

ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ГІБРИДІВ *Pelargonium Sidoides*

Н. В. НУЖИНА, Л. М. БАЦМАНОВА, А. М. КОСЯН, В. М. МАЛЯРЕНКО, М. М. ГАЙДАРЖИ

Київський національний університет імені Тараса Шевченка,
Україна, 01601, Київ, вул. Володимирська, 64/13,
e-mail: nuzhynan@gmail.com.

Мета. Вид *Pelargonium sidoides* DC. є цінною лікарською рослиною, нераціональне використання якої в природі може привести до отримання цим видом статусу рідкості найближчим часом. Отримання гібридів *P. sidoides* з вищим вмістом фенольних сполук дозволить розширити спектр рослин, які використовуються у фармацевтичній галузі та зменшити навантаження на природні ресурси. Метою було вдосконалити методи вирощування в тепличних умовах *P. sidoides* та отримані гібриди цього виду та дослідити їх на вміст різних фенольних сполук у вегетативних органах. **Методи.** Світлова мікроскопія, спектрофотометрія (визначення загального вмісту фенолів та флавоноїдів, вмісту фенольних антиоксидантів та фенолкарбонових кислот). **Результати.** Анатомічна будова листків та коренів гібридів та виду була подібною. Встановлено, що вирощування *P. sidoides* та його гібридів в умовах теплиці з високими літніми температурами підвищує синтез та накопичення речовин фенольної природи в усіх вегетативних органах. Важливо, що листки показали також високі результати за вмістом флавоноїдів та фенолкарбонових кислот, тому доцільно використовувати їх також як сировину для фармакологічної промисловості. **Висновки.** Було вдосконалено методи вирощування досліджуваних рослин. Встановлено, що використання гібридних рослин для фармакологічної промисловості з метою отримання флавоноїдів більш ефективно, порівняно з *P. sidoides*, але менш ефективно при отриманні інших фенольних сполук. Виявлена відмінність у локалізації та кількості вторинних метаболітів вказує на необхідність детального вивчення інших речовин фенольної природи у листках та коренях цих пеларгоній.

Ключові слова: феноли, флавоноїди, анатомічна будова, *Pelargonium sidoides* × *reniforme*.

Вступ. Вид *Pelargonium sidoides* DC. належить до роду *Pelargonium*, родини *Geraniaceae* Juss. є багаторічним геофітом, що переважно зустрічається у Східно-Капській провінції Південної Африки та нагір'ї Лесото. Рослина адаптована до широкого діапазону висот, від рівня моря до високогір'я. Лікарські властивості виду цінуються на місцевому та міжнародному рівнях, рослина є сировиною для отримання ефірної геранієвої олії. (Maree, Viljoen, 2012; Moyo, Van Staden, 2014; Kayser et al., 1998). У традиційній ветеринарії відвари кореня *P. sidoides* використовують для лікування шлунково-кишкових розладів, а відваром з листя обробляють рани (Moyo, Van Staden, 2014). Також коріння використовується для лікування захворювань дихальних шляхів: гострого бронхіту, астми, синуситу і тонзилофарингіту (Moyo, Van Staden, 2014; Kamin et al., 2010a; Kamin et al., 2010b; Kamin et al., 2012).

Екстракт, отриманий з коріння *P. sidoides*, складається в основному з оліго- і полімерних проантоціанідинів, які базуються на галокатехінових та епігалокатехінових фрагментах (Theisen, Muller, 2012). Фармакологічна ефективність *P. sidoides* частково пояснюється біологічною активністю кумаринів (7-гідрокси-5, 6-ди-метоксикумарин; 6,8-дигідрокси-5,7 диметоксикумарин, 5,6,7-триметоксикумарин) (Iacovelli et al., 2022), похідних галоїчної кислоти, флавоноїдів (Kolodziej, 2007). Також ключовими метаболітами, які вважаються активними в екстракті кореня рослини, є гідролізовані таніни, катехіни, метилгалат, включаючи деякі незвичайні О-галоліл-С-глюкозил флаволи, скополетин.

Експериментально підтверджено протівірусну дію спиртового екстракту, який перешкоджає *in vitro* реплікації різних респіраторних вірусів, включаючи коронавіруси людини (Iacovelli et al., 2022).

Фенолокіслоти в екстракті *P. sidoides* представлені галою кислотою і її метиловим ефіром. Також є дані, що галою кислота може запобігти утворенню аденокарциноми (Maidannuk, 2016).

Завдяки успішним результатам клінічних випробувань фітопрепарату, отриманого з кореня *P. sidoides*, зріс попит на ці рослини, що супроводжується незаконним вилученням у великих кількостях дикорослих рослин з природних місцезростань (Lewu et al., 2006, 2007; Wynberg et al., 2012). Така ситуація негативно впливає на відтворюваність виду, а отже і на формування ресурсу сировини.

З огляду на інтенсивне вилучення виду з природних умов, сформувалась гостра необхідність збереження виду *P. sidoides*, який за чотири роки перейшов до категорії «найменшого занепокоєння» і має високі шанси переходу у вищі категорії (Gaidarzhly et al., 2019).

У себе на батьківщині *P. sidoides* вже вирощується промисловим способом. Але, щоб задовольнити постійно зростаючий попит у міжнародній торгівлі на рослинну сировину, постає необхідність культивувати *P. sidoides* у промислових масштабах в інших районах світу (Bryda, Stadnytska, 2021; Moyo, Van Staden, 2014) та продовжувати досліджувати інші види на вміст сполук, які мають подібні фармакологічні властивості. В одних із останніх досліджень було показано високу відтворювальну здатність рослин *P. sidoides* у тепличних умовах (Gaidarzhly et al., 2019). Такий підхід дозволить розширити спектр рослин, які використовуються у фармацевтичній і інших галузях і зменшити навантаження на природні ресурси. Метою даної роботи було дослідити батьківський вид *P. sidoides* та отримані гібриди цього виду на вміст різних фенольних сполук у вегетативних органах.

Матеріали і методи

Рослини *Pelargonium sidoides* DC. та *Pelargonium reniforme* Curt., які відносяться до секції *Reniformia* та поширені в ПАР та Лесото. *P. sidoides* має широкий ареал, в той час як ареал *P. reniforme* обмежений тільки провінцією Східний Кап (ПАР) (Dreyer, Marais, 2000). За морфологічними ознаками обидва види також

дуже схожі і легко гібридизуються між собою. Рослини обох видів мають багатolistкову розетку сизо-зелених, овально-серцеподібних з численними трихомами листків, на довгих черешках. Розміри листків *P. sidoides* в умовах культури коливаються від 5,5 до 7,5 см, а *P. reniforme* — 2,5–4,5 см завширшки. Квітки на довгому квітконосі зібрані у сплюснений зонтик, зигоморфні, у *P. sidoides* — пелюстки вузькі, темно-бордового кольору, у *P. reniforme* — більш широкі, рожевого кольору, з маловираженим малюнком на двох верхніх пелюстках. Останній вид з віком утворює невеличке стебло.

Гібридні рослини за зовнішніми морфологічними ознаками ближче до *P. reniforme*, але форма, розмір пелюсток та колір квітки варіює від світло-бордового до рожево-червоного (Maree, Viljoen, 2012) (рис. 1). В роботі були використані як рослини *P. sidoides*, так і гібрид, отриманий від схрещування обох видів, з квітками світло-бордового кольору (*Pelargonium hybridum* = *P. sidoides* × *P. reniforme*).



Рис. 1. Рослини *Pelargonium sidoides* (зліва) та отриманий *Pelargonium hybridum* (справа).

Рослини вирощували в двох теплицях із різними температурними умовами: перша теплиця з температурою 15 °C взимку та 25 °C влітку, друга теплиця з температурою 15 °C взимку та 37 °C влітку.

Для анатомічних досліджень брали середню частину листової пластинки та кореня півторарічних рослин *P. sidoides* та отриманого з нього гібриду, які вирощували в захищеному ґрунті. Зразки фіксували фіксатором FAA (формальдегід, ацетат, альдегід). Заливали в желатин за стандартною методикою (Romeis, 1948) та за допомогою заморожуючого мікромора

виготовляли поперечні зрізи товщиною 15–20 мкм. Зрізи фарбували сафраніном. Мікроскопічні виміри проводили за допомогою мікроскопа XSP-146TR та програми Image J.

Для біохімічного аналізу використовували листки, стебла та корені батьківських рослин *P. sidoides* та отриманих гібридів.

Фенольні сполуки вилучали 96 %-ним етанолом із замороженого рідким азотом та подрібненого рослинного матеріалу протягом 45 хв за +45 °С (Zagoskina et al., 2005). Гомогенати центрифугували (13000 об/хв, 10 хв) і надосадову рідину використовували для спектрофотометричного визначення різних класів фенольних сполук.

Загальний уміст фенольних сполук у листках, стеблi, корені визначали спектрофотометричним методом за допомогою реактиву Фоліна-Чекольтеу (Sibhatullina et al., 2011). Оптичну густину реакційної суміші визначали за довжини хвилі 720 нм. Калібрувальний графік будували за галовою кислотою.

Загальний вміст флавоноїдів у перерахунку на рутин та абсолютну масу сухої речовини визначали за методом Тринєєвої та співавторів (Trineeva et al., 2014) за $\lambda = 410$ нм і виражали у відсотках.

Вміст фенолкарбонових кислот у рослинній сировині визначали спектрофотометрично за довжини хвилі 327 нм (Abramova et al., 2011). Кількість суми фенолкарбонових кислот (X) у перерахунку на галову кислоту розраховували за формулою:

$$X = D \cdot V1 \cdot V3 / (m \cdot E \cdot V2);$$

D — оптична густина дослідного розчину;

V1 — загальний об'єм дослідного розчину (A) (мл);

V2 — аліквота розчину A (мл);

V3 — об'єм дослідного розчину (B), взятий для спектрофотометрії (мл);

m — наважка рослинної сировини (г);

E = 531 питомий показник поглинання галової кислоти за $\lambda = 327$ нм.

Концентрацію фенольних антиоксидантів в екстрактах визначали спектрофотометрично із використанням вільного стабільного радикалу 2,2-дифеніл-1-пікрілгідразида (ДФПГ) (Brand-Williams et al., 1995). Оптичну густину реакційної суміші визначали за довжини хвилі 517 нм. Інгибування ДФПГ (ІнДФПГ) розраховували за формулою:

$$\text{ІнДФПГ} = 100 (D_k - D_o) / D_k, \text{ де:}$$

D_k — оптична густина за відсутності антиоксидантів (контроль);

D_o — оптична густина за присутності антиоксидантів.

Спектрофотометричні дослідження фенольних сполук здійснювали у 5-ти біологічних пробах. Статистичну обробку результатів здійснювали методом варіаційної статистики ANOVA з використанням пакету програм «Statistica 6,0».

Результати та обговорення

Проведене анатомічне порівняння *P. sidoides* та *P. hybridum* показало, що будова кореня та листка *P. sidoides* та його гібрида подібна (будова *P. sidoides* була детально описана нами раніше (Gaidarzhy et al., 2019)). Півторарічні корені вкриті потужною малосуберинізованою перидермою (рис. 2А), в коровій та серцевинній паренхімі спостерігається велике скопчення крохмалю та ідіобластів. Провідна система колатеральна пучкового типу зі склеренхіматизованою первинною флоемою.

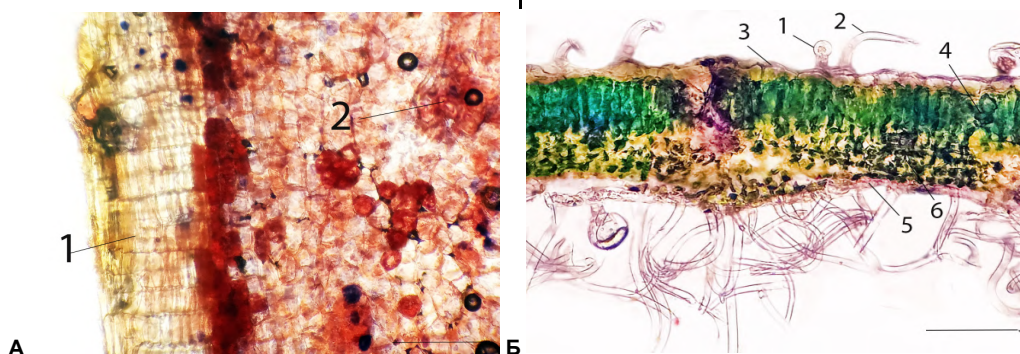


Рис. 2. Анатомічна будова 1,5 річного *Pelargonium hybridum*, bar = 100 мкм: А) корова частина кореня: 1 — перидерма, 2 — склеренхіма; Б) поперечний переріз листової пластинки: 1 — залозисті трихоми, 2 — незалозисті трихоми, 3 — адаксіальна епідерма, 4 — стовпчастий мезофіл, 5 — абаксіальна епідерма, 6 — губчастий мезофіл.

Листки батьківського виду та отриманого гібриду мали теж подібну анатомічну будову: амфістоматичний, дорсовентральний тип та анізоцитні продихи. Одношаровий епідерміс з обох боків вкритий невеликими залозками з двоклітинною ніжкою і одноклітинною голівкою та незалозистими простими багатоклітинними гачкуватими трихомами (рис. 2Б). Ефірні олії присутні не лише в залозистих трихомах, а і в мезофілі у вигляді включень. Провідна система представлена колатеральними провідними пучками. Разом з цим, спостерігаються певні морфометричні відмінності. Зокрема, у гібрида товщина листкова пластинка $118,4 \pm 4,3$ мкм проти $168,1 \pm 5,2$ мкм у *P. sidoides*. Відповідно товщина стовпчастого та губчастого мезофілів, а також епідермісу також менша у гібрида. Наприклад, товщина адаксіального епідермісу гібрида становить $17,2 \pm 0,68$ мкм, абаксіального — $6,46 \pm 0,39$ мкм, порівняно з відповідними значеннями у *P. sidoides* ($19,49 \pm 0,58$ мкм і $8,00 \pm 0,37$ мкм). Більш тонкий епідерміс компенсується густішим розміщенням трихом на поверхні листка гібрида. Довжина трихом у гібрида також більша: на верхній поверхні листка гібрида наявні трихоми довжиною до 145 мкм, на нижній — до 390 мкм, порівняно з відповідними значеннями у вида — до 100 мкм та до 300 мкм. Отже, наявне густе опушення листків дозволяє розглянутим рослинам витримувати жаркі умови вирощування. Якісних відмінностей

між *P. sidoides* та *P. hybridum* у включеннях та залозистих трихомах нами виявлено не було.

Відомо, що умови вирощування рослин значно впливають на синтезуючу здатність рослин. Тому, з метою підбору ефективніших умов вирощування дорослі (3,5 роки) рослини *P. sidoides* вирощували у двох теплицях із різними температурними умовами: перша теплиця з температурою 15°C взимку та 25°C влітку, друга теплиця з температурою 15°C взимку та 37°C влітку. Вирощування з високими літніми температурами супроводжувалося більш потужним утворенням запасливого коріння, що потенційно збільшує отримання корисних речовин з коренів даної рослини. Також було визначено загальну кількість флавоноїдів (речовин, які виявляють різноманітну фітотерапевтичну дію) у перерахунку на рутин у листках 3,5 річних батьківських рослин, що в умовах холоднішої теплиці становила $1,4 \pm 0,53$ %, тоді як в умовах теплішої теплиці кількість флавоноїдів у листках становила $2,31 \pm 0,52$ %. Таким чином, було встановлено, що за вирощування в тепліших умовах кількість флавоноїдів в листках зростає майже вдвічі, а також рослина активніше запащає речовини в корінні. З метою перевірки впливу температури, частину отриманих гібридних рослин також вирощували в теплиці з вищою температурою і частину у відносно холоднішій теплиці, після чого перевіряли загальний вміст флавоноїдів в листках та коренях цих рослин (табл. 1).

Таблиця 1. Сумарний вміст флавоноїдів у рослин роду *Pelargonium* віком 1,3 роки, % у перерахунку на рутин та масу сухої речовини

Орган	Таксон	<i>Pelargonium hybridum</i>	<i>Pelargonium sidoides</i>
листки (1 — теплиця з $t = 15-25^{\circ}\text{C}$)		$3,73 \pm 1,19$	$2,11 \pm 0,45$
листки (2 — теплиця з $t = 15-37^{\circ}\text{C}$)		$5,53 \pm 0,24$	$3,54 \pm 0,53$
коріння (1 — теплиця з $t = 15-25^{\circ}\text{C}$)		$1 \pm 0,38$	$0,31 \pm 0,13$
коріння (2 — теплиця з $t = 15-37^{\circ}\text{C}$)		$1,22 \pm 0,29$	$0,29 \pm 0,18$

Як видно з таблиці 1, у листках усіх груп виявлено більше флавоноїдів, ніж в корінні. У гібрида вміст у листках був більший майже в 4 рази в обох варіантах вирощування. У чистого виду вміст у листках був більший у 7 разів за вирощування в більш холодних умовах, та в 12 разів при вирощуванні з високими літніми температурами. Також у гібридних рослин в півтора рази більша кількість флавоноїдів у

листках і в 3–4 рази більше в корінні, ніж у *P. sidoides*. За умов вирощування в теплиці з субтропічними умовами синтезувалось у півтора рази більше флавоноїдів у всіх групах, порівняно з умовами холодної теплиці. Така ефективність синтезуючої активності рослин при вирощуванні за високих температур може пояснюватись адаптаційними механізмами, що ево-

люційно виникли, оскільки природнім ареалом даного виду є Південна Африка.

Разом з цим, у 3,5 річних рослин *P. sidoides* кількість флавоноїдів вдвічі менша порівняно з півторарічними рослинами, що говорить про відсутність потреби вирощувати дані рослини такий тривалий термін для промислового використання.

Оскільки рослини, вирощені в умовах з високими літніми температурами, показали значно вищі результати вмісту флавоноїдів, було досліджено додатково 3-місячні гібридні рослини з цієї теплиці. Так, у листках виявили $2,16 \pm 0,69$ %, а в корінні — $1 \pm 0,48$ % флавоноїдів у перерахунку на рутин та масу сухої речовини. Ці показники в корінні більші ніж у корінні батьківських півторарічних рослин *P. sidoides*.

Одним із важливих елементів вторинного синтезу, зокрема і *P. sidoides*, є фенольні сполуки (Lattanzio, 2013). Функції фенольних сполук надзвичайно різноманітні і ще далеко не вивчені. До основних властивостей фенольних сполук відносять здатність забарвлювати вегетативні і генеративні органи, надавати смак і запах, а також здатність поглинати ультрафіолетове світло, антиоксидантна, радикалзв'язувальна та комплексотворювальна властивості. Використовуючи ці властивості, фенольні сполуки здатні гасити окислювальний «вибух», нейтралізувати активні радикали і виводити з організму важкі

метали та радіоактивні елементи, тобто захищати рослини і живі організми від дії несприятливих чинників (Caretto et al., 2015). В даний час доведено, що всі фенольні сполуки, за невеликим винятком, є активними метаболітами клітинного обміну і грають важливу роль у різних фізіологічних процесах — фотосинтезі, диханні, рості, стійкості рослин до інфекційних хвороб (Broun, 2005). Про важливу біологічну роль поліфенолів свідчить характер їх розподілу в рослині. Найбільше їх міститься в активно функціонуючих органах — листках, квітках (надають їм забарвлення і аромат), плодах, паростках, а також в покривних тканинах, що виконують захисні функції. Різні органи і тканини відрізняються не тільки кількістю поліфенолів, але і якісним їх складом (Cheynier et al., 2013).

Рослини, що вирощувалися в найбільш оптимальних умовах (з підвищеними літніми температурами) були також вивчені на вміст загальних фенолів, фенолкарбонових кислот, фенольних антиоксидантів у вегетативних органах (табл. 2). Аналіз отриманих результатів показує, що найбільший вміст загальних фенолів характерний для коренів (*P. sidoides*, 135,5 мг/г сух. реч.; *P. hybridum*, 79,6 мг/г сух. реч.), порівняно з іншими органами. Також можна відмітити більший вміст загальних фенолів у всіх органах *P. sidoides*, порівняно з такими у *P. hybridum*.

Таблиця 2. Вміст фенольних сполук у рослин роду *Pelargonium* віком 1,3 роки

<i>Pelargonia sidoides</i>			
Показник	Листки	Стебло	Корінь
Загальні феноли, мг/г сух. реч.*	79,9 ± 3,22	72,3 ± 0,50	135,5 ± 0,85
Фенолкарбонові кислоти, мг/г сух. реч.*	7,34 ± 0,313	0,47 ± 0,040	2,03 ± 0,080
Антиоксиданти, мг-екв ДФПГ/г сух. реч.	0,28 ± 0,005	0,25 ± 0,002	0,42 ± 0,007
<i>Pelargonia hybridum</i>			
Загальні феноли, мг/г сух. реч.*	62,2 ± 1,46	63,3 ± 2,09	79,6 ± 1,91
Фенолкарбонові кислоти, мг/г сух. реч.*	3,32 ± 0,028	2,75 ± 0,095	1,41 ± 0,028
Антиоксиданти, мг-екв ДФПГ/г сух.реч.	0,13 ± 0,004	0,25 ± 0,006	0,24 ± 0,005

* у перерахунку на галову кислоту.

Антиоксидантні властивості фенолів, вміст яких підвищується за дії токсикантів, можуть виявлятися у знешкодженні активних форм оксигену. Головним діючим початковим елементом, що забезпечує фенольним антиоксидантам здатність гальмувати вільнорадикальні процеси окиснення, є гідроксильна група, яка приєднана до ароматичного кільця та містить рухливий атом гідрогену. Разом з тим, антиоксидантний

ефект поліфенолів реалізується за наявності й інших окисно-відновних пар. Згідно з даними наукової літератури, помічена кореляція між умістом загальних фенолів та антиоксидантів (Elfalleh et al., 2012). Така ж залежність відмічена і в наших дослідках (табл. 2), чим вищий уміст загальних фенолів, тим вищий і вміст антиоксидантів у органах.

Фенолкарбонові кислоти, як правило, вважаються нетоксичними і часто входять до складу багатьох традиційних фітозасобів. Більшість із них мають здатність поглинати активні форми кисню, такі як органічні та неорганічні перекиси, вільні радикали і синглетний кисень. Дослідні рослини значно відрізняються за вмістом та розподілом по органах фенолкарбонових кислот. Найбільший вміст фенолкарбонових кислот відмічено у листках, порівняно з іншими вегетативними органами (табл. 2). Найбільше їх у листках *P. sidoides* (7,34 мг/г сух. реч.), що вдвічі перевищує вміст цих речовин у гібридних рослин. У корені *P. sidoides* фенолкарбонових кислот також більше ніж у гібридів. Лише у стеблї гібридів було виявлено в 5 разів вищі концентрації цих кислот, порівняно з стеблами чистих видів.

Висновки

Отримані результати підтверджують ефективність вирощування *P. sidoides* та його гібридів в умовах теплиці з високими літніми температурами та використання гібридних рослин для фармакологічної промисловості з метою отримання флавоноїдів, порівняно з *P. sidoides*. Важливо, що листки показали також високі результати за вмістом флавоноїдів та фенолкарбонових кислот, тому доцільно використовувати їх як сировину для фармакологічної промисловості, оскільки на сьогодні як сировину використовують переважно корені. Виявлена відмінність у локалізації та кількості вторинних метаболітів вказує на необхідність детального вивчення інших речовин фенольної природи у листках та коренях цих пеларгоній з можливим подальшим використанням їх як лікарської сировини. Отже, проведені дослідження відкривають нові перспективи використання поліфенолів в медицині і фармакогнозії, а вирощування перспективніших гібридних форм дозволить зменшити негативний вплив на біорізноманіття природи.

Перелік літератури

1. Abramova Ya. I., Kalynkyna H. I., Chuchalyn V. S. Razrabotka metodiki kolychestvennogo opredeleniia fenolnyh soedineniy v zhelchegonnom sbore № 2. *Himiia rastitel'nogo syr'ia*. 2011. Vol. 4. P. 265–268. [in Russian] / Абрамова Я. И., Калинин Г. И., Чучалин В. С. Разработка методики количественного определения фенольных соединений в

- желчегонном сборе № 2. Химия растительного сырья. 2011. № 4. С. 265–268.
2. Broun P. Transcriptional control of flavonoid biosynthesis: a complex network of conserved regulators involved in multiple aspects of differentiation in Arabidopsis. *Current Opinion in Plant Biol.* 2005. Vol. 8(3). P. 272–279. doi: 10.1016/j.pbi.2005.03.006.
3. Bryda O. R., Stadnytska N. E. *Pelargonium sidoides*, *Hedera hibernica* and *Origanum vulgare* in the pharmaceutical preparations presented on the markets of Ukraine and Poland. *Pharmaceutical review*. 2021. Vol. 3. P. 37–49. <https://doi.org/10.11603/2312-0967.2021.3.12395> [in Ukrainian] / Брида О. Р., Стадницька Н. Є. *Pelargonium sidoides*, *Hedera hibernica* та *Origanum vulgare* в складі фармацевтичних препаратів, представлених на ринках України та Польщі. *Фармацевтичний часопис*. 2021. № 3. С. 37–49.
4. Caretto S., Linsalata V., Colella G., Mita G., Lattanzio V. Carbon fluxes between Primary Metabolism and Phenolic Pathway in Plant Tissues under Stress. *Intern. J. of Mol. Sci.* 2015. Vol. 16. P. 26378–26394. doi: 10.3390/ijms161125967.
5. Cheyrier V., Comte G., Davies K. M., Lattanzio V., Martens S. Plant phenolics: Recent advances on their biosynthesis, genetics, and ecophysiology. *Plant Physiol. and Biochem.* 2013. Vol. 72. P. 1–20. doi: 10.1016/j.plaphy.2013.05.009.
6. Dreyer L. L., Marais E. M. Section Reniformia, a new section in the genus *Pelargonium* (Geraniaceae). *South African Journal of Botany*, 2000. Vol. 66(1). P. 44–51. doi:10.1016/S0254-6299(15)31050-4.
7. Elfalleh W., Hannachi H., Tlili N., Yahia Ya., Nasri N., Ferchichi A. Total phenolic contents and antioxidant activities of pomegranate peel, seed, leaf and flower. *J. Med. Plants Res.* 2012. Vol. 6. P. 4724–4730. doi: 10.5897/JMPR11.995.
8. Gaidarzhy M. M., Holubenko A. V., Nuzhyina N. V., Futorna O. A., Senchylo O. O. Ontogenesis of *Pelargonium sidoides* (Geraniaceae) under greenhouse conditions. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*. 2019. Vol. 10(2). P. 159–164. doi:10.15421/021923
9. Iacovelli F., Costanza G., Romeo A., Cosio T. et al. Interaction of *Pelargonium sidoides* compounds with Lactoferrin and SARS-CoV-2: Insights from Molecular Simulations. *Int.*

- J. Environ. Res. Public Health*. 2022. Vol. 19. P. 52–54. doi:10.3390/ijerph19095254
10. Kamin W., Maydannik V. G., Malek F. A., Kieser M. Efficacy and tolerability of EPs 7630 in patients (aged 6-18 years old) with acute bronchitis. *Acta Paediatr.* 2010a. Vol. 99 (1). P. 537–543. doi:10.1111/j.1651-2227.2009.01656.x
11. Kamin W., Maydannik V. G., Malek F. A., Kieser M. Efficacy and tolerability of Eps 7630 in children and adolescents with acute bronchitis — A randomized, double-blind, placebocontrolled multicenter trial with an herbal drug preparation from *Pelargonium sidoides* roots. *Int. J. Clin. Pharmacol. Ther.* 2010b. Vol. 48(3). P. 184–191. doi: 10.5414/cpp48184.
12. Kamin W., Ilyenko L. I., Malek F. A., Kieser M. Treatment of acute bronchitis with EPs 7630: randomized, controlled trial in children and adolescents. *Pediatrics International*. 2012. Vol. 54(2). P. 219–226. doi:10.1111/j.1442-200X.2012.03598.x
13. Kayser O., Lattè K., Kolodziej H., Hammersmidt F.-J. Composition of the essential oils of *Pelargonium sidoides* DC. and *Pelargonium reniforme* Curt. *Flavour and Fragrance Journal*. 1998. Vol. 13(3). P. 209–212. doi:10.1002/(SICI)1099-1026(199805/06)13:3<209:AID-FFJ731>3.0.CO;2-U
14. Kolodziej H. Fascinating metabolic pools of *Pelargonium sidoides* and *Pelargonium reniforme*, traditional and phytomedicinal sources of the herbal medicine Umckaloabo. *Phytomedicine*. 2007. Vol. 14(6). P. 9–17. doi:10.1016/j.phymed.2006.11.021.
15. Lattanzio V. Phenolic Compounds: Introduction. In Handbook of Natural Products. Ed. K. G. Ramawat, J. M Merillon. Germany, Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, 2013. P. 1543–1580. doi:10.1007/978-3-642-22144-6_57.
16. Lewu F. B., Adebola P. O., Afolayan A. J. Commercial harvesting of *Pelargonium sidoides* in the Eastern Cape, South Africa: Striking a balance between resource conservation and rural livelihoods. *J. of Arid Environments*. 2007. Vol. 70(2). P. 380–388. doi:10.1016/j.jaridenv.2006.12.022
17. Lewu F. B., Grierson D. S., Afolayan A. J. The leaves of *Pelargonium sidoides* may substitute for its roots in the treatment of bacterial infections. *Biological Conservation*. 2006. Vol. 128(4). P. 582–584. doi:10.1016/j.biocon.2005.10.018
18. Maidannyk V. G. Application extract *Pelargonium sidoides* in pediatric patients. *Mizhnarodnyi J. pediatrii, akusherstva ta hinekolohii*. 2016. Vol. 10, № 2–3. P. 29–43 / Майданник В. Г. Застосування екстракту *Pelargonium sidoides* (eps® 7630) в педіатричній практиці. *Міжнародний журнал педіатрії, акушерства та гінекології*. 2016. Том 10, № 2–3. С. 29–43.
19. Maree J. E., Viljoen A. M. Phytochemical distinction between *Pelargonium sidoides* and *Pelargonium reniforme* — A quality control perspective. *South African J. of Botany*. 2012. Vol. 82. P. 83–91. doi:10.1016/j.sajb.2012.07.007.
20. Moyo M., van Staden J. Medicinal properties and conservation of *Pelargonium sidoides* DC. *J. of Ethnopharmacology*. 2014. Vol. 152. P. 243–255. doi: 10.1016/j.jep.2014.01.009.
21. Sibhatullina H. V., Khaiertdinova L. R., Humierova Ye. A., Akulov A. N., Kostiuкова Yu. A., Nikonorova N. A., Rumiantseva N. I. Metody opredeleniya redoks-statusa kultiviruemykh kletok rastenii. Kazan: Kazanskii (Privolzhskii) Federalnyi universitet, 2011. 61 p. [in Russian] / Субхатуллина Г. В., Хаертдинова Л. Р., Гумерова Е. А., Акулов А. Н., Костюкова Ю. А., Никонорова Н. А., Румянцева Н. И. Методы определения редокс-статуса культивируемых клеток растений. Казань: Казанский (Приволжский) Федеральный университет, 2011. 61 с.
22. Romeis B. Mikroskopische technik [Microscopic technique]. München, R. Oldenbourg. 1948. [in German].
23. Theisen L. L., Muller C. P. EPs® 7630 (Umckaloabo®), an extract from *Pelargonium sidoides* roots, exerts anti-influenza virus activity *in vitro* and *in vivo*. *Antiviral Research*. 2012. Vol. 94(2). P. 147–156. doi:10.1016/j.antiviral.2012.03.006
24. Trineeva O. V., Slivkin A. I., Voropaeva S. S. Development and validation of a technique of quantitative definition flavonoids in nettle leaves a two-blast furnace. *Vestnik VGU, Himiya, Biologiya, Farmaciya*. 2014. Vol. 1. P. 138–144. [in Russian] / Тринеева О. В., Сливкин А. И., Воропаева С. С. Разработка и валидация методики количественного флаваноидов определения в листьях крапивы двудомной.

Вестник ВГУ, Химия, Биология, Фармация. 2014. № 1. С. 138–144.

25. Wynberg R., van Niekerk J., Kozanayi W., Laird S. Formalisation and the non-timber forest product sector: experiences from southern Africa. Report. Centre for International Forestry Research, Bogor, Indonesia. 2012. 64 p.
26. Zagoskina N. V., Oliienichenko N. A., Yunvei Ch., Zhyvukhina E. A. Sposobnost razlichnykh sortov pshenytsy (*Triticum aestivum* L.) k obrazovaniiu fenolnykh soedinenii. *Prikladnaia biokhimiia i mikrobiolohiia*. 2005. 41. P. 113–116. [in Russian] / Загоскина Н. В., Олениченко Н. А., Юньвэй Ч., Живухина Е. А. Способность различных сортов пшеницы (*Triticum aestivum* L.) к образованию фенольных соединений. *Прикладная биохимия и микробиология*. 2005. 41. С. 113–116.

Стаття надійшла до редакції 24.10.2022,
прийнята до друку 17.11.2022

THE PERSPECTIVES OF USING PELARGONIUM SIDOIDES HYBRIDS

N. V. Nuzhyna, L. M. Batsmanova, A. M. Kosian,
V. M. Maliarenko, M. M. Gaidarzhy

Taras Shevchenko Kyiv National University
Ukraine, 01601, Kyiv, Volodymyrska str., 64/13
e-mail: nuzhynan@gmail.com

Purpose. The *Pelargonium sidoides* DC. is a valuable medicinal plant, and its irrational use in nature may lead to the species receiving rare status in the future. Obtaining *P. sidoides* hybrids with a higher content of phenolic compounds will

expand the range of plants used in the pharmaceutical industry and reduce the pressure on natural resources. The purpose was to improve methods of growing *P. sidoides* in greenhouse conditions, obtain hybrids of this species, and research them for the content of various phenolic compounds in vegetative organs. **Methods.** Light microscopy, spectrophotometry (determination of the total content of phenols and flavonoids, the content of phenolic antioxidants and phenolic acids). **Results.** The anatomical structure of the leaves and roots of the obtained hybrids did not differ significantly from those of the pure species. It has been found that growing *P. sidoides* and its hybrids in greenhouse conditions with high summer temperatures increase the synthesis and accumulation of phenolic substances in all vegetative organs. It is important to emphasize that high levels of flavonoids and phenol carboxylic acid have been detected in the leaves, so it is advisable to use them as raw materials for the pharmaceutical industry also. **Conclusion.** The cultivation methods of the studied plants have been improved. The use of hybrid plants for obtaining flavonoids is more effective for the pharmaceutical industry but less practical in getting other phenolic compounds compared to *P. sidoides* have been found. The revealed difference in the localization and amount of secondary metabolites indicates the need for a detailed study of other substances of a phenolic nature in the leaves and roots of these pelargoniums.

Keywords: phenols, flavonoids, anatomical structure, *Pelargonium sidoides* × *reniforme*.