

9. Іванюк С.В. Формування сортових ресурсів сої відповідно до біокліматичного потенціалу регіону вирощування. *Корми і кормовиробництво*. 2012. Вип. 71. С. 34–40.

10. Break-Even Profitability for Food-Grade Specialty Soybeans / Mayta J. et al. *Agricultural Science*. 2014. Vol. 2, Is. 2. P. 1–11.

11. Ліпінська С. Працюємо на успіх. *Аграрний тиждень*. Україна. 2019. № 1–2. С. 19.

12. Діденко Н.І. Виробництво сої в умовах інтеграційних процесів в Україні. *Економіка АПК*. 2017. № 1. С. 31–36.

УДК 631.42:006.3(477.41)

DOI <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2020.115.17>

## ВПЛИВ ІНТЕНСИВНОСТІ ВІДБОРУ ЗРАЗКІВ ҐРУНТУ НА ЗАБЕЗПЕЧЕНІСТЬ МІНЕРАЛЬНИМ АЗОТОМ ЧОРНОЗЕМУ ОПІДЗОЛЕНОГО

**Сичевський С.О.** – аспірант кафедри ґрунтознавства та охорони  
родючості ґрунтів імені професора М.К. Шикули,

Національний університет біоресурсів та природокористування України

**Тонха О.Л.** – д.с-г.н., професор кафедри ґрунтознавства

та охорони родючості ґрунтів імені професора М.К. Шикули,

Національний університет біоресурсів та природокористування України

**Піковська О.В.** – к.с-г.н., доцент кафедри ґрунтознавства

та охорони родючості ґрунтів імені професора М.К. Шикули,

Національний університет біоресурсів та природокористування України

У статті висвітлені результати досліджень щодо визначення оптимальної методики відбору зразків ґрунту у системах точного землеробства. У сучасних технологіях вирощування культур детальна інформація щодо рівня забезпечення ґрунтів елементами живлення рослин важлива для планування системи удобрення. Просторова неоднорідність ґрунтів зумовлює зміни властивостей ґрунтів, забезпеченості рослин елементами живлення, режимів вологи і тепла. Чим більший рівень варіабельності параметрів ґрунтового середовища, тим складніше відібрати репрезентативну пробу ґрунту. Метою наших досліджень було оцінити інтенсивність відбору зразків ґрунту на вміст мінерального азоту в чорноземі опідзоленому. Дослідження проводили за двома методиками в умовах ТОВ «Сварог Вест груп» Шепетівського району Хмельницької області. Застосовували порівняльно-географічний та статистичний методи досліджень. У результаті статистичної обробки даних агрохімічного обстеження була отримана оцінка середніх величин показників амонійного, нітратного і мінерального азоту, їх коефіцієнтів варіації і межі варіювання. Встановлено, що за високих коефіцієнтів варіації вмісту мінерального азоту в орному шарі чорнозему опідзоленого Правобережного Лісостепу відбір проб для точного землеробства можливий тільки за інтенсивною схемою з елементарної ділянки 5 га. Коефіцієнти варіації показників амонійного, нітратного і мінерального азоту в чорноземі опідзоленому становили від 45 до 59%. Традиційна методика не дає можливості відібрати репрезентативну пробу. Середньозважений показник вмісту мінерального азоту за інтенсивного відбору був на 31% більше порівняно із традиційним. За інтенсивним методом відбору на 94% території було внесена оптимальна норма азотних добрив під кукурудзу на зерно, порівняно з традиційним. Встановлено, що для формування врожайності кукурудзи на зерно в межах 11-13 т/га необхідно застосувати азотні добрива дозами від

105 до 150 кг д.р. на 1 га. Подальше підвищення норм азотних добрив не викликає підвищення продуктивності кукурудзи на зерно, а також недоцільне з економічного та екологічного аспектів. Норма внесеного азоту має тісний зв'язок ( $R_2 = 0,9279$ ) з врожайністю кукурудзи на зерно.

**Ключові слова:** просторова неоднорідність ґрунтового вкриття, відбір.

**Sychevskiy S.O., Tonkha O.L., Pikovska O.V. Influence of soil sampling intensity on supply of podzolene black soil with mineral nitrogen**

The article highlights the results of research on the optimal methods of sampling soil in precision farming systems. In modern technologies of growing crops detailed information on the soil nutrients is crucial for developed soil nutrition plan. Spatial heterogeneity of soils leads to change of its properties, nutrients supply, moisture, and heat regime. As higher soil variability is, as complicate is to pick a representative soil sample. The aim of our research was to evaluate the intensity of soil sampling for the mineral nitrogen content analysis in podzolic chernozem. The research was conducted by two methods in each LLC "Svarog West Group" Shepetivka district of Khmelnytsky region. Comparative geographical and statistical research methods were used. As a result of statistical processing of agrochemical survey data, an estimate of the average values of ammonium, nitrate and mineral nitrogen, their coefficients of variation and limits of variation was obtained. Was defined, that according to the high coefficients of variants of mineral nitrogen displacement in the arable layer of the Chernozem of Right-Bank Forest-Steppe for precision farming is possible only with intensive soil sampling scheme with elementary plots of 5 hectares. Coefficients of variation between ammonium, nitrate, and mineral nitrogen in Chernozems podzolic was conducted from 45 to 59%. The traditional method is not allowed to take a representative sample. The average rate of mineral nitrogen content with an intensive sampling scheme was 31% higher than the traditional. The intensive sampling method, allowed applying the optimum fertilizer rate at 94% territory. It is established that for the formation of corn yield per grain in the range of 11-13 t / ha it is necessary to apply nitrogen fertilizers in doses from 105 to 150 kg d.r. per 1 ha. Further increase in nitrogen fertilizers does not increase the productivity of corn for grain, as well as inexpedient from an economic and environmental point of view. The rate of applied nitrogen had a high correlation ( $R_2 = 0.9279$ ) with corn grain yield.

**Key words:** soil spatial heterogeneity, soil sample, chernozem podzolic, mineral nitrogen, soil sampling.

**Постановка проблеми.** У сучасних умовах аграрного виробництва в Україні активно впроваджуються системи точного землеробства, які дозволяють інтенсифікувати сільськогосподарське виробництво, збільшити продуктивність, підвищити ефективність використання виробничих фондів та оборотних коштів. Новітні технології дають змогу підвищити врожайність за рахунок дозованого внесення добрив, меліорантів і пестицидів, тим самим покращуючи екологічну ситуацію [1, с. 34].

Водночас їх застосування на практиці потребує отримання детальної інформації щодо рівня забезпечення ґрунтів певного поля елементами живлення рослин, параметрами показників фізико-хімічних і фізичних властивостей. Для об'єктивної інформації щодо стану полів необхідним є проведення агрохімічного аналізу ґрунту, застосування результатів якого дозволить спланувати структуру посівних площ, забезпечити ефективне живлення кожної сільськогосподарської культури, оптимізувати внесення добрив і зменшити витрати на вирощування [2, с. 69; 3].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Головні завдання, що постають у точному землеробстві, – виміряти, оцінити, оптимізувати і використати на практиці фактори, що впливають на продуктивність рослин, а саме: водно-фізичні та хімічні властивості ґрунту, ландшафтні особливості сільськогосподарських ділянок, сорти насіння, строки сівби і збирання, засоби боротьби з хворобами рослин, шкідниками, облік агрокліматичних умов біологічного розвитку тощо [4, с. 1].

В.В. Медведєв та І.В. Пліско [5, с. 7] зазначають, що неоднорідність ґрунтів – важлива виробнича проблема, адже вона зумовлює неоднаковість у просторі поля

властивостей ґрунтів, забезпеченості рослин елементами живлення, режимів вологи і тепла. Через неоднорідність родючості ґрунту окремих частин поля неоднакова.

Важливим елементом є вибір методики відбору зразків ґрунту. Згідно із чинними стандартами (ДСТУ ISO 10381-1:2004; ДСТУ ISO 10381-3:2004; ДСТУ ISO 10381-4:2005) вони містять настанови щодо підготовки, відбирання та зберігання ґрунтових зразків сільськогосподарського призначення та визначають якість ґрунту у вільно відібраних пробах із глибини 20 см, що відповідає зоні внесення добрив [6–8]. У ДСТУ ISO 10381-1:2004 наведено різні схеми відбирання проб залежно від мети проведення дослідження: несистематичні схеми (нерегулярний відбір проб), круглі сітки, систематичний відбір проб (правильні сітки), рендомізований відбір проб, стратифікований та нелінійний рендомізовані відбори та нелінійний рендомізовані відбори проб, систематичний відбір проб за непрямокутною сіткою, відбір проб уздовж лінійного джерела, несистематичні схеми («N», «S», «W» і «X»), а також метод конверту [6].

За дослідженнями О.О. Броварця [3], ці схеми не дають можливості відібрати репрезентативну пробу за диференційованого локального-дозованого внесення добрив, оскільки її відбір виконується за невеликим числом діагоналей. Чим більший рівень варіабельності параметрів ґрунтового середовища сільськогосподарських угідь і більша відстань між місцями відбору проб при визначенні зон, тим меншу відстань між пробами потрібно вибирати й збільшувати їх чисельність. Автором запропоновано враховувати варіабельність стану ґрунтового середовища, дані дистанційного моніторингу агробіологічних параметрів сільськогосподарських угідь на основі інформації супутникового моніторингу або з використанням дронів, моніторингу урожайності, рельєфу та електропровідності ґрунту.

Використання середньої помилки окремих показників ґрунту під час статистичного аналізу даних польового обстеження дозволило встановити, що оптимальною є регулярна мережа розташування точок відбору проб ґрунту [9, с. 10].

Порівняльний аналіз шістнадцяти схем відбору зразків ґрунту з використанням геостатистичних методів аналізу і визначенням щільності твердої фази ґрунту, який проведений Entz, T., Chang, C. [10, с. 175], показав найкращі результати за використання інтенсивної сітки відбору. Використання розрідженої сітки призводить до різко змінних варіограм за коротких відстаней. Варіації цього дослідження були анізотропними, але не було періодичності щодо зміни властивостей ґрунту.

**Постановка завдання.** Таким чином, існують різні підходи щодо схем і методів відбору зразків ґрунту, тому важливим є дослідження впливу їх інтенсивності на вміст мінеральних сполук азоту за застосування у системах точного землеробства. Дослідження проводили за двома методиками в умовах ТОВ «Сварог Вест груп» Шепетівського району Хмельницької області. Переважаючим ґрунтовым різновидом на дослідному полі був чорнозем опідзолений середньосуглинковий на лесі.

За першим методом відбору проб поле розділили на рівномірні квадрати площею 5 га кожен, із центру яких відбирали по одній пробі. При цьому загальна проба складалася з 15–20 точкових відібраних автоматичним пробовідбірником Wintex 1000. У другому варіанті відбору точкові проби для формування загального зразка відбирали згідно ДСТУ ISO 10381-1:2004 з ділянки відбору 50 га [6; 11].

У зразках ґрунту визначали мінеральні сполуки азоту за автоматизованим методом згідно ДСТУ ISO 14256-2:2007 [12]. За результатами агрохімічного аналізу склали карти забезпеченості ґрунту азотом і розраховували норми внесення азотних добрив. Для досліджуваних параметрів були розраховані основні

статистичні характеристики й проведений регресійний аналіз. Закономірності просторової варіабельності досліджувалися за допомогою методів геостатистики [13, с. 1137]. Для побудови картограм просторового розподілу – пакет SURFER Version 6.02 software.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** На основі даних аналізу було побудовано картограми розподілу вмісту мінерального азоту ( $N_{min}$ ) з інтенсивним відбором зразків ґрунту з 5 га для точного землеробства (рис.1) і традиційним з 50 га (рис. 2).

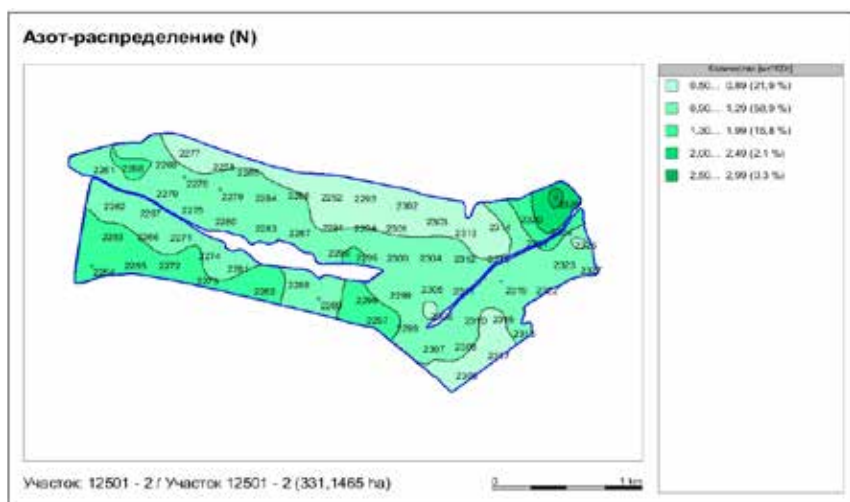


Рис. 1. Картограма вмісту  $N_{min}$  за інтенсивним відбором зразків ґрунту

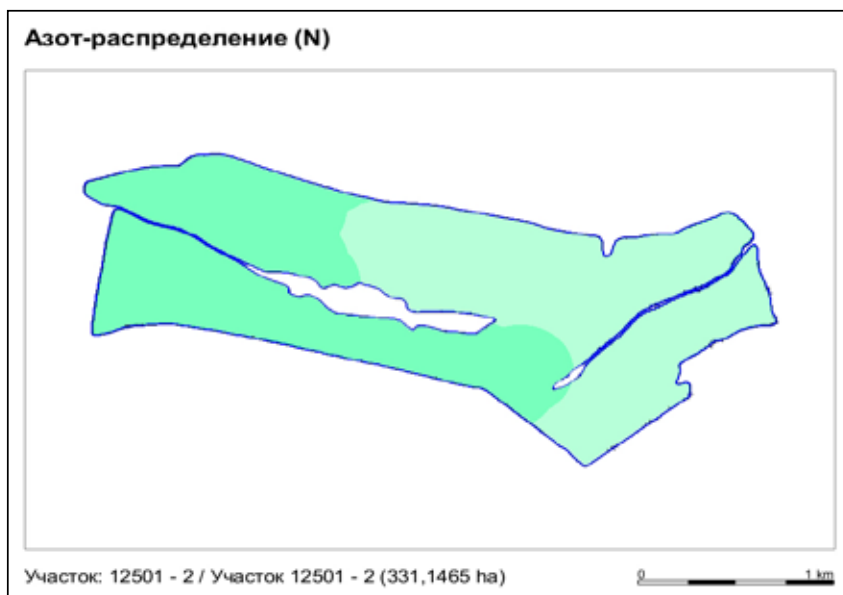


Рис. 2. Картограма вмісту  $N_{min}$  за традиційного відбору на основі 50 га сітки

За вмістом мінерального азоту під час інтенсивного відбору поле було поділено на 5 зон, найбільшу з яких 58,9% займала з вмістом 0,9–1,29 мг/100 г ґрунту; на другому місці – 21,9% з показниками 0,50–0,89 мг/100 г ґрунту; на третьому – 16,8%. Незначну площу – 2,1 і 0,3%, що вказує на потребу в збільшенні інтенсивності відбору, займають зони із вмістом 2,00–2,49 і 2,50–2,99 мг/100 г ґрунту.

Картограма із традиційною інтенсивністю відбору з 50 га показала розділ поля на дві частини: більша – 51% з вмістом 0,5–0,89 та 49% території, показник мінерального азоту становив 0,9–1,29 мг/100 г (рис. 2).

За традиційного відбору отримано одну зону з низькою забезпеченістю мінеральними формами азоту (рис. 2) з вмістом від 0,5 до 0,89 мг/100г, а за інтенсивного відбору (рис. 1) поділяється на дві частини: 0,5–0,89 та 0,9–1,29 мг/100 г. Це дозволяє припустити, що на даній ділянці поля в одній частині було внесена недостатньо азотних добрив, позаяк в іншій – надмірні норми азотних добрив. При цьому середньозважений показник вмісту мінерального азоту за інтенсивного відбору склав 1,09 мг/100 г ґрунту, що на 31% більше порівняно із традиційним – 0,75 мг/100 г ґрунту.

У результаті статистичної обробки даних агрохімічного обстеження була отримана оцінка середніх величин показників амонійного, нітратного і мінерального азоту, їх коефіцієнтів варіації і межі варіювання (табл. 1).

Таблиця 1

**Статистичний аналіз показників амонійного, нітратного і мінерального азоту**

Показник	Вміст азоту, мг/100 г ґрунту		
	Амонійного	Нітратного	N <sub>мін</sub> мінерального
Об'єм вибірки	67	67	67
Середнє значення	0,3	0,7	1,0
Мінімальне значення	0,1	0,3	0,5
Максимальне значення	0,9	1,8	2,7
Розмір показників в ряді	0,8	1,5	2,2
Стандартне відхилення	0,2	0,3	0,5
Коефіцієнт варіації, %	59	51	45
Нижній кuartиль	0,2	0,5	0,7
Медіана	0,3	0,6	0,9
Верхній кuartиль	0,4	0,8	1,0

Коефіцієнт варіації показників становив від 45 до 59% (високоваріабельний). На нашу думку, це є наслідком не тільки різнонаправленої дії природних чинників, але й впливу антропогенних факторів.

На основі результатів аналізу під кукурудзу на зерно з урожайністю 11 т/га сухої речовини було розраховано середню норму внесення азоту за традиційного внесення добрив і диференційного (рис. 3). Застосування інтенсивної відбору зразків ґрунту дало можливість розрахувати норму добрив залежно від потреб культури і забезпеченості мінеральним азотом. Традиційний метод відбору показав, тільки на 15% території було внесено коректну норму.

Таким чином, під час застосування інтенсивного відбору зразків ґрунту норма азоту коливалась від 48 до 159 кг/га, що у середньому становила 136 кг/га діючої речовини, а за традиційної схеми відбору – 155 кг/га. Отже, в першому варіанті економія склала 19 кг/га і в перерахунку на всю площу поля – 6289 кг.



Рис. 3. Порівняння диференційованого та суцільного внесення мінеральних добрив

Фактична врожайність кукурудзи на зерно за диференційного внесення добрив і моделювання теоретичного рівня залежно від фону азотного живлення дозволила чітко визначити оптимальний діапазон доз добрив для отримання найбільшої продуктивності рослин досліджуваної культури (рис. 4).

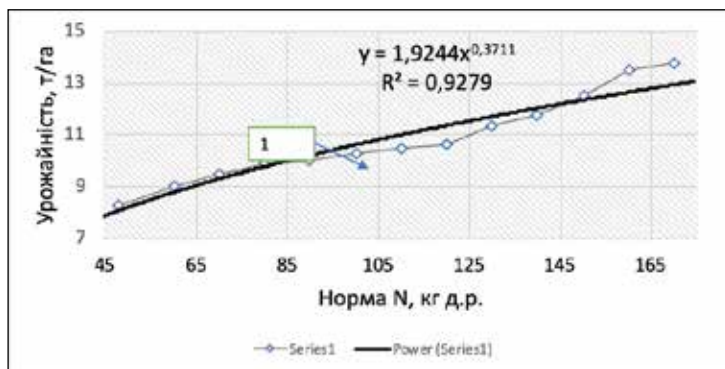


Рис. 4. Врожайність кукурудзи на зерно за диференційного внесення добрив і кореляційно-регресійна модель теоретичного рівня залежно від норм азотних добрив

Встановлено, що норма внесеного азоту має тісний зв'язок з урожайністю досліджуваної культури, коефіцієнт кореляції становив ( $R^2=0,9279$ ). Для формування врожайності кукурудзи на зерно в межах 11-13 т/га необхідно застосувати азотні добрива дозами від 105 до 150 кг д.р. на 1 га. Подальше підвищення норм азотних добрив не викликає підвищення продуктивності кукурудзи на зерно, також надмірно високий фон азотного живлення недоцільний з економічної точки зору та має екологічну небезпеку для агрофітоценозів.

**Висновки і перспективи.** Коефіцієнти варіації показників амонійного, нітратного і мінерального азоту становили від 45 до 59% і характеризувалися як високоваріабельні. За таких значень на чорноземі опідзоленому в умовах Правобережного Лісостепу відбір проб для точного землеробства можливий тільки

за інтенсивною схемою з елементарної ділянки 5 га. Традиційна методика не дає можливості відібрати репрезентативну пробу. Середньозважений показник вмісту мінерального азоту за інтенсивного відбору склав 1,09 мг/100 г, що на 31% більше порівняно з традиційним – 0,75 мг/100 г ґрунту. За традиційного методу відбору тільки на 15% території було внесено коректну норму азотних добрив порівняно з інтенсивним, де показники становили 94%. Норма внесеного азоту має тісний зв'язок ( $R^2=0,9279$ ) з урожайністю врожайністю кукурудзи на зерно. Перспективними є дослідження щодо визначення коефіцієнтів варіації для інших різновидностей ґрунтів і елементів живлення.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Трускавецький С.Р., Биндич Т.Ю., Коляда Л.П. Використання даних супутникової зйомки в системах точного землеробства. *Інженерія природокористування*. 2017. № 1(7). С. 29–35. URL : [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Iprk\\_2017\\_1\\_7](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Iprk_2017_1_7).
2. Tonkha O.L., Sychevskyi S.O., Pikovskaya O.V., Kovalenko V.P. Modern Approach In Farming Based On Estimation Of Soil Properties Variability. 12th International Conference on Monitoring of Geological Processes and Ecological Condition of the Environment. 2018. P. 68–74.
3. Броварець О.О. Зони варіабельності угідь. *Механізація АПК*. 2018. URL : <http://agro-business.com.ua/agro/mekhanizatsiia-apk/item/10996-zony-variabelnosti-uhid.html>.
4. Технологія отримання картографічних даних для геоінформаційної системи прецизійного землеробства / Васюхін М.І., Касім А.М., Ткаченко О.М. та ін. *Проблеми інформаційних технологій*. 2014. № 1(015). С. 1.
5. Медведєв В.В., Пліско І.В. Параметризація просторової неоднорідності ґрунтового покриву в межах малих ареалів (теоретичні і прикладні аспекти). *Вісник ХНАУ. Серія: Ґрунтознавство, агрохімія, землеробство, лісове господарство, екологія ґрунтів*. 2017. № 2. С. 5–21.
6. ДСТУ ISO 10381-1:2004. Якість ґрунту. Відбирання проб. Частина 1. Наставни щодо складання програм відбирання проб (ISO 10381-1:2002, IDT). [Чинний від 2006-04-01]. Київ : Держспоживстандарт України, 2006. 36 с.
7. ДСТУ ISO 10381-3:2004. Якість ґрунту. Відбирання проб. Частина 3. Наставни з безпеки (ISO 10381-3:2001, IDT). [Чинний від 2006-04-01]. Київ : Держспоживстандарт України, 2006. 24 с.
8. ДСТУ ISO 10381-4:2005. Якість ґрунту. Відбирання проб. Частина 4. Наставни щодо процедури дослідження природних, майже природних та оброблювальних ділянок (ISO 10381-4:2003, IDT). [Чинний від 2006-10-01]. Київ : Держспоживстандарт України, 2007. 16 с.
9. Биндич Т.Ю. Визначення ефективності систем відбору проб для вивчення структури ґрунтового покриву за даними космічної зйомки. *Науковий вісник ЧНУ: Біологія (Біологічні системи)*. 2012. Т 4. № 1. С. 7–11.
10. Entz, T., Chang, C. Evaluation of soil sampling schemes for geostatistical analyses: a case study for soil bulk density. *Can. J. Soil Sci.* 1991. 11. P. 165–176.
11. ДСТУ 4287:2004. Якість ґрунту. Відбирання проб. [Чинний від 2005–07–01]. Київ : Держспоживстандарт України, 2005. 10 с.
12. ДСТУ ISO 14256-2:2007 Якість ґрунту. Визначення нітрату, нітриту та амонію у ґрунтах польової вологості екстрагуванням розчином хлориду калію. Частина 2. Автоматизований метод з аналізом у сегментованому потоці.
13. Кузякова И.Ф., Романенков В.А., Кузяков Я.В. Метод геостатистики в почвенно-агрохимических исследованиях. *Почвоведение*, издательство Наука (М.), 2001. № 9. С. 1132–1139.