

Мінеральний склад рослин *Salvia verticillata* L. та *Salvia patens* Cav.

О. А. Корабльова^{1*}, Д. Б. Рахметов¹, Н. Е. Фролова²,
О. М. Вергун¹, О. М. Семенченко³

¹Національний ботанічний сад імені М. М. Гришка НАН України, вул. Тимірязєвська, 1, м. Київ, 01014, Україна,
*e-mail: okorablova@ukr.net

²Національний університет харчових технологій, вул. Володимирська, 68, м. Київ, 01601, Україна

³ООО «ЭСЭНСИТ», пр-т Повітрофлотський, 19/1, м. Київ, 03049, Україна

Мета. Визначити мінеральний склад рослин новостворених сортів *Salvia verticillata* L. 'Мушкетер' та *Salvia patens* Cav. 'Маестро' селекції НБС імені М. М. Гришка НАН України для з'ясування придатності їх використання у харчовій та фармацевтичній галузях промисловості України. **Методи.** Рентгено-флуоресцентний метод визначення елементного складу рослинної сировини. **Результати.** Наведено результати вмісту мінеральних елементів у надземній частині рослин *S. verticillata* та *S. patens* у фазах відростання, бутонізації та квітнування, а також залежно від їх здатності поглинати елементи з ґрунту і накопичувати у надземній частині та коренях. Встановлено, що надземна частина рослин досліджуваних сортів містить усі 5 найважливіших у житті рослин елементів – K, Fe, Cu, Zn та Mn. Достатньо високим є вміст мезоелементів Ca та S. Кількість визначених у рослинах елементів Pb, Sr і Zr незначна. Встановлено, що незважаючи на високу концентрацію Si у ґрунті на дослідних ділянках, у рослини цей елемент потрапляє у незначних кількостях. Елементи Mn, K, Sr накопичуються в надземній частині. Було визначено, що елементи за зростанням їх вмісту в надземній частині *S. verticillata* можна розташувати в такому порядку K>Ca>Si>Mg>Fe>P>Na>Al>Zn>Mn>Cu, а у надземній частині *S. patens* відповідно: K>Si>Ca>Mg>P>Fe>Na>Al>Zn>Mn>Sr>Cu. Вміст цинку та свинцю у досліджуваних рослинах знаходився у межах гранично допустимих концентрацій для рослинної сировини та продуктів харчування. **Висновки.** Вперше в умовах інтродукції у Правобережному Лісостепу України для сортів рослин *S. verticillata* ('Мушкетер') та *S. patens* ('Маестро') визначено вміст макро- та мікроелементів, які безпосередньо пов'язані з метаболізмом біологічно активних сполук. З'ясовано особливості їх розподілу при транспортуванні з ґрунту в корені та у надземну масу, а також залежність їх вмісту від фази розвитку рослин. Мікроелементи Pb, Ni, Mo, Co, Cd, As та Hg виявлені в незначних кількостях. Отримані результати будуть використані в хемотаксономії представників роду *Salvia*, для оцінювання та порівняння якості рослинної сировини, вивчення фармакологічних властивостей цих рослин і використання їх у медицині та харчовій промисловості. Отримані дані мають як наукове, так і практичне значення для добору господарсько-цінних видів, у селекції нових сортів та збагаченні флори України.

Ключові слова: *Salvia*; сорт; мікро- та макроелементи.

Вступ

Рід *Salvia* L., що належить до підродини Nepetoideae, є одним з найбільших у родині

Lamiaceae, і налічує близько 900 видів [1, 2]. Велика кількість рослин серед видів роду є ароматичними, що робить їх важливими з комерційної точки зору. Представники роду містять значну кількість ефірної олії та використовуються як кулінарні трави та ароматизатори при виготовленні страв і напоїв [3], парфумерних виробів [4]. Ряд видів *Salvia* використовують як декоративні рослини [5] та як фітосировину для лікарських засобів [6–8].

Лікарське застосування видів роду *Salvia* різноманітне завдяки їх різному фармакологічному значенню. Деякі з них використовують як стимулятори і регулятори органів травлення з додатковими антисептичними

Olga Korablova

<http://orcid.org/0000-0001-6656-4640>

Jamal Rakhmetov

<http://orcid.org/0000-0001-7260-3263>

Natalia Frolova

<http://orcid.org/0000-0001-9248-3262>

Olena Vergun

<http://orcid.org/0000-0003-2924-1580>

Olga Semchenko

<http://orcid.org/0000-0003-1869-0874>

властивостями. Інші види рослин *Salvia* відомі своїми жарознижуючими, знеболюючими та відхаркувальними властивостями і можуть бути застосовані в терапії грипу і застуди. Деякі види використовуються у терапії психозів, депресій, неврозів у зв'язку з седативними властивостями відповідних відварів [7, 8]. Шавлію кільчасту *S. verticillata* та шавлію відхилену *S. patens* використовують за різних захворювань у народній медицині та як медоносні рослини [9]. Однак, детального вивчення цих культур в Україні не проводили. Дослідження останніх років свідчать також про значний антидіабетичний ефект при використанні засобів із *S. verticillata* [10–13].

У НБС НАНУ на базі генофонду пряноароматичних рослин та інтродукційних популяцій вперше в Україні створено два нових сорти *S. verticillata* та *S. patens* – ‘Мушкетер’ і ‘Маестро’, які занесено до Реєстру сортів рослин України у 2016 р. [14]. У той же рік культури *S. patens* та *S. verticillata* було включено до ТУ України «Зелень пряноароматичних рослин (свіжа і сушена) та насіння».

Ступінь забезпеченості рослинних і тваринних організмів (у тому числі й людини) мікроелементами залежить від їх вмісту в навколишньому середовищі і, перш за все, у ґрунті. Свого часу було запропоновано теорію про біогеохімічні провінції, яка спирається на визнання того, що в деяких регіонах навколишнє середовище і, перш за все, ґрунт не містить зовсім або містить недостатню кількість деяких мікроелементів або, навпаки, містить їх забагато, що і зумовлює виникнення і розповсюдження масових, властивих даних місцевості, ендемічних захворювань [15]. Вміст різних елементів у лікарській рослинній сировині залежить від конкретної екологічної ситуації в районі заготівлі.

Рослини – організми, які з неорганічних речовин синтезують органічні, необхідні для життєдіяльності людини і тварин [16]. У процесі асиміляції в рослинах утворюються речовини первинного синтезу. До них відносяться: амінокислоти, білки, вуглеводи, ліпіди, вітаміни, органічні кислоти та ферменти [17, 18].

На жаль, за останнє десятиліття екологічна ситуація помітно погіршилась. Зниження контролю за виробничою діяльністю провокує посилення техногенного пресингу на навколишнє середовище. З активізацією діяльності людини та бурхливим розвитком науки і техніки з'явилося багато нових чинників негативного впливу на довкілля: хімізація сільського господарства, розвиток атомної енергетики та усіх видів транспорту,

гірничодобувної та металургійної промисловості. Надмірне накопичення важких металів або різні порушення оптимальних співвідношень елементів у рослинах можуть призвести до тяжких наслідків, оскільки сполуки з лікарської сировини переходять у лікарські форми і можуть потрапляти до організму людини. Аналіз отриманих результатів свідчить, що найвищий вміст токсичних елементів спостерігається в рослинах, які вегетують на піщаних дерново-підзолистих, а найнижчий – на торфово-болотних ґрунтах [19]. А. Л. Ковалевський [20] вказував, що рослини поглинають хімічні елементи вибірково, відповідно до їх біологічних особливостей, вироблених тривалою еволюцією і закріплених біохімічними механізмами.

З усіх відомих елементів, 81 знайдено в організмі людини. При цьому 15 з них (Fe, J, Cu, Zn, Co, Cr, Mo, Ni, V, Se, Mn, As, F, Si, Li) визнані есенціальними, тобто життєво необхідними [21]. При нестачі Zn можливі розвиток карликовості, уповільнення статевого розвитку, ураження шкіри та слизових оболонок, при надлишку – розвиток анемії. Zn сприяє підвищенню жаро-, посухо- та морозостійкості рослин, бере участь у метаболізмі азоту, вуглеводнів, фосфатів, синтезі ДНК. Нестача в організмі людини Co призводить до недостатнього синтезу вітаміну B та анемії. Нестача J викликає зобну хворобу, а його надлишок, як і Co, призводить до ослаблення синтезу сполук йоду в щитовидній залозі. K впливає на обмін білків та вуглеводнів, бере участь у фотосинтезі, підвищує стійкість рослин до посухи. Ca – обов'язкова складова всього живого, необхідний для зміцнення імунітету. S – входить до складу білків, пептидів, летких органічних сполук та деяких вітамінів, є складовою амінокислот. Fe – бере участь у процесах дихання, входить до складу ферментів, які беруть участь у синтезі хлорофілу в рослинах, а також у метаболізмі сірки та азоту. Mn – необхідний компонент синтезу вітаміну C, відповідає за процес засвоєння азоту та окислення заліза до нетоксичних сполук [22].

Мінерали мають велике значення для нормальної життєдіяльності живих організмів, тому недостатнє або надлишкове надходження деяких з них із їжею є ключовою причиною виникнення багатьох хвороб, пов'язаних з порушенням обміну речовин [23–25]. Перевага мінералів, які поступають із рослинною їжею, полягає у кращій їх засвоюваності людським організмом. Природний комплекс мінеральних мікро- і макроелементів відрізняється найбільш сприятливим для організму спів-

відношенням основних компонентів, чого важко досягти при створенні штучних сумішей. Знаходяться елементи в органічно зв'язаній, тобто в найбільш доступній і засвоюваній формі, а також у наборі, властивому живій природі [26–28]. Вищезазначене обумовлює необхідність вивчення процесу міграції металів-токсикантів у системі ґрунт–корінь–рослина. На нашу думку, рослини сортів *S. verticillata* та *S. patens* потребують більш ретельного вивчення їх біохімічного складу в контексті їх комплексного використання у різних галузях промисловості.

Мета досліджень – визначити мінеральний склад рослин сортів *Salvia verticillata* ‘Мушкетер’ та *Salvia patens* ‘Маестро’ селекції НБС імені М. М. Гришка НАН України для з'ясування придатності їх використання у харчовій та фармацевтичній галузях промисловості України.

Матеріали та методика досліджень

Експериментальна робота виконана в період з 2012 по 2016 роки в Національному ботанічному саду імені М. М. Гришка НАН України, розташованому в м. Києві на межі Лісостепу і Полісся України. У НБС до генетичного фонду пряноароматичних рослин залучено 26 видів, форм та сортів рослин з роду *Salvia* L. [29].

Матеріалом для роботи були рослини сортів ‘Мушкетер’ (*S. verticillata*) та ‘Маестро’ (*S. patens*) власної селекції та найвідоміший представник роду для порівняння – *S. officinalis*. Використовували надземну масу рослин, їх коріння та ґрунт з ділянок у фазі відростання, бутонізації та квітання. Рослини вирощували на колекційних ділянках НБС НАНУ. Ґрунти на ділянках темно-сірі, опідзолені, слабо змиті, ущільнені. На аналіз брали свіжу надземну масу, висушували до повітряно-сухого стану і подрібнювали.

Елементний склад рослинної сировини шавлії та ґрунту визначали рентгено-флуоресцентним методом на енерго-дисперсійному спектрометрі енергій рентгенівського випромінювання «ElvaX» на базі лабораторії Вірія LTD [30, 31]. Метод базується на вимірюванні інтенсивності ліній спектру рентгенівської флуоресценції атомів хімічного елементу при збудженні їх первинним рентгенівським випромінюванням, джерелом якого є рентгенівська трубка. Елементний склад у сировині та ґрунті також визначали на атомно-емісійному спектрометрі ДФС-8 на базі ДНУ НТК «Інститут монокристалів» НАНУ (м. Харків) з використанням приладу КАС-120 ВО «Електрон» [32].

Проби випарювали з кратерів графітових електродів у розряді дуги змінного струму силою 16 А при експозиції 60 с. Як джерело збудження спектрів було використано ІВС-28. Спектри реєстрували на фотоплівці за допомогою спектрографа ДФС-8 з дифракційною решіткою 600 штр/мм та трилінзовою системою освітлення щілини. Калібрувальні графіки в інтервалі вимірюваних концентрацій елементів будували за допомогою стандартних проб розчинів солей металів (ІС-ОРМ-23-27). При аналізі елементів використовували реактиви кваліфікації х.ч. та двічі очищену воду. Фотометрували лінії спектрів при довжині хвилі від 240 до 347 нм у пробах у порівнянні з державними зразками суміші мінеральних елементів, що відповідають складу різотрав'я, за допомогою мікрофотометра МФ-4. Відносно стандартне відхилення (для п'яти паралельних вимірів) не перевищувало 3% при визначенні чисельних величин концентрацій елементів.

Обробку результатів досліджень проводили дисперсійними статистичними методами за програмою Microsoft Excel 2010 та пакетом програм статистичного аналізу в рослинництві «AGROS» [33].

Результати досліджень

Максимальна кількість мікро- та макроелементів потрапляє до організму людини з продуктами харчування. Слід враховувати, що надлишкове надходження навіть життєво необхідних мінералів до організму може призводити до тяжких отруєнь. Перспективи використання досліджуваних видів шавлії у харчовій та фармацевтичній галузях вимагають визначення кількісного та якісного елементного складу рослинної сировини.

Надземна частина *S. verticillata* містить усі 5, найважливіших у житті рослин, елементів – К, Fe, Cu, Zn та Mn. Достатньо високим є вміст мезоелементів Ca та S, яких рослинам потрібно значно більше, ніж мікроелементів. Вміст Pb, Sr і Zr у шавлії кільчастій незначний. Елементний склад шавлії кільчастої суттєво залежав від фаз розвитку рослин (табл. 1).

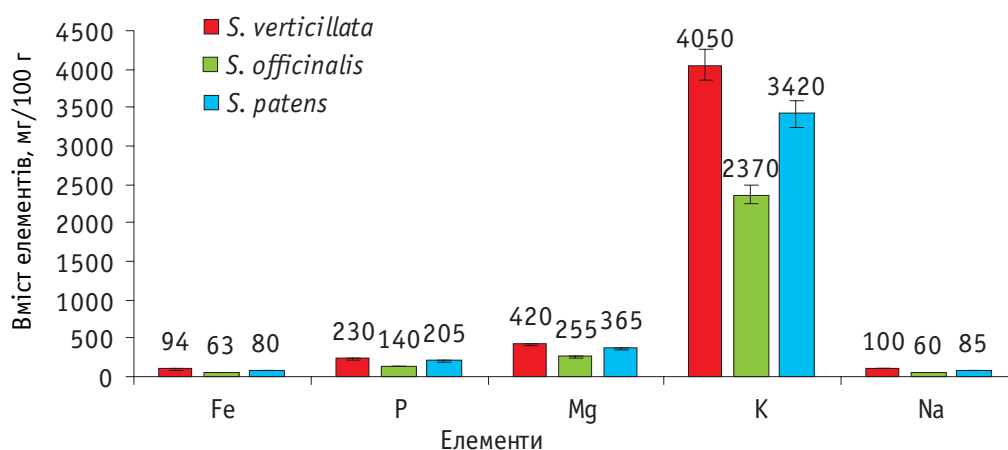
За результатами аналізів визначено, що у ґрунті вміст елементів Si, Fe, Pb, Na, P, Al, Mg, Cu найвищий. У коренях і надземній масі рослин вони у великих кількостях не накопичуються. Вміст елементів у ґрунті визначали у стадії технічної стиглості зеленої маси під час збирання її для перероблення (рис. 1).

Вміст К, Mg у ґрунті на усіх ділянках був тожним. Найвищий вміст Fe виявлено на ділянках з рослинами *S. officinalis* та *S. patens*.

Таблиця 1

Вміст елементів у надземній масі шавлії кільчатої залежно від фаз розвитку, мкг/г сухої маси

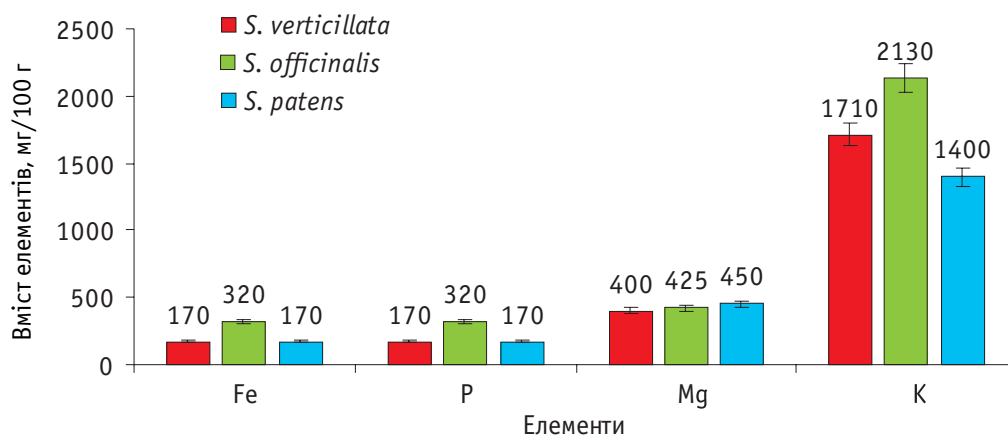
Елемент	Фаза Відростання		Фаза Бутонізація		Фаза Квітування	
	концентрація	середня статистична похибка	концентрація	середня статистична похибка	концентрація	середня статистична похибка
K	11599,12	±277,85	11128,25	±271,39	11356,98	±282,71
Ca	8377,38	±220,30	10660,85	±247,82	9975,53	±247,19
Cr	6,09	±1,25	8,16	±1,35	2,62	±0,79
Mn	8,41	±1,32	10,90	±1,50	14,92	±1,81
Fe	226,76	±7,87	405,83	±10,50	284,68	±9,07
Ni	3,76	±0,65	5,93	±0,81	1,37	±0,40
Cu	6,96	±1,15	6,47	±1,11	4,51	±0,96
Zn	22,19	±1,79	13,11	±1,37	19,80	±1,74
Br	10,58	±0,87	15,42	±1,06	11,14	±0,93
Rb	5,70	±0,54	4,90	±0,51	3,56	±0,45
Sr	42,78	±1,52	46,24	±1,58	50,05	±1,69
Zr	9,21	±0,66	21,82	±1,02	17,04	±0,93
Pb	1,27	±0,35	–	–	1,01	±0,32
S	1690,77	±424,17	593,41	±249,29	1034,09	±340,52

Рис. 1. Вміст елементів у ґрунті на ділянках *S. verticillata*, *S. officinalis* та *S. patens*

Трохи нижчий вміст під рослинами *S. verticillata*. У коренях рослин вміст Fe був на порядок меншим, ніж у ґрунті, а K навпаки накопичувався у значних кількостях (рис. 2).

Встановлено, що при досить високій концентрації Si у ґрунті дослідних ділянок, у рослини він поступає у малих кількостях і

не накопичується. Серед досліджуваних видів більший вміст Si відмічено у *S. verticillata*. У той же час, Mg активно поглинається коренями. Так K акумулюється у коренях до кількості, що у 3–4 рази перевищує його вміст у ґрунті. У листках його кількість перевищує вміст у ґрунті у 6–8 разів (рис. 3).

Рис. 2. Вміст елементів у коренях рослин *S. verticillata*, *S. officinalis* та *S. patens*

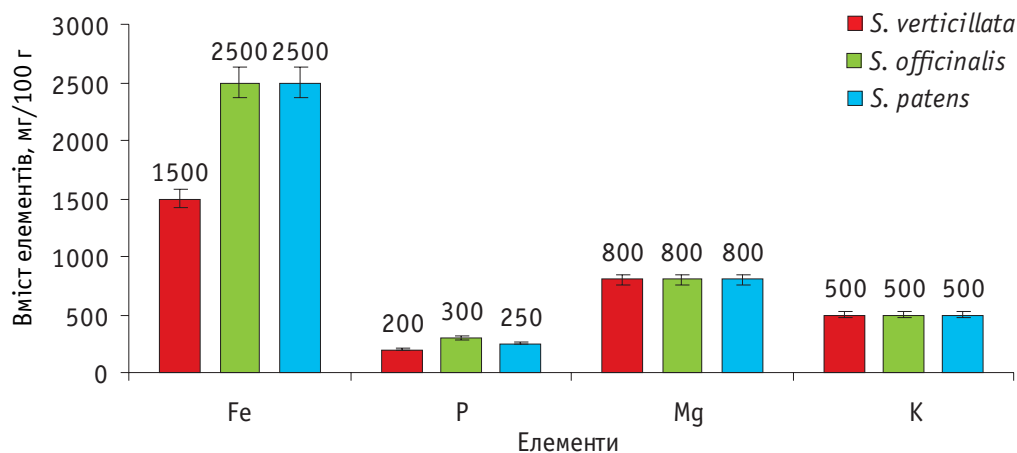


Рис. 3. Вміст елементів у надземній масі рослин *S. verticillata*, *S. officinalis* та *S. patens*

Елементи Mn, K, Sr накопичуються у надземній масі. У листках *S. verticillata* було визначено наступні елементи, які за рівнем накопичення розташовуються у такому порядку: K > Ca > Si > Mg > Fe > P > Na > Al > Zn > Mn > Cu. Мікроелементи Pb, Ni, Mo, Co, Cd, As та Hg виявлені в незначних кількостях.

Серед техногенних елементів цинк та свинець накопичувались у межах нижче гранично допустимих концентрацій (ГДК) для сировини та харчових продуктів (0,1 мг/кг). У листках шавлії знайдені помірні кількості цинку, який є життєво необхідним біомікроелементом.

Кадмій до біомікроелементів не належить, і з усіх важких металів він є одним з найнебезпечніших у зв'язку з його великим поширенням і застосуванням. У всіх досліджуваних зразках нами виявлені сліди кадмію, вміст якого значно менший за ГДК для рослинної сировини (0,05 мг/кг) та харчових продуктів і не становить загрози життю [34].

Рівень ртуті, яка не є біомікроелементом, у цілому негативно впливає на організм. Визначені нами концентрації ртуті (< 0,01) значно менші за ГДК, яка складає 0,1 мг/кг сировини.

У листках виявлені невеликі кількості стронцію, проте це не викликає занепокоєння, адже пряні трави використовуються у дуже малих кількостях, а природний (нерадіоактивний) стронцій з їжею засвоюється тільки на 5% і може викликати захворювання переважно при недостатній кількості кальцію, селену та вітаміну D. Крім того слід враховувати, що важкі метали при переробці рослинної сировини екстрагуються лише частково, що значно зменшує їх кількість у кінцевому продукті.

Варто зауважити, що підвищений вміст міді у траві шавлії може призвести до окиснення та зниження фізіологічної активності жирів та аскорбінової кислоти, які в достатніх кількостях містяться у досліджуваній сировині.

Висновки

Вперше в умовах інтродукції у Правобережному Лісостепу України для рослин *Salvia verticillata* та *S. patens* визначено вміст мікро- та макроелементів, особливості їх накопичення при транспортуванні із ґрунту у корені та надземну масу, а також залежність їх вмісту від фази розвитку рослин. Мікроелементи Pb, Ni, Mo, Co, Cd, As та Hg виявлені в незначних кількостях нешкідливих для організму людини.

Отримані результати мають як наукове, так і практичне значення і можуть бути використані:

- у хемотаксономії представників роду *Salvia*;
- при оцінюванні та порівнянні якості свіжої та сухої рослинної сировини шавлії;
- у подальшому вивченні фармакологічних властивостей цих рослин для використання їх у медицині та харчовій промисловості;
- для добору господарсько-цінних видів рослин, селекції нових сортів та збагачення флори України.

Використана література

1. Доля В. С., Мозуль В. И., Головкин В. В., Фурса Н. С. Биоразнообразие видов рода *Salvia* L. *Фармація України. Погляд у майбутнє*: матер. VII Нац. з'їзду фармацевтів України (м. Харків, 15–17 вересня 2010 р.). Харків, 2010. Т. 1. С. 254–255.
2. Ковальова А. М., Русанова А. В., Якименко О. М. Характеристика роду Шавлія флори України. *Фармакогнозія XXI століття. Досягнення та перспективи*: тези доповідей Ювілейної наук.-практ. конф. з міжнар. участю (м. Харків, 26 вересня 2009 р.). Харків, 2009. С. 103.
3. Lawrence B. M. Chemical components of *Labiatae* oils and their exploitation. *Advances in Labiatae Science* / R. M. Harley, T. Reynolds (eds). Richmond, UK: RBG Kew, 1992. P. 399–436.
4. Ahmed M., Ting I. P., Scora R. W. Leaf oil composition of *Salvia hispanica* L. from three geographical areas. *J. Essent. Oil Res.* 2011. Vol. 6, Iss. 6. P. 223–228. doi: 10.1080/10412905.1994.9698368
5. Cervelli C., Capponi A., Mascarello C. et al. New species and cultivars of *Salvia* as ornamental pot plants. *Acta Hort.* 2013. Vol. 1000. P. 35–42. doi: 10.17660/ActaHortic.2013.1000.2

6. Киселева Т. Л., Смирнова Ю. А. Лекарственные растения в мировой медицинской практике: государственное регулирование номенклатуры и качества. Москва : Проф. ассоц. натуротерапевтов, 2009. 295 с.
7. Naghibi F., Mossaddegh M. G., Mohamed S. M., Ghorbani A. Labiatae family in folk medicine in Iran: from ethnobotany to pharmacology. *Iran. J. Pharm. Res.* 2005. Vol. 4, No. 2. P. 63–79.
8. Okuno Y., Miyazawa M. Suppressive components in *Salvia multiorrhiza* against Trp-P-1 and activated Trp-P-1-induced SOS response using *Salmonella typhimurium* TA1535/pSK1002 umu test. *Lett. Drug Des. Discov.* 2004. Vol. 1, Iss. 1. P. 66–68. doi: 10.2174/1570180043485635
9. Liu W. J. H. Introduction to traditional herbal medicines and their study. *Traditional Herbal Medicine Research Methods: Identification, Analysis, Bioassay, and Pharmaceutical and Clinical Studies* / W. J. H. Liu (ed.). Hoboken, N. J. : John Wiley & Sons, 2011. P. 1–26. doi: 10.1002/9780470921340.ch1
10. Семенченко О. М. Порівняльне дослідження впливу деяких видів роду Шавлія на рівень глюкози в крові самців-щурів на моделі стрептозотозинного діабету (діабет I типу). *Медична наука та практика XXI століття* : збірник тез наукових робіт учасників Міжнар.-практ. конф. (м. Київ, 7–8 лютого 2014 р.). Київ, 2014. С. 111–114.
11. Eidi A., Eidi M., Shahmohammadi P. et al. Antidiabetic Effect of *Salvia verticillata* L. Aerial Parts in Normal and Streptozotocin-induced Diabetic Rats. *Int. J. Pharm.* 2011. Vol. 7, Iss. 1. P. 66–73. doi: 10.3923/ijp.2011.66.73
12. Mahdizadeh R., Moein S., Soltani N. et al. Study the molecular mechanism of *Salvia* species in prevention of diabetes. *Int. J. Pharm. Sci. Res.* 2018. Vol. 9, Iss. 11. P. 4512–4521. doi: 10.13040/IJPSR.0975-8232.9(11).4512-21
13. Attitalla I. H. *Salvia verticillata* effects on diabetes and diabetes complications. *Pak. J. Biol. Sci.* 2011. Vol. 14, Iss. 24. P. 1130–1131. doi: 10.3923/pjbs2011.1130.1131
14. Державний реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні на 2018 рік. URL: <http://www.sops.gov.ua/uploads/page/5aa63108e441e.pdf>
15. Крюченко Н. О., Папарига П. С., Осадчук Ю. К. Біогеохімічні провінції Закарпаття. *Пошукова та екологічна геохімія*. 2009. № 1. С. 53–55.
16. Цуркан О. О., Ковальчук Т. В., Гергель О. В. Вивчення амінокислотного складу листя та кори шовковиці білої (*Morus alba* L.) і шовковиці чорної (*Morus nigra* L.). *Фітотерапія*. 2010. № 3. С. 56–58.
17. Кисличенко В. С. Якісне та кількісне визначення амінокислот у деяких представниках родин аґрусові, бруслинні та ранникові. *Фармаком*. 1999. № 2. С. 22–24.
18. Макрушин М. М., Макрушина Є. М., Петерсен Н. В., Мельников М. М. Фізіологія рослин / за ред. М. М. Макрушина. Вінниця : Нова книга, 2006. 413 с.
19. Самчук А. І., Строй А. М., Худайкулова О. О. та ін. Інтенсивність біогеохімічного поглинання мікроелементів як один із факторів забруднення харчових продуктів рослинного походження. *Проблеми харчування*. 2006. № 4. С. 25–32.
20. Ковалевский А. Л. Биогеохимия растений. Новосибирск : Наука, 1991. 294 с.
21. Boroomband N., Grouh M. S. H. Macroelements nutrition (NPK) of medicinal plants: A review. *J. Med. Plants Res.* 2012. Vol. 6, Iss. 12. P. 2249–2255. doi: 10.5897/JMPRx11.019
22. Москаленко Л. В. Роль мікроелементів у житті рослин та особливості проведення польових досліджень. *Вісн. Полтавської держ. аграр. акад.* 2010. № 3. С. 169–171.
23. Ловкова М. Я., Бузук Г. Н., Соколова С. М., Деревяго Л. Н. О возможности использования лекарственных растений для лечения и профилактики микроэлементозов и патологических состояний. *Микроэлементы в медицине*. 2005. Т. 6, № 4. С. 3–10.
24. Angelova V. R., Ivanova R. V., Todorov G. M., Ivanov K. I. Potential of *Salvia sclarea* L. for phytoremediation of soils contaminated with heavy metals. *Int. J. Agr. Biosyst. Eng.* 2016. Vol. 10, jss. 12. P. 690–700.
25. Bağdat R. B., Eid E. M. Phytoremediation behaviour of some medicinal and aromatic plants to various pollutants. *J. Field Crops Central Res. Inst.* 2007. Vol. 16, Iss. 1–2. P. 1–10.
26. Струсовская О. Г., Буюклинская О. В. Определение элементного состава некоторых лекарственных растений Соловецких островов. *Изв. Самарского научн. центра РАН*. 2011. Т. 13, № 1. С. 2038–2040.
27. Malencic Dj., Kevresan Ž., Popovic M. Heavy metals content in some medicinal and aromatic wild growing plants from the Frushka Gora mountain. *Annals of the Faculty of Engineering Hunedoara*. 2005. Т. III. Fasc. 1. P. 37–40.
28. Malencic D. R., Kevresan Z. S., Popovic M. T. Mineral composition of selected *Salvia* species growing wild in the Vojvodina province. *Zbornik Matice srpske za prirodne nauke*. 2003. Vol. 105. P. 25–33. doi: 10.2298/ZMSPN0305025M
29. Рахметов Д. Б., Корабльова О. А., Стаднічук Н. О. та ін. Каталог рослин відділу нових культур. Київ : Фітосоціоцентр, 2015. 112 с.
30. Методологические указания по проведению энергодисперсионного рентгенофлуоресцентного анализа растительных материалов / под ред. Ю. И. Логинова. Москва : Росток, 1983. 47 с.
31. Шамсутдинова С. Р., Пупыкина К. А. Определение содержания макро- и микроэлементов в сырье бодяка полевого в разных фазах вегетации растения. *Башкирский хим. журн.* 2015. Т. 22, № 3. С. 70–72.
32. Кисличенко В. С., Колісник Ю. С., Сушук Н. А., Кузнєцова В. Ю. Елементний склад трави грициків звичайних та вичавок плодів смородини чорної. *Фітотерапія*. 2013. № 4. С. 53–55.
33. Мартынов С. П., Мусин Н. Н., Кулагина Т. В. Статистический и биометрико-генетический анализ в растениеводстве и селекции. Пакет программ AGROS, версия 2.10. : Руководство пользователя. Тверь, 2000. 90 с.
34. ДГПН «Регламент максимальних рівнів окремих забруднюючих речовин у харчових продуктах» (Овочі і пряні трави) : Наказ МОЗ № 368 від 13.05.2013 р. URL: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/z0774-13>

References

1. Dolya, V. S., Mozul, V. Y., Golovkin, V. V., & Fursa, N. S. (2010). Biodiversity of species of the genus *Salvia* L. In *Farmatsiia Ukrainy. Pohliad u maibutnie: Materialy VII Natsionalnoho zizdu farmatsevtiv Ukrainy* [Pharmacy of Ukraine. Looking to the future: Materials of the VII National Congress of Pharmacists of Ukraine] (Vol. 1, pp. 254–255). Sept. 15–17, 2010, Kharkiv, Ukraine. [in Russian]
2. Kovalova, A. M., Rusanova, A. V., & Yakymenko, O. M. (2009). Characteristic of the *Salvia* species of the flora of Ukraine. In *Farmakohozia XXI stolittia. Dosiahnennia ta perspektyvy: tezy dopovidei yuvileinoi nauk.-prakt. konf. z mizhnar. uchastiu* [Pharmacognosy of the XXI century. Achievements and prospects: Abstracts of Anniversary Scientific-Practical Conf. with Int. Participation] (p. 103). Sept. 26, 2009, Kharkiv, Ukraine. [in Ukrainian]
3. Lawrence, B. M. (1992). Chemical components of *Labiatae* oils and their exploitation. In R. M. Harley, & T. Reynolds (Eds.), *Advances in Labiatae Science* (p. 399–436). Richmond, UK: RBG Kew.
4. Ahmed, M., Ting, I. P., & Scora, R. W. (2011). Leaf oil composition of *Salvia hispanica* L. from three geographical areas. *J. Essent. Oil Res.*, 6(6), 223–228. doi: 10.1080/10412905.1994.9698368
5. Cervelli, C., Capponi, A., Mascarello, C., Ruffoni, B., & Del Gaudio, C. (2013). New species and cultivars of *Salvia* as ornamental pot plants. *Acta Hort.*, 1000, 35–42. doi: 10.17660/ActaHortic.2013.1000.2
6. Kiseleva, T. L., & Smirnova, Yu. A. (2009). *Lekarstvennye rasteniya v mirovoy meditsinskoj praktike: gosudarstvennoe regulirovanie nomenklatury i kachestva* [Medicinal plants in world medical practice: state regulation of the nomenclature and quality]. Moscow: Prof. assots. naturoterapevtov. [in Russian]
7. Naghibi, F., Mossaddegh, M. G., Mohamed, S. M., & Ghorbani, A. (2005). Labiatae family in folk medicine in Iran: from ethnobotany to pharmacology. *Iran. J. Pharm. Res.*, 4(2), 63–79.

8. Okuno, Y., & Miyazawa, M. (2004). Suppressive components in *Salvia multiorrhiza* against Trp-P-1 and activated Trp-P-1-induced SOS response using *Salmonella typhimurium* TA1535/pSK1002 umu test. *Lett. Drug Des. Discov.*, 1(1), 66–68. doi: 10.2174/1570180043485635
9. Liu, W. J. H. (2011). Introduction to traditional herbal medicines and their study. In W. J. H. Liu (Ed.), *Traditional Herbal Medicine Research Methods: Identification, Analysis, Bioassay, and Pharmaceutical and Clinical Studies* (pp. 1–26). Hoboken, N.J.: John Wiley & Sons. doi: 10.1002/9780470921340.ch1
10. Semenchenko, O. M. (2014). A comparative study of the effect of some species of the Shawlia family on the level of glucose in the blood of male rats on the model of streptozotocin diabetes (type 1 diabetes). In *Medychna nauka ta praktyka XXI stolittia: zbirnyk tez naukovykh robit uchasnykiv Mizhnar. nauk.-prakt. konf.* [Medical science and practice of the XXI century: collection of abstracts of scientific works of participants of the Int. science-practice Conf.] (pp. 111–114). Feb. 7–8, 2014, Kyiv, Ukraine. [in Ukrainian]
11. Eidi, A., Eidi, M., Shahmohammadi, P., Mozaffarian, V., Rustaiyan, A., & Mazooji, A. (2011). Antidiabetic Effect of *Salvia verticillata* L. Aerial Parts in Normal and Streptozotocin-induced Diabetic Rats. *Int. J. Pharm.*, 7(1), 66–73. doi: 10.3923/ijp.2011.66.73
12. Mahdizadeh, R., Moein, S., Soltani, N., Malekzadeh, K., & Moein, M. (2018). Study the molecular mechanism of *Salvia* species in prevention of diabetes. *Int. J. Pharm. Sci. Res.*, 9(11), 4512–4521. doi: 10.13040/IJPSR.0975-8232.9(11).4512-21
13. Attitalla, I. H. (2011). *Salvia verticillata* effects on diabetes and diabetes complications. *Pak. J. Biol. Sci.*, 14(24), 1130–1131. doi: 10.3923/pjbs2011.1130.1131
14. *Derzhavnyi reestr sortiv roslyn, prydatnykh dlia poshyrennia v Ukraini na 2018 rik* [State register of plant varieties suitable for dissemination in Ukraine in 2018]. (2018). Retrieved from <http://www.sops.gov.ua/reestr-sortiv-roslyn>. [in Ukrainian]
15. Kriuchenko, N. O., Paparyha, P. S., & Osadchuk, Yu. K. (2009). Biogeochemical provinces of Transcarpathia. *Poshukova ta ekolohichna heokhimiia* [Exploration and Environmental Geochemistry], 1, 53–55. [in Ukrainian]
16. Tsurkan, O. O., Kovalchuk, T. V., & Herhel, O. V. (2010). Study of the amino acid composition of leaves and bark of mulberry white (*Morus alba* L.) and mulberry black (*Morus nigra* L.). *Phitoterapiya Chasopis* [Phytotherapy Chasopys], 3, 56–58. [in Ukrainian]
17. Kyslychenko, V. S. (1999). Qualitative and quantitative determination of amino acids in some representatives of the gooseberries, broccoli and ranterns. *Farmakom* [Farmakom], 2, 22–24. [in Ukrainian]
18. Makrushyn, M. M., Makrushyna, Ye. M., Petersen, N. V., & Melnykov, M. M. (2006). *Fiziolohiia roslyn* [Plant physiology]. M. M. Makrushyn (Ed.). Vinnytsia: Nova knyha. [in Ukrainian]
19. Samchuk, A. I., Stroi, A. M., Khudaikulova, O. O., Ohar, T. V., Ivanova, L. P., & Kharachenko, O. A. (2006). The intensity of biogeochemical absorption of trace elements as one of the factors contamination of food products from plant. *Problemy kharchuvannia* [Problems of nutrition], 4, 25–32. [in Ukrainian]
20. Kovalevskiy, A. L. (1991). *Biogekhimiya rastenyi* [Biogeochemistry of plants]. Novosibirsk: Nauka. [in Russian]
21. Boroomand, N., & Grouh, M. S. H. (2012). Macroelements nutrition (NPK) of medicinal plants: A review. *J. Med. Plants Res.*, 6(12), 2249–2255. doi: 10.5897/JMPR11.019
22. Moskalenko, L. V. (2010). Role of trace elements in plant life and the peculiarities of field research. *Visn. Poltav. derz. agrar. akad.* [News of Poltava State Agrarian], 3, 169–171. [in Ukrainian]
23. Lovkova, M. Ya., Buzuk, G. N., Sokolova, S. M., & Derevjago, L. N. (2005). On possibility of medical plants use for treatment and prophylaxis of microelementoses and pathological states. *Mikroelementy v meditsine* [Microelements in Medicine], 6(4), 3–10. [in Russian]
24. Angelova, V. R., Ivanova, R. V., Todorov, G. M., & Ivanov, K. I. (2016). Potential of *Salvia sclarea* L. for phytoremediation of soils contaminated with heavy metals. *Int. J. Agr. Biosyst. Eng.*, 10(12), 690–700.
25. Bağdat, R. B., & Eid, E. M. (2007). Phytoremediation behaviour of some medicinal and aromatic plants to various pollutants. *J. Field Crops Central Res. Inst.*, 16(1–2), 1–10.
26. Strusovskaya, O. G., & Buyuklinskaya, O. V. (2011). Definition the element structure of some medicinal plants at Solovetskiy islands. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra RAN* [Izvestia of RAS SamSC], 13(1), 2038–2040. [in Russian]
27. Malencic, Dj., Kevresan, Ž., & Popovic, M. (2005). Heavy metals content in some medicinal and aromatic wild growing plants from the Frushka Gora mountain. *Annals of the Faculty of Engineering Hunedoara*, 3(1), 37–40.
28. Malencic, D. R., Kevresan, Z. S., & Popovic, M. T. (2003). Mineral composition of selected *Salvia* species growing wild in the Vojvodina province. *Zbornik Matice srpske za prirodne nauke*, 105, 25–33. doi: 10.2298/ZMSPN0305025M
29. Rakhmetov, D. B., Korablova, O. A., Stadnichuk, N. O., Smilianets N. M., & Hlabets, V. Kh. (2015). *Kataloh roslyn viddilu novykh kultur* [Catalog of plants of the Department of New Cultures]. Kyiv: Fitosotsiotsentr. [in Ukrainian]
30. Loginov, Yu. I. (Ed.). (1983). *Metodologicheskie ukazaniya po provedeniyu energodispersionnogo rentgenfluorestscentnogo analiza rastitel'nykh materialov* [Methodological guidelines for energy dispersive X-ray fluorescence analysis of plant materials]. Moscow: Kolos. [in Russian]
31. Shamsutdinova, S. R., & Pupykina, K. A. (2015). Determination of macro- and microelements in the raw material of the field thistle at different phases of the growing season of the plant. *Bashkirskii khimicheskii zhurnal* [Bashkir Chemical Journal], 22(3), 70–72. [in Russian]
32. Kyslychenko, V. S., Kolisnyk, Yu. S., Sushchuk, N. A., & Kuznietsova, V. Yu. (2013). The elemental composition of grass *Cap-sella bursa-pastoris* and black currant marc. *Phitoterapiya Chasopis* [Phytotherapy Chasopys], 4, 53–55. [in Ukrainian]
33. Martynov, S. P., Musin, N. N., & Kulagina, T. V. (2000). *Statisticheskii i biometriko-geneticheskii analiz v rastenievodstve i selektsii. Paket programm AGROS, versiya 2.10.: Rukovodstvo pol'zovatelya* [The software package of statistical and biometric-genetic analysis in crop production and breeding AGROS. Version 2.10: user's manual]. Tver: N.p. [in Russian]
34. *Pro zatverdzhennia Derzhavnykh hihiiienichnykh pravyl i norm "Rehlament maksimalnykh rivniv okremykh zabrudniuuychykh rehovyn u kharchovykh produktakh" (Ovachi i priani travy)* [On Approval of State Hygiene Rules and Norms "Regulation of maximum levels of certain pollutants in foodstuffs" (Vegetables and spicy herbs)]: Order of the Ministry of Health No. 368 dated May 13, 2013. (2013). Retrieved from <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/z0774-13> [in Ukrainian]

УДК 633.82/83:631.416:581.131/134

Кораблева О. А.^{1*}, Рахметов Д. Б.¹, Фролова Н. Е.², Вергун О. М.¹, Семенченко О. М.³ Минеральный состав растений *Salvia verticillata* L. и *Salvia patens* Cav. // Plant Varieties Studying and Protection. 2018. Т. 14, № 4. С. 382–389. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.14.4.2018.151901>

¹Національний ботанічний сад імені Н. Гришко НАН України, ул. Тимирязевська, 1, г. Київ, 01014, Україна, *e-mail: okorablova@ukr.net

²Національний університет пищевых технологий, ул. Владимирская, 68, г. Київ, 01601, Україна

³ОО «ЭСЭНСИТ», пр-т Воздухофлотский, 19/1, г. Київ, 03049, Україна

Цель. Определить минеральный состав растений новых сортов *Salvia verticillata* L. 'Мушкетер' и *Salvia patens* Cav. 'Маэстро' селекции НБС имени Н. Н. Гришко НАН Украины для выяснения пригодности их использования в пищевой и фармацевтической отраслях промышленности Украины. **Методы.** Рентгено-флуоресцентный метод определения элементного состава растительного сырья. **Результаты.** Приведены результаты содержания минеральных элементов в надземной массе и корнях растений *S. verticillata* L. и *S. patens* Cav. в фазах отрастания, бутонизации и цветения, а также способность накапливать их в зависимости от содержания в почве. Установлено, что надземная часть растений исследуемых сортов содержит все 5 важнейших в жизни растений элементов – K, Fe, Cu, Zn и Mn. Достаточно высоко содержание мезоэлементов Ca и S, в которых растения нуждаются в более значительных количествах, чем в микроэлементах. Количество токсического элемента Pb и потенциально токсичных Sr и Zr в растениях было незначительным. Установлено, что несмотря на высокую концентрацию Si в почве под растениями, в растения этот элемент попадает в незначительных количествах. Другие элементы наоборот накапливаются в надземной части (Mn, K, Sr). Были определены элементы в листьях *S. verticillata*, которые по содержанию располагаются в следующем

порядке: K>Ca>Si>Mg>Fe>P>Na>Al>Zn>Mn>Cu, а в листьях *S. patens* – K>Si>Ca>Mg>P>Fe>Na>Al>Zn>Mn>Sr>Cu. Содержание техногенных элементов цинка и свинца в исследуемых растениях находилось в пределах ПДК для растительного сырья и продуктов питания. **Выводы.** Впервые в условиях интродукции в Правобережной Лесостепи Украины для сортов видов *S. verticillata* и *S. patens* определено содержание макро- и микроэлементов, которые непосредственно связаны с биологически активными соединениями. Выявлены особенности их накопления при транспортировке из почвы в корни и надземную часть, а также зависимость их содержания от фазы развития растений. Микроэлементы Pb, Ni, Mo, Co, Cd, As и Hg обнаружены в незначительных количествах безвредных для организма человека. Полученные результаты могут быть использованы в хемотаксономии представителей рода *Salvia*, при оценке и сравнении качества свежего и сухого растительного сырья шалфея, при дальнейшем изучении фармакологических свойств этих растений для использования их в медицине и пищевой промышленности. Полученные данные имеют как научное, так и практическое значение для отбора хозяйственно-ценных видов, в селекции новых сортов и обогащении флоры Украины.

Ключевые слова: *Salvia*; сорт; микро- и макроэлементы.

UDC 633.82/83:631.416:581.131/134

Korablova, O. A.^{1*}, Rakhmetov, D. B.¹, Frolova, N. E.², Vergun, O. M.¹, & Semchenko, O. M.³ (2018). Mineral composition of plants *Salvia verticillata* L. and *Salvia patens* Cav. *Plant Varieties Studying and Protection*, 14(4), 382–389. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.14.4.2018.151901>

¹M. M. Gryshko National Botanical Garden, NAS of Ukraine, 1 Tymiriazivska St., Kyiv, 01014, Ukraine, *e-mail: okorablova@ukr.net

²National University of Food Technologies, 68 Volodymyrska St., Kyiv, 01601, Ukraine

³LLC "ESENSIT", 19/1 Povitroflotskyi Ave., Kyiv, 03049, Ukraine

Purpose. The purpose of the study was to investigate mineral composition of new varieties of plants *Salvia verticillata* L. 'Musketeer' and *S. patens* Cav. 'Maestro' selected by Gryshko National Botanical Gardens of NAS of Ukraine in order to determine the suitability of their use in the food and pharmaceutical industries of Ukraine. **Methods.** X-ray fluorescence method was applied for determining the elemental composition of plant tissues. **Results.** Mineral elements content in the soil, grass and roots of plants *S. verticillata* L. and *S. patens* Cav., are given in the phases of regrowth, budding and flowering. Ability to accumulate elements in the soil, grass and roots was presented. It was established that the aboveground part of the plants contains all 5 of the most important elements in the plants – K, Fe, Cu, Zn and Mn. The rather high content of mesoelements Ca and S were determined. Plants need them in more significant amounts than trace elements. The toxic and potentially toxic elements Pb, Sr and Zr were determined in plants. It has been revealed that despite the high concentration of Si in the soil, this element gets into the plants in insignificant quantities. Other elements on the contrary were accumulated in grass (Mn, K, Sr). The dynamics of elements accumulation and distribution in the soil-roots-grass system (Fe, Pb, Na, P, Al, Mg, Cu) were demonstrated. In the leaves of *S. verticillata* elements were determined and arranged ac-

ording to the gradient of accumulation in the following order: K>Ca>Si>Mg>Fe>P>Na>Al>Zn>Mn>Cu, and in *S. patens* – K>Si>Ca>Mg>P>Fe>Na>Al>Zn>Mn>Sr>Cu. The content of technogenic elements of Zn and Pb in the plants was determined within the limits of the MPC requirements for plant raw materials and food. **Conclusion.** For the first time in the conditions of introduction in the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine, for the varieties of species *S. verticillata* and *S. patens*, the content of macro- and microelements was determined, which are directly related to biologically active compounds. The features of their cumulativeness during transportation in the system soil-roots-leaves, as well as the dependence of their content on the phase of plant development, were clarified. Trace elements Pb, Ni, Mo, Co, Cd, As and Hg were found in insignificant amounts harmless to the human body. The obtained results can be used in the chemotaxonomy of the genus *Salvia*, in assessing and comparing the quality of fresh and dry sage plant raw materials, further studying the pharmacological properties of these plants and use of them in medicine and food industry. The obtained data have of both scientific and practical importance for the selection of economically valuable species, in the breeding of new varieties and enrichment of the flora of Ukraine.

Keywords: *Salvia*; variety; macro- and macroelements.

Надійшла / Received 15.11.2018
Погоджено до друку / Accepted 07.12.2018