

5. Польшина С.М. Регуляторна функція лісопаркових насаджень в урбанопедагогенезі / С.М. Польшина // Екологія та ноосферологія : зб. наук. праць. – 2006. – Т. 16, № 1-2. – С. 122-128.
6. Тарасова Т.Ф. Оценка воздействия кислотных дождей на элементы экосистемы промышленного города / Т.Ф. Тарасова, О.В. Чаловская // Вестник Оренбургского государственного университета : сб. науч. тр. – Сер.: Естественные и технические науки. – 2005. – Вып. 10. – С. 80-84.
7. Шорина Т.С. Влияние автомобильного транспорта на свойства почв придорожных территорий города Оренбурга / Т.С. Шорина, А.В. Попов, Б.С. Укенов // Вестник Оренбургского государственного университета : сб. науч. тр. – 2013. – № 6 (155). – С. 134-137.

Герецун Г.М. Влияние экологически опасных осадков на свойства городских почв

Проанализировано влияние антропогенной нагрузки на некоторые свойства городских почв. Установлено, что с возрастанием степени антропогенной нагрузки существенно увеличивается плотность городских почв и уменьшается пористость почвы. Городская среда придает почвам новых свойств, которые одинаково проявляются при разных физико-географических условиях. Показано, что стабильное вымывание кислотобразующих соединений приводит к окислению верхних слоев почвенного горизонта. Это сопровождается существенным понижением содержания кальция и магния. Обоснована необходимость включения методов известкования в программы улучшения качества городских почв (особенно придорожных территорий).

Ключевые слова: городские почвы, экологически опасные осадки, закисление почвы, известкование.

Geretsun G.M. The Influence of Ecologically Dangerous Precipitations on the Properties of Urban Soils

The influence of the anthropogenic pressure on some properties of urban soils is analyzed. A municipal environment gives soils new properties that are identically shown at different physic-geographical terms. It is set that with the increase of degree of the anthropogenic pressure the closeness of urban soils substantially increases and soil porosity diminishes. It is shown that the sustainable washing of acids formative connections results in epiphyses acidification of the ground horizon. It is accompanied by the substantial lowering of calcium and magnesium maintenance. A reasonable necessity of including of methods of liming is for the programs of improvement of quality of municipal soils (especially wayside territories).

Key words: rural soils, ecologically dangerous precipitations, soil acidification, liming.

УДК 582.929:581.5

Викл. Н.О. Гнатюк, канд. біол. наук –
Уманський ДПУ ім. Павла Тичини

РОЗПОДІЛ БІОГЕННИХ ЕЛЕМЕНТІВ У ҐРУНТІ

Досліджено динаміку розподілу біогенних елементів у ґрунті під ароматичними рослинами *Dracocephalum moldavicum* L., *Hyssopus officinalis* L., *Monarda didyma* L. під час вирощування у ґрунтово-кліматичних умовах північного і центрального Лісостепу України. На дослідних ділянках протягом вегетаційного періоду спостережено зменшення кількості вуглецю, що може свідчити про покращення окисно-відновних процесів у кореневій зоні рослин. Крім цього, рослини гісопу в умовах сірого лісового ґрунту протягом вегетаційного періоду позитивно впливають на розподіл кальцію та магнію. У ґрунті під час вирощування ароматичних видів рослин збільшується вміст вуглецю. Протягом вегетаційного періоду існує істотна розбіжність між певним вмістом біогенних елементів під дослідними ароматичними рослинами, яку необхідно враховувати під час їх вирощування.

Ключові слова: біогенні елементи, *Dracocephalum moldavicum* L. (зміголовник молдавський), *Hyssopus officinalis* L. (гісоп лікарський), *Monarda didyma* L. (монарда двійчаста), вуглець, азот, фосфор, калій, кальцій, залізо, марганець.

Вміст мінеральних речовин у рослинній масі може змінюватися залежно від складу ґрунту, вологості повітря, біологічних особливостей рослин [45, 44]. Макро- та мікроелементи відіграють важливу роль у функціонуванні рослинного організму, оскільки слугують регуляторами багатьох життєвих процесів. Зокрема фосфор у ґрунті входить до складу мінеральних і органічних сполук. Його вміст залежить від гранулометричного складу ґрунту та кількості гумусу. Велике значення фосфор має на початку вегетації рослин: він інтенсифікує ріст, сприяє кращому засвоєнню поживних речовин і вологи. За допомогою фосфорного живлення прискорюється утворення генеративних органів. Фосфор є структурним компонентом нуклеїнових кислот, входить до складу фосфоліпідів – жироподібних речовин, які відіграють істотну роль у структурі мембран, бере участь у всіх етапах транспортування енергії в клітині.

Вміст кальцію в ґрунті визначає стан ґрунтового вбирного комплексу і реакцію середовища. Цей елемент відіграє важливу роль в регулюванні проникності клітин. Калій відповідає за водний статус рослин. Азот входить до складу молекул хлорофілу, який виконує найважливішу функцію у процесі фотосинтезу, є компонентом простих і складних білків, нуклеїнових кислот. Вміст у ґрунті мінеральних форм нітратів і аміаку залежить від умов повітряного, водного і теплового режимів, а також кислотності та кількості гумусу [40]. Магній – складова частина молекули хлорофілу. Залізо входить до складу багатьох важливих ферментів, зокрема пероксидази і каталази, а також цитохромів, які безпосередньо беруть участь у процесах фотосинтезу і дихання [37].

Відомо, що корені здатні поглинати достатню кількість біогенних елементів навіть із ґрунтів з низьким вмістом розчинених поживних сполук, оскільки рослинам властиві різноманітні життєві стратегії, які певною мірою дають змогу видозмінювати середовище навколо кореневої поверхні. Відбувається це: по-перше, внаслідок вивільнення елементів мінерального живлення із твердих фаз ґрунту під дією корневих виділень рослин; по-друге, внаслідок мобілізації розчинених іонів кореневою поверхнею з подальшим їх поглинанням; по-третє, завдяки наявності ефективних механізмів адсорбції для підвищення градієнта дифузії елементів із ґрунтового розчину до мембран клітин кореня у межах апоплазматичного простору. Ці механізми включають процеси окиснення ризосфери внаслідок підвищення активності мембран редуктаз для безпосередньої редукції комплексів металів. Крім цього, на розчинність і доступність елементів мінерального живлення впливають реакції взаємодії кореневої системи і мікроорганізмів. На жаль, майже нічого не відомо про механізми впливу мікроорганізмів ризосфери на поглинання біогенних елементів кореневою системою рослин. Роль коренів у розчиненні, мобілізації, адсорбції живильних елементів, а також особливості взаємозв'язку коріння і мікроорганізмів вивчають багато вчених з метою пошуку нових біодобрив, що містили б як органічні, так і мінеральні компоненти.

На сьогодні більшість гіпотез стосовно поглинання макро- і мікроелементів ґрунтується на процесах транспорту іонів, а саме: на термодинамічній силі, особливостях структури і будови біологічних мембран, певних хімічних властивостях елементів з урахуванням тенденції до формування комплексів з

органічними лігандами, чутливості до окисно-відновних процесів і зміни рН. Результати останніх досліджень уможливають більш детальне вивчення процесів поглинання рослинами макро- і мікроелементів з метою розмежування їх дії. Доведено, що від'ємно заряджені іони і реагуючі групи лігандів (карбоксил, гідроксил, тіол), які знаходяться у апоплазматичному просторі клітин кореня, утримуються деякими катіонами мікроелементів, наприклад Fe^{+3} і Cu^{+2} , набагато міцніше, ніж катіонами мікроелементів, наприклад K^+ [1]. Очевидно, відмінності сорбційної здатності катіонів макро- і мікроелементів потрібно розглядати на рівні молекулярних моделей, що дає змогу вивчити системи транспорту біогенних елементів крізь мембрани клітин кореня. Варто зауважити, що більшість існуючих моделей, які описують процеси адсорбції біогенних елементів рослинами, не враховують особливості надходження макро- і мікроелементів та їх взаємодію у живильному середовищі. Це пов'язано з тим, що поглинання мікроелементів рослинами є електрохімічним потенціалом градієнтів, який складається з двох компонентів – градієнта активності іонів і градієнта електричного потенціалу протоплазматичної мембрани. Оскільки в більшості рослин потенціал протоплазматичної мембрани варіює в діапазоні 120-180 мВ, то електричний градієнт має істотно змінюватись під час проходження іоном цієї мембрани. Крім цього, активність катіонів у цитоплазмі проявляється на дуже низькому рівні для того, щоб надати змогу клітинам захиститися від негативного впливу окисно-відновних реакцій. Високі значення від'ємних потенціалів мембран зумовлені дуже низькою активністю катіонів мікроелементів, що призводить до значного збільшення рушійної сили поглинання цих металів. До того ж відпадає потреба у термодинамічному поглинанні катіонів мікроелементів коренями, як це відбувається з катіонами макроелементів, наприклад K^+ .

У 1992 р. на II Всесвітньому конгресі з мінерального живлення зроблено заяву про наявність специфічного каналу транспорту катіонів крізь мембрани вакуолей у рослин *Saccharomyces cerevisiae*, для активації якого необхідний високий рівень Ca^{2+} . Проте в разі контакту цитоплазматичної поверхні мембран із сульфгідрильними відновниками канал активується за значно нижчих рівнів Ca^{2+} . Припущено можливість існування зв'язку між окисно-відновним станом мембран і регулюванням каналу катіонів, по якому проходять білки, завдяки наявності специфічних груп тіолів у каналі. Отже, поглинання біогенних елементів кореневою системою рослин залежить від багатьох факторів, зокрема: потенціалу мембран, активності іонів, процесу фосфорилування, вмісту білків, жирних кислот, різних лігандів та окисно-відновної активності протоплазматичних мембран. Ймовірно, відповідальними за підвищення активності в іонному каналі є сульфгідрильні групи, які пов'язані з конструктивною редуктазою у протоплазматичній мембрані.

Дослідження екології поживних речовин нині набуває величезного значення, оскільки відомо, що в різних ґрунтах мінеральні сполуки майже ніколи не містяться у такій кількості і в такому збалансованому співвідношенні, які б були оптимальними для росту і розвитку рослин. Останні завжди компенсують вплив стрес-факторів за рахунок живлення і подальших змін у фізіологічній адаптації до умов зовнішнього середовища. Ґрунти характеризуються різним

вмістом поживних речовин, які визначають певний хімічний склад рослин. До того ж дія мінералів на ріст рослин залежить як від фізичних, хімічних і біологічних показників ґрунту, так і від зовнішніх умов і фізіологічної адаптації організмів до їх змін.

Під нормою адаптації розуміють межі зміни структури біологічної системи (або елемента) внаслідок впливу умов існування, за яких не порушуються її функціональні зв'язки зі середовищем [39], тобто норма адаптації визначається насамперед збереженням функціональних зв'язків рослини із зовнішнім середовищем. Головний зміст адаптації – це внутрішні процеси, які відбуваються у біосистемі і забезпечують збереження її зовнішніх функцій стосовно тих чи інших параметрів навколишнього середовища [38]. Існує два типи адаптації: адаптація, яка підтримується всіма структурними елементами повного системного рівня, і адаптація за типом компенсації. В основу генетичної адаптації до геохімічних, як і до інших екологічних факторів, покладено явище генетичного поліморфізму популяцій. Стабільні адаптаційні механізми забезпечують пристосування організму до середнього (типового) стану середовища, яке протягом тривалого часу залишається постійним [43]. Лабільні адаптаційні механізми уможливають пристосування до нерегулярних стосовно короточасних умов існування. Сумісна функція двох груп адаптивних механізмів забезпечує максимальну ефективність пристосування рослин до конкретних умов за мінімальних витрат енергії на адаптацію. До того ж особливо важливого значення набуває здатність рослин регулювати засвоєваність хімічних елементів і можливість використання їх для керування процесами обміну речовин і синтезу біологічно активних сполук [41]. Для розуміння реакції організмів на фактори геохімічного середовища потрібно з'ясувати роль хімічних елементів у біохімічних процесах і визначити ті ланки, які контролюють реакцію рослин на нестачу або надлишок певних елементів, тобто відшукати причинні залежності та пояснити значення частини в реакції цілого [42].

Теоретичний аналіз і практичні розробки засвідчують, що, з одного боку, рівень дифузії мінеральних сполук крізь ґрунт до кореневої поверхні контролює лише адсорбцію біогенних елементів (за винятком кальцію), до того ж кінетика кореневого поглинання мінімально впливає на цей процес [4]. З іншого боку, у рослин спрацьовує дуже чутливий механізм регуляторної кінетики поглинання для підтримки мінерального статусу [7, 3, 5]. За результатами дослідження кінетичного поглинання елементів мінерального живлення виявлено, що цей показник можна використовувати під час вивчення адаптації рослин до різних ґрунтових екосистем і кліматичних умов. Встановлено, що коренева кінетика більшою мірою впливає на мобільні (нітрат і кальцій) або іммобільні іони у групах з високим вмістом органічної речовини [20].

Відомо, що інтенсивність поглинання мінеральних речовин можна вимірювати декількома методами. Так, ступінь надходження мінеральних елементів *in situ* доцільно досліджувати за продуктивністю рослин, а під час вивчення їх фізіологічного потенціалу до адсорбції поживних речовин потрібно застосовувати лабораторне обладнання з керованими факторами зовнішнього середовища, зокрема ґрунтового субстрату. Рівень поглинання елементів мінерального

живлення визначають вимірюванням пулу макро- і мікроелементів у біомасі рослин за певний проміжок часу. Найбільш достовірні результати можна одержати лише після дослідження всіх частин рослини [34, 8, 36], а накопичення поживних речовин має засвідчувати наявність фізіологічного потенціалу до адсорбції елементів за певних умов [31, 7, 9]. До того ж використання інертних волокнистих субстратів дає змогу отримати найточніші результати.

Потенціал поглинання залежить: по-перше, від реальної потреби рослин у поживних речовинах, які забезпечують певну функцію росту [19, 26]; по-друге, від того, що різні тканини накопичують лише певну кількість біогенних елементів. Наприклад, рослини з дефіцитом фосфору здатні поглинати його у більшій кількості, порівняно з тими, що забезпечені цим елементом [32]. Аналогічну закономірність встановлено стосовно поглинання азоту і калію [18]. Отже, чутливість рослин до дефіциту того іншого елемента залежить від потенціалу поглинання, який безпосередньо використовується під час визначення ступеня цього дефіциту. Потрібно враховувати і те, що низька здатність рослин поглинати певні поживні речовини може спричинитись незадовільним індексом росту або незначною потребою в елементах живлення і не бути пов'язаною з адекватним надходженням хімічних сполук [7]. Крім цього, порушення поглинання може засвідчувати нестачу деяких інших елементів [2]. Так, після незначного хімічного стресу, спостерігається зменшення ступеня поглинання елементів, зокрема після порушення азотного забезпечення різко знижується інтенсивність надходження до рослин фосфору [26].

Загальна концентрація поживних речовин у різних тканинах рослин – це показник, який найширше використовують для визначення їх мінерального статусу. Існує декілька причин низької концентрації хімічних сполук у рослинних тканинах:

- висока волокнистість, наявність великої кількості лігніну і смоли (жорсткі мезофільні листки);
- високий вміст вуглеводів (надходження від листків до плодів);
- низькі концентрації навіть тих мінеральних сполук, які в навколишньому середовищі знаходяться в достатній кількості (співвідношення вмісту азоту в корнях і листках);
- сезонні зміни концентрації (вміст елементів у листках взимку, у запасуючих органах – влітку);
- низький вміст поживних речовин, які зарезервовані у вакуолях.

Із перерахованих факторів лише останній – найбільш реальний індикатор хімічного статусу рослин, оскільки в інших випадках проведено попередній порівняльний аналіз різних частин рослини, особин одного виду або різних видів, що зазвичай не висвітлює відмінності живильного статусу. Наприклад, освітлені листки на одній рослині характеризуються меншою кількістю азоту, ніж затемнені, що пов'язано з високою судинною провідністю та вмістом вуглеводів [28]. До того ж низькі концентрації азоту в старих листках засвідчують незначну потребу в ньому, порівняно з тими рослинами, що зазнають азотного стресу [13, 6].

Концентрація макро- і мікроелементів у тканинах – це найбільш достовірний показник хімічного статусу, що передбачає наявність контролю за вели-

кою кількістю інших факторів, зокрема під час: з'ясування належності рослин до певних видів, екоморфотипів [26, 30], дослідження різних частин [21] і тканин рослин [26, 25], філогенетичного аналізу [21, 12], вивчення архітекtonіки розміщення листків на рослинах або їх положення в екосистемі [10, 11].

Визначення, яка саме частина рослини найпридатніша для дослідження хімічного статусу, залежить від вмісту поживних речовин у тканинах і пори року. Так, азот, фосфор і калій мобільні у флоемі й здатні рухатись із старих листків у молоді відповідно до хімічного запиту. Старі листки чутливіші до нестачі цих елементів, ніж молоді, і навпаки, симптоми дефіциту іммобільних для флоєми елементів, наприклад кальцію, спочатку проявляються на молодих листках [33]. У період інтенсивного росту рослин листки – більш прийнятний індикатор стресу, ніж запасуючі органи, і навпаки, в інший час запасуючі тканини можуть бути найкращою діагностичною ознакою [26, 33, 17].

Ефективність використання поживних речовин досягається вимірюванням загальної біомаси рослини, яка виробляється на одиницю елемента і залежить від його концентрації. Крім інформації стосовно концентрації елементів, цей параметр включає багато фізіологічних та екологічних досліджень [7, 9, 35, 14]. Процес розпізнавання розбіжностей в ефективності використання речовин прямо пропорційно залежить від віку рослини та типу тканин, що тестуються. З метою розрахунку ефективності для цієї рослини її загальну масу потрібно розділити на сумарну кількість поживних речовин. У цьому випадку вона відображає концентрацію елементів у тканинах і розподіл наростання біомаси в органах з високим вмістом поживних речовин стосовно тих, що характеризуються низькою концентрацією елементів. Розрахунки ефективності використання поживних речовин для цієї рослини – це якісна реакція на хімічний стрес, оскільки в разі зменшення концентрації елементів у тканинах відношення біомаси коренів з низьким вмістом речовин до біомаси листків з їх високим вмістом відповідно збільшується. І нарешті, ефективність можна визначити за хімічним складом листяної підстилки, яка відтворює вихідний хімічний статус листків та ефективність ресорбції поживних речовин або втрати їх внаслідок вимивання. Вимірювання ефективності з використанням підстилки – це кінцевий результат багатьох фізіологічних процесів і, можливо, найвагоміший внесок у дослідження біогеоценозів або визначення продуктивності фотосинтезу [26, 15, 23, 24].

Оскільки всі судинні рослини потребують приблизно однакової кількості поживних речовин для оптимального росту [29, 16], вони, очевидно, повинні мати однакове співвідношення концентрацій хімічних сполук у тканинах доти, доки якийсь елемент не буде обмежувати ріст. Так, А. Redfield [29] довів, що співвідношення азоту і фосфору – оптимальний показник відповідності обмеження росту фітопланктону. Аналогічну закономірність виявлено і в наземних рослин [9, 27]. До того ж кількість поживних речовин характеризує тимчасове накопичення одного мінерального елемента у відповідь на надлишок інших. Наприклад, сезонне надходження фосфору та низьке відношення N : P може бути результатом високої доступності фосфору за умов, коли ріст обмежений вуглеводами, водню або мікроелементами. У цьому випадку не спостерігається де-

фіцит азоту. Крім цього, кількісний аналіз хімічних елементів є достовірним критерієм певного дисбалансу у видів різного екоморфотипу, зокрема відношення Ca : Mg значно вище у витких рослин.

Концепцію доступності поживних речовин для рослин різного екоморфотипу варто розглядати з двох незалежних точок зору. Згідно з першою, у природних ґрунтових екосистемах перерозподіл мінеральних сполук відбувається з недоступних фондів у фонди, які забезпечують рослини хімічними елементами і визначають їх рівень, оскільки біогеоценози істотно різняться за інтенсивністю процесів розкладу органічного матеріалу або мінерального вивітрювання. Згідно з другою точкою зору, на продуктивність рослин, як загалом і всієї екосистеми, впливає незадовільне мінеральне живлення, що визначає простір, в якому продуктивність зменшується в кількості, неадекватній дозі поживних речовин, які надійшли.

Оскільки природні біогеоценози характеризуються великою кількістю видів з різною морфоструктурою та життєвою стратегією, то дослідження особливостей розподілу біогенних елементів у ґрунті протягом онтогенезу ароматичних рослин має величезне практичне значення. Варто зауважити, що такі порівняльні дослідження не проводились.

Отримані результати показали істотні розбіжності в розподілі елементів мінерального живлення в ґрунті під час вирощування дослідних видів рослин (табл.). Заслужують на увагу дані щодо вмісту марганцю в ґрунті.

Табл. Вміст біогенних елементів у ґрунті на різних фазах розвитку дослідних видів рослин (1 н НСІ)

Вид	Територія	Елемент, мг/л						
		Азот	Фосфор	Калій	Кальцій	Магній	Залізо	Марганець
<i>Фаза початкового росту</i>								
Контроль (без рослин)	Умань	59,7	109,0	94,3	6997,2	2032,1	375	210
	Київ	85,6	218,5	75,1	10495,8	406,4	750	270
<i>Hyssopus officinalis</i> L.	Умань	15,3	108,7	82,4	8163,4	1727,2	250	360
	Київ	84,7	215,3	70,6	8359,1	619,6	970	190
<i>Dracocephalum moldavicum</i> L.	Умань	22,5	211,9	77,3	7669,6	1828,8	230	320
	Київ	85,1	222,8	63,4	6911,3	1930,4	1050	200
<i>Monarda didyma</i> L.	Умань	14,7	110,7	79,5	7015,3	711,2	370	305
	Київ	86,4	216,5	67,1	9633,7	1975,9	950	240
<i>Фаза бутонізації – цвітіння</i>								
Контроль (без рослин)	Умань	59,3	108,4	87,9	6853,9	1993,7	370	200
	Київ	85,2	217,1	71,4	10254,3	398,3	720	250
<i>Hyssopus officinalis</i> L.	Умань	3,5	54,4	46,5	6512,5	1625,6	625	150
	Київ	7,4	59,3	56,1	12426,8	4368,8	650	160
<i>Dracocephalum moldavicum</i> L.	Умань	11,2	246,2	37,2	6237,4	1524,0	1125	180
	Київ	3,0	82,7	39,8	5711,7	1027,5	875	110
<i>Monarda didyma</i> L.	Умань	3,8	89,3	45,7	4331,6	1270,1	610	175
	Київ	3,5	79,4	48,2	8996,4	1828,8	1015	90

Зокрема спостерігається зменшення кількості вуглецю на дослідних ділянках, що може свідчити про покращення окисно-відновних процесів у кореневій зоні рослин. Крім цього, рослини гісопу в умовах сірого лісового ґрунту

протягом вегетаційного періоду позитивно впливають на розподіл кальцію та магнію. Необхідно також зауважити про збільшення вмісту вуглецю в ґрунті під час вирощування ароматичних видів рослин (рис.).

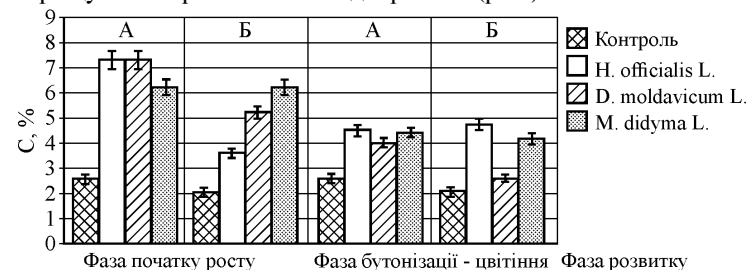


Рис. Вміст вуглецю в ґрунті досліджуваних ділянок під час вирощування ароматичних видів рослин (база проведення дослідження: А – Національний ботанічний сад ім. М.М. Гришка (м. Київ); Б – агробіологічна станція м. Умань)

Отже, отримані результати досліджень показали, що у ґрунті протягом вегетаційного періоду існує істотна розбіжність між певним вмістом біогенних елементів під дослідними ароматичними рослинами, яку необхідно враховувати під час їх вирощування.

Література

- Andrews R.E. Root density and competition for nutrients / R.E. Andrews, E.I. Newman // Oecologia Plantarum. – 1970. – Vol. 5. – Pp. 319-334.
- Blaeser P. Fungizide Wirkstoffe ans Pflanzenattrakten / P. Blaeser, U. Steiner, H.-W. Dehne // 51. Dtsch. Pflanzenschutztag. Halle-Saale, 5-8 Okt. 1998. – Mill. Boil. Bundesanst, Land- und Forstwirt. Berlin-Dahlem, 1998. – № 357. – S. 167.
- Carta C. Activity of the oil of *Salvia officinalis* against *Botrytis cinerea* / C. Carta, M. D.L. Moretti, A.T. Peana // Journal of Essential Oil Research. – 1996. – Chapin F.S. Ecological aspects of plant mineral nutrition / F.S. Chapin // Adv. Min. Nutr. – 1988. – Vol. 3. – Pp. 161-191.
- Chapin F.S. Morphological and physiological mechanisms of temperature compensation in phosphate absorption along a latitudinal gradient / F.S. Chapin // Ecology. – 1974. – Vol. 55. – Pp. 1180-1198.
- Chapin F.S. Nitrient allocation and response to defoliation in tundra plants / F.S. Chapin // Arct. Alp. Res. – 1980. – Vol. 12. – Pp. 553-563.
- Chapin F.S. Seasonal movement of nutrients in plants of differing growth form in an Alaskan tundra ecosystem implications for herbivory / F.S. Chapin, D.A. Johnson, J.D. McKendrick // Journal of Ecology. – 1980. – Vol. 68. – Pp. 189-209.
- Chapin F.S. The mineral nutrition of Wild plants / F.S. Chapin // Annual Review of Ecology and Systematics. – 1980. – Vol. 11. – Pp. 233-260.
- Christie E.K. Physiological responses of semi-arid grasses. 1. The influence of phosphorus supply on growth and phosphorus absorption / E.K. Christie, J. Moorby // Australian Journal of Agricultural Research. – 1975. – Vol. 26. – Pp. 423-436.
- Clarcson D.T. Factors affecting mineral nutrient acquisition by plants / D.T. Clarcson // Ibid. – 1985. – Vol. 36. – Pp. 77-115.
- Clement C.R. The uptake of nitrate by Lolium perenne from flowing nutrient solution. 2. Effect of light. Defoliation and relationship to CO₂ flux / C.R. Clement, M.J. Hopper, L. H.P. Jones // Journal of Experimental Botany. – 1978. – Vol. 29. – Pp. 1173-1183.
- Epstein E. Mineral nutrition of plants, principles and perspectives / E. Epstein. – New York : Wiley, 1972. – 273 p.
- Ernst W. H.O. Element nutrition of two contrasted dune annuals / W. H.O. Ernst // Journal of Ecology. – 1983. – Vol. 71. – Pp. 197-209.
- Field C. Allocating leaf nitrogen for the maximization of carbon gain : leaf age as a control on the allocation program / C. Field // Oecologia. – 1983. – Vol. 36. – Pp. 341-347.

14. Field C. Allocating leaf nitrogen for the maximization of carbon gain : leaf age as a control on the allocation program / C. Field // *Oecologia*. – 1983. – Vol. 36. – Pp. 341-347.

15. Field C. The photosynthesis-nitrogen relationship in wild plants / C. Field, H.A. Mooney // *On the economy of plant form and function*. – Cambridge : Univ. Press, 1986. – Pp. 25-55.

16. Garten C.T. Correlation between concentrations of elements in plants / C.T. Garten // *Nature*. – 1976. – Vol. 261. – Pp. 686-688.

17. Gerloff G.C. Plant efficiencies in the use of nitrogen, phosphorus and potassium / G.C. Gerloff // *Plant adaptation to mineral stress in problem soils*. – Ithaca; New York : Cornell University Agricultural Experiment Station, 1972. – Pp. 161-169.

18. Glass A. D.M. Regulation of ion transport / A. D.M. Glass // *Annual Review of Plant Biology*. – 1983. – Vol. 34. – Pp. 311-326.

19. Harrison A.F. A bioassay for comparing phosphorus availability in soils / A.F. Harrison, D.R. Hellivell // *Journal of Applied Ecology*. – 1979. – Vol. 16. – Pp. 497-505.

20. Headley A.D. The phosphorus economy of the evergreen tundra plant *Lycopodium annotinum* / A.D. Headley, T.V. Callaghan, J.A. Lee // *Oikos*. – 1985. – Vol. 45. – Pp. 235-245.

21. Hom J. The photosynthetic capacity, nutrient content, and nutrient use efficiency of different needle age-classes of black spruce (*Picea mariana*) found in interior Alaska / J. Hom, W.C. Oechel // *Canadian Journal of Forest Research*. – 1983. – Vol. 13. – Pp. 834-839.

22. Ingestad T. A definition of optimum nutrient requirements in birch seedlings / T. Ingestad // *Plant Physiology*. – 1971. – Vol. 24. – Pp. 118-125.

23. Ingestad T. Relative addition rate and external concentration driving variables used in plant nutrition research / T. Ingestad // *Plant Cell Environ*. – 1982. – Vol. 5. – Pp. 443-453.

24. Jonasson S. Plant phenols and nutrients in relation to variations in climate and rodent grazing / J.P. Bryant, F.S. Chapin, M. Anderson // *Amer. Nat.* – 1986. – 128. – Pp. 394-400.

25. Lee R.B. Selectivity and kinetics of ion uptake by barley plants following nutrient deficiency / R.B. Lee // *Annals of Botany*. – 1982. – Vol. 50. – Pp. 429-449.

26. Miller P.C. Quantitative plant ecology / P.C. Miller // *Analysis of ecosystems*. – Columbus : Ohio State Univ. Press, 1999. – Pp. 179-231.

27. Mooney H.A. Environmental and biological constraints of leaf structure and function in reference to herbivore / H.A. Mooney, S.J. Gulmon // *BioScience*. – 1982. – Vol. 32. – Pp. 198-206.

28. Saric M.R. Genetic specificity in relation to plant mineral nutrition / M.R. Saric // *Journal of Plant Nutrition*. – 1981. – Vol. 3. – Pp. 743-766.

29. Shaver G.R. Nutrient budgets of marsh plants efficiency concepts and relation to availability / G.R. Shaver, J.M. Mellilo // *Ecology*. – 1984. – Vol. 65. – Pp. 1491-1510.

30. van den Driessche R. Prediction of mineral nutrient status of trees by foliar analysis / R. van den Driessche // *Bot. Rev.* – 1974. – Vol. 40. – Pp. 347-394.

31. van den Driessche R. Seasonal variations in a Douglas fir stand in total and soluble nitrogen in inner bark and root and in total and mineralizable nitrogen in soil / R. van den Driessche, J.E. Webber // *Canadian Journal of Forest Research*. – 1977. – Vol. 7. – Pp. 641-647.

32. van den Driessche R. Prediction of mineral nutrient status of trees by foliar analysis / R. van den Driessche // *Bot. Rev.* – 1974. – Vol. 40. – Pp. 347-394.

33. van Cleve K. Accumulation of nitrogen in alder (*Alnus*) ecosystems near Fairbanks, Alaska / K. van Cleve, L.A. Viereck, R.L. Schlentner // *Arct. Alp. Res.* – 1971. – Vol. 3. – Pp. 101-114.

34. Vitousek P.M. Nutrient cycling and nutrient use efficiency / P.M. Vitousek // *American Naturalist*. – 1982. – Vol. 119. – Pp. 553-572.

35. White R.E. Studies on mineral ionabsorption by plants. 1. The absorption and utilization of phosphate by *Stylosanthes humilis*, *Phaseolus atropurpureus* and *Desmodium intortum* / R.E. White // *Plant Soil*. – 1972. – Vol. 36. – Pp. 427-447.

36. Смаглий О.Ф. Агроекологія : навч. посібн. / О.Ф. Смаглий, А.Т. Кардашов, П.В. Литвак та ін. – К. : Вид-во "Вища освіта", 2006. – 671 с.

37. Воложин А.И. Адаптация и компенсация – универсальный биологический механизм приспособления / А.И. Воложин, Ю.К. Субботин. – М. : Изд-во "Медицина", 1987. – 176 с.

38. Горизонтов П.Д. Система крови как основа резистентности и адаптации организма / П.Д. Горизонтов // *Патологическая физиология и экспериментальная терапия* : сб. науч. тр. – 1981. – № 2. – С. 55-63.

39. Дерій С.І. Основи екології : навч. посібн. / С.І. Дерій, В.О. Ілюха. – К. : Вид-во "Фітосоціоцентр", 2000. – 200 с.

40. Ковальський В.В. Геохимическая экология – новое направление в изучении изменчивости обмена веществ под влиянием избытка и недостатка микроэлементов / В.В. Ковальський // *Доклады ВАСХНИЛ* : сб. науч. тр. – 1967. – № 11. – С. 5-12.

41. Ковальський В.В. Геохимическая экология / В.В. Ковальський. – М. : Изд-во "Наука", 1974. – 281 с.

42. Корниенко И.А. О некоторых общих принципах адаптации биологических систем / И.А. Корниенко, С.П. Маслов, И.А. Шилов // *Журнал общей биологии* : сб. науч. тр. – 1965. – № 1. – С. 121-126.

43. Танасиенко Ф.С. Эфирные масла. Содержание и состав в растениях / Ф.С. Танасиенко. – К. : Вид-во "Наук. думка", 1985. – 286 с.

44. Калашников В.П. Энциклопедический словарь аптечного работника / В.П. Калашников, И.И. Левинштейн, А.К. Мельниченко и др. – М. : Гос. изд. мед. литературы, 1960. – 596 с.

45. Якість ґрунтів та сучасні стратегії удобрення / за ред. Д. Мельничука, Дж. Хофман, М. Городнього. – К. : Вид-во "Арістей", 2004. – 488 с.

Гнатюк Н.А. Распределение биогенных элементов в почве

Исследована динамика распределения биогенных элементов в почве под ароматическими растениями *Dracocephalum moldavicum* L., *Hyssopus officinalis* L., *Monarda didyma* L при выращивании в грунтово-климатических условиях северной и центральной Лесостепи Украины. На опытных участках в течение вегетационного периода наблюдается уменьшение количества углерода, что может свидетельствовать о улучшения окислительно-восстановительных процессов в корневой зоне растений. Кроме того, растения иссопа в условиях серой лесной почвы в течение вегетационного периода положительно влияют на распределение кальция и магния. В почве при выращивании ароматических видов растений увеличивается содержание углерода. В течение вегетационного периода существует существенное расхождение между определенным содержанием биогенных элементов под исследуемыми ароматическими растениями, которую необходимо учитывать при их выращивании.

Ключевые слова: биогенных элементов, *Dracocephalum moldavicum* L., *Hyssopus officinalis* L., *Monarda didyma* L., углерод, азот, фосфор, калий, кальций, железо, марганец.

Hnatiuk N.A. The Distribution of Biogenic Elements in the Soil

The dynamics of the distribution of nutrients in the soil under aromatic plants *Dracocephalum moldavicum* L., *Hyssopus officinalis* L., *Monarda didyma* L during growing in the ground-climatic terms of north and central Forest-steppe of Ukraine is studied. During the growing season, a decrease in the amount of carbon that may be indicative of improvement of redox processes in the root zone of plants on experimental plots is noticed. In addition, plants hyssop in a gray forest soil during the growing season are proved to have a positive effect on the distribution of calcium and magnesium. In soil cultivation with aromatic species carbon content increased. During the growing season, there is a significant difference between the specific content of nutrients under research aromatic plants, which must be taken into account in their cultivation.

Key words: nutrients, *Dracocephalum moldavicum* L., *Hyssopus officinalis* L., *Monarda didyma* L., carbon, nitrogen, phosphorus, potassium, calcium, iron, manganese.

УДК 630*[231+181.9]

Аспір. О.І. Дерех¹ – НЛТУ України, м. Львів

ДИЛЕКТРИЧНІ ПОКАЗНИКИ ДЕРЕВ ДУБА І БУКА НА ДІЛЯНКАХ РІЗНИХ СТАДІЙ ДИГРЕСІЇ ЗЕЛЕНОЇ ЗОНИ ЛЬВОВА

Здорові, добре розвинені, панівні дерева характеризуються низькими показниками імпедансу і високими – поляризаційної ємності. З погіршенням стану дерев в деревостанах діелектричні показники змінюються. У першій половині вегетационного періоду інтенсивність процесів життєдіяльності у дуба на ділянках різних стадій дигресії є значно або істотно вищими, ніж на контролі. На ділянках V стадії дигресії встановлено зниження поляризаційної ємності на 19,4-25,7 %, що свідчить про значне зниження ін-

¹ Наук. керівник: проф. Л.І. Копій, д-р с.-г. наук