



Original researches

Ecological Aspect of Growing *Matricaria Recutita* L. Plants in Western Ukraine
O. M. Lupak¹, H. L. Antonyak²
¹*Drohobych Ivan Franko State Pedagogical University, Drohobych, Ukraine*
²*Ivan Franko National University of Lviv, Lviv, Ukraine*

Received: 02 April 2020

Revised: 13 April 2020

Accepted: 14 April 2020

Drohobych Ivan Franko State Pedagogical University, T. Shevchenko Str., 23, Drohobych, Lviv region, 82100, Ukraine

Ivan Franko National University of Lviv, Saksagansky Str., 1, Lviv, 79005, Ukraine

Tel.: +38-097-383-95-42

+38-097-557-82-53

E-mail: oksana_lupak@ukr.net

halyna_antonyak@yahoo.com

Cite this article: Lupak, O. M., & Antonyak, H. L. (2020). Ecological aspect of growing *Matricaria recutita* L. plants in Western Ukraine. *Agrology*, 3(2), 85–91. doi: 10.32819/020011

Abstract. The influence of soil and climatic conditions and growth biostimulants on the content of biochemical indices of prooxidant and antioxidant processes in the inflorescences of *M. recutita* plants of cv. “Perlyna Lisostepu” was investigated. The plants were grown on sod-podzolic soil of Precarpathian and dark- gray podzolic medium loamy soil of the Western Forest-Steppe of Ukraine under the influence of growth biostimulants “Vermymag”, “Vermyiodis” and “Vermystym”. The content of enzymes and low molecular weight metabolites in inflorescence cells was determined spectrophotometrically. Superoxide dismutase was determined by the ability of the enzyme to inhibit the photochemical reduction of nitroblue tetrazolium. Peroxidase activity was analyzed by the oxidation of aminoantipyrine, and catalase activity was analyzed by the ability of hydrogen peroxide to form a stable colored compound with ammonium molybdate. The content of ascorbic acid was determined by method of Murrie with Tillmann’s reagent. Analysis of TBA (Thiobarbituric Acid) – active products was performed by determining the content of malonic dialdehyde in the interaction of MDA with 2-thiobarbituric acid. The content of essential oil in the inflorescences of *M. recutita* was determined by steam distillation method. An increase ($p < 0.05$) in the activity of enzymes of the antioxidant system in the inflorescences of *M. recutita* plants, grown with the application of biostimulants “Vermymag” (by 14.9–22.9%) and “Vermyiodis” (by 16.1–23.4%) in comparison with the control was established. Vermystym had no significant influence on enzyme activity. Inflorescences of plants of all experimental variants were characterized by a significantly higher content of ascorbic acid compared to plants grown in the control. The application of biostimulants promoted to the suppression of lipoperoxidation processes in plant cells. A comparative analysis of biochemical indices of inflorescences of *M. recutita* cultivated species with wild species was made. In the inflorescences of wild plants *M. recutita* was found a higher content of catalase relative to plants of cultivated species. The results of the investigation of the essential oil content in the inflorescences of *M. recutita* plants cv. “Perlyna of Lisostepu” showed that the medicinal plant raw materials had the high quality. The results of the investigation of the content of essential oil in the inflorescences of *M. recutita* plants of cv. “Perlyna Lisostepu” indicated that the medicinal plant raw materials were of high quality. However, the content of essential oil in the inflorescences of the wild species *M. recutita* does not meet the requirements of the State Pharmacopoeia of Ukraine. By means of research it was established that soil and climatic conditions did not influence the activity of enzymes, lipoperoxidation processes and the content of essential oil. However, plants grown in the conditions of Western Forest-Steppe were characterized by the significantly higher content of ascorbic acid.

Keywords: *Matricaria recutita* L.; growth biostimulants; soil and climatic conditions; enzymes of the antioxidant system; ascorbic acid; essential oil.

Екологічний аспект вирощування рослин *Matricaria recutita* L. у Західній Україні
О. М. Лупак¹, Г. Л. Антоняк²
¹*Дрогобицький державний педагогічний університет імені Івана Франка, м. Дрогобич, Україна*
²*Львівський національний університет імені Івана Франка, м. Львів, Україна*

Анотація. Досліджено вплив ґрунтово-кліматичних умов та біостимуляторів росту на вміст біохімічних показників прооксидантно-антиоксидантних процесів у суцвіттях рослин *M. recutita* сорту “Перлина Лісостепу”. Рослини культивували на дерново-підзолистом ґрунті Передкарпаття та темно-сірому опідзоленому середньосуглинковому ґрунті Західного Лісостепу України за впливу біостимуляторів росту “Вермимаг”, “Вермійодіс” та “Вермістим”. Спектрофотометрично визначено вміст ензимів та низькомолекулярних метаболітів у клітинах суцвітть. Супероксиддисмутази визначали за здатністю ензиму інгібувати фотохімічне відновлення нітросинього тетразолію. Активність пероксидази аналізували за окисненням аміноантипірину, а каталази – за здатністю гідроген пероксиду утворювати з амоній молібдатом стійку кольорову сполуку. Вміст аскорбінової кислоти визначали за методикою Муррі з реактивом Тільманса. Аналіз ТБК-активних продуктів проводили за визначенням

умісту малонового діальдегіду при взаємодії МДА з 2-тіобарбітуровою кислотою. Методом перегонки з водяною парою встановлено вміст ефірної олії в суцвіттях *M. recutita*. Виявлено зростання ($p < 0,05$) активності ензимів антиоксидантної системи в суцвіттях рослин *M. recutita*, культивованих за внесення біостимуляторів “Вермимаг” (на 14,9–22,9%) та “Вермийодіс” (на 16,1–23,4%) порівняно з контролем. “Вермистим” не мав значного впливу на активність ензимів. Суцвіття рослин усіх дослідних варіантів характеризувалися достовірно вищим вмістом аскорбінової кислоти порівняно з рослинами, вирощеними в контролі. Застосування біостимуляторів сприяло пригніченню процесів ліпопероксидації у клітинах рослин. Зроблено порівняльний аналіз біохімічних показників суцвітть *M. recutita* культурного виду з дикорослим видом. У суцвіттях дикорослих рослин *M. recutita* виявлено вищий вміст каталази відносно рослин культурного виду. Результати дослідження вмісту ефірної олії у суцвіттях рослин *M. recutita* сорту “Перлина Лісостепу” засвідчили, що лікарська рослинна сировина має високу якість. Проте вміст ефірної олії у суцвітті дикорослого виду *M. recutita* не відповідає вимогам Державної Фармакопеї України. Як з’ясувалося, ґрунтово-кліматичні умови не впливали на активність ензимів, процеси ліпопероксидації та вміст ефірної олії. Однак рослини, вирощені в умовах Західного Лісостепу, характеризувалися достовірно більш високим вмістом аскорбінової кислоти.

Ключові слова: *Matricaria recutita* L.; біостимулятори росту; ґрунтово-кліматичні умови; ензими антиоксидантної системи; аскорбінова кислота; ефірна олія.

Вступ

Matricaria recutita L. – важлива лікарська рослина, яку завдяки значному вмісту біологічно активних речовин вирощують у багатьох країнах. За посівними площами вона займає першість в Європі серед інших лікарських рослин. Про цілющі властивості рослини відомо здавна, коли вона ще використовувалася для лікування в Стародавньому Єгипті, Греції та Римі (Soubrga et al., 2018). Понад 120 хімічних сполук синтезуються рослиною як вторинні метаболіти, що обумовлюють певний терапевтичний ефект (Singh, Khanam, Mirsa, & Srivastava, 2011; Aksoy & Sözbilir, 2012). Однак найбільшу цінність суцвітть *M. recutita* має ефірна олія, що містить такі біологічно активні речовини, як хамазулен (7–14%), бісаболол (50%), бісаболол та ін. (Порова, Litvinenko, & Kutsanyan, 2016), а також значну кількість флавоноїдів (Miguel et al., 2015). Біологічно активні речовини рослини виявляють найрізноманітніші лікувальні властивості; здебільшого рослину застосовують у медицині завдяки антиоксидантній, антимікробній та протизапальній дії (Miraj & Alesaeidi, 2016; Bigagli, Cinci, D’Ambrosio, & Luceri, 2017; Gomes et al., 2018).

У багатьох країнах *M. recutita* зростає досить поширеним дикорослим видом, який не характеризується таким терапевтичним ефектом, як суцвіття виду справжньої ромашки (Guzelmeric, Ristivojevic, Vovk, Milojkovic-Orsenica, & Yesilada, 2017). Тому потрібно обачливо відноситися до збирання суцвітть при заготівлі рослини *M. recutita* про запас. У Західній Україні *M. recutita* зростає у вигляді поодиноких угруповань зрідка, є недостатньою базою цієї лікарської рослинної сировини (ЛРС) (Lupak, Klerpach, & Antonyak, 2016).

Оскільки фармацевтичні підприємства повинні використовувати лише сертифіковану ЛРС відповідно до міжнародних вимог стосовно виробництва лікарських засобів, до складу яких входить ЛРС, а також особливостей культивування та збирання лікарських рослин (GMP, GACP), то актуальним є питання підвищення її якості (Kutsenko, 2016).

Продуктивність рослин, синтез біологічно активних речовин залежать від багатьох процесів, що відбуваються в рослинах, однак провідна роль віддається системі прооксиданти–антиоксиданти.

На якість ЛРС головним чином впливає сорт рослини та екологічні чинники культивування, зокрема ґрунтово-кліматичні умови, застосування біологічних препаратів, мінеральних добрив тощо.

Відомо, що важливу роль у вирощуванні рослин відіграють регулятори росту. Вони діють на ріст, цвітіння рослин, підвищують урожайність (Singh, Bhople, Kullarkar, Bhople & Jumale, 2018), а також сприяють перерозподілу органічних речовин з максимальним накопиченням їх у плодах. Під час культивування лікарських рослин важливо мінімізувати застосування синтетичних препаратів, натомість використовувати біопрепарати. До таких біостимуляторів росту належать “Вермистим”,

“Вермимаг” та “Вермийодіс”. Попередніми дослідженнями з’ясовано позитивний вплив цих біостимуляторів на продуктивність рослин *Calendula officinalis* L. (Lupak, Antonyak, & Shpek, 2016). “Вермистим” містить у своєму складі всі компоненти вермикомпосту, зокрема фульво- та амінокислоти, гумати, вітаміни, фітогормони, мікро-, макро- та мезоелементи, зокрема нітроген, калій, фосфор, кальцій, бор, молібден, купрум, цинк, ферум, селен, літій, бром, а також спори ґрунтових організмів. “Вермимаг” та “Вермийодіс” виготовлені на основі препарату “Вермистим”, однак “Вермимаг” містить мезоелементи природного походження – магній (до 4%) та сульфур, а особливістю біостимулятора “Вермийодіс” є вміст біологічно активного йоду (Melnyk, 2008; Borisyuk & Melnyk, 2013).

Мета роботи – дослідити вміст деяких біохімічних показників у суцвіттях рослин *M. recutita*, вирощених за різних ґрунтово-кліматичних умов та дії біостимуляторів росту, а також у суцвіттях рослин *M. recutita* дикорослого виду.

Матеріал та методи

Дослідження проводили протягом 2015–2017 рр. із рослинами дикорослого та культурного видів *M. recutita* сорту “Перлина Лісостепу”, що внесені до Реєстру сортів, призначених до поширення в Україні (автори О. М. Перепелова, Т. М. Гончаренко) (Kutsenko, 2016). Досліди закладали на дерново-підзолістому середньосуглинковому ґрунті Передкарпаття (навчально-дослідна ділянка Дрогобицького державного педагогічного університету імені І. Франка) та темно-сірому опідзоленому середньосуглинковому ґрунті Західного Лісостепу (дослідне поле навчально-науково-дослідного центру Львівського національного аграрного університету) з внесенням біостимуляторів росту “Вермимаг”, “Вермийодіс” та “Вермистим”.

Біостимулятори вносили з розрахунку 5 л/га у фенологічні фази сходів та бутонізації рослин. Як контроль використовували дослідні ділянки, у ґрунт яких під час культивування рослин біостимулятори не вносили. Облікова площа ділянки – 10 м².

Матеріалом для дослідження слугували свіжі та висушені до повітряно-сухого стану суцвіття рослин дикорослого й культурного видів *M. recutita*, зібрані під час активного цвітіння. *M. recutita* сорту “Перлина Лісостепу” збирали з дослідних ділянок згідно зі схемою дослідів, а суцвіття рослин дикорослого виду – з екологічно-чистої ділянки на території Дрогобищини.

Активність супероксиддисмутази (СОД, КФ 1.15.1.11) вимірювали за здатністю ферменту інгібувати фотохімічне відновлення нітросинього тетразолію (НТС). Інкубаційна суміш складалася із 0,15 М Na-фосфатного буфера (pH 7,8), 1·10⁻⁶ М EDTA, 0,4·10⁻³ М НТС, 1,8·10⁻⁶ М феназинметасульфату, 0,1·10⁻⁶ М NADH. Інкубацію проводили 10 хв у темряві при температурі 20 °С. Екстинцію вимірювали на СФ-2000 при 540 нм. За одиницю активності СОД приймали кількість ензиму, який здатен пригнічувати реакцію фотовідновлення НТС на 50% за 1 хв (Chevari, Chaba, & Sekey, 1985).

Активність каталази (КФ 1.11.1.6) вимірювали спектрофотометрично (СФ-2000, ОКБ “Спектр”, РФ), враховуючи здатність гідроген пероксиду утворювати з амоній молібдатом стійку кольорову сполуку. Рослинний матеріал гомогенізували з екстракційним буфером, що містив 0,1 М фосфатний буфер, рН 6,8, 20% гліцерин, 30 мМ дитіотреїтол, 0,1% полівінілполіпірролідон (Doliba, Volkov, & Panchuk, 2010). Отриманий гомогенат охолоджували до +4 °С, а потім центрифугували протягом 15 хв при 10000 g. Супернатант використовували для визначення вмісту каталази, інших ензимів, а також білка. Активність каталази виражали в мкмольх H_2O_2 /хв на 1 мг білка. Білок визначали за методикою Бредфорда (Bredford, 1976).

Активність пероксидази визначали за кількістю утвореного кольорового продукту пероксидазного окиснення аміноантипірину при 525 нм.

Визначення вмісту аскорбінової кислоти (АК) проводили за методикою Муррі, яка базується на використанні реактиву Тільманса (2,6-дихлорфеноліндофенол), водний розчин якого під впливом АК знебарвлювався (Musiienko, Parshukova, & Slavnyi, 2001). Рослинний матеріал розтирали у фарфоровій чашці за присутності 2%-вої метафосфорної кислоти, потім гомогенат центрифугували. У дослідні проби вносили 3 мл супернатанту й 0,3 мл 0,025%-вого розчину 2,6-дихлорфеноліндофенолу, через 35 с фотометрували при 530 нм у кюветі з робочою довжиною 1 см проти 2%-вої кислоти. Контролем була проба, що містила 3 мл 2%-вої кислоти та 0,3 мл розчину реактиву Тільманса. Зміна забарвлення дослідного розчину була пропорційна кількості аскорбінової кислоти. Для обчислення кількості АК будували калібрувальний графік.

Вміст ТБК-активних продуктів за утворенням малонового діальдегіду (МДА) визначали за методикою, що базується на утворенні забарвленого продукту в результаті взаємодії МДА з 2-тіобарбітуровою кислотою (ТБК) (Musiienko et al., 2001). 0,5 г рослинного матеріалу гомогенізували із 3 мл води, до гомогенату додавали такий самий об’єм 20%-вої трихлороцтової кислоти (ТХО) й знову гомогенізували. Після цього у 2 проби відбирали по 2 мл. До однієї з них (контрольної) вносили 2 мл 20%-вої ТХО. До другої (дослідна) проби вносили 2 мл 0,5%-вої ТБК. Проби інкубували 30 хв у киплячій водяній бані, охолоджували та центрифугували 10 хв при 1000 g. Визначали оптичну густину при $\lambda = 532$ нм.

Кількісне визначення ефірної олії *M. recutita* проводили відповідно до фармакопейної методики (національні вимоги ДФУ), що описана в монографії “Ромашки квітки”, методом перегонки з водяною парою (*Matricariae flowers*, 2014). Як розчинник для поглинання ефірної олії використовували 0,5 мл ксилолу, який додавали до градуйованої трубки. Тривалість перегонки становила 4 год зі швидкістю 3–4 мл/хв. Об’єм ефірної олії вимірювали в градуйованій трубці з врахуванням об’єму ксилолу.

Статистичний аналіз експериментальних даних. Досліди проводили в трьох біологічних та дев’яти аналітичних повторях. Для кожної вибірки показників визначали середнє арифметичне та квадратичне значення (М), стандартну похибку середнього (m), коефіцієнт Стьюдента та достовірність. Статистичну обробку даних виконували за допомогою програми Microsoft Statistica 6.0, розбіжності між вибірками вважали значущими при $p \leq 0,05$.

Результати

Ріст, розвиток та продуктивність рослин регулюються біохімічними процесами, що відбуваються в рослині та залежать від багатьох екологічних факторів. У разі несприятливих умов рослини здатні до індукції ензимів антиоксидантного захисту, які дають змогу клітині уникнути токсичної дії вільних радикалів (Terek, 2018).

Якість ЛРС, у першу чергу, залежить від кількісного вмісту фармакологічно активних (діючих) речовин. Це здебільшого вторинні метаболіти, на синтез яких впливають метаболічні процеси та прооксидантно-антиоксидантної системи рослини. Тому проаналізовано вміст ензимів антиоксидантного захисту (супероксиддисмутази, каталази, пероксидази) та низькомолекулярних метаболітів (аскорбінової кислоти та продуктів пероксидного окиснення ліпідів) у суцвіттях рослин *M. recutita*.

Дослідження активності супероксиддисмутази (СОД) показало, що в суцвіттях рослин *M. recutita* сорту “Перлина Лісостепу”, культивованих в умовах Передкарпаття, вона становила $4,81 \pm 0,20$ – $5,73 \pm 0,28$ од/хв·мг білка (рис. 1). З’ясовано вплив біостимуляторів росту рослин на активність СОД на 7 добу після їх внесення. Суцвіття рослин, вирощених за внесення препарату “Вермимаг” характеризувалися достовірно вищою активністю СОД ($p < 0,05$) – на 19,2% відносно контролю. Застосування “Вермийодісу” сприяло зростанню ($p < 0,05$) активності ензиму на 18,6% порівняно з рослинами контрольного варіанта. Достовірної різниці між цими варіантами досліду не виявлено. Встановлено, що “Вермистим” не впливав на активність ензиму.

Активність СОД у суцвіттях рослин культурного виду *M. recutita*, вирощених в умовах Західного Лісостепу, становила $4,92 \pm 0,23$ – $5,97 \pm 0,28$ од/хв·мг білка (рис. 1). Результати досліджень засвідчили, що внесення біостимуляторів росту “Вермимаг” та “Вермийодіс” сприяло зростанню активності ензиму в суцвіттях рослин на 20% ($p < 0,05$) та 21,3% ($p < 0,01$) відповідно порівняно з контролем, проте застосування “Вермистиму” достовірно не вплинуло на вміст СОД.

Порівняльний аналіз активності ензиму в рослин, вирощених за різних ґрунтово-кліматичних умов – на дерново-підзолисто-му середньосуглинковому ґрунті Передкарпаття та темно-сірому опідзоленому середньосуглинковому ґрунті Західного Лісостепу, показав, що істотної різниці між активністю СОД у досліджуваних зразках немає.

Визначено, що в суцвітть рослин дикорослого виду *M. recutita* активність СОД становила $5,58 \pm 0,28$ од/хв·мг білка, що на 16% вище ($p < 0,05$), ніж у рослин контрольного варіанта, вирощених в умовах Передкарпаття (рис. 1), однак не відрізнялася від показників дослідних варіантів.

Ураховуючи, що в результаті роботи СОД генерується гідроген пероксид, нейтралізація якого забезпечується каталазою і пероксидазою, визначено їх активність у суцвіттях досліджуваних рослин *M. recutita*. З’ясовано, що суцвіття рослин культурного виду *M. recutita*, вирощених за дії біостимулятора росту “Вермимаг” в умовах Передкарпаття та Західного Лісостепу, характеризуються вищою ($p < 0,05$) пероксидазною активністю на 14,9 та 16,1%, відповідно, порівняно з контролем (рис. 2). Інші стимулятори, а також ґрунтово-кліматичні умови не мали значного впливу на активність ензиму.

Суцвіття рослин дикорослого виду характеризувалися достовірно нижчими ($p < 0,01$) показниками активності перокси-

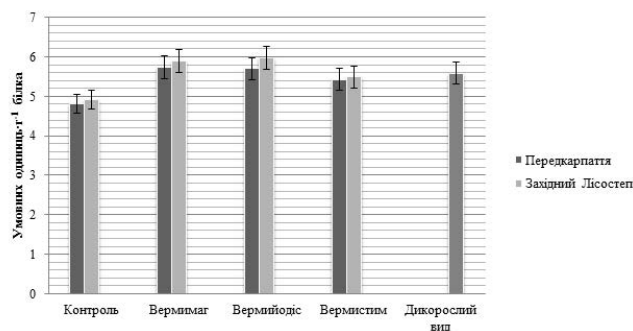


Рис. 1. Активність супероксиддисмутази в суцвіттях рослин *M. recutita* (M±m)

дази порівняно з рослинами культурного виду, вирощеними в контролі, на 19,1%.

Показано, що внесення біостимуляторів росту під час культивування рослин *M. recutita* сприяло зростанню активності каталази щодо показників контролю (рис. 3). За дії біостимулятора “Вермійодіс” активність ензиму була вищою від контролю на 23,4% ($p < 0,05$) у суцвітті рослин, вирощених в умовах Передкарпаття, та на 22,9% ($p < 0,01$) – Західного Лісостепу. За впливу “Вермимагу” активність пероксидази зростала на 17,9% ($p < 0,05$) та 16,8% ($p < 0,05$), відповідно, порівняно з контролем, вплив “Вермистиму” був незначним. Аналіз активності ензиму в суцвіттях рослин дикорослого виду *M. recutita* показав, що вона є вищою, ніж у рослин контрольного варіанта, у 2,6 рази.

У результаті стресу, якого завдають рослині екзогенні фактори, відбувається руйнування клітинних мембран, що спричиняє зміни пероксидного окиснення ліпідів. Важливим показником збалансованості антиоксидантного стану і рівня пероксидного окиснення ліпідів організмів є малоновий діальдегід (МДА) (Baranov, Vashchuk, Karpinets, Beshley, & Sokhanchak, 2018). Тому й визначено його вміст у суцвіттях рослин культурного та дикорослого видів *M. recutita*.

У суцвіттях рослин *M. recutita*, вирощених за дії біостимуляторів росту, виявлено нижчий вміст ($p < 0,01-0,05$) ТБК-активних продуктів за утворенням МДА порівняно з контролем (рис. 4). Внесення препарату “Вермимаг” сприяло зменшенню вмісту ТБК-активних продуктів у середньому на 18,7 та 22,1%

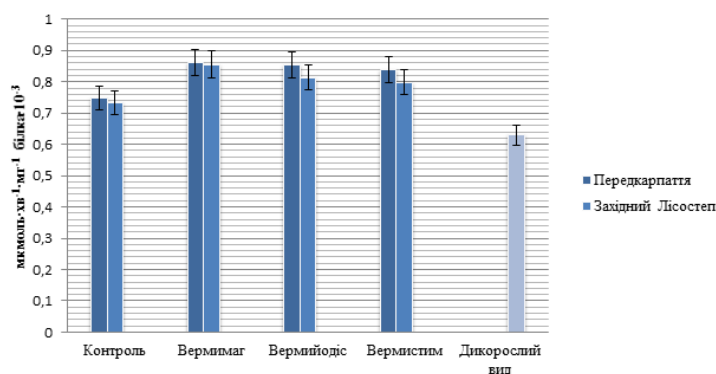


Рис. 2. Пероксидазна активність у суцвіттях рослин *M. recutita* (M±m)

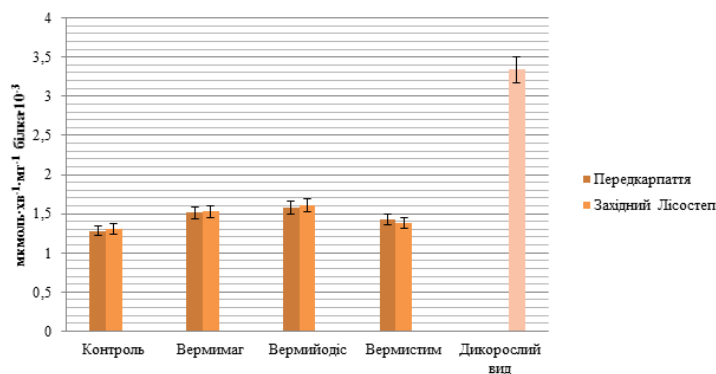


Рис. 3. Активність каталази у суцвіттях рослин *M. recutita* (M±m)

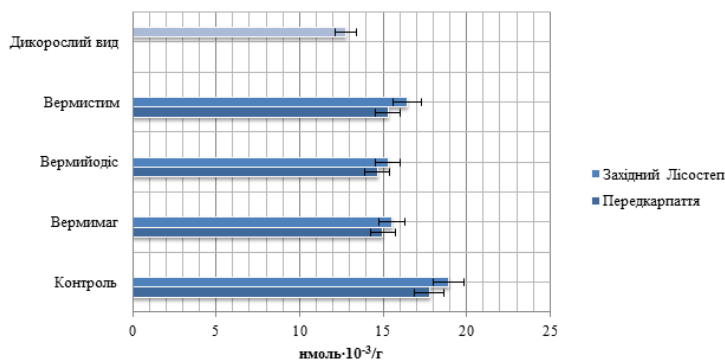


Рис. 4. Вміст ТБК-активних продуктів у суцвіттях рослин *M. recutita* (M±m)

щодо контролю в умовах Передкарпаття та Західного Лісостепу, відповідно, “Вермийодіс” – на 21,2 та 23,7%, “Вермистим” – на 16,3 та 15,0 %, відповідно.

Найнижчий уміст МДА ($p < 0,001$) на 39,3% порівняно з показниками контрольного варіанта зафіксовано в суцвіттях рослин дикорослого виду *M. recutita*.

Одним із показників стану прооксидантно-антиоксидантних процесів є утворення аскорбінової кислоти (АК). Її синтез є важливим для рослин в умовах окисного стресу. АК – це біологічно активна речовина (вітамін С), джерелом якої є лікарські рослини. У суцвіттях рослин *M. recutita* АК не є фармакологічно активною (діючою) речовиною, однак вступає в синергізм із флавоноїдами, доповнюючи дії один одного.

Визначено, що суцвіття рослин *M. recutita*, вирощених за дії біостимуляторів росту, мають більший вміст АК порівняно з контролем ($p < 0,01-0,05$) на 14,7–23,1% (таблиця). Дещо вищими показниками характеризуються рослини, культивовані у варіантах із внесенням біостимуляторів “Вермимаг” – на 18,6–21,9% та “Вермийодіс” – на 19,3–23,1% відносно контролю.

Таблиця. Вміст біологічно активних речовин у суцвіттях рослин *M. recutita* (M±m)

Варіант досліджу	Вміст АК, мкг/г абс. сухої маси суцвітть	Вміст ефірної олії, % абс. сухої маси суцвітть
Західний Лісостеп		
Контроль	1,78±0,07	0,36±0,02
“Вермимаг”	2,17±0,10**	0,39±0,03
“Вермийодіс”	2,12±0,10**	0,39±0,03
“Вермистим”	2,07±0,09*	0,36±0,02
Передкарпаття		
Контроль	1,56±0,06	0,37±0,02
“Вермимаг”	1,85±0,08**	0,40±0,03
“Вермийодіс”	1,92±0,1**	0,38±0,03
“Вермистим”	1,79±0,08*	0,38±0,03
Дикорослий вид	1,70±0,08	0,24±0,02***

Примітка. Вірогідність різниці між контролем та дослідним варіантом: * – $p < 0,05$; ** – $p < 0,01$; *** – $p < 0,001$.

Варто звернути увагу на те, що в рослин контрольного варіанта, вирощених в умовах Західного Лісостепу, зафіксовано на 14,1% вищий ($p < 0,05$) вміст АК порівняно з рослинами, вирощеними в контролі в Передкарпатті.

Аналіз умісту АК у суцвіттях культурного та дикорослого виду рослин *M. recutita* показав, що достовірної різниці між отриманими результатами немає.

Діючою речовиною суцвітть *M. recutita* є ефірна олія, вміст якої відповідно до нормативного документа Державної Фармакопеї України повинен становити не менше 0,3%. З’ясовано, що вміст ефірної олії в суцвіттях рослин *M. recutita* сорту “Перлина Лісостепу” становив 0,36–0,40%, при цьому ані ґрунтово-кліматичні умови, ані внесення біостимуляторів росту не впливали на її кількість (таблиця). Проте в суцвіттях рослин дикорослого виду *M. recutita* зафіксовано низький вміст ефірної олії – 0,24±0,02%.

Обговорення

Супероксиддисмутаза виступає в ролі одного з провідних ензимів антиоксидантної системи, сприяючи захисту клітини від активних форм кисню (Zhang et al., 2015). Унікальність ен-

зиму полягає в тому, що він каталізує реакцію дисмутації супероксидного аніон радикал O_2^- до O_2 та H_2O_2 , сприяючи регуляції внутрішньоклітинної концентрації вільних радикалів кисню (Kolupaev, Karpets, & Yastreb, 2017). Підвищення активності СОД у суцвіттях рослин *M. recutita*, культивованих за внесення “Вермимагу” та “Вермийодісу” сприяло нормалізації окисно-відновних процесів, що відбуваються в клітинах рослин. Вважаємо, що вища активність ензиму в суцвіттях рослин дикорослого виду порівняно з рослинами контрольного варіанта, вирощеними в умовах Передкарпаття, пов’язана з підвищеною потребою рослин у захисті від вільних радикалів. Очевидно, що система прооксиданти–антиоксиданти більш чутлива в дикорослих рослин до таких біотичних чинників, як внутрішньовидова взаємодія, динаміка популяції та міжвидова конкуренція, ніж у культурних видів, у яких ці чинники контролюються технологією вирощування рослин.

Відомо, що пероксидаза виступає в ролі регулятора процесів диференціації клітин, забезпечує регуляцію гормонального фону рослинного організму, сприяє стресостійкості рослин. Надмірно висока активність ензиму свідчить про наявність стресу, проте під час низької активності пероксидази спостерігається сповільнення фізіологічних процесів у рослинах (Likhanov & Yuhnovska, 2013). Дані наших досліджень узгоджуються з результатами, отриманими іншими науковцями (Makogonenko, Baranov, & Terek, 2018), які встановили підвищення активності пероксидази в проростках соняшнику за внесення регуляторів росту “Реоплант” та “Стимпо” порівняно з контролем, що забезпечувало збільшення переносу кисню з певних субстратів на перексид водню.

У разі нормальних фізіологічних умов каталаза забезпечує регуляцію вмісту перексиду водню в організмі, при цьому запобігаючи його токсичній дії, а також відіграє важливу роль у процесі старіння рослин. У рослинних клітинах даний ензим локалізований в пероксисомах і цитозолі (Doliba et al., 2010; Nasrabadi, 2008). Проведені дослідження активності антиоксидантних ензимів рослин пшениці полби звичайної за дії регулятора росту “Вуксал БІО Віта” засвідчили зростання активності каталази на 19,4% відносно контролю (Karpenko & Pavlyshyn, 2018). На думку авторів, активізація ензиматичної активності в результаті впливу стимуляторів росту може бути зумовлена прискоренням метаболічних процесів у клітинах рослин. Отримані власні результати щодо активності ензиму в суцвіттях рослин *M. recutita* можуть підтверджувати достатню збалансованість окисно-відновних процесів у досліджуваних рослин.

Численні дослідження показують, що внесення регуляторів росту позитивно впливає на прооксидантно-антиоксидантні процеси в клітинах рослин. Зокрема є дані, що свідчать про зменшення ПОЛ у хвої рослин *Pinus sylvestris* L. за дії регуляторів росту (Baranov et al., 2018), у листках рослин ріпаку з внесенням регуляторів росту “Реоплант” та “Стимпо” (Makogonenko, Baranov, & Terek, 2019), у листках рослин вівса голозерного в результаті застосування біологічного препарату “Альбіт” (Karpenko & Prosyankin, 2015). Попередніми дослідженнями встановлено зменшення кількості ТБК-активних продуктів у суцвіттях рослин *Calendula officinalis* L., культивованих за внесення біостимуляторів “Вермимаг”, “Вермийодіс” та “Вермистим” (Lupak, 2019). З ними узгоджуються отримані результати щодо впливу біостимуляторів росту на редокс-стан клітин суцвітть *M. recutita*.

АК завдяки здатності до відновлення вільних радикалів та мінімізації порушення окисного стресу є важливим низькомолекулярним антиоксидантом, що визначає стійкість рослин (Bilchuk & Rossihina-Galicha, 2012; Horemans, Foyer, & Potters, 2000; Kolupaev et al., 2017). Показано, що суцвіття рослин *M. recutita*, вирощених за внесення біостимуляторів росту, мають вищий вміст АК порівняно з контролем, що сприяє кращому захисту рослин, про що також може свідчити відсутність до-

стовірної різниці порівняно із її вмістом у рослин дикорослого виду. Вважаємо, що вищий вміст АК у рослин, культивованих в умовах Західного Лісостепу, порівняно з вирощеними в Передкарпатті пов'язано з хімічним складом ґрунту, зокрема вмістом фосфору, що сприяє синтезу АК (Lupak et al., 2016).

З'ясовано, що суцвіття рослин культурного виду *M. recutita* за вмістом ефірної олії відповідають вимогам та є сировиною високої якості. Встановлено, що умови культивування не впливали на кількість ефірної олії.

Сировина дикорослого виду *M. recutita* не відповідала вимогам. На нашу думку, це може бути пов'язано з генетичними особливостями цих рослин та прооксидантно-антиоксидантними процесами, що відбувалися у їхніх клітинах: активність пероксидази була нижчою, а каталази значно вищою порівняно з рослинами культурного виду. Таким чином, механізм метаболічних процесів рослин був спрямований більшою мірою на знешкодження вільних радикалів.

Висновки

З'ясовано вплив ґрунтово-кліматичних умов та біостимуляторів росту “Вермимаг”, “Вермийодіс” і “Вермистим” на вміст біохімічних показників прооксидантно-антиоксидантних процесів у суцвіттях рослин *M. recutita* сорту “Перлина Лісостепу”, культивованих у Західній Україні. У результаті впливу біостимуляторів зростала активність ензимів антиоксидантної системи, зокрема супероксиддисмутази, каталази та пероксидази, підвищувався вміст аскорбінової кислоти та знижувався вміст ТБК-активних продуктів, що сприятливо впливало на редокс-стан клітин рослин. Найбільший вплив обумовили препарати “Вермимаг” та “Вермийодіс”. Вперше виявлено підвищення вмісту аскорбінової кислоти у рослин *M. recutita* сорту “Перлина Лісостепу”, культивованих в умовах Західного Лісостепу порівняно із рослинами, вирощеними у Передкарпатті. Уперше, за результатами аналізу вмісту ефірної олії, у суцвіттях культивованих рослин показано, що ЛРС *M. recutita* сорту “Перлина Лісостепу”, вирощена високої якості в умовах Західного Лісостепу та Передкарпаття. Вміст ефірної олії у суцвіттях рослин дикорослого виду *M. recutita* не відповідав вимогам Державної Фармакопеї України, що очевидно пов'язано з генетичними особливостями рослин та редокс-станом клітин.

У перспективі плануються дослідження щодо впливу різних екологічних факторів на якісний і кількісний склад ефірної олії та флавоноїдів у суцвіттях рослин *M. recutita*, культивованих в умовах Західної України.

References

- Aksoy, L., & Sözbilir, N. B. (2012). Effects of *Matricaria chamomilla* L. on lipid peroxidation, antioxidant enzyme systems, and key liver enzymes in CCl₄-treated rats. *Toxicological & Environmental Chemistry*, 94(9), 1780–1788. doi: [10.1080/02772248.2012.729837](https://doi.org/10.1080/02772248.2012.729837)
- Baranov, V., Vashchuk, S., Karpinet, L., Beshley, S., & Sokhanchak, R. (2018). The influence of plants growth regulators on physiologically-biochemical indicators of *Betula pendula* Roth. and *Pinus sylvestris* L. plants on the rock dumps of coal mines. *Visnyk of the Lviv University. Series Biology*, 79, 176–183 (in Ukrainian).
- Bigagli, E., Cinci, L., D'Ambrosio, M., & Luceri, C. (2017). Pharmacological activities of an eye drop containing *Matricaria chamomilla* and *Euphrasia officinalis* extracts in UVB-induced oxidative stress and inflammation of human corneal cells. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, 173, 618–625. doi: [10.1016/j.jphotobiol.2017.06.031](https://doi.org/10.1016/j.jphotobiol.2017.06.031)
- Bilchuk, V., & Rossihina-Galicha, A. (2012). The content of ascorbic acid and activity of enzymes of its metabolism at action of nickel ions in maize seedlings. *Visnyk of the Lviv University. Series Biology*, 60, 332–337. (In Ukrainian).
- Borisyuk, P., & Melnyk, I. (2013). New organic preparations for sugar beet cultivation. *Sugar beet*, 5, 21–22 (In Ukrainian).
- Bredford, W. (1976). A simple method for protein test. *Annal. Biochem*, 72, 248–252.
- Chevari, S., Chaba, I., & Sekey, Y. (1985). The role of superoxid-dismutase in oxidative processes and the method of its determination in biological materials. *Laboratory work*, 11, 678–681 (in Russian).
- Doliba, I. M., Volkov, R. A., & Panchuk, I. I. (2010). Method of catalase activity determination in plants. *Physiology and biochemistry of cultivated plants*, 42(6), 497–503 (in Ukrainian).
- Gomes, V. T. S., Gomes, R. N. S., Gomes, M. S., Joaquim, W. M., Lago, E. C., & Nicolau, R. A. (2018). Effects of *Matricaria recutita* (L.) in the Treatment of Oral Mucositis. *Hindawi The Scientific World Journal*, 1–8. doi: [10.1155/2018/4392184](https://doi.org/10.1155/2018/4392184)
- Guzelmeric, E., Ristivojevic, P., Vovk, I., Milojkovic-Opsenica, D., & Yesilada, E. (2017). Quality assessment of marketed chamomile tea products by a validated HPTLC method combined with multivariate analysis. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 132, 35–45. doi: [10.1016/j.jpba.2016.09.030](https://doi.org/10.1016/j.jpba.2016.09.030)
- Horemans, N., Foyer, C. H., & Potters, G. (2000). Ascorbate function and associated transport systems in plants. *Plant Physiol. Biochem*, 38, 531–540.
- Karpenko, V. P., & Prosyankin, D. I. (2015). Lipid peroxidation and antioxidant processes in plants of naked oat applying bioactive substances. *Bulletin of Uman National University of Horticulture*, 1, 47–51 (in Ukrainian).
- Karpenko, V., & Pavlyshyn, S. (2018). Activity of antioxidant enzymes in plants of amelcorn under the influence of Prima Forte 195 herbicide and Wuxal BIO Vita plant growth regulator. *Ukrainian Black Sea region agrarian science*, 3, 61–65 (in Ukrainian). doi: [10.31521/2313-092X/2018-3\(99\)10](https://doi.org/10.31521/2313-092X/2018-3(99)10)
- Kolupaev, Y. E., Karpets, Y. V., & Yastreba, T. O. (2017). Functioning of plants antioxidative system under salt stress. *The Bulletin of Kharkiv National Agrarian University. Series Biology*, 3(42), 23–45 (in Russian).
- Kutsenko, N. I. (2016). Prospects for the selective investigations of medicinal and essential oil plants in Ukraine. *Agroecological journal*, 2, 85–92 (in Ukrainian).
- Likhanov, A. F., & Yuhnovska, V. P. (2013). An effect of exogenous biostimulants on acclimation container seedings *Magnolia liliflora* Desr. *Scientific Bulletin of UNFU*, 23(4), 44–51 (in Ukrainian).
- Lupak, O. (2019). Biochemical indices of prooxidant-antioxidant processes in *Calendula officinalis* L., grown under the influence of growth biostimulants. *Scientific Journal of Polonia University*, 34(3), 113–119. doi: [10.23856/3414](https://doi.org/10.23856/3414)
- Lupak, O., Antonyak, H., & Shpek, M. (2016). Formation of *Calendula officinalis* L. productivity depending on applying growth stimulants and soil and climatic conditions of cultivation. *Journal of Lviv National Agrarian University: Agronomy*, 20, 60–64 (in Ukrainian).
- Lupak, O., Klepach, H., & Antonyak, H. (2016). Biologically-active properties in natural and cultural forms *Matricaria recutita*. Human health: realities and prospects. Monographic series. Vol. 1. “Promoting healthy lifestyle”. Posvit, Drohobych (in Ukrainian).
- Makogonenko, S. Y., Baranov, V. I., & Terek, O. I. (2018). The influence of the Regoplant and Stimpo on the activity of antioxidant protection enzymes in the *Helianthus annuus* L. and *Brassica napus* L. growth on the substations of the wet recovery of coal mine. *Studia Biologica*, 12(1), 47–54 (in Ukrainian). doi: [10.30970/sbi.1201.539](https://doi.org/10.30970/sbi.1201.539)
- Makogonenko, S. Y., Baranov, V. I., & Terek, O. I. (2019). Influence of Regoplant and Stimpo on content of free amino acids and intensity of lipid peroxidation in *Brassica napus* L. at cultivation on technozem. *The Bulletin of Kharkiv National Agrarian University. Series Biology*, 1(46), 47–53 (in Ukrainian). doi: [10.35550/vbio2019.01.047](https://doi.org/10.35550/vbio2019.01.047)

- Matricariae flowers. (2014). The State Pharmacopoeia of Ukraine. Ukrainian Scientific Pharmacopoeial Center for Quality of Medicines. The 2-nd edition. Ukrainian Scientific Pharmacopoeial Center for Quality of Medicines, Kharkiv, 3, 447–448 (in Ukrainian).
- Melnyk, I. P. (2008). Recommendations for the use of new generation biostimulants in agricultural production. Ivano-Frankivsk (in Ukrainian).
- Miguel, F. G., Cavalheiro, A. H., Spinola, N. F., Ribeiro, D. L., Barcelos, G. R., Antunes, L. M., Hori, J. I. ... Berretta, A. A. (2015). Validation of a RP- HPLC-DAD Method for Chamomile (*Matricaria recutita*) Preparations and Assessment of the Marker, Apigenin-7-glucoside, Safety and Anti-Inflammatory Effect. *Evid Based Complement Alternat Med.*, 9. doi: [10.1155/2015/828437](https://doi.org/10.1155/2015/828437)
- Miraj, S., & Alesaeidi, S. (2016). A systematic review study of therapeutic effects of *Matricaria recutita* chamomile (chamomile). *Electronic Physician*, 8(9), 3024–3031. doi: [10.19082/3024](https://doi.org/10.19082/3024)
- Musiienko, M. M., Parshykova, T. V., & Slavnyi, P. S. (2001). Spectrophotometric methods in physiological, biochemical and plant ecology practice. *Phytosocial center, Kyiv*, 97–99; 127–129 (in Ukrainian).
- Nasrabadi, H. (2008). Some biochemical properties of catalase from Kohlrabi. *Journal of Biological Sciences*, 8 (3), 649–653. doi: [10.3923/jbs.2008.649.653](https://doi.org/10.3923/jbs.2008.649.653)
- Popova, N. V., Litvinenko, V. I., & Kutsanyan, A. S. (2016). Medicines of the world flora: encyclopedic reference book. *Disaplius, Kharkiv*, 365–366 (in Russian).
- Singh, O., Khanam, Z., Mirsa, N., & Srivastava, M. K. (2011). Chamomile (*Matricaria chamomilla* L.): An overview. *Pharmacognosy Reviews*, 5(9), 82–95. doi: [10.4103/0973-7847.79103](https://doi.org/10.4103/0973-7847.79103)
- Singh, S. K., Bhople, A. A., Kullarkar, P. P., Bhople, N., & Jumale, A. (2018). Plant growth regulators and strawberry production. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences.*, 7(8), 2413–2419. doi: [10.20546/ijcmas.2018.708.243](https://doi.org/10.20546/ijcmas.2018.708.243)
- Soubra, N., Yazbek, M. M., Noun, J., Talhouk, R., Tanios, S., & Karam, N. (2018). Evaluation of diversity and conservation status of *Matricaria chamomilla* (L.) and *Matricaria aurea* (Loefl.) Sch. Bip. in Lebanon. *J Biodivers Endanger Species*, 6(206). doi: [10.4172/2332-2543.1000206](https://doi.org/10.4172/2332-2543.1000206)
- Terek, O. I. (2018). Mechanisms of plant adaptation to oil pollution. *Studia Biologica*, 12(3–4), 141–164 (in Ukrainian). doi: [10.30970/sbi.1203.579](https://doi.org/10.30970/sbi.1203.579)
- Zhang, Y., Li, Z., Peng, Y., Wang, X., Peng, D., Li, Y., ... Yan, Y. (2015). Clones of FeSOD, MDHAR, DHAR Genes from White Clover and Gene Expression Analysis of ROS-Scavenging Enzymes during Abiotic Stress and Hormone Treatments. *Molecules*, 20, 20939–20954. doi: [10.3390/molecules201119741](https://doi.org/10.3390/molecules201119741)