



I. В. Коваль¹, В. Ф. Левон¹, Д. Б. Рахметов¹, Ю. В. Лихолат², Н. Є. Горбенко³

¹ Національний ботанічний сад ім. М. М. Гришка, НАН України, м. Київ, Україна

² Дніпровський національний університет ім. Олеся Гончара, м. Дніпро, Україна

³ Національний лісотехнічний університет України, м. Львів, Україна

АЛКАНИ У ПЕЛЮСТКАХ РОСЛИН РОДУ *ROSA* L., КУЛЬТИВОВАНИХ У ПІВНІЧНОМУ ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

Розглянуто вміст, компонентний склад та кількісне співвідношення алканів, що входять до складу воску пелюсток рослин представників роду *Rosa* L., що культивуються у Північному Лісостепу України. Актуальність і перспективність дослідження обраної проблеми зумовлена тим, що вихідні дані видів, що застосовуються в інтродукційній, селекційно-генетичній роботі, впливають на прогнозовану адаптацію та стійкість рослин. Дані про фітохімічний склад рослин необхідні для розуміння функції, яку відіграють сполуки у рослинах і мають важливе науково-практичне значення. Стійкість рослин, зокрема генеративних органів, визначається багатьма властивостями кутикули, що містить вторинні метаболіти. Важливі функції поверхневих восків доповнюються здатністю рослин утримувати та нагромаджувати тверді частинки забруднювальних повітря речовин у міських фітоценозах, яка варіює залежно від виду рослин, але у всіх видів позитивно корелює з масою кутикулярного воску. Нерозгалужені довголанцюгові алкани забезпечують гідрофобні властивості листкових восків і виступають первинним бар'єром рослин від зовнішніх умов середовища, захищаючи листки від втрат вологи шляхом транспірації. Види роду *Rosa* L. є багатим генетичним потенціалом дослідження, оскільки видовий склад роду становить 180-400 видів, згідно з різними джерелами. Стійкість природних видів зумовлена еволюційним відбором. Вивчення п'яти видів роду *Rosa* L.: *R. multiflora* Thunb., *R. spinosissima* L., *R. canina* L., *R. centifolia* L., *R. rugosa* Thunb. здійснювали на базі колекційного фонду Національного ботанічного саду ім. М. М. Гришка НАН України. Ці види належать до трьох підродів і п'яти секцій: Підрід *Stylorhodon* Dumortier, Секція *Synstylae* DC. – *R. multiflora* Thunb.; Підрід *Cynorhodon* Dumortier, Секція *Caninae* Crep., Підсекція *Eucaninae* Crep. – *R. canina* L.; Секція *Rugosa* Chrshan. – *R. rugosa* Thunb.; Секція *Gallikanae* DC. – *R. centifolia* L.; Підрід *Chamaerhodon* Dumortier., Секція *Pimpinellifoliae* DC. – *R. spinosissima* L. Органічні леткі речовини виділяли традиційним методом – паровою дистилляцією. Леткі компоненти визначали з використанням системи ГХ-МСД Agilent Technologies 6890/5973. Для ідентифікації компонент використано мас-спектральні бібліотеки NIST 05 та WILEY 2007 із загальною кількістю спектрів понад 470000 у поєднанні з програмами ідентифікації AMDIS та NIST. Усього визначено 28 компонент, які належали до середніх або рідких (C_{10} – C_{15}) та вищих або твердих (C_{16} – C_{34}) алканів. Найбільший вміст алканів відзначено у пелюстках видів *R. multiflora* (72,06 %) та *R. canina* (87,50 %), середня кількість – *R. centifolia* (57,18 %), невисоким вмістом відзначилися пелюстки видів *R. rugosa* (14,58 %) та *R. spinosissima* (16,84 %). Для всіх досліджених видів шипшини характерна наявність насичених нерозгалужених вуглеводнів, таких як декан, тетрадекан, пентадекан, гексадекан, гептадекан, октадекан, нанодекан, генейкозан, трикозан, тетракозан, пентакозан, гептокозан, нанокозан, гентріаконтан, що показує їхню виняткову роль у складі восків пелюсток квіток рослин.

Ключові слова: воски; компоненти; газова хроматографія; *Rosa multiflora*; *Rosa canina*.

Вступ / Introduction

Останнім часом дедалі більше уваги приділяють дослідженням біологічно-активних сполук у рослинних об'єктах, зокрема, нагромадженню восків, що становить значний інтерес до інтродукційної, селекційно-генетичної роботи з погляду визначення та підвищення стій-

кості рослин. Дані про фітохімічний склад рослин необхідні для розуміння функції, яку відіграють сполуки у рослинах і мають важливе науково-практичне значення.

Високий вміст восків характерний для кутикули, яка складається з нерозчинного поліефірного кутину і розчинного шару кутикулярного воску, що складається з

Інформація про авторів:

Коваль Інна Володимирівна, канд. біол. наук, ст. наук. співробітник, лабораторія медичної ботаніки.

Email: innakyiv@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-4029-9989>

Левон Володимир Федорович, канд. хім. наук, ст. наук. співробітник, відділ акліматизації плодів рослин.

Email: vlevon@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0003-2652-9984>

Рахметов Джамал Бахлулович, д-р біол. наук, професор, заступник директора, завідувач відділу нових культур.

Email: innakyiv@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0001-7260-3263>

Лихолат Юрій Васильович, д-р біол. наук, професор, завідувач кафедри фізіології та інтродукції рослин.

Email: Lykholat2006@ukr.net; <https://orcid.org/0000-0003-3354-8251>

Горбенко Наталія Євгенівна, канд. с.-г. наук, доцент, кафедра ботаніки, деревнознавства та недревних ресурсів лісу.

Email: nata.horbenko@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-6053-6582>

Цитування за ДСТУ: Коваль І. В., Левон В. Ф., Рахметов Д. Б., Лихолат Ю. В., Горбенко Н. Є. Алкани у пелюстках рослин роду *Rosa* L., культивованих у Північному Лісостепу України. Науковий вісник НЛТУ України. 2022, т. 32, № 6. С. 13–17.

Citation APA: Koval, I. V., Levon, V. F., Rakhmetov, D. B., Lykholat, Yu. V., & Horbenko, N. Ye. (2022). Alkanes in petals of *Rosa* L. plants cultivated in the Northern Forest Steppe of Ukraine. *Scientific Bulletin of UNFU*, 32(6), 13–17. <https://doi.org/10.36930/40320602>

довголанцюгових жирних кислот та їх похідних, таких як альдегіди та алкани, вторинних спиртів, кетонів, первинних спиртів та ефірів [11]. Стійкість рослин, зокрема генеративних органів, визначається багатьма властивостями кутикули, що містить вторинні метаболіти [13, 14, 15, 17].

Дослідження показують, що воски відіграють важливу роль у житті рослини і можуть відрізнятися за своєю структурою, хімічним складом, механічними властивостями, як у різних рослинах, так і в одній рослині, залежно від локалізації [10]. Відомо, що інтенсивний біосинтез воску відбувається на стадії напіврозкритої квітки і пов'язаний зі зменшенням крохмалю в пелюстках, також як і біосинтез ефірної олії [21]. Встановлено зворотну залежність на рівні нагромадження ефірної олії та воску у сортів троянди, що відрізняються за продуктивністю ефірної олії [23].

Вуглеводневі компоненти воску представлені переважно алканами [1], які слабо реагують з іонними та іншими полярними речовинами. Значення констант кислотної дисоціації (рКа) всіх алканів вище 60, тому вони практично інертні відносно кислот та основ (окислювально-відновні реакції можливі з киснем та галогенами). Ця інертність є джерелом терміна "парафіни" (зі значенням "відсутність спорідненості").

Колекції, зібрані в ботанічних садах, є унікальним матеріалом, як для теоретичних досліджень, так і для проведення різнопланових наукових експериментів під час дослідження стійкості рослин, через інтродукцію та акліматизацію в нових умовах середовища, а також для розроблення напрямів практичного використання рослин у різних областях.

Види роду *Rosa* L. є багатим генетичним потенціалом для вивчення, оскільки видовий склад роду становить 180–400 видів, відповідно до різних джерел [9]. Стійкість природних видів зумовлена еволюційним відбором. Компонентний склад та кількісне співвідношення алканів пелюсток шипшини досліджено частково [5]. Наша робота спрямована на дослідження та порівняльний аналіз кількісного та якісного складу алканів пелюсток п'яти видів шипшин.

Об'єкт дослідження – види роду *Rosa* L. – *R. multiflora* Thunb., *R. spinosissima* L., *R. canina* L., *R. centifolia* L., *R. rugosa* Thunb. (далі – шипшини).

Предмет дослідження – середні та вищі алкани, що входять до складу воску пелюсток рослин представників роду *Rosa* L., в умовах Північного Лісостепу України.

Мета роботи – дослідити вміст, компонентний склад та кількісне співвідношення алканів, що входять до складу воску пелюсток рослин представників роду *Rosa* L., що культивуються у Північному Лісостепу України.

Для досягнення зазначеної мети визначено такі основні завдання дослідження:

1. Виділити досліджувані сполуки методом парової дистляції.
2. Визначити леткі компоненти за допомогою системи ГХ-МСД Agilent Technologies 6890/5973.
3. Ідентифікувати компоненти за допомогою мас-спектральної бібліотеки NIST 05 та WILEY 2007 у поєднанні з програмами ідентифікації AMDIS та NIST.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Протягом останніх десятиліть майже не проводилися цільові дослідження компонентного складу та кількісного співвідношення сполук пелюсток шипшини [12, 29]. В Ук-

раїні дослідження проводилися у Ботанічному саду ім. М. М. Гришка, де є найбільша спеціалізована колекція представників роду *Rosa* L. [26, 27].

Матеріали та методи дослідження. *Отримання ефірної олії.* Органічні леткі речовини виділяли традиційним методом – паровою дистляцією. Зразки пелюсток квіток (500 мг) поміщали у колбу на 20 мл, що містить 10 мл води, щоб виділити ефірну олію та встановити її якісний та кількісний склад. Колбу поміщали в нагрівальний блок, який з'єднувався з колбою-приймачем, що охолоджується. Леткі речовини відганяли з парою впродовж двох годин. Під час перегонки леткі речовини адсорбувалися на внутрішній поверхні зворотного конденсатора. Після охолодження системи адсорбовані речовини промивали. Промивну воду концентрували продуванням (100 мл/хв) чистим азотом до кінцевого об'єму 10 мкл екстракту, який повністю видаляли хроматографічним шприцом. Тридекан додавали до зразків пелюсток квіток як внутрішній стандарт (50 мг на зразок), який потім використовували для розрахунків.

Газохроматографічний аналіз. Леткі компоненти визначали з використанням системи ГХ-МСД Agilent Technologies 6890/5973. Умови аналізу: хроматографічна колонка-капіляр ДБ-5 завдовжки 30 м та діаметром 0,25 мм. Гелій використовували як газ-носіє з швидкістю 1,2 мл/хв. Температура нагрівача на вході для зразка становила 250 °C завдяки запрограмованому нагріву (від 50 до 320 °C) пробірки зі зразком з швидкістю 4 °C/хв. Для ідентифікації компонент використано мас-спектральні бібліотеки NIST 05 та WILEY 2007 із загальною кількістю спектрів понад 470000 у поєднанні з програмами ідентифікації AMDIS та NIST. Проби вводилися в хроматографічну колонку в режимі "split", що значно (в 10–20 разів) підвищило чутливість методу хроматографії. Швидкість уведення проби становила 1,2 мл/хв упродовж 0,2 хв. Для кількісних розрахунків використовували метод внутрішнього стандарту [3]. Частку компонент розраховано з допомогою Excel.

Результати дослідження та їх обговорення/ Research results and their discussion

У ході досліджень встановлено, що алкани в пелюстках шипшин представлені 28 компонентами, кількісний склад яких становить від 14,58 до 87,50 % від загальної кількості компонентного складу летких органічних речовин пелюсток [26]. Відносно невисоку частку суми алканів відзначено у пелюстках квіток *R. rugosa* (14,58 %) та *R. spinosissima* (16,84 %), середня кількість – *R. centifolia* (57,18 %), максимальний вміст алканів – *R. multiflora* (72,06 %) та *R. canina* (87,50 %). Унаслідок проведених досліджень встановлено наявність двох груп алканів: середніх або рідких (C₁₀–C₁₅) алканів та вищих або твердих (C₁₆–C₃₄) [4]. Досліджені види рослин шипшини ростуть у культурі в однорідному середовищі – Розарії Національного ботанічного саду ім. М. М. Гришка НАН України.

Відповідно до використаної нами класифікації шипшин Хржановського [16], ці види належать до трьох підродів і п'яти секцій: Підрід *Stylorhodon* Dumortier, Секція *Synstylae* DC. – *R. multiflora* Thunb.; Підрід *Cynorhodon* Dumortier, Секція *Caninae* Crep., Підсекція *Eucaninae* Crep. – *R. canina* L.; Секція *Rugosa* Chrshan. – *R. rugosa* Thunb.; Секція *Gallicanae* DC. – *R. centifolia* L.; Підрід *Chamaerhodon* Dumortier., Секція *Pimpin-*

nellifoliae DC. – *R. spinosissima* L. [27]. Проби для дослідження (пелюстки квіток) відбирали вранці (8-ма год) у період масового цвітіння рослин (травень).

Визначено, що група середніх алканів у пелюстках досліджених шипшин представлена дев'ятьма компонентами (таблиця). Ці речовини перебувають у пелюстках різних видів, порівняно у невеликих концентраціях, переважно до або близько 1 %, окрім *R. multiflora* (0,25-2,47 %). Варто зазначити, що декан, тетрадекан та пентадекан присутні в усіх досліджуваних зразках пелюсток.

Таблиця. Компонентний склад і вміст алканів у пелюстках квіток видів роду *Rosa* L. в умовах Північного Лісостепу України, % / Component composition and alkane content in flower petals of *Rosa* L. species in the conditions of the Northern Forest-steppe of Ukraine, %

№	Алкани	<i>R. multiflora</i>	<i>R. spinosissima</i>	<i>R. canina</i>	<i>R. centifolia</i>	<i>R. rugosa</i>
1	декан	2,37	0,26	0,55	0,67	0,25
2	ундекан	0,00	0,00	0,25	0,00	0,00
3	додекан	0,00	0,19	0,36	0,37	0,00
4	2,6-диметилдекан	0,44	0,00	0,00	0,00	0,00
5	2,6-диметилдодекан	0,66	0,00	0,00	0,00	0,00
6	2,6,10-триметилдодекан	0,88	0,00	0,00	0,00	0,00
7	тетрадекан	3,89	0,80	0,75	1,01	0,52
8	2,6,10,14-тетраметилдодекан	0,95	0,00	0,00	0,00	0,00
9	пентадекан	2,47	0,38	0,51	0,57	0,26
10	гексадекан	2,31	0,48	0,53	0,57	0,32
11	гептадекан	3,67	1,37	0,87	0,59	0,52
12	октадекан	1,42	0,37	0,37	0,43	0,22
13	2,6,10,14-тетраметилтетрадекан	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
14	нонадекан	2,37	1,16	0,58	17,56	0,30
15	ейкозан	1,26	0,39	0,38	2,02	0,00
16	генейкозан	3,82	1,84	1,36	18,35	0,51
17	докозан	0,00	0,38	0,35	0,65	0,00
18	трикозан	8,72	4,15	5,94	5,61	3,96
19	тетракозан	1,23	0,39	1,00	0,43	0,37
20	пентакозан	5,78	1,73	9,74	2,35	2,94
21	гексакозан	1,71	0,26	1,46	0,00	0,00
22	гептакозан	17,83	1,61	26,69	4,02	1,91
23	октакозан	0,00	0,00	1,88	0,00	0,00
24	нонакозан	5,66	0,51	14,11	1,22	1,69
25	тріаконтан	0,00	0,00	1,07	0,00	0,00
26	унтріаконтан	2,31	0,58	13,38	0,76	0,82
27	дотріаконтан	0,00	0,00	1,15	0,00	0,00
28	тритріаконтан	2,31	0,00	4,23	0,00	0,00

У пелюстках квіток *R. multiflora* група середніх алканів найчисленніша – 7 компонент, які становлять у сумі 11,66 %. Встановлено, що її пелюстки мають найвищий відсотковий вміст середніх алканів, загальних для всіх зразків: декан – 2,37 %, тетрадекан – 3,89 %, пентадекан – 2,47 %, які у 3-9 разів вищі, ніж у інших видів. З'ясовано, що також пелюстки квіток *R. multiflora* відрізняються від інших шипшин наявністю деяких насичених розгалужених вуглеводнів – 2,6-диметилдекану (незважаючи на відсутність декану), 2,6-диметилдодекану, 2,6,10-триметилдодекану та насиченого розгалуженого вуглеводню 6,10,14-тетраметилгексадекану. У пелюстках квіток *R. canina* виявлено п'ять компонент групи середніх алканів із відсотковим вмістом 2,42 % відповідно. По чотири компоненти цієї групи відзначено у зразках *R. centifolia* (2,62 %) та *R. spinosissima* (1,63 %).

У пелюстках квіток *R. rugosa* (1,03 %) присутні тільки три представники групи середніх алканів.

Група вищих алканів (C₁₆-C₃₄), які становлять основу воску, що покриває поверхню пелюсток, під час відгону потрапляють в екстракт, утворюють компоненти стеароптенів рожевого масла. Склад вищих алканів відрізняється у досліджуваних видах рослин. Так, пелюстки квіток *R. canina* мають 18 компонент та ізомерів цієї групи, а *R. rugosa* – всього 11. За кількісним вмістом цих компонент досліджувані види шипшини умовно можна поділити на три групи. До першої групи входять *R. rugosa* та *R. spinosissima* – з низьким вмістом вищих алканів (від 13,55 до 15,21 %). Домінантною компонентою вищих алканів у пелюстках *R. rugosa* та *R. spinosissima* є трикозан (3,96 та 4,15 %, відповідно). Для другої групи видів шипшини характерний середній вміст вищих алканів – *R. centifolia* та *R. multiflora* (від 54,57 до 60,40 %). Найвищі показники вмісту вищих алканів у пелюстках квіток цих рослин розподілилися так: для *R. centifolia* – це нонадекан (17,56 %) та ханейкозан (18,35 %); для *R. multiflora* – також гептакозан (17,83 %). Найбільша кількість вищих алканів, як за компонентним складом, так і за вмістом, характерна для пелюсток квіток *R. canina* – 85,08 %. Так, у її пелюстках, окрім тріаконтану (1,07 %), у значній кількості містяться три його ізомери: ун-, до- та три- (13,38, 1,15 та 4,23 %). Окрім цього, високим вмістом відзначаються пентакозан (9,74 %), гептакозан (26,69 %) та нанокозан (14,11 %).

Отже, встановлено, що в пелюстках квіток досліджуваних рослин п'яти видів роду *Rosa*, що культивуються в Північному Лісостепу України, є 28 компонент, що належать до класу алканів. Від трьох до семи середніх алканів знайдено у пелюстках залежно від виду рослин, що становить від 1,03 до 11,66 % від загальної кількості компонент. Вміст вищих алканів у пелюстках квіток досліджуваних видів шипшин становив від 13,55 до 60,40 % від загальної кількості, і представлені вони 11-18 компонентами. Для всіх досліджених видів шипшини характерна наявність насичених нерозгалужених вуглеводнів, таких як декан, тетрадекан, пентадекан, гексадекан, гептадекан, октадекан, нанодекан, генейкозан, трикозан, тетракозан, пентакозан, гептокозан, нанокозан, гентріаконтан, що показує їхню виняткову роль у складі восків пелюсток квіток рослин.

Обговорення результатів дослідження. Представники роду *Rosa* L. були предметом декількох досліджень воскового складу [2, 12, 19, 20, 28, 30, 31]. Для тих, хто повідомляв про склад воску листків, відзначено тільки середній склад восків по обидва боки листків. Тільки недавно [29] вперше окремо аналізують восковий склад адаксіальної та абаксіальної кутикули.

Відомо, що довголанцюгові нормальні алкани (*n*-алкани), C₂₁-C₃₇, синтезуються як частина епікутикулярного листового воску наземних рослин, і є одними з найширше використовуваних біомаркерів рослин, історія досліджень яких налічує майже сторіччя [6]. Рослини, зазвичай, продукують ряд *n*-алканів, здебільшого із сильним переважанням парності над непарністю і однією або двома домінуючими довжинами ланцюгів [7, 8]. Оскільки вони є вуглеводнями з прямим ланцюгом, що не мають функціональних груп, *n*-алкани є особливо стабільними і довгоживучими молекулами, це може

зберегтися в літописі скам'янілостей упродовж десятків мільйонів років [22]. Довголанцюгові *n*-алкани мають великий потенціал для інформування нас про минулі наземні екосистеми та навколишнє середовище, але їх інтерпретація як палеопротекторів вимагає глибокого розуміння відмінностей у продукуванні *n*-алканів як усередині, так і між сучасними рослинами.

Було встановлено [24], що *n*-алкани сприяють гідрофобним властивостям кутикулярного воску і є частиною першого бар'єру рослини від зовнішнього середовища, захищаючи листки від втрати води внаслідок випаровування. Вони покривають тонким шаром листки, стебла, плоди і захищають їх від розмочування водою, висихання, шкідливих мікроорганізмів, а іноді як резервні ліпіди входять до складу насіння.

Важливі функції поверхневих восків доповнюються здатністю рослин утримувати та нагромаджувати тверді частинки забруднювальних повітря речовин у міських фітоценозах, що варіює залежно від виду рослин, але у всіх видів позитивно корелює з масою кутикулярного воску [18].

Отже, за результатами виконаної роботи можна сформулювати такі наукову новизну та практичну значущість результатів дослідження.

Наукова новизна отриманих результатів дослідження – встановлено вміст, компонентний склад та кількісне співвідношення алканів, що входять до складу воску пелюсток рослин представників роду *Rosa* L., які культивуються у Північному Лісостепу України.

Практична значущість результатів дослідження – потенціал алканів, що входять до складу воску пелюсток рослин представників роду *Rosa* L., можна залучити до селекційних досліджень перспективних продуцентів різного використання. Вищі алкани можна використати як біохімічні маркери адаптації та стійкості рослин. Результати дослідження є вагомим внеском у галузь інтродукції, збереження біорізноманіття *ex situ*, селекції та впровадження у зелене господарство видів, форм і сортів представників роду. Дані за вказаними видами вперше підтверджені для зони Північного Лісостепу України, можуть слугувати порівняльними для інших регіонів країни та інших представників роду *Rosa* L.

Висновок / Conclusions

За результатами наших досліджень встановлено, що алкани в пелюстках шипшин представлені 28 компонентами, кількісний склад яких становить від 14,58 до 87,50 % від загальної кількості компонентного складу летких органічних речовин пелюсток. Встановлено наявність двох груп алканів: середніх або рідких (C_{10} – C_{15}) алканів та вищих або твердих (C_{16} – C_{34}). Група середніх алканів у пелюстках досліджених шипшин представлена дев'ятьма компонентами. Група вищих алканів (C_{16} – C_{34}), за складом відрізняється у досліджуваних видах рослин, зокрема, пелюстки квіток *R. canina* мають 18 компонент та ізомерів цієї групи, а *R. rugosa* – всього 11. Найбільша кількість вищих алканів, як за компонентним складом, так і за вмістом, характерна для пелюсток квіток *R. canina* – 85,08 %.

References

1. Azarov, V. I., Burov, A. V., & Obolenskaya, A. V. (1999). *Chemistry of wood and synthetic polymers: A textbook for universities*. St.-Petersburg: StPbSFTA. [In Russian].

2. Baker, E. A., Batt, R. F., Silva Fernandes, A. M. S., & Martin J. T. (1963). Cuticular waxes of plant species and varieties. In: *Annual Report of the Agricultural and Horticultural Research Station*, Long Ashton, Bristol, UK: University of Bristol, 106–110.
3. Chernogorod, L. B., & Vinogradov, B. A. (2006). Essential oils of genus *Achillea* (Asteraceae) species containing fragranol. *Plant Resources*, 42(2), 61–68. [In Russian].
4. Chernykh, V. P., Zimenkovskiy, B. S., & Hrytzenko, I. S. (2007). *Organic chemistry*. Kharkiv: Original. [In Russian].
5. Chibnall, A. C., El Mangouri, H. A., & Piper, S. H. (1954). The long-chain paraffin constituents of rose-petal wax. *Biochem J.*, 58(3), 506–512. <https://doi.org/10.1042/bj0580506>
6. Chibnall, A. C., Piper, S. H., Pollard, A., Williams, E. F., & Sahai, P. N. (1934). The constitution of the primary alcohols, fatty acids and paraffins present in plant and insect waxes. *Biochemical Journal*, 28(6), 2189–2208.
7. Eglinton, G. & Hamilton, R. J. (1963). The distribution of alkanes. In: *Chemical Plant Taxonomy* (Ed. T. Swain). London: Academic Press, 187–217. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-395540-1.50012-9>
8. Eglinton, G., & Hamilton, R. J. (1967). Leaf epicuticular waxes. *Science* 156 (3780), 1322–1335.
9. Freund, M., Csikós, R., Keszthelyi, S., & Mózes, G. Y. (1982). Chemical, Crystallographical and Physical Properties of Liquid Paraffins and Paraffin Waxes. *Developments in Petroleum Science*, 14, 13–140. [https://doi.org/10.1016/S0376-7361\(08\)70146-8](https://doi.org/10.1016/S0376-7361(08)70146-8)
10. Gorb, E., Haas, K., Henrich, A., Enders, S., Barbakadze, N., & Gorb, S. (2005). Composite structure of the crystalline epicuticular wax layer of the slippery zone in the pitchers of the carnivorous plant *Nepenthes alata* and its effect on insect attachment. *The Journal of Experimental Biology*, 208, 4651–4662. <https://doi.org/10.1242/jeb.01939>
11. Heredia, A. (2003). Biophysical and biochemical characteristics of cutin, a plant barrier biopolymer. *Biochimica et Biophysica Acta*, 1620(1-3), 1–7. [https://doi.org/10.1016/S0304-4165\(02\)00510-X](https://doi.org/10.1016/S0304-4165(02)00510-X)
12. Jenks, M. A., Andersen, L., Teusink R. S., & Williams, M. H. (2001). Leaf cuticular waxes of potted rose cultivars as affected by plant development, drought and paclobutrazol treatments. *Physiologia Plantarum*, 112(1), 62–70. <https://doi.org/10.1034/j.1399-3054.2001.1120109.x>
13. Khromykh, N. O., Lykholat, Y. V., Anishchenko, A. A., Didur, O. O., Gaponov, A. A., Kabar, A. M., & Lykholat, T. Y. (2020). Cuticular wax composition of mature leaves of species and hybrids of the genus *Prunus* differing in resistance to clasterosporium disease. *Biosystems Diversity*, 28(4), 370–375. <https://doi.org/10.15421/012047>
14. Khromykh, N. O., Lykholat, Y. V., Kovalenko, I. M., Kabar, A. M., Didur, O. O., & Nedzvetska, M. I. (2018). Variability of the antioxidant properties of *Berberis* fruits depending on the plant species and conditions of habitat. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*, 9(1), 56–61. <https://doi.org/10.15421/021807>
15. Khromykh, N., Lykholat, Y., Shupranova, L., Kabar, A., Didur, O., Lykholat, T., & Kulbachko, Y. (2018). Interspecific differences of antioxidant ability of introduced *Chaenomeles* species with respect to adaptation to the steppe zone conditions. *Biosystems Diversity*, 26(2), 132–138. <https://doi.org/10.15421/011821>
16. Khrzhanovskiy, V. G. (1958). *Roses. Phylogeny and taxonomy. Spontaneous views of the European part of the USSR, Crimea and the Caucasus. Experience and prospects of use*. Moscow: Sovetskaya nauka. [In Russian].
17. Lykholat, Y. V., Khromykh, N. O., Lykholat, T. Y., Didur, O. O., Lykholat, O. A., Legostaeva, T. V., & Grygoryuk, I. P. (2019). Industrial characteristics and consumer properties of *Chaenomeles* Lindl. fruits. *Ukrainian Journal of Ecology*, 9(3), 132–137.
18. Lykholat, Y., Khromykh, N., Alekseeva, A., Serga, O., Yakubenko, B., & Grigoryuk, I. (2017). Morphological parameters of stomata and the cuticular waxes composition of silver linden (*Tilia tomentosa* Moench) leaves under conditions of lighting and shading. *Plant Introduction*, 74, 89–97. [In Ukrainian]. <https://doi.org/10.5281/zenodo.2301104>

19. Mladenova, K., Stoianova-Ivanova, B., & Angelova, I. (1980). Interrelationship between long-chain aldehydes and trialkyltrioxanes in plant waxes. *Rivista Italiana Essenze, Profumi, Piante Officinali, Aromatizzanti, Syndets, Saponi, Cosmetici, Aerosols*, 62, 133–135.
20. Mladenova, K., Stoianova-Ivanova, B., & Daskalov, R. M. (1976). Trialkyltrioxanes in flower wax of some decorative roses. *Phytochemistry*, 15(3), 419–420.
21. Pankovetskii, V. N., & Tiutiunnik, V. I. (1978). The content of carbohydrates in essential oil rose during flowering. *Proceedings of the AUSRIOEC*, 11, 74–76. [In Russian].
22. Peters, K. E., Walters, C. C., & Moldovan, J. M. (2005). *The Biomarker Guide*. Cambridge, New York, Melbourne: Cambridge University Press.
23. Pogorelskaya, A. N., Kholodova, V. P., & Reznikova, S. A. (1980). Physiological aspect of essential oil accumulation in petals of the flowers of essential oil-rose. *USSR Plant Physiology*, 27, 279–284. [In Russian].
24. Post-Beittenmiller, D. (1996). Biochemistry and molecular biology of wax production in plants. *Ann. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 47, 405–430.
25. Riederer M., Muller, C. (Eds.), Jetter, R., Kunst, L. & Samuels, A. L. (2006). Composition of plant cuticular waxes. *Biology of the Plant Cuticle*. Oxford: Blackwell Publishing. 145–175.
26. Rubtsova, O. L., Koval, I. V., Dzhurenko, N. I., & Palamarchuk, O. P. (2017). Component composition of volatile organic substances of dog-rose petals. *Plant Varieties Studying and Protection*, 13(3), 285–293. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.13.3.2017.110711>
27. Rubtsova, O. L., Koval, I., Chyzhankova, V., Buidina, T., & Sokolova, O. (2018). Structure of the Roses Gene Pool of the M. M. Gryshko National Botanical Garden of NAS Ukraine. *Agrobiodiversity for improving Nutrition, Health and Life Quality*, 2, 268–276. <https://doi.org/10.15414/agrobiodiversity.2018.2585-8246.268-276>
28. Silva Fernandes, A. M. S. (1965). Studies on the plant cuticle VIII. Surface waxes in relation to water-repellency. *Annals of Applied Biology*, 56(2), 297–304. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.1965.tb01239.x>
29. Wissemann, V., Riedel, M., & Riederer, M. (2007). Matroclinal inheritance of cuticular waxes in reciprocal hybrids of *Rosa* species, sect. *Caninae* (Rosaceae). *Plant Systematics and Evolution*, 263, 181–190. <https://doi.org/10.1007/s00606-006-0480-3>
30. Wollrab, V. (1968). Über Naturwachse VIII. Olefine und Paraffine aus den Wachsen einiger Pflanzen der Familie Rosaceae. *Collection of Czechoslovak Chemical Communications*, 33, 1584–1600.
31. Wollrab, V. (1969). Secondary alcohols and paraffin in the plant waxes of the family Rosaceae. *Phytochemistry*, 8(3), 623–627.

I. V. Koval¹, V. F. Levon¹, D. B. Rakhmetov¹, Yu. V. Lykholat², N. Ye. Horbenko³

¹ M. M. Gryshko National Botanical Garden, NAS Ukraine, Kyiv, Ukraine

² Oles Honchar Dnipro National University, Dnipro, Ukraine

³ Ukrainian National Forestry University, Lviv, Ukraine

ALKANES IN PETALS OF *ROSA* L. PLANTS CULTIVATED IN THE NORTHERN FOREST STEPPE OF UKRAINE

This paper represents the study of the content, component composition and quantitative ratio of alkanes included in the composition of the wax of the plants petals of the genus *Rosa* L. The species of *Rosa* L. that are being cultivated in the Northern Forest-steppe of Ukraine, are considered in the presented paper. The relevance and perspective of the research of the selected problem is determined by the fact that the initial data on the species used in the introductory, selection and genetic work affect the predicted adaptation and resistance of plants. Data on the phytochemical composition of plants are necessary for understanding the function played by compounds in plants and are of important scientific and practical importance. The plants resistance in particular generative organs is determined by many properties of the cuticle, which contains secondary metabolites. The important functions of surface waxes are complemented by the ability of plants to retain and accumulate solid particles of air pollutants in urban phytocenoses, which varies depending on the plant species, but in all species is positively correlated with the mass of cuticular wax. The unbranched long-chain alkanes provide the hydrophobic properties of leaf waxes and act as the primary barrier of plants against external environmental conditions, protecting leaves from moisture loss through transpiration. Species of the genus *Rosa* L. have a rich genetic potential for research since the species composition of the genus is 180–400 species according to various sources. The resistance of natural species is due to evolutionary selection. The research of five species of the genus *Rosa* L.: *R. multiflora* Thunb., *R. spinosissima* L., *R. canina* L., *R. centifolia* L., *R. rugosa* Thunb. was conducted on the basis of the collection fund of the M. M. Gryshko National botanical garden of the NAS of Ukraine. These species belong to the following three subgenera and five sections: Subgenus *Stylorhodon* Dumortier, Section *Synstylae* DC. – *R. multiflora* Thunb.; Subgenus *Cynorhodon* Dumortier, Section *Caninae* Crep., Subsection *Eucaninae* Crep. – *R. canina* L.; Section *Rugosa* Chrshan. – *R. rugosa* Thunb.; Section *Gallicanae* DC. – *R. centifolia* L.; Subgenus *Chamaerhodon* Dumortier., Section *Pimpinellifoliae* DC. – *R. spinosissima* L. Volatile organic substances were isolated by the traditional method of steam distillation. Volatile components were determined using an Agilent Technologies 6890/5973 GC-MSD system. The NIST 05 and WILEY 2007 mass spectral libraries with a total of over 470,000 spectra were used for component identification in conjunction with AMDIS and NIST identification programs. A total of 28 components were identified, which belonged to medium or liquid (C₁₀–C₁₅) and higher or solid (C₁₆–C₃₄) alkanes. The highest content of alkanes was noted in the petals of *R. multiflora* (72.06 %) and *R. canina* (87.50 %), the average amount was *R. centifolia* (57.18 %), the petals of *R. rugosa* species (14.58 %) and *R. spinosissima* (16.84 %). All studied rosehip species are characterized by the presence of saturated unbranched hydrocarbons such as decane, tetradecane, pentadecane, hexadecane, heptadecane, octadecane, nanodecane, geneicosane, tricosane, tetracosane, pentacosane, heptacosane, nanocosane, gentriacotane, which illustrates their exceptional role in the composition of flower petal waxes of plants.

Keywords: waxes; components; gas chromatography; *Rosa multiflora*; *Rosa canina*.