

6. Пидотти О.А. Определитель семян декоративных растений. – М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1952. – 116 с.
7. Флора СССР. Т. 4. – Л.: Изд-во АН СССР, 1935. – 760 с.
8. Dictionary of gardening / Eds. A. Huxley, M. Griffiths, M. Levy. – London, 1999. – Vol. 1. – 815 p.
9. The Plant List (2013). Version 1.1. Published on the Internet; <http://www.theplantlist.org/>
10. Черепанов С.К. Сосудистые растения России и сопредельных государств. – Санкт-Петербург: Мир и семья, 1995. – 990 с.
11. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. – М.: Колос, 1973. – 336 с.
12. Международные правила определения качества семян. / Под ред. И.П. Леурды. – М.: Колос, 1969. – 182 с.

УДК 582. 711. 711: 543. 544. 5. 068. 7

ДОСЛІДЖЕННЯ ФЕНОЛЬНИХ СПОЛУК ТА ІНШИХ МЕТАБОЛІТІВ У ЛИСТКАХ *SPIRAEA MEDIA* FRANZ SCHMIDT

Белемець Н.М. – здобувач, Ботанічний сад ім. акад. О.В. Фоміна
Київського національного університету імені Тараса Шевченка
Грахов В.П. – к.б.н., с.н.с., Національний ботанічний сад і
м. М.М. Гришка НАН України
Бонюк З.Г. – к.б.н., с.н.с., Ботанічний сад ім. акад. О.В. Фоміна
Київського національного університету імені Тараса Шевченка
Федорончук М.М. – д.б.н., Інститут ботаніки
імені М.Г. Холодного НАН України

Постановка проблеми. Види роду *Spiraea* – красивоквітучі кущі, які широко використовуються у світовій практиці для озеленення. Ці рослини декоративні, стійкі в умовах забруднення екотопів важкими металами [3], мають фітонцидні властивості. Види *Spiraea* можна віднести до перспективних ресурсних рослин, оскільки вони є джерелом флавоноїдів та інших біологічно активних речовин [11]. У традиційній народній медицині східних країн, зокрема в Кореї, Пакистані, молоді листки, плоди і коріння місцевих видів *Spiraea* використовують як детоксикуючі, сечогінні та знеболюючі засоби [9]. Натепер біохімічні дослідження представників цього роду набули успішного розвитку в багатьох країнах світу, що підтверджується значною кількістю публікацій, що з'явилися в останні роки. За результатами таких досліджень відмічено антиоксидантну активність (АОА) компонентів насіння, листків та суцвіть. Отримані екстракти виявили протимікробну, фітонцидну активність [6-9]. Результати закордонних досліджень спонукали нас провести біохімічні дослідження видів роду *Spiraea* природної флори України, оскільки фармакологічні дані стосовно цих видів є нечисленними і наразі залишаються актуальними. Нами були здійснені біохімічні дослідження ендемічного виду флори України *S. litwinowii* Dobrosz. Встановлено, що *S. litwinowii* є продуцентом біологічно активних фенольних сполук (оксикоричних кислот і флавоноїдів) [1].

Стан вивчення проблеми. В літературі наводяться деякі дані про біохімічний склад та корисні властивості *S. media*. В тибетській медицині кору і листки використовують при лікуванні шлунка, ревматизмі, гінекологічних захворювань; з листків і квіток виготовляють настоянки, які застосовують при порушенні обміну речовин, ниркових та жовчнокам'яних хворобах.

Spiraea media Franz Schmidt – таволга середня, описана російським геологом, палеонтологом і ботаніком Ф. Шмідтом у 1792 р. під час його експедиції по Амурській області. Цей вид має широкий ареал: Середня Європа, Північна Монголія, Японія, Китай, Маньчжурія, Північна Корея, Західний і Східний Сибір, Далекий Схід Росії, Середня Азія. В Україні ареал *S. media* охоплює Правобережний Лісостеп, південно-західні області (Вінницьку, Тернопільську, Хмельницьку) і Карпати (спорадично). Це невисокий (1-2 м висотою) кущ, в рідколіссі, приурочений до скелястих виходів, чагарників, узлісь та світлих лісів. Сучасні зразки *S. media* у Ботанічному саду ім. акад. О.В. Фоміна з природних місцезростань: з Іркутської обл., Якутії, Кременецьких гір Тернопільської обл., із с. Сінгури Житомирської обл., де популяція *S. media* приурочена до освітленого схилу скелі Крашевського і правого скелястого берега р. Гнилоп'ять, координати GPS: 50°11,068 північної широти, 28°32,693 східної довготи [2]. В умовах інтродукції *S. media* – це кущ від 1,6-2,0 (2,5) м заввишки з пряморослими міцними пагонами. У березні-квітні, раніше за інші види *Spiraea*, розпускає листки. Цвіте щорічно в середині травня, плодоносить в кінці липня-серпні. Зимостійкий, посухостійкий. Метою нашого дослідження було отримання екстрагованих вторинних метаболітів фізіологічно сформованих листків *S. media* у фазі плодоношення.

Завдання і методика досліджень. Об'єктом дослідження слугували зразки рослин *S. media* з Житомирської області. Біохімічні дослідження проводили у Центрі колективного користування приладами «ВЕРХ» Національного ботанічного саду ім. М.М. Гришка НАН України у липні-серпні 2013 р. Подрібнені свіжозібрані листки в той же день екстрагували метанолом при кімнатній температурі на протязі доби в захищеному від світла місці у співвідношенні 1 г на 10 мл, відповідно. Надалі екстракти зберігали до двох тижнів при температурі нижче -15°C , а перед аналізом фільтрували крізь щільний (0,2 μm) тефлоновий шприцевий фільтр. Фракціонування й гідроліз екстрактів не проводили, щоб уникнути появи артефактів особливо фенольної природи.

Отримання профілів вторинних метаболітів листків проводили методом обернено-фазової ВЕРХ (високоєфективної рідинної хроматографії, HPLC). Використовували хроматографічну систему Agilent 1100 з чотирьох каналним насосом, вакуумним дегазатором, автосемплером, термостатом колонок та діодноматричним детектором. Застосовували двох-елюентну схему (елюент А = 0,05 М водний розчин ортофосфорної кислоти H_3PO_4 ; В = метанол /всі елюенти й добавки Sigma-Aldrich, градація чистоти HPLC, градієнт/) на колонці Thermo Scientific Hypersil™ BDS C_{18} , 3 μm , 2,1×100 mm з паспортною роздільною здатністю понад 12 000 т.т. Об'єм зразка 5 μl , термостатування колонки 20°C , швидкість потоку елюентів 0,2 мл/хв, час аналізу до 80 хв, профіль елюювання – лінійний градієнт від 10% В в А до 100% В за 30 хв, далі ізократа В, прискорення потоку до 0,5 мл/хв та підвищення температури колонки до 40°C . Для детектування встановлювали

довжини хвиль 206, 254, 300, 350 та 450 нм для визначення більшості органічних сполук (в т.ч. терпеноїдів), більшості речовин ароматичної природи, фенілпропанойдів (оксикоричні кислоти та лігнани), флавоноїдів (флаволи й флавоноли), каротиноїдів і хлорофілів, відповідно. Для всіх розділених компонентів реєстрували спектри поглинання в ультрафіолетовому та видимому діапазонах для з'ясування природи вторинних метаболітів і віднесення хроматографічних піків до певних груп речовин. Це не є точною хімічною ідентифікацією, проте високо імовірним припущенням, яке базується на хроматографічній поведінці та спектрах поглинання розділених компонентів. Так, флаволи й флавоноли характеризуються двома вираженими максимумами при 260 й 350 нм, а оксикоричні кислоти великим максимумом при 300-320 нм. Корична кислота та лігнани мають максимум поглинання біля 280-300 нм. Катехіни та проантоцианідини мають максимум при 260-270 нм з малою мольною екстинкцією. Оскільки при короткохвильовому УФ детектуванні (206 нм) не вдається повністю виключити дрейф базової лінії від водної до органічної фази та артефакти, від хроматограми зразку віднімалася «холоста» хроматограма (subtraction blank run). В такому вигляді хроматограма представлена на рисунку. Для оцінки відносного вмісту речовин використовували площі піків на різних каналах детектування як напівкількісні характеристики.

Результати досліджень. Представники роду *Spiraea* є біохімічно складними об'єктами й характеризуються значною варіацією вторинних метаболітів, серед яких насамперед слід зазначити феноли й терпеноїди. Фенольні компоненти таволг – бензальдегіди й бензойні кислоти (саліциловий альдегід і кислота), похідні гідроксибензойних кислот (спірамонголін), прості фенілпропанойди (глікозиди коричної кислоти та гідроксикоричні кислоти: кон'югати кавової та п-кумарової кислот), неолігнани (спіраформіни А, В, С, D), флаван-3-оли (катехіни й проантоцианідини) та глікозиди флавонолів кверцетину й кемпферолу (спіраеїн тощо). Терпеноїдні вторинні метаболіти *Spiraea* – гемі- й монотерпеноїди та їх глікозиди і кон'югати з коричними кислотами (спіраєїн), атизанові дитерпеноїди (неглікозидовані ацетати та лактони), цембранові дитерпенові алкалоїди, стероїдні алкалоїди (спіраєїн) й інші речовини [6, 7].

Видовий комплекс *Spiraea japonica* є натепер щокраще вивченим. В ньому представлені гетизинові та атизинові дитерпенові алкалоїди й атизанові дитерпени (20, 37 та 7 речовин, відповідно, виділених протягом 1964-2001 рр.), декотрі з них мають гарні перспективи фармакологічного використання, а також є внутрішньо-видовими хемотаксономічними маркерами [12].

Проте багато видів *Spiraea* з північними євразійськими ареалами накопичують не стільки терпеноїдні, скільки означені вище фенольні сполуки. Так, останнім часом багато публікацій належить сибірським та далекосхідним колегам, в яких окрім, даних про склад фенольних сполук, представлені також хемотаксономічні висновки [4, 10]. В гідролізованих екстрактах листків багатьох видів *Spiraea* знайдені фенольні (гідроксибензойні й гідроксикоричні) кислоти та флавоноїдні аглікони: галова, протокатехова, п-гідроксибензойна, ванілінова, сирінгова, саліцилова, корична, хлорогенова, кавова, п-кумарова, ферулова, о-кумарова кислоти, кверцетин, кемпферол, а також ізорамнетин. Важливим висновком останніх фітохімічних досліджень таволг є висока мінливість складу, що є віддзеркаленням екологічної пластичності цих рослин. *Spiraea media* як вид з широким ареалом не є винятком.

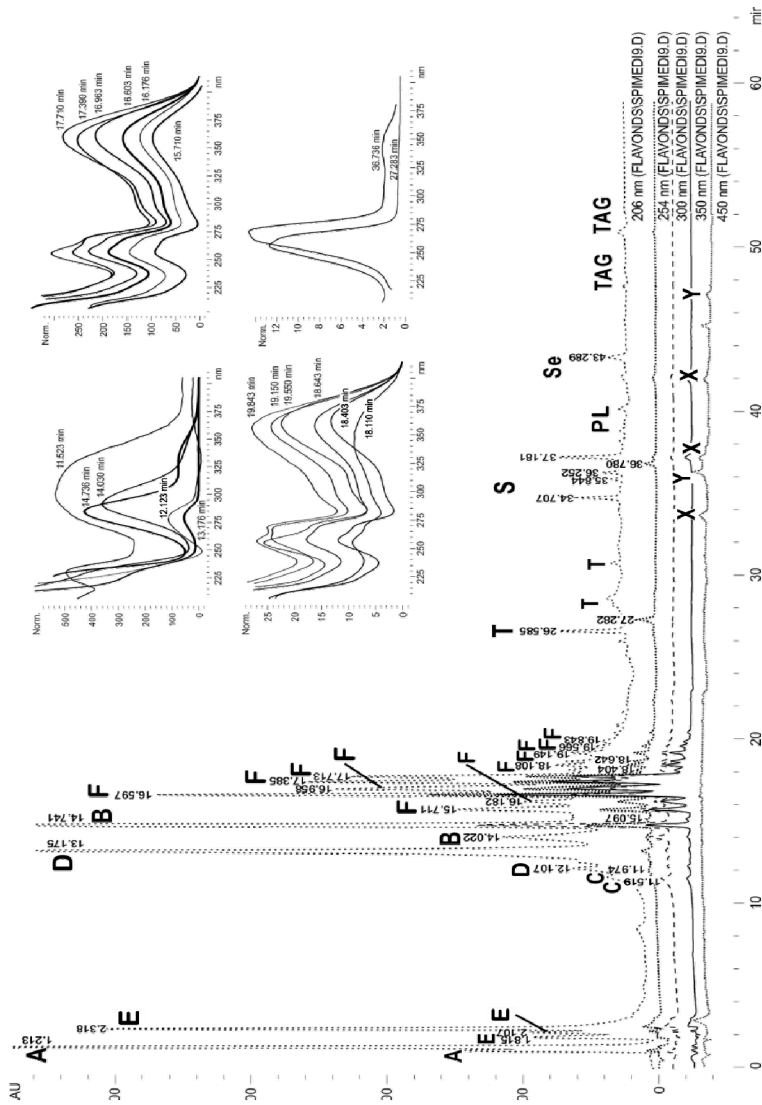


Рисунок 1. Хроматографічний профіль вторинних метаболітів листків *Spiraea media* Franz Schmidt.

Абсциса – час утримання, хв, ордината – сигнал детектора, mAU /milli-absorbance unit/.

Позначено довжини хвиль детектування п'яти каналів, nm. Наведено спектри основних розділених компонентів з вказаним часом утримання. Позначки речовин: А – неутримуваний пул гідрофільних речовин (вільні органічні кислоти, амінокислоти тощо) + розчинник;

В – прості феноли, фенілпропаноїди та неолігнани (глікозидні та алкільні похідні: спіраформіни А, В, С, D тощо); С – похідні оксикоричних (кавової, п-кумарової) кислот /в т.ч. кон'югати з гемі- та монотерпенодами/; D – катехіни (катехін, епікатехін та їх глікозиди) та конденсовані таніни (проантоцианідини); Е – глікозиди гемі- та монотерпеноїдів (простих лактонів та ін., спірарін, туліпалін А, туліпозид А); F – флавоноли (глікозиди кверцетину та кемпферолу: спіреозід тощо); Т – терпеноїди; X – хлорофіли та їх катаболіти (хлорофіліди, феовітіни, феофорбіди тощо); Y – каротиноїди (ксантофіли і каротини); S – стерини та їх ефіри /Se/ тощо; PL – фосфоліпіди; TAG – тригліцериди.

Наше дослідження (рис. 1) характеризує склад вторинних метаболітів листків таволги середньої. Метанольний негідролізований екстракт містить типові водорозчинні компоненти – органічні й амінокислоти, що не утримуються в даних умовах ВЕРХ, з одного боку, та типові для листків неполярні – хлорофіли, каротиноїди, стерини, фосфоліпіди та тригліцериди, з іншого. Водночас листки накопичують багатий пул середньо-полярних вторинних метаболітів, поміж яких невелика кількість терпенових сполук з часом утримання 26...31 хв, а головним чином це фенольні сполуки.

Основними фенольними компонентами листків *S. media* є флавоноли – глікозиди кверцетину й кемпферолу з часом утримання 15...20 хв. Їх вміст можна оцінити до 50% загальної кількості вторинних метаболітів. Кількість індивідуальних сполук, що реєструються, – 12, мажорних (домінуючих) речовин – 5.

Слід констатувати також і суттєвий вміст флаванових компонентів (глікозидовані катехін/епікатехін та конденсовані таніни) в межах 12...13 хв, а до того ж і простих фенолів і кислот, фенілпропаноїдів та неолігнанів з часом утримання 11 та 14 хв.

Істотне зауваження треба зробити відносно похідних гемі- та монотерпеноїдів. Багато їх виявляється і в листках таволги середньої, вірогідно в глікозидованому стані і/або у вигляді кон'югатів з коричними кислотами. Ці гідрофільні сполуки спостерігаються з часом утримання близько 2 хв або кон'юговані з більшим. Глікозиди гемітерпеноїдів зараз вельми активно досліджуються як біоактивні компоненти [5].

Висновки та пропозиції. Таким чином, характерною біохімічною особливістю *Spiraea media* Franz Schmidt є великий вміст флавоноїдів – більше 10 глікозидів кверцетину та кемпферолу, істотна кількість флаванових сполук (катехіни й проантоцианідини) та фенілпропаноїдів (неолігнани, похідні коричної кислоти). Останньою, та не менш значущою, виявленою групою вторинних метаболітів листків є полярні гемі- та монотерпеноїди, вірогідно в формі глікозидів, що теж характерні для деяких видів цього роду.

Всі ці компоненти відомі своєю біологічною активністю, що дає основу для подальшого вивчення та використання *S. media* як перспективного фармацевтичного джерела й сировини медпрепаратів та біологічно активних додатків.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Белемець Н.М., Грахов В.П., Бонюк З.Г., Паламарчук О.П. Біохімічні дослідження *Spiraea litwinowii* Dobrosz. в умовах інтродукції // Відновлення порушених природних екосистем. Матеріали V міжнародної наукової конференції (Донецьк, 12–15 травня 2014 р.), 2014, с.154-156.
2. Бонюк З.Г. Таволги (*Spiraea* L.) : монографія / З.Г. Бонюк. – К.: ВПЦ «Київський університет», 2008. – 248 с.
3. Бонюк З.Г., Корсун С.Г., Клименко І.І., Белемець Н.М., Гревцова Г.Т. Таволги *Spiraea* L. (*Rosaceae*) в умовах урботериторії Києва // Науковий вісник Національного лісотехнічного університету України: Актуальні проблеми

- лісового та садово-паркового господарства. – Львів: РВВ НЛТУ України. – 2013. – Вип. 23. 5. – с. 277-281.
4. Карпова Е.А., Лаптева Н.П. Фенольные соединения в систематике рода *Spiraea* L. // *Turczaninowia*, 2014, 17 (1), с. 42–56.
 5. Choudhary M.I., Naheed N., Abbaskhan A., Ali S., Atta-ur-Rahman. Hemiterpene glucosides and other constituents from *Spiraea canescens* // *Phytochemistry*, 2009. 70 (11–12), pp. 1467–1473.
 6. Dictionary of Natural Products, ver. 22.2 Copyright © 2014 Taylor & Francis Group. <http://dnp.chemnetbase.com>
 7. Dictionary of Natural Products, ver.15. Chapman & Hall/CRC, 2007. Hampden Data Services Ltd.
 8. Hao X.-J., Shen Y.-M., Li L., He H.-P. The chemistry and biochemistry of *Spiraea japonica* complex // *Current Medicinal Chemistry*, 2003, 10, 2253-2263.
 9. He, H.P., Shen, Y.M., Zhang, J.-X., Zuo, G.-Y., Hao, X.-J. New diterpene alkaloids from the roots of *Spiraea japonica* // *J. Nat. Prod.* 2001. 64, pp. 379-380.
 10. Karpova E.A., Khramova E.P. Phenolic composition and content of representatives of genus *Spiraea* L. under industrial pollution in Novosibirsk // *Contemporary Problems of Ecology*, 2014, Vol.7, No. 2, pp. 228–236.
 11. Khan, S.W., Khatoon, S. Ethnobotanical studies on useful trees and shrubs of Haramosh and Bugrote valleys, in Gilgit northern area of Pakistan // *Pak. J. Bot.*, 2007, 39, pp. 699-710.
 12. Li L., Shen Y.-M., Yang X.-S., Zuo G.-Y., Shen Z.-Q., Chen Z.-H., Hao X.-J. Antiplatelet aggregation activity of diterpene alkaloids from *Spiraea japonica* // *Eur. J. Pharmacol.*, 2002, 449, pp. 23-28.

УДК 633.85:631.51.021:631.6 (477.72)

ВОДОСПОЖИВАННЯ РІПАКУ ЯРОГО ЗА РІЗНИХ СПОСОБІВ І ГЛИБИНИ ОСНОВНОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ НА ЗРОШЕННІ ПІВДНЯ УКРАЇНИ

Бульба І.О. – аспірант, Інститут зрошуваного землеробства НААН України

Постановка проблеми. Водний режим ґрунту – один із основних показників, який визначає його родючість та продуктивність сільськогосподарських культур. Одним із основних факторів впливу на зміну показників вологості ґрунту є його механічний обробіток, завдання якого – створити оптимальні умови для росту і розвитку сільськогосподарських культур шляхом регулювання агрофізичних властивостей ґрунту, мобілізації елементів живлення, загортання добрив, насіння, пестицидів, контролювання кількості бур'янів, шкідників та хвороб.

Ріпак ярий добре реагує на зрошення, тобто на покращення умов зволоження і при цьому істотно підвищує урожайність насіння. Це пов'язано з тим, що порушення водного режиму рослин через нестачу вологи внаслідок посухи