



# Агроекологія, радіологія, меліорація

УДК 582.929.4:  
633.812:615.014

© 2018

## **ФІТОМЕЛІОРАТИВНІ ВЛАСТИВОСТІ РОСЛИН *LAVANDULA ANGUSTIFOLIA* L. ЗА УМОВ ВИРОЩУВАННЯ У ЗОНІ ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ**

*Л.М. Михальська<sup>1</sup>, В.В. Швартау<sup>2</sup>, Р.І. Кременчук<sup>3</sup>*

*<sup>1</sup>кандидат біологічних наук*

*<sup>2</sup>доктор біологічних наук, член-кореспондент НАН України*

*<sup>1,2</sup>Інститут фізіології рослин і генетики НАН України*

*вул. Васильківська, 31/17, м. Київ, 03022, Україна*

*<sup>3</sup>Інститут садівництва НААН, вул. Садова, 23,*

*с. Новосілки Києво-Святошинського р-ну Київської обл., 03027, Україна*  
*e-mail: <sup>1</sup>Mykhalskaya\_L@ukr.net, <sup>2</sup>Victor Shwartau@gmail.com, <sup>3</sup>krem07@ukr.net*

**Мета.** Визначити вміст неорганічних елементів у ґрунті та рослинах лаванди вузьколистої, а також у продукті її переробки — олії. **Методи.** Зразки ґрунту та рослин озоляли в азотній кислоті (осч) у системі мікрохвильової пробопідготовки Milestone Start D та детектували вміст неорганічних елементів на ICP-MS Agilent 7700x. Результати опрацьовували загальноприйнятими методиками в землеробстві, рослинництві та статистиці. **Результати.** Визначено вміст металів у ґрунті дослідних ділянок та рослинах лаванди вузьколистої. Рослини лаванди вузьколистої накопичували значні кількості алюмінію, барію, кальцію, заліза, магнію, калію, стронцію та цинку. Уміст калію, магнію, барію, хрому й рубідію в продукті переробки рослин лаванди — олії істотно знижувався порівняно з умістом металів у рослинах. При цьому вміст в олії алюмінію, берилію, кадмію, кальцію, цезію, хрому, міді, заліза, свинцю, марганцю, молібдену, натрію, срібла, стронцію, талію, ванадію та цинку був нижче рівня детектування ICP-MS Agilent 7700x. **Висновки.** При забрудненні довкілля продуктами антропогенної діяльності потрібно розробити раціональні шляхи нейтралізації їх негативного впливу. Інтенсивність процесів забруднення залежить від відстані до джерела, що продукує забруднення, та специфіки об'єктів забруднення. Рослини лаванди вузьколистої можна використовувати як декоративну культуру завдяки її фітомеліоративній здатності акумулювати значні кількості металів із ґрунту. При цьому продукт переробки лаванди вузьколистої — олія містить залишкові кількості металів. Уміст в олії алюмінію, берилію, кадмію, кальцію, цезію, хрому, міді, заліза, свинцю, марганцю, молібдену, натрію, срібла, стронцію, талію, ванадію та цинку був нижче рівня детектування (DL) ICP-MS Agilent 7700x.

**Ключові слова:** *Lavandula angustifolia* L., важкі метали, фітомеліорація, ICP-MS.

<https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201810-08>

Широке застосування ксенобіотиків, що є продуктами технологічної діяльності людини, часто призводить до небажаних побічних екологічних наслідків. При цьому забруднення важкими металами ґрунтів і ґрунтових вод домінує серед токсичних чинників у агрофітоценозах. Важкі метали взаємодіють із материнською породою і з живим комплексом ґрунту та можуть зберігатися в екосистемах упродовж тривалого періоду, створюючи довгострокову небезпеку для вирощування культур. Це може обмежувати можливості культивування лікарських рослин.

**Мета досліджень** — визначити накопичення неорганічних елементів у рослинах лаванди вузьколистої та їх взаємозв'язок з вмістом металів у ґрунті, а також вплив термічної обробки рослин на чистоту отриманої олії щодо наявності неорганічних елементів.

**Матеріали і методи досліджень.** Польові дослідження проводили в умовах стаціонарного дослідження лабораторії квітково-декоративних і лікарських культур Інституту садівництва НААН у 2015–2017 рр., ділянки якого розміщені на відстані 1,5 км від автостради Київ — Одеса. Рельєф ділянки рівний. Ґрунт — темно-сірий опідзолений, середньосуглинковий на карбонатному лесі, типовий для північної частини Лісостепу України. Аналіз ґрунту проводили в лабораторії агрохімії Інституту. Уміст гумусу в орному шарі (0–40 см) становив 2,3%, легкогідролізованого азоту (за Тюрнімом і Кононовою) — 78,4–98,0 мг/кг, рухомих форм фосфору (за Кірсановим) — 93,2–180,9, обмінного калію (за Кірсановим) — 106,1–202,8 мг/кг. Рівень рН ґрунтового розчину ділянок варіював від 5,3–5,8 до 5,5–6,1.

Розмір ділянок, з яких відбирали зразки рослин лаванди вузьколистої 4-річного віку, становив 50×70 см.

Догляд за посівами полягав у послідовних ручних прополюваннях бур'янів. Хімічний захист не застосовували.

Визначення вмісту важких металів в орному шарі ґрунту дослідних ділянок, рослинній сировині лаванди вузьколистої та олії проводили в Інституті фізіології рослин і генетики НАН України. Визначення елементного складу в дослідних зразках

здійснювали методом ICP-MS на емісійному мас-спектрометрі Agilent 7700x. Зразки висушували до сухої маси та озолювали в азотній кислоті (осч) за допомогою системи мікрохвильової прободготовки Milestone Start D. Отриманий екстракт доводили до 50 мл водою 1-го класу (18 Мом), підготовленою на системі очищення води Scholar-UV NexUp 1000 (Human Corporation, Корея).

Результати дослідів опрацьовували статистично за допомогою програми Excel та з математичним опрацюванням отриманих даних за допомогою професійного пакета програм для статистичного аналізу Statistica 8,0 [1, 2].

**Результати досліджень.** Рід *Lavandula* (*Labiatae* або *Lamiaceae*), що складається з близько 47-ми видів, широко розповсюджений на архіпелагах Атлантичного океану та Середземного моря. Ефірні олії та рослинні екстракти, отримані з рослин роду *Lavandula*, використовували в терапевтичних цілях упродовж багатьох століть. Відомі численні повідомлення про біологічну активність ефірної олії лаванди [3].

Лаванда є однією з важливих ефіроолійних культур в Україні. Її лікарські властивості широко використовують у медицині. Крім того, лаванда — важливий медонос і досить популярна декоративна рослина [4].

Культурний ареал лаванди обмежений переважно територіями, на яких виробники рослинної сировини нині не мають змоги її вирощувати. Інтродукуючи цю культуру в регіони, нехарактерні для її традиційного вирощування, — Лісостеп України, потрібно мати всебічну оцінку не лише значення елементів технології вирощування, а й, безумовно, якості отриманої сировини. Саме тому важливо знати, які органічні сполуки та хімічні елементи і в якій кількості рослини накопичують за вирощування в умовах регіону. Слід відзначити, що в процесі вегетації рослини лаванди виносять із ґрунту за середньої врожайності 50 т/га сухої маси такі кількості елементів: азоту — 69 кг/га; фосфору — 41; калію — 77 кг/га. Потрібно зазначити, що дослідження особливості міграції їх у системі «ґрунт — рослина» є важливим і актуальним завданням [5].

Установлено високий вміст у ґрунті дослідних ділянок сполук алюмінію (таблиця).

Уміст Al у рослинах лаванди вузьколистої в середньому в 35 разів менший і не перевищував 0,4 г/кг. За визначенням Настанови СТ-Н МОЗУ 42-4.5:2012 [6], гранично допустима концентрація (ГДК) алюмінію в рослинній продукції має бути в межах 20 мг/кг, але вміст алюмінію в біосировині лаванди, вирощеної на відстані 1,5 км від автотраси, значно перевищує допустиму норму. Слід зазначити, що рослини лаванди використовують переважно для отримання олії або як декоративну культуру. Після термічної переробки біосировини на олію вміст цього елемента знизився до величини, меншої за показники порогу чутливості мас-спектрометра — 0,01 ppt.

Уміст заліза в орному шарі ґрунту істотно менший порівняно з попереднім елементом,

проте зміни рівнів накопичення Fe в рослинах лаванди та олії аналогічні до визначених для алюмінію. У біосировині лаванди вміст Fe був у понад 26 разів меншим порівняно з його вмістом у ґрунті, однак перевищував ГДК за нормами, визначеними МОЗ для рослинної сировини. Аналогічно алюмінію в продукті переробки — олії вміст сполук заліза був меншим за показники порогу чутливості ICP-MS.

Надлишкове накопичення заліза в живих організмах спричиняє токсичну дію. Передозування заліза стимулює формування вільних радикалів, пригнічує антиоксидантну систему організму [7, 8]. Це стосується сільськогосподарських культур, зокрема й лікарських рослин. Оскільки лаванду вузьколисту використовують

**Уміст металів у ґрунті, рослинах лаванди вузьколистої та олії (середнє за 2015–2017 рр.),  
M±m, n=30**

Елемент	Ґрунт, мг/кг		Уміст металів у, мг/кг			
			біосировині		олії	
	M	±m	M	±m	M	±m
Алюміній	13190,7	12,1	377,4	0,5	<0,00	–
Барій	55,1	0,5	60,9	0,4	0,02	0,01
Берилій	0,32	0,06	0,0016	0,0002	<0,00	–
Кадмій	0,12	0,4	0,0025	0,0003	<0,00	–
Кальцій	261,5	1,1	239,3	1,1	<0,00	–
Цезій	0,98	0,05	0,05	0,005	<0,00	–
Хром	15,9	0,2	2,3	0,2	0,010	0,002
Кобальт	3,7	0,1	0,1478	0,007	<0,00	–
Мідь	7,4	0,1	3,3	0,1	<0,00	–
Залізо	9183,8	14,3	349,5	0,9	<0,00	–
Свинець	7,4	0,5	0,06	0,01	<0,00	–
Магній	2187,2	10,0	926,9	4,5	1,08	0,04
Марганець	263,2	1,5	26,3	0,2	<0,00	–
Молібден	2,8	0,5	0,12	0,01	<0,00	–
Нікель	9,8	0,1	1,2451	0,0030	<0,00	<0,00
Калій	2872,5	14,9	592,0	5,4	3,73	0,02
Натрій	341,9	7,1	32,3	0,8	<0,00	–
Рубідій	19,5	0,2	1,5	0,1	0,01	0,01
Срібло	0,03	0,01	0,02	0,01	<0,00	–
Стронцій	17,9	0,1	60,0	0,3	<0,00	–
Талій	0,08	0,01	0,003	0,001	<0,00	–
Ванадій	19,8	0,1	0,005	0,001	<0,00	–
Цинк	25,2	0,4	77,2	0,5	<0,00	–

переважно як ефіроолійну або декоративну рослину, то, акумулюючи значну кількість таких елементів, як алюміній і залізо з ґрунту, на якому вони вегетують, ці рослини можуть поліпшувати його якісні показники. Отже, рослини лаванди можна використовувати як фітомеліоративну культуру, здатну очищати ґрунт від надмірної наявності ряду металів.

Такі хімічні елементи, як калій, магній, кальцій і натрій належать до групи макроелементів і є біологічно важливими в агрофітоценозах. Калій бере активну участь в обмінних процесах вуглеводів і білків та пришвидшує процеси досягання, зміцнення механічних тканин у стеблах рослин. Рослини за нестачі калію низькорослі з недорозвинутою кореневою системою, їх листки покриваються характерними плямами, скручені та сухі з країв. Урожайність у більшості видів рослин за нестачі калію низька [9].

Крім того, іони калію і натрію в процесі вегетації рослин виконують важливу роль у формуванні відповідного осмотичного тиску в цитоплазмі клітин і провідних системах рослин та засвоєнні води й неорганічних елементів з ґрунту [10].

Уміст у ґрунті та в рослинах кальцію і магнію істотно залежить від ґрунтової відміни та внесення органічних і неорганічних добрив. Варто відзначити деякі закономірності акумуляції їх сполук у рослинах лаванди.

Із названої групи неорганічних сполук у ґрунті найбільше було виявлено сполук калію, проте його вміст у рослинах лаванди значно менший порівняно з умістом магнію. Іони калію та магнію в невеликих кількостях були виявлені в рослинній олії. З усіх визначених у досліді хімічних елементів уміст сполук калію в продукті переробки — олії був найвищим — 3,73 мг/кг.

Натрію і кальцію було виявлено в орному шарі ґрунту значно менше, порівняно з попередньо описаними хімічними елементами, а їх уміст у тканинах рослин лаванди вузьколистого був меншим за норми ГДК.

Проте не всі хімічні елементи та їх сполуки, визначені в зразках ґрунту та біологічній сировині, належать до безпечних. Такі хімічні елементи, як кадмій, цезій і свинець є досить небезпечними для людини, якщо їх

кількість перевищує допустимі концентрації. Надходження цезію та його сполук до рослини і накопичення його сполук в урожаї залежать від властивостей ґрунту, зокрема його механічного і мінералогічного складів, рівня кислотності ґрунтового розчину та інших показників. Унесення вапна і торфу в ґрунт значною мірою зменшує доступність цезію для рослин [11, 12].

За Державним стандартом [13], в Україні регламентовано вміст цезію, максимально допустимий рівень (МДР) якого 20,0 Бк/кг, що значно відрізняється від вимог законодавства ЄС, де МДР цезію — 600 Бк/кг, і комісії Кодекс Аліментаріус — 1000 Бк/кг [14, 15].

У середньому за 3 роки досліджень в орному шарі ґрунту вміст цезію становив 0,98 мг/кг, за всіма зазначеними документами, така кількість істотно перевищує допустимі норми. Проте встановлено, що до рослин лаванди його сполук надходило значно менше — 0,05 мг/кг.

Подібні співвідношення щодо надходження з ґрунту до рослини зафіксовано для свинцю та кадмію. У продукті переробки лаванди — ефірній олії, кадмію, цезію та свинцю не було знайдено.

Результати досліджень щодо визначення вмісту важких металів у ґрунті дослідних ділянок лаванди вузьколистого та їх накопичення в рослинах культури показали наявність і різну здатність до засвоєння та накопичення таких неорганічних елементів, як хром, марганець, кобальт, нікель, мідь, цинк та срібло.

Уточнення особливості їх міграції в системі «ґрунт — рослина» є важливим і актуальним питанням. За результатами 3-річних експериментальних досліджень, їх наявність у ґрунті була незначною, відповідно і рослини лаванди накопичували їх у невеликих кількостях, а після термічної обробки і дистиляції їх уміст був меншим за рівень чутливості аналітичного приладу.

Експериментально встановлено можливість очищення ґрунтів, забруднених металами, поліпшення їх екологічного стану методом фітомеліорації, зокрема за допомогою такої рослини, як лаванда вузьколиста.

## Висновки

При забрудненні довкілля продуктами антропогенної діяльності потрібно розробити раціональні шляхи нейтралізації їх негативного впливу. Інтенсивність процесів забруднення залежить від відстані до джерела, що продукує забруднення, та специфіки об'єктів забруднення.

Уміст калію, магнію, барію, хрому й рубідію в продукті переробки — олії істотно знижувався порівняно з умістом металів у рослинах. Уміст цих металів у лавандовій олії не перевищував показників умісту металів в оливковій чи соняшниковій оліях. Уміст у лавандовій олії алюмінію, берилію, кадмію, кальцію, цезію, хрому, міді, заліза,

свинцю, марганцю, молібдену, натрію, срібла, стронцію, талію, ванадію та цинку був нижче рівня детектування ICP-MS Agilent 7700x.

Автомобільні дороги з інтенсивним рухом транспорту є потужним джерелом забруднення прилеглих територій, зокрема й орних земель. Продукт переробки лаванди вузьколистої — олія містить залишкові кількості металів.

Рослини лаванди вузьколистої можна використовувати як декоративну культуру завдяки її фітомеліоративній здатності акумулювати значні кількості металів із ґрунту.

Михальская Л.Н.<sup>1</sup>, Швартау В.В.<sup>2</sup>, Кременчук Р.И.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Інститут фізіології рослин і генетики НАН України, ул. Васильковская, 31/17, г. Киев, 03022, Украина, <sup>2</sup> Інститут садівництва НААН, ул. Садовая, 23, с. Новоселки Киево-Святошинского р-на Киевской обл., 03027, Украина; e-mail: <sup>1</sup>Mykhalskaya\_L@ukr.net, <sup>2</sup>Victor Shwartau@gmail.com, <sup>3</sup>krem07@ukr.net

**Фітомеліоративні властивості рослин *Lavandula angustifolia* L. в умовах вирощування в Лісостеповій зоні України**

**Цель.** Определить содержание неорганических элементов в почве и растениях лаванды узколистой, а также в продукте ее переработки — масле. **Методы.** Образцы почвы и растений озоляли в азотной кислоте (осч) в системе микроволновой пробоподготовки Milestone Start D и детектировали содержание неорганических элементов на ICP-MS Agilent 7700x. Данные обрабатывали общепринятыми методиками в земледелии, растениеводстве и статистике.

**Результаты.** Определено содержание металлов в почве опытных участков и растениях лаванды узколистой. Растения лаванды узколистой накапливали значительное количество алюминия, бария, кальция, железа, магния, калия, стронция и цинка. Содержание калия, магния, бария, хрому и рубидия в продукте переработки растений лаванды — масле существенно снижалось по сравнению с содержанием металлов в растениях. Содержание в масле алюминия, бериллия, кадмия, кальция, цезия, хрому, меди, железа, свинца, марганца, молибдена, натрия, серебра, стронция, талия, ванадия и цинка было ниже уровня детектирования на ICP-MS

Agilent 7700x. **Выводы.** При загрязнении окружающей среды продуктами антропогенной деятельности следует разработать рациональные пути нейтрализации их негативного влияния. Интенсивность процессов загрязнения зависит от расстояния до источника, который продуцирует контаминацию, и специфики объектов загрязнения. Растения лаванды узколистой можно использовать в качестве декоративной культуры благодаря ее фитомелиоративным свойствам аккумулировать значительное количество металлов из почвы. При этом, продукт переработки лаванды узколистой — масло содержит остаточное количество металлов. Содержание в масле алюминия, бериллия, кадмия, цезия, хрому, меди, железа, свинца, марганца, молибдена, натрия, серебра, стронция, талия, ванадия и цинка было ниже уровня детектирования на ICP-MS Agilent 7700x.

**Ключевые слова:** *Lavandula angustifolia* L., тяжелые металлы, фитомелиорация, ICP-MS.

<https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201810-08>

Mykhalska L.<sup>1</sup>, Schwartau V.<sup>2</sup>, Kremenchuk R.<sup>3</sup>

<sup>1,2</sup> Institute of phytophysiology and genetics of NAS of Ukraine, Vasylykivska Str., 31/17, Kyiv, 03022, Ukraine, <sup>3</sup> Institute of gardening of NAAS, Sadova Str., 23, Novoselky, Kyiv-Sviatoshyh region, Kyiv oblast, 03027, Ukraine; e-mail: <sup>1</sup>Mykhalskaya\_L@ukr.net, <sup>2</sup>Victor Shwartau@gmail.com, <sup>3</sup>krem07@ukr.net

**Phytomeliorative properties of plants of *Lavandula angustifolia* L. in conditions of cultivation in the Forest-steppe zone of Ukraine**

**The purpose.** To determine the content of inorganic elements in soil and plants of lavender, and also in a product of its processing — oil. **Methods.**

Samples of soil and plants were incinerated in nitric acid in system of microwave preparation of samples Milestone Start D and then they detected the content of inorganic elements on ICP-MS Agilent 7700x. Data processed with the use of techniques conventional for farming agriculture, plant growing and statistics. **Results.** The content of metals in soil of experimental soils and plants of lavender is fixed. Plants of lavender accumulated a significant amount of aluminium, barium, calcium, iron, magnesium, potassium, strontium, and zinc. The content of potassium, magnesium, barium, chrome and rubidium in a product of processed plants of lavender — oil — decreased in comparison with the content of metals in plants. The content in oil of aluminium, beryllium, cadmium, calcium, cesium, chrome, copper, iron, lead, manganese, molybdenum, sodium, silver, strontium, thallium, vanadium, and zinc was below the level of detection on ICP-MS Agilent

7700x. **Conclusions.** At environmental pollution by products of anthropogenous activity it is necessary to develop rational ways of neutralization of their negative agency. Intensity of processes of pollution depends on distance to the source of contamination, and specificities of objects of pollution. Plants of lavender can be used as ornamental crop owing to it phytomeliorative property to accumulate significant amount of metals from soil. Thus, the product of lavender processing — oil — contains residual amount of metals. The content in oil of aluminium, beryllium, cadmium, calcium, cesium, chrome, copper, iron, lead, manganese, molybdenum, sodium, silver, strontium, thallium, vanadium, and zinc was below the level of detection on ICP-MS Agilent 7700x.

**Key words:** *Lavandula angustifolia* L., heavy metals, phytomelioration, ICP-MS.

<https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201810-08>

## Бібліографія

1. Эрмантраут Э.Р. Статистический анализ многофакторных экспериментов. *Полевые эксперименты для устойчивого развития сельской местности*. Санкт-Петербург. Пушкин, 2003. С. 70–73.
2. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). Москва: Агропромиздат, 1985. 351 с.
3. Saadatian M., Aghaei M., Farahpour M., Balouchi Z. Chemical composition of lavender (*Lavandula officinalis* L.) extraction extracted by two solvent concentrations. *Glob. J. Med. Plant Res.*, 2013. 1(2). P. 214–217.
4. Bedi S., Tanuja, Vyas S.P. A handbook of aromatic and essential oil plants (cultivation, chemistry, processing and uses). *Jodhpur, Agrobios*, 2010. 598 p.
5. Haidu D., Negrea A., Ianăși C. et al. Contradictory aspects of bioaccumulation. ICP-MS, an approachable method for elemental characterization of crop medicinal plants. *Digest Journal of Nanomaterials and Biostructures*. V. 12, № 2, April — June 2017. P. 391–400.
6. Настанова СТ-Н МОЗУ 42-4.0:2008 «Лікарські засоби. Належна виробнича практика». Додаток 7. Київ: МОЗ України, 2009.
7. Степанова Л.П., Тихойкина И.М., Цыганок Е.Н. Экологические проблемы земледелия. *Вестник ОрелГАУ*. 2012. № 1 (34). С. 11–18.
8. Колодочка О.М., Деркачов Е.А., Огур Л.Б. Використання показників забруднення ґрунту важкими металами при прогнозуванні антропогенного впливу на здоров'я дітей. *Гігієна населених мест*. Киев, 2000. Вып. 37. С. 66–68.
9. Іващенко О.О., Іващенко О.О. Екологічні принципи регулювання агрофітоценозів. *Карантин і захист рослин*. 2005. № 8. С. 6–8.
10. Трахтенберг И.М. Тяжелые металлы во внешней среде: Современные гигиенические и токсикологические аспекты. Минск: Наука и техника, 1994. 286 с.
11. Рудник-Іващенко О.І., Михальська Л.М., Швартау В.В. Накопичення важких металів лікарських рослин у зоні Лісостепу України. *Фізіологія рослин: досягнення та нові напрямки розвитку*. Київ: Логос, 2017. С. 516–524.
12. Дмитрук Ю.М. Еколого-геохімічний аналіз ґрунтового покриву агроєкосистем. Чернівці: Рута, 2006. 328 с.
13. ГН 6.6.1.1-130. Допустимі рівні вмісту радіонуклідів <sup>137</sup>Cs і <sup>90</sup>Sr у продуктах харчування та питній воді, затверджені наказом МОЗ України від 03.05.2006, № 256.
14. Commission Regulation (EC) № 737/90 of 22 March 1990. On the conditions governing imports of agricultural products originating in third countries following the accident at the Chernobyl nuclear power station.
15. Commission directive 2008/17/EC of 19 February 2008 amending certain Annexes to Council Directives 86/362/EEC, 86/363/EEC and 90/642/EEC as regards maximum residue levels for asepate, acetamidrid, in other.