

1. Geographical Origin Authentication of Agri-Food Products: A Review / Katerina Katerinopoulou, Achilleas Kontogeorgos, Constantinos, E. Salmas, Angelos Patakas. *Foods* 2020, URL: <https://doi.org/10.3390/foods9040489>
2. The effectiveness of multi-element fingerprints for identifying the geographical origin of wheat / Hongyan Liu, Yimin Wei, Yingquan Zhang, Shuai Wei, Senshen Zhang, Boli Guo. *International Journal of Food Science and Technology*. URL: 2017 <https://doi.org/10.1111/ijfs.13366>
3. Food Fingerprinting: using a two-tiered approach to monitor and mitigate food fraud in rice / T. F. McGrath et al. *Journal of AOAC International*. 2020. URL: <https://doi.org/10.1093/jaoacint/qsaa109>

УДК [581.132+581.5] : 582.998.1

**ЗАЛЕЖНІСТЬ ВМІСТУ ТА СПІВВІДНОШЕННЯ
ФОТОСИНТЕТИЧНИХ ПІГМЕНТІВ ВІД ЗМІНИ КЛІМАТУ
ДЕЯКИХ ВИДІВ РОДУ *CARLINA* L.**

Колісник Х. М¹., Грицак Л. Р¹., Задорожна К. А²., Дробик Н. М¹.

¹Тернопільський національний педагогічний університет
імені Володимира Гнатюка

²Тернопільська спеціалізована школа I-III ступенів №3
з поглибленим вивченням іноземних мов

E-mail: kolisnyk@chem-bio.com.ua

Рідкісні види рослин є індикаторами стану довкілля, оскільки вони мають низьку екологічну стійкість до коливань діапазону впливу абіотичних факторів та є більш чутливими до кліматичних змін [5]. Найшвидше реагує на мінливість чинників довкілля фотосинтетичний апарат (ФСА) [2]. Вміст та співвідношення фотосинтетичних пігментів є маркерною ознакою, яка дозволяє оцінити вплив теплових хвиль на рослини, а також адаптивний потенціал виді [3]. Виходячи із вище зазначеного, метою роботи було визначення концентрації та взаємозв'язку пігментів різних вікових груп рослин *Carlina onopordifolia* Besser ex Szafer, Kulcz. et Pawt., *Carlina cirsioides* Klokov, а також залежності вмісту пігментів та їх співвідношень від метеорологічних параметрів у рослин *in situ*.

Експериментальна ботаніка і фізіологія рослин

Матеріал для досліджень було відібрано співробітниками лабораторії екології та біотехнології ТНПУ імені Володимира Гнатюка у с. Гутисько, Тернопільського району, Тернопільської області, на г. Голиця. Для визначення залежності вмісту фотосинтетичних пігментів від зміни кліматичних чинників використано метеорологічні дані центру з гідрометеорології Державної служби з надзвичайних ситуацій за травень-серпень 2017–2018 рр., 2021 р., 2023 р. Визначення вмісту хлорофілів і каротиноїдів у листках проводили за методикою Б. Х. Межунца [1]. Для вивчення взаємозв'язків між вмістом пігментів у рослинах *in situ* та метеочинниками проводили кореляційний аналіз з обчисленням коефіцієнта кореляції Пірсона. Статистичний аналіз отриманих даних проводили за допомогою програмного забезпечення Prism 6.

Концентрація фотосинтетичних пігментів у листках рослин є одним із показників, за яким оцінюють стан ФСА. Вміст хлорофілів у листках залежить від етапів життєвого циклу, умов росту (світловий, температурний і водний режими) [4]. Аналіз результатів досліджень показав, що вміст фотосинтетичних пігментів у особинах *C. cirsioides*, порівняно із *C. onopordifolia*, є нижчим на 24–39 %. Окрім того, найвищий загальний вміст пігментів властивий особинам генеративної групи. Вміст каротиноїдів у рослинах усіх вікових груп *C. cirsioides* в 1,1–2,4 рази менший, порівняно із *C. onopordifolia*, який належить до світлолюбивих видів.

Встановлено, що вміст пігментів у рослинах динамічно реагує на зміну умов середовища. У 2018 році у рослин обох видів усіх вікових груп, за винятком генеративних особин *C. cirsioides*, у 1,2–3,7 рази збільшився вміст хлорофілу *b*. Це позначилося й на співвідношенні хлорофілу *a* до хлорофілу *b*, а також хлорофілів до каротиноїдів. Абіотичні умови росту 2021 р. також призвели до функціональних змін вмісту та співвідношення пігментів. На фоні зниження вмісту хлорофілу *b* у рослинах усіх вікових груп виду *C. onopordifolia* відбулося збільшення вмісту каротиноїдів майже у 1,5–2 рази, порівняно із рослинами інших років дослідження. Це вказує на перебування рослин у доволі стресових умовах, оскільки вміст каротиноїдів знаходиться у прямій кореляційній залежності від гормону стресу

Експериментальна ботаніка і фізіологія рослин

– абсцизової кислоти. У тіньовитривалого виду *C. cirsioides* також відбулися функціональні зміни у складі пігментів, особливо в особин прегенеративної групи. Усе це опосередковано вказує на зростання інтенсивності сонячної інсоляції у 2021 р., порівняно із іншими роками.

Для кращого розуміння взаємозалежності вмісту пігментів у ФСА досліджуваних видів було застосовано кореляційний аналіз, який відображає як взаємозалежність вмісту пігментів у ФСА, так і силу та характер кореляційного зв'язку кожної групи пігментів із певними метеочинниками. Результати аналізу кореляційних матриць у 2018 р., у якому було виявлено вищий вміст хлорофілу *b* показав, що у рослин *C. onopordifolia* є слабка зворотна залежність вмісту хлорофілів *a* ($r = -0,45, p < 0,001$) і *b* ($r = -0,38, p < 0,001$) від температури повітря. У рослин виду *C. cirsioides* спостерігали значну зворотну залежність між вмістом хлорофілу *b* у листках цього виду та показниками співвідношення $\text{Chl } a/ \text{Chl } b$ від температури повітря, та, навпаки, позитивну залежність від кількості опадів упродовж дня ($r = 0,54, p < 0,001$).

Аналіз кореляційних матриць за 2021 р. показав, що між кількістю опадів у денний період доби і вмістом усіх пігментів та їх співвідношень існує високий зворотний зв'язок ($r = -0,80, p < 0,001$). На вміст хлорофілів *a* і *b*, а також їх співвідношення впливає й кількість опадів упродовж доби, а показник $\text{Chl } a/ \text{Chl } b$ знаходиться у зворотному значному зв'язку й від сумарної кількості опадів упродовж ночі. На відміну від рослин *C. cirsioides*, кореляційна залежність між вмістом фотосинтетичних пігментів рослин виду *C. onopordifolia* та кількістю опадів була негативною. Значний вплив на стан пігментів для цих рослин мають опади у нічний період доби та мінімальна температура поверхні ґрунту.

За результатами досліджень у 2023 р. визначено зворотну залежність між вмістом пігментів у рослинах *C. onopordifolia* та кількістю опадів. Причому, вміст каротиноїдів перебуває у значній прямій позитивній залежності ($r = 0,60, p < 0,001$) від сумарної кількості опадів упродовж доби. Дещо слабший зворотний зв'язок виявлено між кількістю опадів та вмістом хлорофілу *a*. Щодо виду *C. cirsioides* з'ясовано, що

Експериментальна ботаніка і фізіологія рослин

співвідношення між вмістом хлорофілу *b* і каротиноїдами значною мірою залежить від кількості опадів. Також для рослин цього виду виявлено зворотну кореляцію між мінімальними значеннями відносної вологості повітря та співвідношенням Chl *a*/Chl *b*.

Отже, виявлено існування кореляційного зв'язку між вмістом пігментів, їхніми співвідношеннями у рослинах досліджених видів роду *Carlina* та метеопараметрами середовища. З'ясовано, що еволюційно закріплені відмінності у екотопах росту видів *C. onopordifolia* і *C. cirsioides* позначилися на вмісті фотосинтетичних пігментів та їх співвідношеннях. Вміст фотосинтетичних пігментів у особин тіньовитривалого виду *C. cirsioides*, порівняно із світлолюбним *C. onopordifolia*, є нижчим на 24–39 %. Показано, що фотосинтетичний апарат обох видів динамічно реагує на зміну абіотичних умов. У 2018 р. у рослин збільшився вміст хлорофілу *b* у ФСА, а у 2021 р – вміст каротиноїдів. Виявлено, що стан пігментного комплексу обох видів у більшій мірі залежить від дефіциту або надлишку води, ніж від температури повітря.

Список літератури

1. Кравець Н. Б., Грицак Л. Р., Прокоп'як М. З., Майорова О. Ю., Дробик Н. М. Вміст фотосинтетичних пігментів у рослинах роду *Carlina* L. у природі та культурі *in vitro*. Наук. зап. Терноп. нац. пед. ун-ту. Сер. Біол., 2019, № 4 (78) С. 16-23.
2. Манько, М.В., Олексійченко, Н.О., Китаєв О. І. Особливості індукції флуоресценції хлорофілу в листках рослин культиварів *Acer platanoides* L. в умовах міста Києва. Науковий вісник НЛТУ України, 2016. № 26(5), С. 102-109.
3. Gholamin R., Khayatnezhad M. The effect of end season drought stress on the chlorophyll content, chlorophyll fluorescence parameters and yield in maize cultivars. *Sci. Res. Essay*. 2011, № 6, С. 5351-5357.
4. Pollastri S., Sukiran N.A., Jacobs B. & Knight M.R. (2021). Chloroplast calcium signalling regulates thermomemory. *J. Plant Physiol.*, No. 264 (2), 153470.
5. Zahra N., Hafeez M.B., Ghaffar A., Kausar A., Zeidi M.,

Siddique K.H.M., Farooq M. Plant photosynthesis under heat stress: Effects and management. ЕЕВ, 2023. No. 206, Article 105178. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2022.105178>

УДК:581.1:579.64

**ОСОБЛИВОСТІ РЕАКЦІЇ РОСЛИН НА ДІЮ
КОМПЛЕКСІВ РИЗОСФЕРНИХ РОСТОСТИМУЛЮЮЧИХ
МІКРООРГАНІЗМІВ**

Комінарець О. Є., Мельникова Н. М., Коць С.Я.

Інститут фізіології рослин і генетики Національної академії наук
України

E-mail:anqueitas@ukr.net

Протягом життєвого циклу рослини взаємодіють зі значною кількістю мікроорганізмів, зокрема прикореневою мікрофлорою, функціонування якої є одним із найважливіших факторів впливу на ріст і розвиток, а також продуктивність рослинного організму. Серед ростостимулюючих ризосферних мікроорганізмів найвідоміші бактерії родів *Azospirillum*, *Azotobacter*, *Rhizobium*, *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Enterobacter* [1, 2]. Водночас, надзвичайно важливу роль у покращенні розвитку рослин відіграють везикулярно-арбускулярні гриби та гриби-аскоміцети роду *Trichoderma*, які також зустрічаються у ризосфері рослин [1, 2].

Основними властивостями ризобактерій, що лежать в основі їх ростостимулюючої активності, є здатність мобілізувати необхідні для живлення рослин мінеральні елементи з важкодоступних форм, контролювати рівень фітопатогенів у прикореневій зоні, секретуючи речовини з антибіотичною дією, продукувати фітогормони та інші біологічно активні метаболіти, які разом з іншими чинниками відіграють суттєву роль у підвищенні ступеня реалізації життєвого потенціалу рослин [1, 2]. Інтродукція в ризосферу ростостимулюючих бактерій є одним із найбільш перспективних шляхів вирішення проблеми збільшення урожайності цінних сільськогосподарських культур [1, 3] для забезпечення продовольством зростаючої кількості населення Землі, що особливо важливо в умовах глобальних кліматичних змін та під час реалізації концепції сталого розвитку.