



УДК 581.1:631.811.98:678.048:676.034

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ІНТЕГРАЛЬНОЇ АНТИОКСИДАНТНОЇ АКТИВНОСТІ СУЦВІТЬ РОСЛИН *CALENDULA OFFICINALIS L.*, ВИРОЩЕНИХ В УМОВАХ ПЕРЕДКАРПАТТЯ ЗА ДІЇ БІОСТИМУЛЯТОРІВ РОСТУ

О. М. ЛУПАК, викладач

Дрогобицький державний педагогічний університет імені Івана Франка

Г. Я. КОВАЛЬЧУК, кандидат біологічних наук, доцент

Дрогобицький державний педагогічний університет імені Івана Франка

Г. Л. АНТОНЯК, доктор біологічних наук, професор

Львівський національний університет імені Івана Франка

E-mail: oksana_lupak@ukr.net

У статті представлено результати дослідження дії біостимуляторів росту рослин «Вермибіомаг», «Вермистим» та «Вермійодіс» на інтегральну антиоксидантну активність суцвіть рослин *Calendula officinalis L.* сорту «Польова красуня», вирощених на дерново-підзолистих ґрунтах зони Передкарпаття України. Антиоксидантну активність визначено потенціометрично за допомогою медіаторної системи, модифікованим у дослідженнях авторів методом, на основі методів Брайніної і співроб. та Аронбаєва і співроб. Показано, що внесення біостимуляторів росту під час культивування *C. officinalis* сприяло зростанню ($p \leq 0,05$) антиоксидантної активності рослин порівняно з контролем. Рослини, вирощені за дії біостимулятора «Вермибіомаг» характеризувалися найвищою інтегральною антиоксидантною активністю. Дія біостимуляторів більш повно реалізується за стресових умов. Встановлено, що спиртові екстракти суцвіть рослин *C. officinalis* характеризуються вищою у 1,5–1,6 разів антиоксидантною активністю порівняно з водними.

Ключові слова: *Calendula officinalis L.*, біостимулятори росту, потенціометричний метод, антиоксидантна активність, окисно-відновний потенціал

Актуальність. Сьогодення характеризується швидким темпом життя, економічною нестабільністю, загостренням екологічних проблем, серед яких глобальні зміни клімату, забруднення довкілля, погіршення якості продуктів харчування, що призводить до зниження захисних функцій організму. При цьому активізуються окиснювальні реакції, у результаті яких в клітинах та тканинах організму накопичуються вільні радикали, які сприяють атеросклерозу, гіпертонії, ішемії, онкологічним та алергіч-

ним захворюванням, передчасному старінню організму тощо. Антиоксиданти протидіють утворенню вільних радикалів. Природні антиоксиданти містяться у рослинній сировині. Найвищу антиоксидантну активність має рослинна сировина з високим вмістом фенольних та поліфенольних сполук, каротиноїдів, вітамінів А, Е, К і С [1, с. 6; 2, с. 9]. Для офіційної та народної медицини цінною рослинною сировиною є суцвіття *Calendula officinalis* завдяки значному вмісту біологічно активних речовин (БАР),



зокрема каротиноїдів, флавоноїдів, ефірної олії, сапонінів, гіркої речовини календену, смолистих та дубильних речовин, слизу, інуліну, органічних кислот, фітостеринів, ферментів, аскорбінової кислоти, алкалоїдів, тритерпендіолів, що зумовлюють антисептичну, протизапальну, спазмолітичну, ранозагоювальну, седативну, сечогінну, жовчогінну дію [3, с. 155-156]. Вміст БАР *C. officinalis* у процесі культивування рослин залежить від багатьох факторів. Під час вирощування лікарських рослин рекомендують застосовувати біостимулятори росту, які забезпечують їхню кращу стресостійкість, дають змогу більш повно реалізувати потенційні можливості сорту, а також покращити якість сировини [4, с. 303].

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Антиоксидантну активність (АОА) рослин аналізують за вмістом ферментів антиоксидантного захисту та проміжних продуктів пероксидного окиснення ліпідів [5, с. 335-336; 6]. Визначення інтегральної АОА проводять електрохімічними методами, зокрема, кулонометричним [2, с. 10] та потенціометричним [7, с. 30-31; 8, с. 317-318]. Потенціометричний метод дослідження характеризується високою чутливістю, простотою у виконанні, інформативністю та доступною вартістю.

Раніше вивчалась активність ензимів антиоксидантної системи рослин *C. officinalis*, вирощених за дії біостимуляторів [9]. У попередніх дослідженнях було започатковано потенціометричне визначення інтегральної АОА рослин *C. officinalis* [10]. Результати досліджень вказують на доцільність подальшого вивчення цієї актуальної теми.

Мета дослідження. Мета роботи – здійснити порівняльний аналіз впливу біостимуляторів росту «Вермібіомаг», «Вермістим» та «Вермійодіс» на АОА суцвіть рослин *C. officinalis* сорту «Польова красуня», вирощених у зоні Передкарпаття України впродовж 2015 – 2017 рр.

Для досягнення мети були поставлені наступні завдання: отримати водні та спиртові екстракти суцвіть рослин *C. officinalis*, вирощених під впливом біостимуляторів росту впродовж 2015 – 2017 рр., та здійснити порівняльний аналіз їх АОА.

Матеріали та методи дослідження. Рослини *C. officinalis* культивували впродовж 2015 – 2017 рр. на дерново-підзолистих ґрунтах зони Передкарпаття (на навчально-дослідній ділянці Дрогобицького державного педагогічного університету імені Івана Франка) за дворазового внесення біостимуляторів. Як контроль використовували польові ділянки, у ґрунт яких під час культивування *C. officinalis* не вносили біостимуляторів росту. Повторність досліду була трьохразовою. Облікова площа ділянки становила 10 м². Аналіз хімічного складу ґрунту показав, що рН ґрунту слабкокисло, вміст гумусу в орному шарі – 2,1 %, забезпеченість поживними речовинами – середня.

Метеорологічні умови 2015 – 2017 рр. дещо відрізнялися від середніх багаторічних, особливо під час вегетації рослин. Прохолодна погода у квітні-травні та суха і жарка погода в липні-серпні впливала на ріст, розвиток, продуктивність рослин *C. officinalis*. Найбільш значні відхилення температури у денний та нічний час доби спостерігалися у 2017 році.

Матеріалом для дослідження були суцвіття рослин *C. officinalis*, зібрані із різних дослідних ділянок та висушені до повітряно-сухого стану. Водні екстракти (настої) та спиртові витяжки суцвіть *C. officinalis* готували відповідно до вимог Державної Фармакопеї України [11, с. 402].

Визначення АОА проводили потенціометричним методом за допомогою медіаторної системи [10, с. 11-12], модифікувавши два методи – Брайніної і співроб. [8, с. 317-320] та Аронбаєва і співроб. [7, с. 31-32]. Потенціометрію проводили з використанням приладу марки рН-301 в режимі вимірювання окисно-відновного



потенціалу (ОВП). Медіаторна система складалася з 0,01 М $K_3[Fe(CN)_6]$ і 0,0001 М $K_4[Fe(CN)_6]$ в 0,066 М фосфатному буфері з рН 7,2 [8, с. 317].

Як стандарт АОА використовували свіжовиготовлені водні та спиртові розчини АК із концентрацією 1 мг/мл з метою їх калібрування для наступного дослідження водних і спиртових екстрактів суцвіть *S. officinalis* [7, с. 31].

Величину антиоксидантної активності АОАх для досліджуваних екстрактів обчислювали за загальною формулою для отриманих калібрувальних залежностей (1):

$$\lg[C(АК)] = A \cdot \Delta E + B, \quad (1)$$

де А, В – коефіцієнти калібрувальних залежностей, згідно з методом найменших квадратів, який реалізовано в табличному процесорі Microsoft Excel; ΔE – різниця між ОВП медіаторної системи перед додаванням та після додавання розчину, в якому вимірювали АОА.

Таким чином, АОАх в одиницях концентрації АК (мг/мл) в екстракті визначали за формулою (2):

$$AOA_x = 10^{\lg[C(АК)]}, \quad |[\text{мг АК/мл}] \quad (2).$$

Після чого здійснювали перерахунок АОА на абсолютно суху біомасу.

Результати обробляли статистично за допомогою програми Microsoft Excel.

Результати дослідження та їх обговорення. Визначено, що суцвіття рослин *S. officinalis* сорту «Польова красуня», вирощених у зоні Передкарпаття за дії біостимуляторів росту, мають вищу АОА, порівняно із контролем (без внесення стимуляторів). Як свідчать показники ОВП водних екстрактів суцвіть рослин *S. officinalis*, АОА є вищою у варіантах із застосуванням біостимуляторів, порівняно із контролем ($p \leq 0,05$) (рис. 1). У водних екстрактах рослин, вирощених впродовж 2015 – 2017 років, найвищі показники АОА спостерігали у варіанті із внесенням «Вермибіомагу» (на 26,9 % вище від контролю). Дещо нижчі результати, порівняно із «Вермибіомагом», отримано у варіантах із внесенням «Вермийодісу» (на 19,5 % вище від контролю) та «Вермистиму» (на 15,5 % вище від контролю).

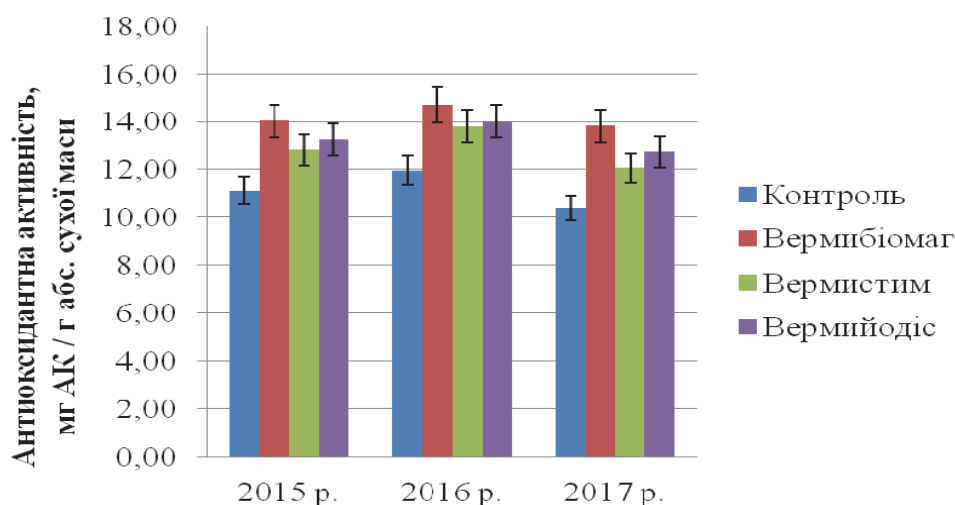


Рис. 1. Антиоксидантна активність суцвіть водних екстрактів рослин *S. officinalis*

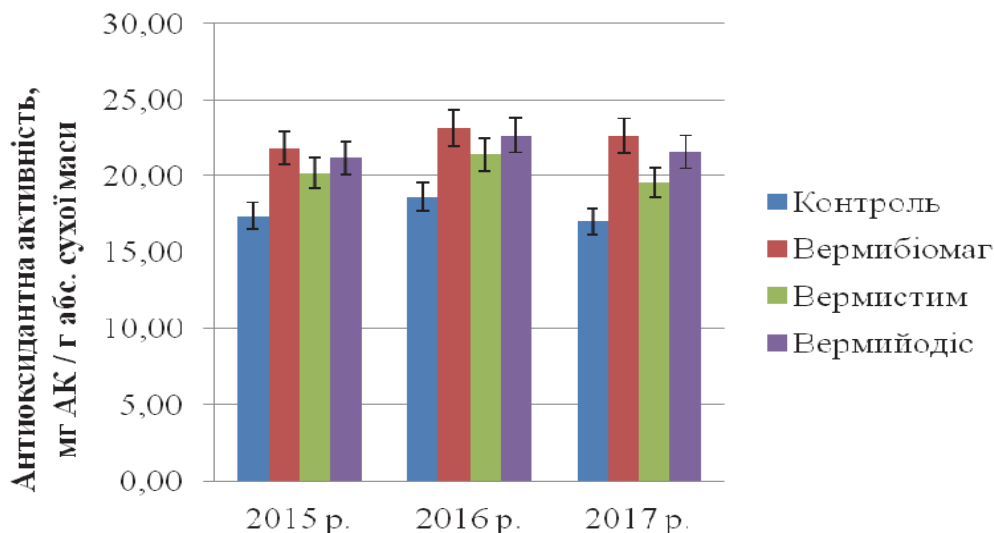


Рис. 2. Антиоксидантна активність суцвіть спиртових екстрактів рослин *C. officinalis*

Як бачимо з рисунку 1, АОА у рослин контрольного варіанту, культивованих впродовж 2017 р., є дещо нижчою від показників контролю у 2015 та 2016 рр. Проте, АОА суцвіть дослідних варіантів у 2017 році виявилася з вищим приростом відносно контролю, порівняно з рослинами, вирощеними у 2015 – 2016 рр. Це є доказом того, що дія біостимуляторів повніше проявляється за стресових умов, оскільки у 2017 р. кліматичні умови значно відрізнялися від середніх багаторічних і, очевидно, виступали стресовим чинником для рослин.

Встановлено, що спиртові екстракти рослин, вирощених за дії біостимуляторів росту «Вермибіомаг», «Вермійодіс» та «Вермистим» в середньому за три роки мають на 27,3 %, 22,9 % та 15,4 % відповідно вищу АОА від контролю.

З'ясовано, що загалом спиртові екстракти суцвіть рослин *C. officinalis*, досліджуваних впродовж 2015 – 2017 років, у 1,5–1,6 разів проявляли вищу АОА, ніж водні. Отримані результати

узгоджуються із даними науковців, які досліджували водні та спиртові екстракти інших лікарських рослин [7, с. 33].

Висновки і перспективи. З'ясовано, що суцвіття рослин *C. officinalis* сорту «Польова красуня» мають АОА.

За результатами трьохрічних досліджень встановлено, що АОА суцвіть рослин, вирощених за дії біостимуляторів росту «Вермибіомаг», «Вермійодіс» та «Вермистим» є вищою від контролю. Показано, що найбільший вплив на інтегральну АОА має біостимулятор «Вермибіомаг». Вивчено, що дія біостимуляторів більш повно проявляється за стресових умов.

Встановлено, що спиртові екстракти суцвіть рослин *C. officinalis* мають вищу антиоксидантну активність у 1,5–1,6 разів, ніж водні.

В перспективі плануються дослідження дії біостимуляторів росту «Вермибіомаг», «Вермистим» та «Вермійодіс» за різних ґрунтово-кліматичних умов вирощування рослин *C. officinalis* на їх АОА.



Література

1. Гойко І. Ю. Визначення окислювально-відновлювального потенціалу для характеристики антиоксидантної активності нетрадиційної рослинної сировини. Харчова промисловість. 2013. № 14. С. 6–9.
2. Головки М. П., Пенкіна Н. М., Колесник В. В. Антиоксидантні властивості деяких видів рослинної сировини. Східно-Європейський журнал передових технологій. 2011. Т. 4, № 6 (52). С. 9–11.
3. Сафонов М. М. Повний атлас лікарських рослин. Тернопіль: Навчальна книга – Богдан, 2010. 381 с.
4. Терек О. І., Пацула О. І. Ріст і розвиток рослин: навч. пос. Львів: ЛНУ імені Івана Франка, 2011. 328 с.
5. Гришко В. М., Демура Т. А. Вплив регуляторів росту на стійкість проростків кукурудзи, розвиток процесів пероксидного окиснення ліпідів і вміст аскорбінової кислоти за сумісної дії кадмію і нікелю. Физиология и биохимия культурных растений. 2009. Т. 41, № 4. С. 335–343.
6. Колупаев Ю. Е., Обозний О. І. Активні форми кисню і антиоксидантна система при перехресній адаптації рослин до дії абіотичних стресорів. Вісник Харківського національного аграрного університету. Серія: біологія. 2013. № 3 (30). С. 18–31.
7. Аронбаев Д. М., Тен В. А., Юлаев М. Ф., Аронбаев С. Д. Исследование антиоксидантной активности растительности Ферганской долины. Молодой учёный. 2015. № 4 (84). С. 30–34.
8. Ivanova A. V., Gerasimova E. L., Brainina K. Z. Potentiometric Study of Antioxidant Activity: Development and Prospects. Critical Reviews in Analytical Chemistry. 2015. Vol. 45, Issue 4. P. 311–322.
9. Лупак О. М., Клепач Г. М., Антоняк Г. Л. Вплив біостимуляторів на активність ензимів антиоксидантної системи у рослинах *Calendula officinalis* L. в умовах Західного Лісостепу України. Біологічні студії. 2017. Т. 11, № 3-4. С. 28–29.
10. Лупак О. М., Ковальчук Г. Я., Антоняк Г. Л. Потенціометричне визначення антиоксидантної активності екстрактів рослин *Calendula officinalis* L. за впливу біостимуляторів росту. Scientific Journal «ScienceRise: Biological Science». 2017. № 6 (9). С. 10–13.
11. Державна Фармакопея України. Т. 3. X.: Державне підприємство «Український науковий фармакопейний центр якості лікарських засобів», 2014. 732 с.

References

1. Hoiko, I. Yu. (2013). Vyznachennia okysliuvально-vidnovliuvальноho potentsialu dlia kharakterystyky antyoksydantnoi aktyvnosti netradytsiinoi roslynnoi syrovyny [Determination of the oxidation-reducing potential for the characterization of antioxidant activity of non-traditional plant material]. Food Industry, 14, 6–9.
2. Holovko, M. P., Penkina, N. M., Kolesnyk, V. V. (2011). Antyoksydantni vlastyvoli deiakykh vydiv roslynnoi syrovyny [Antioxidant properties of some kinds of vegetable raw material]. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 4 (6 (52)), 9–11. Available at: <http://journals.uran.ua/ejet/article/view/1414>
3. Safonov, M. M. (2010). Povnyi atlas likarskykh roslin [A complete atlas of medicinal plants]. Ternopil: Educational book – Bohdan, 381.
4. Terek, O. I., Patsula, O. I. (2011). Rist i rozvytok roslin: navch. posibnyk [Plant growth and development: educ. appliance]. Lviv: LNU imeni Ivana Franka, 328.
5. Hryshko, V. M., Demura, T. A. (2009). Vplyv rehulyatoriv rostu na stiiikist prorostkiv kukurudz, rozvytok protsesiv perokysnoho okysnennia lipidiv i vmist askorbinovoi kysloty za sumisnoi dii kadmiiu i nikeliu [Influence of growth regulators on the stability of corn seedlings, the development of processes of lipid peroxidation and the content of ascorbic acid by the combined action of cadmium and nickel]. Physiology and biochemistry of cultivated plants, 41 (4), 335–343.
6. Kolupaiev, Yu. E., Oboznyi, O. I. (2013). Aktyvni formy kysniu i antyoksydantna systema pry perekhresnii adaptatsii roslin do dii abiotychnykh stresoriv [Active forms of oxygen and antioxidant system at cross-adaptation of plants to action of abiotic stressors]. Bulletin of Kharkiv National Agrarian University. Series: Biology, 3 (30), 18–31.
7. Aronbaev, D. M., Ten, V. A., Yulaev, M. F., Aronbaev, S. D. (2015). Issledovanie antioksidantnoy aktivnosti rastitelnosti Ferganskoy doliny [Study of the antioxidant activity of the vegetation of the Fergana Valley]. Young scientist, 4 (84), 30–34.



8. Ivanova, A. V., Gerasimova, E. L., Brainina, K. Z. (2015). Potentiometric Study of Antioxidant Activity: Development and Prospects. *Critical Reviews in Analytical Chemistry*, 45 (4), 311–322. doi: 10.1080/10408347.2014.910443
9. Lupak, O. M., Klepach, H. M., Antonyak, H. L. (2017). Vplyv biostymuliatoriv na aktyvnist enzymiv antyoksydantnoi systemy u roslynakh *Calendula officinalis* L. v umovakh Zakhidnoho Lisostepu Ukrainy [Influence of biostimulants on activity of enzymes of antioxidant system in plants of *Calendula officinalis* L. in conditions of Western forest-steppe of Ukraine]. *Studia Biologica*, 11 (3-4), 28–29.
10. Lupak, O. M., Kovalchuk, H. Ya., Antonyak, H. L. (2017). Potentsiometrychne vyznachennia antyoksydantnoi aktyvnosti ekstraktiv roslin *Calendula officinalis* L. za vplyvu biostymuliatoriv rostu [Potentiometric determination of antioxidant activity of extracts of *Calendula officinalis* L. plants under the influence of growth biostimulants]. *Scientific Journal «ScienceRise: Biological Science»*, 6 (9), 10 – 13. DOI: 10.15587/2519-8025.2017.119086
11. Derzhavna Farmakopeia Ukrainy. Vol. 3 [State Pharmacopoeia of Ukraine. Vol. 3] (2014). Kharkiv: State Enterprise “Ukrainian Scientific Pharmacopoeial Center for Quality of Medicines”, 732.

SUMMARY

O. Lupak, H. Kovalchuk, H. Antonyak.

*Comparative analysis of integrated antioxidant activity of inflorescences of *Calendula officinalis* L. Plants grown in the conditions of precarpathian area on the effect of growth biostimulants/ Biological Resources and Nature Management. – 2018. – 10, №1–2. – P.58–63.*

The results of the study of action of plant growth biostimulants “Vermymbiomah”, “Vermystym” and “Vermiyodis” on integral antioxidant activity of inflorescences of *Calendula officinalis* L. plants of the sort “Polova krasunia” grown on sod-podzolic soils of the Precarpathian zone of Ukraine. Antioxidant activity was determined potentiometrically using neurotransmitter system modified in research by the authors, based on methods of Brainin and Aronbayev and his co-workers. It is shown that the applying of growth biostimulants in the cultivation of *C. officinalis* boosted ($p \leq 0,05$) the antioxidant activity of plants comparing with the control. Plants grown under the action of the “Vermymbiomah” biostimulant are characterized by the highest integral antioxidant activity. The action of biostimulants is realized more under stressful conditions. It has been established that inflorescence ethanolic extracts of *C. officinalis* are characterized by higher antioxidant activity in 1,5-1,6 times comparing with water.

Keywords: *Calendula officinalis* L., growth biostimulants, potentiometric method, antioxidant activity, oxidation-reducing potential

АННОТАЦІЯ

О. Н. Лупак, Г. Я. Ковальчук, Г. Л. Антоняк.

*Сравнительный анализ интегральной антиоксидантной активности соцветий растений *Calendula officinalis* L., Выращенных в условиях прикарпатья за действия биостимуляторов роста/Биоресурсы и природопользование. – 2018. – 10, №1–2. – С.58–63.*

В статье представлены результаты исследования действия биостимуляторов роста растений «Вермибиомаж», «Вермистим» и «Вермиюдис» на интегральную антиоксидантную активность соцветий растений *Calendula officinalis* L. сорта «Полевая красавица», выращенных на дерново-подзолистых почвах зоны Прикарпатья Украины. Антиоксидантной активностью определено потенциометрически с помощью медиаторной системы, модифицированной в исследованиях авторов методом, на основе методов Брайниной и сотр. и Аронбаева и сотр. Показано, что внесение биостимуляторов роста во время культивирования *C. officinalis* способствовало росту ($p \leq 0,05$) антиоксидантной активности растений по сравнению с контролем. Растения, выращенные за действия биостимулятора «Вермибиомаж» характеризовались высокой интегральной антиоксидантной активностью. Действие биостимуляторов более полно реализуется в случае стрессовых условий. Установлено, что спиртовые экстракты соцветий растений *C. officinalis* характеризуются высокой в 1,5-1,6 раза антиоксидантной активностью по сравнению с водными.

Ключевые слова: *Calendula officinalis* L., биостимуляторы роста, потенциометрический метод, антиоксидантная активность, окислительно-восстановительный потенциал