

- Album tipichnykh resheniy razmeshcheniya lineynykh rubezhey pri razrobotke projektov vnutrikhozyaystvennogo zemleustroystva s konturno-meliorativnoy organizatsiyei territorii* [Album of typical solutions of placement of linear lines in the development of projects with the farm boundary contour-reclamation area organization]. UkrNIIzemproekt Publ., 97 p. (in Russian).
12. Kouli M., Soupios P., Vallianatos F. (2009). Soil erosion prediction using the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE) in a GIS framework, Chania, Northwestern Crete, Greece, Environ geol, Vol. 57 (3), pp. 483–497 (in English).
  13. Benkobi L., Trlica M.J., Smith J.L. (1994). Evaluation of a refined surface cover subfactor for use in RUSLE, J Range Manage, Vol. 47, pp. 74–78 (in English).
  14. Biesemans J., Meirvenne M.V., Gabriels D. (2000). Extending the RUSLE with the Monte Carlo error propagation technique to predict long-term average off-site sediment accumulation, J Soil Water Conserv, Vol. 55, pp. 35–42 (in English).
  15. Van Leeuwen WJD, Sammons G. (2004). Vegetation dynamics and soil erosion modeling using remotely sensed data (MODIS) and GIS. Tenth Biennial USDA Forest Service Remote Sensing Applications Conference, 5–9 April 2004, Salt Lake City, UT. US Department of Agriculture Forest Service Remote Sensing Applications Center, Salt Lake City, pp. 65–74 (in English).
  16. Pichura V.I. (2016). *Struktura hidrogeomorfologichnoyi systemy dlya stvorenniya heosnoy ekolohichnoy karkasa baseynu richky Dnipro* [Structure of the hydrogeomorphological system for creating the geo-foundation for the ecological framework of the Dnieper river basin]. *Dnipropetrovs'koho derzhavnogo ahroekonomichnoho universytetu* [Bulletin of Dnepropetrovsk State Agricultural and Economic University]. No. 2 (40), pp. 19–25 (in Ukrainian).
  17. Simonov Yu.G., Simonova T.Yu. (2004). *Rechnoy basseyn i basseynovaya organizatsiya geograficheskoy obolochki* [River basin and the basin organization geographic shell]. *Eroziya pochv i ruslovye protsessy* [Soil erosion and channel processes]. Moskva, Iss. 14, pp. 7–32 (in Russian).
  18. Pichura V.I. (2016). *Sil's'kohospodars'ke porushennya ekolohichnoyi stiykosti baseynu richky Dnipro* [Damage to environmental sustainability of the Dnieper river basin caused by agriculture]. *Naukovi dopovidi NUBiP Ukrayiny* [Scientific reports NUBiP Ukraine]. No. 5 (6). [Electronic resource] available at: <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Dopovidi/article/view/7231/7010> (in Ukrainian).
  19. Svitlychnyi O.O. (1995). «Quantitative evaluation of the characteristics of the power issue i eroziynnoho process optimization using eroziyno dangerous lands» Abstract of Doctor of Geographical Sciences dissertation, Odessa State University, Odessa, 47 p. (in Ukrainian).
  20. Buryak Zh.A. (2015). «Basin Organizations of nature in Belgorod ecoregion» Dissertation Candidate Geographical Sciences, Moskva, 193 p. (in Russian).

УДК 631.435:631.841

## ОСОБЛИВОСТІ ВІДБОРУ ПРОБ ҐРУНТУ ЗА ЛОКАЛЬНОГО ВНЕСЕННЯ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРІВ

М.М. Мірошніченко, Є.Ю. Гладкіх, А.В. Ревтьє

ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського»

*Встановлено, що за використання безводного аміаку у зоні його локалізації в ґрунті відбувається значна агрогенна диференціація показників фізико-хімічних, агрохімічних та біологічних властивостей. Для удосконалення моніторингу земель сільськогосподарського призначення, на яких застосовують безводний аміак, запропоновано практичну схему відбору зразків ґрунту. Доведено, що для встановлення показників родючості ґрунту найбільш репрезентативним є відбір за схемою зигзагоподібного перетинання, із формуванням змішаного зразка з 20 індивідуальних проб ґрунту.*

**Ключові слова:** ґрунти, моніторинг, безводний аміак, схема пробовідбирання зразків ґрунту, індивідуальна проба, змішаний зразок.

Останніми роками відбувається поступова переорієнтація агровиробників на економічно доступніші рідкі форми азот-

них добрив, що мають низку технологічних переваг. До таких належить безводний аміак, що вже давно широко використовується у США та Канаді, але його застосування у землеробстві часто спричиняє

© М.М. Мірошніченко, Є.Ю. Гладкіх, А.В. Ревтьє, 2016

негативні зміни показників властивостей ґрунтів. Можливими наслідками тривалого застосування безводного аміаку є посилення лабільності гумусу, збільшення кислотності та пептизуюча дія обмінно-поглинених іонів амонію, що потребує посилення контролю за зміною відповідних показників родючості ґрунту. Передумовою об'єктивної оцінки змін ґрунтових параметрів в умовах застосування безводного аміаку є оптимальна стратегія відбору зразків для отримання репрезентативної інформації.

Поряд із тим слід враховувати, що застосування безводного аміаку можливе лише шляхом локального внесення у стрічки на глибину: на ґрунтах легкого гранулометричного складу — 16–18 см, на важких ґрунтах — 14–16 см. Зважаючи на високу концентрацію та токсичність безводного аміаку як хімічної речовини, зміни, що відбуваються у стрічках його внесення, можуть бути доволі контрастними порівняно із показниками ґрунту у міжрядді внаслідок формування осередків із високою концентрацією солей [1–3]. З огляду на це, метод відбору ґрунтових проб для моніторингу змін родючості на землях, де застосовується безводний аміак, має відрізнятися від загальноприйнятої методики агрохімічного обстеження.

Відомі схеми відбору ґрунтових проб за локального використання добрив мають певні недоліки, що ускладнює їх широке практичне застосування для моніторингу родючості ґрунтів. Наприклад, за відбору ґрунтових зразків для дослідження розподілу елементів живлення від місця внесення добрив [4] здійснюють їх шаровий відбір у вигляді горизонтальних монолітів розміром 2×2 см перпендикулярно до напрямку стрічки внесення добрив, що є тривалою та мало репрезентативною для усього поля процедурою. За інших схем відбирання ґрунтових проб, що пропонуються у разі локального внесення добрив [5–6], через невизначеність місця розміщення стрічки у польових умовах значно збільшується ймовірність похибки.

Метою роботи є розробка оптимальної методики відбору ґрунтових зразків за локального застосування рідких та газоподібних добрив, з урахуванням ступеня неоднорідності ґрунтових параметрів у стрічці внесення висококонцентрованого добрива порівняно з міжряддям.

### МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Дослідження проводили в умовах демонстраційно-дослідного поля ПрАТ «Райз-Максимко» (м. Червонозаводське Лохвицького р-ну Полтавської обл.), ґрунтовий покрив якого — чорнозем опідзолений, слабогумусований, середньосуглинковий на лесовидному суглинку. Безводний аміак вносили за допомогою культиватора Blu-Jet LandRunner II у комбінації з польовою бочкою MaxFieldTwin 2000 gal, агрегованих із трактором JohnDeere потужністю 300 к.с.

Зразки ґрунту відбирали в 0–20 см шарі на ділянці, де вносили безводний аміак. Порівнювали показники родючості ґрунту зразків: відібраних у стрічці внесення добрива; відібраних за схемою зигзагоподібного перегинання (рис. 1-а) та відібрані у спосіб рендомізації без сітки (рис. 1-б) згідно із ДСТУ ISO 10381-1:2004. Для виявлення оптимальної кількості точкових проб формували змішаний ґрунтовий зразок за обраними схемами із 10, 20, 30 та 40 індивідуальних проб.

У відібраних зразках ґрунту визначали вміст рухомої (лабільної) органічної речовини методом М.А. Єгорова, потенційну кислотність (обмінну та гідролітичну) — згідно із ДСТУ ISO 10390-2001, уміст мінерального азоту (N-амонійний і N-нітратний) — за ДСТУ 4729:2007, рухомі форми фосфору та калію — за Чиріковим, згідно із ДСТУ 4115:2002.

### РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Для оцінки просторової неоднорідності параметрів ґрунту з урахуванням мікромініливості, що обумовлено диференціацією комплексу властивостей ґрунту внаслідок локального внесення мінеральних добрив, Т.Г. Фоменко зі співавторами [5] рекомен-

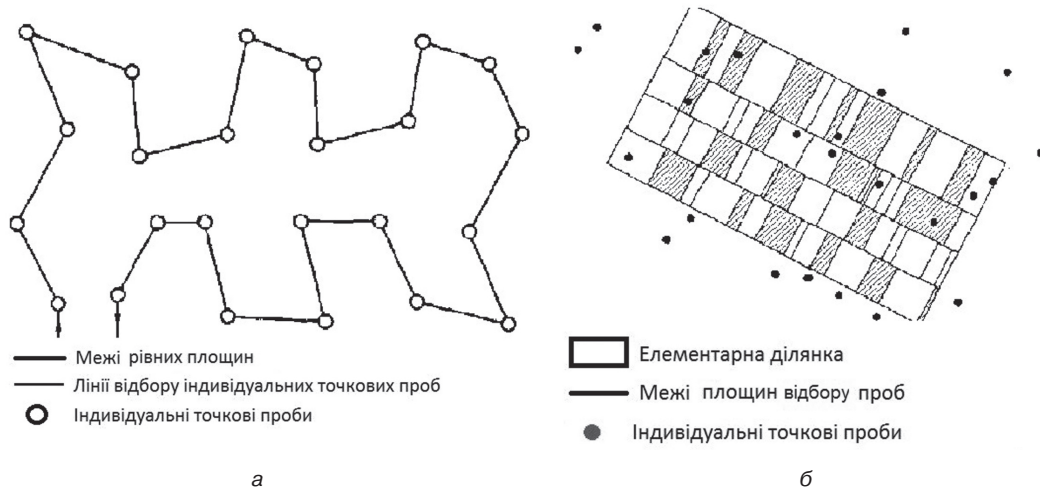


Рис. 1. Схеми відбору проб ґрунту: а) зигзагоподібного перетинання, б) рендомізованого, без сітки

дують визначати ступінь агрогенної диференціації за формулою:

$$SD = \frac{(a-b)}{b} \times 100,$$

де  $SD$  — ступінь агрогенної диференціації параметрів ґрунту, %;  $a$  — параметри ґрунту у зоні локалізації мінеральних добрив;  $b$  — параметри ґрунту за межами зони удобрення; 100 — коефіцієнт перерахунку, %.

Ступінь агрогенної диференціації між зоною локалізації добрива та міжряддям для чорнозему опідзоленого, удобреного безводним аміаком, у 2013 р. за вмістом лабільного гумусу становив 15,8%, за гідролітичною кислотністю — 10,3%, менші відмінності виявлено щодо рН сольового (табл. 1). Через річний проміжок часу ступінь агрогенної диференціації між показниками родючості ґрунту у стрічці та міжряддям зріс, що свідчить про збільшення діапазону значень і, відповідно, про істотні відмінності ґрунтових параметрів, зумовлені локальним способом внесення добрив.

Отримані результати можна обґрунтувати, скориставшись принципом Ле Шательє—Брауна (принцип зміщення рівноваги) [7, 8], ін-

терпретуючи його як перебіг ґрунтових процесів: антропогенний чинник у вигляді внесеного безводного аміаку є новою екзогенною речовиною, що виводить ґрунт із стану природної рівноваги або антропогенно сформованої стійкості, спричиняючи зміни вихідних параметрів ґрунтового тіла. Своєю чергою ґрунт переходить до квазірівноважного стану, що забезпечує послаблення ефекту від впливу добрива. Для цього стану є властивими низка хімічних, фізико-хімічних та біохімічних процесів, обумовлених трансформацією аміаку в ґрунті, а також дисипативні про-

Таблиця 1

Ступінь агрогенної диференціації чорнозему опідзоленого на третій день після внесення безводного аміаку

Параметри ґрунту	Ступінь агрогенної диференціації параметрів ґрунту, %	
	16.11.2013 р.	13.11.2014 р.
Вміст лабільного гумусу, %	15,8	38,1
рН сольовий	2,1	3,8
Гідролітична кислотність, ммоль/кг	10,3	19,1

цеси, спрямовані від осередку локалізації до міжряддя. Тому для прогнозування наслідків застосування безводного аміаку, насамперед, потрібні знання про тривалість цієї рівноваги та інтенсивність перебігу вказаних процесів у часі.

З огляду на це слід наголосити, що методика проведення моніторингу родючості ґрунту за застосування безводного аміаку в землеробстві має принципово відрізнятися від методики моніторингу ґрунтів сільськогосподарського призначення з внесенням традиційних (гранульованих) форм та видів удобрення. Стосовно типу проби, питання не виникає, оскільки для більшості аналізів з визначення параметрів фізичних, фізико-хімічних та агрохімічних властивостей використовують порушені проби ґрунту, тобто відібрані «вільно» відносно одна одної. Необхідна маса змішаної проби залежить від обсягу запланованих лабораторних аналізів. Інструментом для відбирання проб слугує ручний або механічний бур. Глибина відбирання проб становить 20 см, що відповідає верхньому оброблюваному (орному) шару ґрунту, у який, власне, й вносять добрива.

Серед наведених у ДСТУ ISO 10381-1:2004 прикладів схем, що мають різне цільове призначення та залежать від мети проведення дослідження, не усі з них забезпечують можливість відбору зразків ґрунту для отримання аналітично об'єктивних результатів за локального внесення безводного аміаку, оскільки проводяться за невеликою кількістю діагоналей. Так наприклад, дві діагоналі (X-форма) посилюють внесок центральної частини поля. Також нами було виключено схеми, які передбачають відбір зразків за прямими лініями, оскільки систематичне потрапляння або не потрапляння у стрічку внесення добрив істотно впливатиме на кількісні показники запланованих аналізів. Отже, для визначення найбільш придатної (оптимальної) схеми відбирання проб було обрано схему із зигзагоподібним перетинанням (рис. 1-а) та рандомізований відбір проб без сітки (рис. 1-б), перевагами яких є відсутність прямих ліній та однакової

відстані між точковими пробами. Це дає змогу формувати змішану пробу ґрунту із досліджуваної площі з рівною вірогідністю потрапляння ґрунту з осередку внесення безводного аміаку.

Оптимальну кількість індивідуальних зразків для формування змішаної проби встановлювали за результатами визначення вмісту рухомих форм елементів живлення у пробах ґрунту, відібраних за вищезгаданими схемами. За статистично-математичною обробкою даних серед запропонованих схем відбору зразків ґрунту визначено слабку варіацію (5–8%) сукупностей даних безпосередньо у стрічці внесення добрив та за схемою зигзагоподібного перетинання (табл. 2), що свідчить про доволі високу однорідність вмісту мінерального азоту, рухомого фосфору та калію. За рандомізованого відбору проб ґрунту без сітки коефіцієнт варіації сукупностей даних був значно вищим для рухомого фосфору (12%) та мінерального азоту (18–33%).

Наведені результати свідчать, що оптимальним для формування змішаної проби ґрунту є відбирання 20 індивідуальних проб, що підтверджується високими показниками коефіцієнтів парної кореляції між вмістом рухомого фосфору ( $r = 0,76$ ) та амонійного азоту ( $r = 0,94$ ) у стрічці та у змішаному зразку, що складається із 20 індивідуальних проб, відібраних за схемою зигзагоподібного перетинання. За зменшення їхньої кількості до 10 або, навпаки, збільшення до 30–40 не виявлено чіткого зв'язку між показниками родючості, визначеними у стрічці внесення добрив та у зразках, відібраних за зигзагоподібною схемою.

За рандомізованого відбору, незалежно від кількості індивідуальних проб для змішаного зразка, спостерігається негативна парна кореляція агрохімічних параметрів, що пояснюється, по-перше, хаотичним маршрутом за відбирання зразків, а по-друге, суб'єктивізмом дослідника, який може свідомо чи підсвідомо відбирати індивідуальні проби переважно у стрічці або у міжрядді, залежно від того, які результати очікується отримати.

Таблиця 2

**Результати вимірювань вмісту рухомих форм елементів живлення у пробах ґрунту, відібраних у стрічці та за випробуваними схемами**

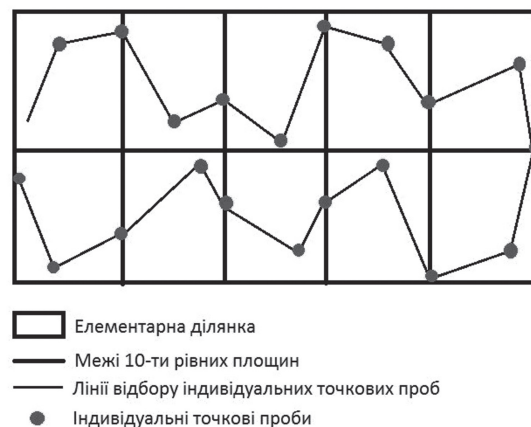
Показники	Кількість індивідуальних проб, од.	Коефіцієнт варіації сукупностей даних (у стрічці та загалом за схемою відбору), %		Коефіцієнт варіації сукупностей даних (у стрічці та для груп індивідуальних проб), %		Коефіцієнт парної кореляції, %	
		1*	2**	1	2	1	2
Азот нітратний (N-NO <sup>3</sup> )	10	8	18	15	23	-0,49	-0,57
	<b>20</b>			7	17	<b>0,84</b>	-0,17
	30			15	19	0,06	-0,87
	40		33	11	25	0,69	-0,84
Азот амонійний (N-NH <sub>4</sub> )	10	8		6	46	0,52	0,90
	<b>20</b>			<b>3</b>	27	<b>0,98</b>	-0,07
	30			4	12	0,06	0,19
	40		12	10	16	-0,15	-0,77
Рухомий фосфор (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	10	5		11	12	0,67	-0,22
	<b>20</b>			<b>4</b>	5	<b>0,76</b>	-0,92
	30			8	14	0,63	-0,05
	40		4	7	14	-0,98	-0,78
Рухомий калій (K <sub>2</sub> O)	10	6		4	7	-0,98	-0,50
	20			<b>3</b>	3	<b>0,94</b>	0,07
	30			8	6	-0,36	-0,99
	40			9	9	-0,97	-0,99

*Примітки:* 1\* – відбір зразків ґрунту за схемою зигзагоподібного перетинання; 2\*\* – рендомізований відбір зразків ґрунту без сітки.

На основі отриманих результатів рекомендуємо за локального застосування рідких і газоподібних азотних добрив здійснювати відбір проб ґрунту у такий спосіб: площу елементарної ділянки умовно розділити на 10 рівних частин, де в межах кожної позначити лінію відбору двох точкових проб (рис. 2), які відбираються ґрунтовим буром на глибині 20 см. Потім формують з отриманих 20 індивідуальних єдину змішану пробу.

### ВИСНОВКИ

Для моніторингу ґрунтів на земельних ділянках із локальним внесенням рідких та газоподібних азотних добрив рекомендується використовувати схему



**Рис. 2.** Удосконалена схема відбору проб ґрунту за локального застосування рідких та газоподібних азотних добрив



відбору проб ґрунту за зигзагоподібним перетином, із формуванням змішаного зразка з 20 індивідуальних проб.

Запропонований спосіб дає змогу уникнути паралельних або перпендикулярних ліній, які співпадають з місцем внесення добрив (стрічкою), та однакової відстані

між точковими пробами, що зменшує похибку, обумовлену методологією пробо-відбирання.

*Публікація містить результати досліджень, проведених за грантової підтримки Держаного фонду фундаментальних досліджень в рамках конкурсного проекту Ф63.*

## ЛІТЕРАТУРА

1. Anhydrous ammonia application losses using single-disc and knife fertilizer injectors / [H.M. Hanna, P.M. Boyd, J.L. Baker, T.S. Colvin] // *Applied Engineering in Agriculture*. – 2005. – Vol. 21 (4). – P. 573–578.
2. Soil Acidification from Long-Term Use of Nitrogen Fertilizers on Winter Wheat / J.L. Schroder [et al.] // *Soil Science Society of America Journal*. – 2011. – No. 75. – P. 957–964.
3. Soil acidification from long-term use of anhydrous ammonia and urea / [O.T. Bouman, D. Curtin, C.A. Campbell, V.O. Biederbeck] // *Soil Science Society of America Journal*. – 1995. – No. 59. – P. 1488–1494.
4. Трапезников В.К. Локальное питание растений / В.К. Трапезников, И.И. Иванов, Н.Г. Тальвинская. – Уфа: Гилем, 1999. – 258 с.
5. Методические подходы оценки параметров почвенного плодородия садовых ценозов при локальном применении удобрений и орошении / [Т.Г. Фоменко, В.П. Попова, Н.Г. Пестрова, Е.А. Черников] // *Научные труды ГНУ СКЗНИИСиВ*. – 2014. – Т. 6. – С. 38–44.
6. Пат. 77116 Україна, МПК (2013.1), G 0N 1/00. Спосіб відбору зразків ґрунту за локального внесення добрив / О.А. Потапович, Г.М. Господаренко, В.В. Любич та ін.; заявник та патентовласник Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН. – № 2012 09680; заявл. 10.08.12; опубл. 25.01.13, Бюл. № 2.
7. Залунин В.И. Социальная экология / В.И. Залунин. – Владивосток, 2003. – 150 с.
8. Русанов А.И. Некоторые вопросы термодинамической теории критических явлений в многокомпонентных системах / А.И. Русанов // *Вестник Ленинградского университета*. – 1958. – № 4. – С. 84–99.

## REFERENCES

1. Hanna H.M., Boyd P.M., Baker J.L., Colvin T.S. (2005). Anhydrous ammonia application losses using single-disc and knife fertilizer injectors, *Applied Engineering in Agriculture*, Vol. 21 (4), pp. 573–578 (*in English*).
2. Schroder J.L., Zhang H. (2011). Soil Acidification from Long-Term Use of Nitrogen Fertilizers on Winter Wheat, *Soil Science Society of America Journal*, No. 75, pp. 957–964 (*in English*).
3. Bouman O.T., Curtin D., Campbell C.A., Biederbeck V.O. (1995). Soil acidification from long-term use of anhydrous ammonia and urea, *Soil Science Society of America Journal*, No. 59, pp. 1488–1494 (*in English*).
4. Trapeznikov V.K., Ivanov I.I., Talvinskaya N.G. (1999). *Lokalnoe pitaniye rasteniy* [Local power plants]. Ufa: Gilem Publ., 258 p. (*in Russian*).
5. Fomenko T.G., Popova V.P., Pestrova N.G., Chernikov Ye.A. (2014). *Metodicheskie podkhody otsenki parametrov pochvennogo plodorodiya sadovikh tsenozov pri lokalnom primenenii udobreniy i oroshenii* [Methodological approaches assessment of soil fertility parameters cenoses gardens at the local application of fertilizers and irrigation]. *Nauchnye trudy GNU SKZNIISiV*, Iss. 6, pp. 38–44 (*in Russian*).
6. Potapovych O.A., Hospodarenko H.M., Liubych V.V., Sukhomud O.H., Voitovska V.I. *Sposib vidboru zrazkiv gruntu za lokalnoho vnesennia dobrovy* [The method of sampling for soil fertilization local]. Ukrainian patent, no. 77116, 2012 (*in Ukrainian*).
7. Zalunin V.I. (2003). *Sotsialnaya ekologiya* [Social ecology]. Vladivostok, 150 p. (*in Russian*).
8. Rusanov A.I. (1958). *Nekotoryye voprosy termodinamicheskoy teorii kriticheskikh yavleniy v mnogokomponentnykh sistemakh* [Some questions of the thermodynamic theory of critical phenomena in multi-component systems]. *Vestnik Leningradskogo universiteta* [Bulletin of Leningrad University]. No. 4, pp. 84–99 (*in Russian*).