вирощувалися в червоному, оранжевому та фіолетовому спектрі світла з запізненням вступали в відповідні стадії розвитку – стрілкування, бутонізацію та цвітіння, ніж рослини, що зростали у білому світлі.



**Рис.1.** Графік змін рівня експресії генів цвітіння та репарації при УФ-опроміненні у рослин, вирощених в різних умовах освітлення

**Fig.1.** Chart of changes in the expression level of the flowering genes and reparation at UV treatment in plants grown under different lighting conditions

Ці дані свідчать про необхідність повного спектру світла для активації генів циркадних ритмів та включення їх в каскад транскрипційних факторів фотоперіодичного шляху.

Дані відносної експресії генів останніх варіантів культивування в оранжевому та фіолетовому світлі при 21°C можуть свідчити про вірогідний вплив температури на відповідь на опромінення, ніж власне спектру світла. Окрім того, значущих змін експресії генів цвітіння після УФ-опромінення рослин, що культивували при освітленні фіолетовим світлом та температурі 24°C, виявлено не було.

Якщо прийняти до уваги той факт, що рослини, які росли в червоному та фіолетовому освітленні мають різні зміни в експресії генів, ми можемо зробити припущення про участь відповідних фоторецепторів у відповіді на УФ-опромінення. Про це свідчать зміни в даних експресії досліджуваних генів, що ми можемо спостерігати для рослин, які вирощені у різних спектрах світла (рис.1). При впливі УФ-опромінення в однаковій дозі, у рослин зрізних груп спостерігали як значне підвищення, наприклад для гену *API*, так і зменшення рівня експресії в залежності від світлових умов вирощування.

Характер змін експресії генів цвітіння під дією УФ вказує на стабілізуючу дію криптохромів та фототропінів на генетичні

механізми регуляції цвітіння. В той час як рослини, що були вирощені в освітленні червоного спектру показали зниження рівня експресії як генів цвітіння, так і маркеру репараційних процесів.

Як відомо, ген *RAD51* відповідає за репараційні процеси після УФ-опромінення. Вирощування рослин при оранжевому приводить до збільшення активності гену *RAD51*. В той час для фіолетового спектру, як для 24°C так і для 21°C стимулювання активності генів не відбувається. Це можливо пов'язано з тим, що довжина хвилі світла для вирощених в умовах короткохвильового освітлення має здатність подавляти репараційні процеси. Для гену *PCNA2*, відповідального за проліферацію клітин, при вирощуванні в червоному та оранжевому спектрах спостерігається стимулювання поділу клітин, про що свідчить збільшення активності цього гену. Це явище можна пояснити залученням криптохромів та їх впливом на регуляцію цвітіння рослин. Гени циркадного годинника *Co* та *Gi* аналогічно збільшують свою активність при вирощуванні в червоному та оранжевому спектрах освітлення, що свідчить про взаємозв'язок циркадних ритмів та поділу клітин (рис.1).

УФ-опромінення навпаки знижує активність генів *LFY* та *API*. Для рослин, вирощених в червоному та оранжевому спектрах освітлення зниження активності генів детермінації

флоральної меристеми може бути пов'язане з тим залученням активності фітохромів в регуляцію цвітіння у *Arabidopsis thaliana*.

За даними попередніх робіт, УФ-опромінення має вплив на біомасу, ефективність фотосинтезу та розмір листя у сільсько-господарських рослин (Teramura and Sullivan, 1994). Наші результати показують, що ультрафіолет також має істотний вплив на цвітіння рослин, що також має важливе значення для вирощування сільськогосподарських культур.

Нещодавні дослідження показали, що вирощування рослин у різних спектрах освітлення впливає на стресостійкість у рослин (Muneer et al., 2018). Наші дані також підтверджують, що спектр світла впливає на відповідь рослин на вплив стресового фактора.

**Висновки.** В ході даної роботи було показано, що вирощування рослин у освітленні фіолетового, червоного та оранжевого спектрів світла впливає на відповідь експресії генів цвітіння у *Arabidopsis thaliana*. УФ-опромінення рослин вирощених у червоному освітленні привело до зниження активності генів циркадних ритмів та генів репарації. Для рослин, вирощених у фіолетовому освітленні, статистично значущих змін експресії досліджуваних генів показано не було. Експериментальні дані вказують на можливу участь криптохромів та фототропінів в стабілізації впливу УФ-опромінення на експресію генів цвітіння та репарації.

Автори висловлюють подяку доктору Яні Лібантовій за всебічну підтримку в проведенні даних досліджень, дана робота була проведена на базі відділу молекулярної біології та біотехнології Інституту генетики рослин та біотехнології Словацької академії наук в рамках міжнародної стипендії Словацького уряду (SAIA, 2017).

#### Список літератури (References):

1. Georges B., Périlleux C. A physiological overview of the genetics of flowering time control. *Plant Biotechnology Journal*. 2005; 3(1): 3–16.
2. Boyes, D. C. Growth stage-based phenotypic analysis of *Arabidopsis*: a model for high throughput functional genomics in plants. *The plant cell online*. 2001; 13 (7): 1499–1510.
3. Brown Ch. S, Schuerger A. C, Sager J. C. Growth and photomorphogenesis of Pepper plants under red light-emitting diodes with supplemental blue or far-red lighting. *J Am Soc Hortic Sci*. 1995; 120(5): 808–813.

4. Parcy F., Nilsson O., Busch M.A., Lee I., Weigel D. A genetic framework for floral patterning. *Nature*. 1998; 395 (6702): 561–566.
5. Choi J. Conformational effects of UV light on DNA origami. *J. Am. Chem. Soc.* 2017; 139(4): 1380–1383.
6. Hollósy F. Effects of ultraviolet radiation on plant cells. *Micron*. 2002; 33(2): 179–197.
7. King R.W, Hisamatsu T., Goldschmidt E.E, Blundell C., The nature of floral signals in *Arabidopsis*. I. Photosynthesis and a far-red photoresponse independently regulate flowering by increasing expression of Flowering Locus T (FT). *J. Exp. Bot.* 2008; 59(14): 3811–3820.
8. Leal W.L., Mourik S.V., Posé D., Kim M.C., Schmid M., Van Ham R., Busscher, et al. A quantitative and dynamic model of the *Arabidopsis* flowering time gene regulatory network. *PLoS One*. 2015; 10(2): e0116973. doi:10.1371/journal.pone.0116973.
9. McCree K.J. The action spectrum, absorptance and quantum yield of photosynthesis in crop plants. *Agricultural Meteorology*. 1972; 9(3): 191–216.
10. Muneer S, Park Y.G, Jeong B.R. Red and blue light emitting diodes (LEDs) participate in mitigation of hyperhydricity in in vitro-grown carnation genotypes (*Dianthus caryophyllus*). *Journal of Plant Growth Regulation*. 2018; 37(2): 370–379.
11. Pfaffl M.W, Horgan G.W., Dempfle L. Relative expression software tool (REST) for group-wise comparison and statistical analysis of relative expression results in Real-Time PCR. *Nucleic Acids Research*. 2002; 30(9): e36.
12. Rozema J., Lenssen G.M., Van De Staaij J.W.M, Tosserams M., Visser A. J., Broekman R.A. Effects of UV-B radiation on terrestrial plants and ecosystems: interaction with CO2 enrichment. *Plant Ecology*. 1997; 128(1–2): 183–191.
13. Seiler F., Soll J., Bölker B., Comparative phenotypic and molecular analyses of *Arabidopsis* grown under fluorescent and LED light. *Plants*. 2017; 6(2): E24.
14. Sidler C., Li D., Kovalchuk O., Kovalchuk I., Development-dependent expression of DNA repair genes and epigenetic regulators in *Arabidopsis* plants exposed to ionizing radiation. *Radiat. Res*. 2015; 183(2): 219–232.
15. Song Y.H., Ito S, Imaizumi T. Flowering time regulation: in leaves. *Trends in Plant Science*. 2013; 18(10): 575–583.
16. Teramura A., Sullivan J.H. Effects of UV-B radiation on photosynthesis and growth of terrestrial plants. *Photosynthesis Research*. 1994; 39(3): 463–473.
17. Volkov R.A., Panchuk I.I., Schöffl F. Heat-stress-dependency and developmental modulation of gene expression: the potential of house-keeping genes as internal standards in mRNA expression profiling using real-time RT-PCR. *J. Experiment. Bot*. 2003; 54: 2343–2349.

# THE CHANGE OF FLOWERING GENES EXPRESSION IN *ARABIDOPSIS THALIANA* IS A RESPONSE TO UV-C IRRADIATION IN DIFFERENT LIGHT CONDITIONS AND TEMPERATURE CULTIVATION CONDITIONS

M. V. Kryvokhyzha, N. M. Rasydov

*The main goal of this study is researching how grown conditions act on flowering time and flowering genes expression under stress factors acting. Arabidopsis thaliana plants Col0 ecotype were cultivated in red, violet and orange light at 21°C and 24°C in light and dark mode at a ratio of 18/6. The phases of development were fixed during the growth of plants. In the 2.3 phase, the experimental plant groups were irradiated with UV-C for 10 minutes. In phase 5.1. the relative expression of Apetala 1, Gigantia, Leafy, Flowering locus T, Flowering locus C, Constants, RAD51 and PCNA2 genes were determined in real time PCR using. Gene reference actin Act was used.*

*Phenological data showed that plants which grown in violet and orange and at 21°C have 6 days developmental stage delayed compared with white light at 24°C; plants grown in red and violet spectra at 24°C have 3 days delayed. An analysis of relative gene expression showed that the RAD51 down regulated in response to UV irradiation at a factor of 0.379 ( $P(H1) = 0.000$ , 95% C.I. 0.192 - 0.764) in plants growth in the red light spectrum at 24°C. Expression of the circadian rhythm gene Co down regulated with a coefficient of 0.021 ( $P(H1) = 0.000$ , 95% C.I. 0.011 - 0.041), Gi down regulated with a coefficient of 0.291 ( $P(H1) = 0.000$ , 95% C.I. 0.144 - 0.595), the expression of AP1 increases with a coefficient of 2.557 ( $P(H1) = 0.000$ , 95% C.I. 1.194 - 6.399). The expression of transcription factor AP1 down regulated of a coefficient of 0.023 ( $P(H1) = 0.000$ , 95% C.I. 0.007-0.078) and 0.306 ( $P(H1) = 0.000$ , 95% C.I. 0.116-0.818), respectively in plants grown in violet and orange light at a temperature of 21°C. The expression of LFY also decreases with the coefficient 0.177 ( $P(H1) = 0.000$ , 95% C.I. 0.069-0.455) and 0.33 ( $P(H1) = 0.000$ , 95% C.I. 0,172 - 0,633). For a group of plants cultivated in violet light at 24°C, no statistically significant changes in expression were detected among the genes studied.*

*Key words: UV radiation, Arabidopsis, genes of flowering, relative expression, lighting, RNA, quantitative PCR-analysis.*

*Отримано редколегією 19.03.2018*