

Агроекологія, радіологія, меліорація

УДК 631.5
© 2010

*В.В. Медведєв,
академік УААН*

*І.В. Пліско,
кандидат сільсько-
господарських наук*

В.Л. Біцура

*Національний
науковий центр «Інститут
грунтознавства та агрохімії
імені О.Н.Соколовського»*

ВІД ЗОНАЛЬНИХ — ДО ТОЧНИХ АГРОТЕХНОЛОГІЙ

Наведено результати вивчення просторової неоднорідності фізичних, фізико-хімічних і агрохімічних властивостей ґрунтів поля фермерського господарства. Обґрунтовано пропозиції щодо диференційованого обробітку, внесення добрив і вапнування згідно з неоднорідністю відповідних властивостей ґрунтів. Зроблено висновок про те, що точні агротехнології для конкретного поля повинні прийти на зміну надто узагальненим зональним технологіям.

Останніми роками у зв'язку з точним землеробством зростає інтерес до вивчення просторової неоднорідності властивостей ґрунтів і врожаю у межах поля сівозміни [1, 2, 4, 6, 7, 10—16]. Виявилось, що більшість властивостей ґрунтів і урожайні дані характеризуються підвищеними і помірними коефіцієнтами просторової варіабельності. Для вмісту рухомих форм поживних елементів і деяких фізичних властивостей (особливо вмісту брил у посівному шарі) величини коефіцієнтів, зазвичай, перевищують 0,30—0,50, для морфологічних параметрів профілю (гранулометричного складу, рН, вмісту гумусу і врожаю) — у межах 0,10—0,25. Якщо коефіцієнт варіації перевищує 0,25, то просторова неоднорідність на полі гарантується [9].

Але навіть за мінімальних коефіцієнтів варіації просторова неоднорідність є доведеним фактом, бо автокореляційна функція достовірна, а спектральна щільність представлена ясними піками хвиль різної частоти. Такі геостатистичні оцінки однозначно свідчать про те, що згідно з теорією регіоналізованих змінних просторова варіабельність є закономірним (а не випадковим) явищем. Тому диференціація агрозаходів у межах поля (тобто, використання концепції точного землеробства) є обґрунтованою, а широке впровадження точного землеробства — цілком виправданою акцією.

Неоднорідність ґрунтів — важлива виробнича проблема. Неоднорідність (або «пестропольє») зумовлює розходження у просторі поля властивостей ґрунтів, забезпеченості елемен-

тами живлення, режимах вологи і тепла. Через неоднорідність родючості окремих частин поля неоднакова, тому отримуємо недружні сходи. Розходження у фенологічному стані рослин зберігаються аж до збирання врожаю. Неоднорідність врожаю має місце практично в усіх природних зонах, на усіх типах ґрунтів, у тому числі бідних дерново-підзолистих ґрунтах і багатих чорноземах.

Мета дослідження — дослідити просторову неоднорідність фізичних, фізико-хімічних і агрохімічних властивостей ґрунтів конкретного поля сівозміни і обґрунтувати на підставі одержаних даних застосування на полі точних агротехнологій з обробітку ґрунту, внесення добрив і хімічної меліорації.

Об'єкт і методи. Дослідження проведено на полі біля смт Коротич Харківського району Харківської області, на якому господарює фермер. У ґрунтовому покриві домінує темно-сірий опідзолений ґрунт на лесоподібному суглинку. Рельєф поля вирівняний, площа 31,15 га. Неоднорідність вивчали за допомогою геостатистичного методу. Для цього на полі закладено регулярну мережу з 35 елементарних ділянок розміром 5×5 м (рис. 1). На кожній з них вивчали фізичні (структурний склад, щільність будови і твердість), фізико-хімічні (рН) і агрохімічні (уміст гумусу і рухомих поживних речовин азоту, фосфору і калію) властивості. Це так звані індикаторні властивості ґрунту, на підставі яких розробляються рекомендації щодо диференціації на полі основних агротехнологіч-

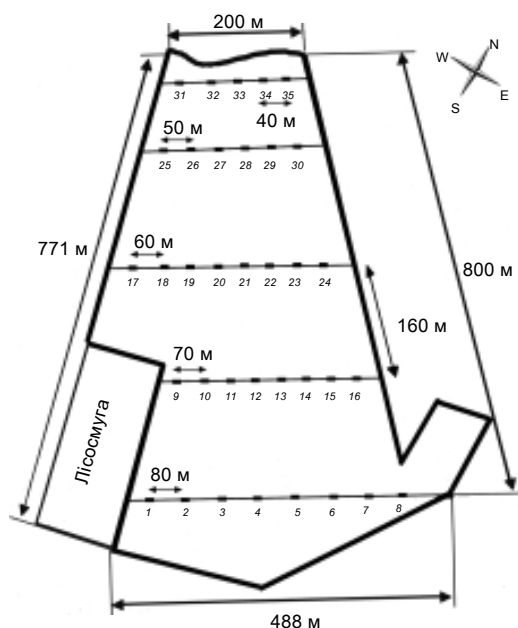


Рис. 1. Схема розташування на полі (об'єкт Короти) елементарних ділянок для вивчення просторової неоднорідності властивостей ґрунту

них заходів з обробітку, внесення добрив і хімічної меліорації. Обробку даних проводили за програмами Statistica, Surfer і MapInfo з обрахуванням основних статистичних і геостатистичних показників. Наявність неоднорідності оцінювали за коефіцієнтами просторової варіації, автокореляційною функцією, спектральною щільністю дисперсії і варіограмою. Візуалізацію неоднорідності проводили за 2-D-діаграмами. Останні використовували як основний документ для визначення площ і конфігурації майбутніх ділянок щодо диференціювання за-

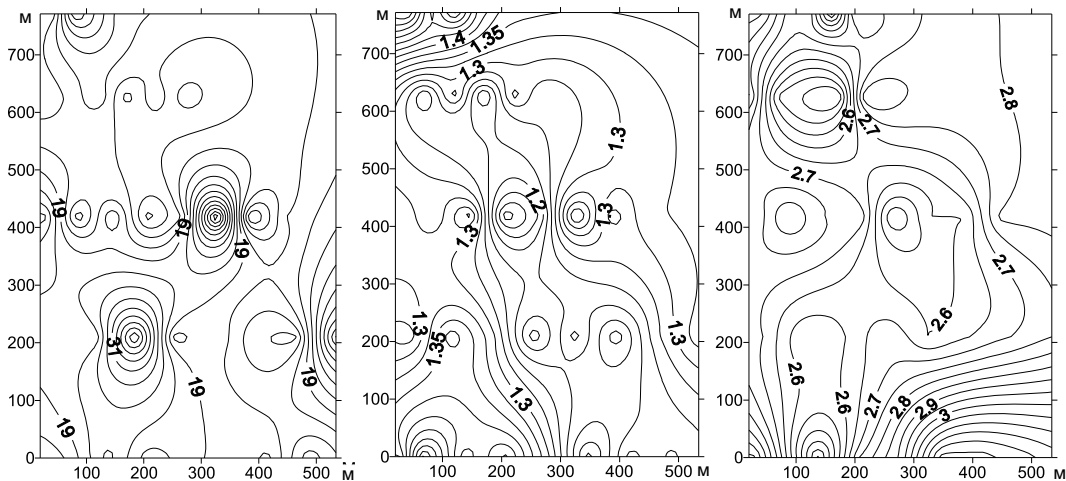
ходів, а також для одержання вихідних даних для подальшого опрацювання техніко-економічного обґрунтування і впровадження точного землеробства.

Результати досліджень. У табл. 1 показано деякі оцінки просторової варіації індикаторних властивостей ґрунту дослідженої ділянки. Найбільш високими коефіцієнтами варіації і, відповідно, розмахом коливань відзначаються агрохімічні властивості і вміст у посівному шарі брил, помірними і невисокими — решта властивостей. Але, як засвідчила візуалізація неоднорідності на 2-D-діаграмах (рис. 2), навіть індикаторні властивості з незначною варіабельністю займають на земельній ділянці досить значні площі, характеристики яких істотно відрізняються від середніх. Тому такі площі потребують іншої технології вирощування порівняно з технологією, яка рекомендується для усього поля. Наприклад, за середнього показника рН 5,55 (за такого значення вапнувати не слід) 28,41% площі (8,85 га) має рН <5, яку обов'язково треба меліорувати. Аналогічна ситуація спостерігається зі щільністю будови у посівному шарі, адже 44,5% площі поля (майже 14 га) має показник більше 1,30 г/см³, що потребує активного передпосівного розпушування навіть при вирощуванні зернових культур, найменш вимогливих до підвищеної щільності. Коефіцієнт просторової варіації у цьому випадку становить лише 0,08.

Наявність просторової неоднорідності навіть за мінімальної варіабельності підтверджується автокореляційною функцією, яка в усіх наведених прикладах достовірно відхиляється від нуля. Отже, величина коефіцієнта варіації не може слугувати однозначним критерієм неоднорідності. Цю оцінку треба перевіряти за допомогою інших геостатистичних критеріїв і обов'язково розмірами площ на 2-D-діаграмі. Якщо такі площі досить значні і локалізовані в одному масиві, то диференціація агротехнологій

1. Деякі оцінки просторової варіації індикаторних властивостей ґрунту дослідженої земельної ділянки

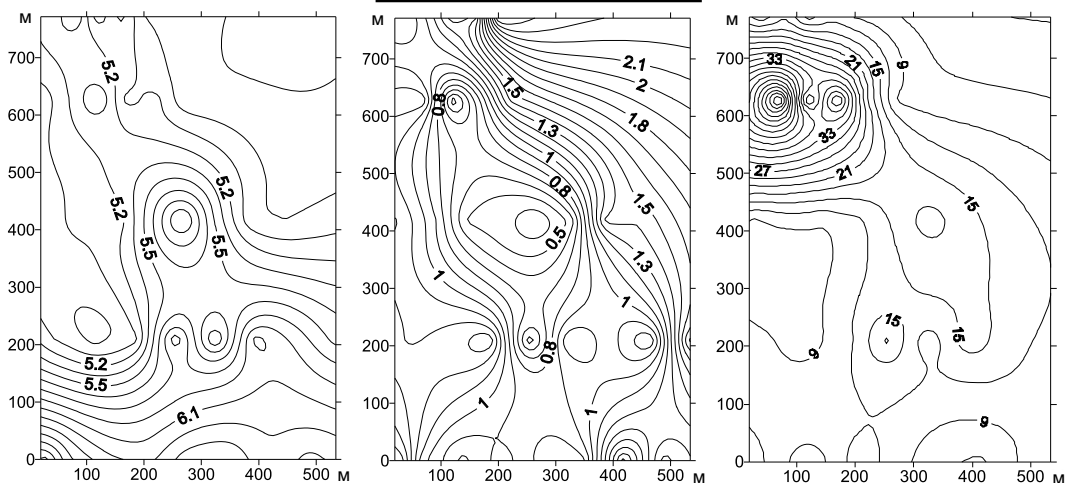
Індикаторні властивості ґрунтів	Показники неоднорідності		
	середнє значення	розмах коливань	коефіцієнт просторової варіації
Сумарний мінеральний азот, мг/100 г ґрунту	1,1	2,2	0,42
Рухомий фосфор, мг/100 ґрунту	15,6	62,4	0,81
Рухомий калій, мг/100 ґрунту	20,0	55,6	0,59
рН	5,55	2,25	0,11
Уміст гумусу, %	2,75	0,93	0,08
Уміст брил у посівному шарі, %	18,3	46,4	0,57
Щільність будови у посівному шарі, г/см ³	1,31	0,47	0,08
Твердість у плужній підшві, кгс/см ²	40	7	0,05



Уміст брил, %	Площа	
	%	га
<10	1,60	0,50
10—20	69,28	21,58
20—30	25,78	8,03
30—40	2,97	0,92
>40	0,37	0,12

Щільність будови у посівному шарі, г/см ³	Площа	
	%	га
<1,25	29,03	9,04
1,25—1,30	26,49	8,25
1,30—1,35	32,01	9,97
1,35—1,40	8,98	2,80
1,40—1,45	2,19	0,68
1,45—1,50	0,98	0,31
>1,50	0,32	0,10

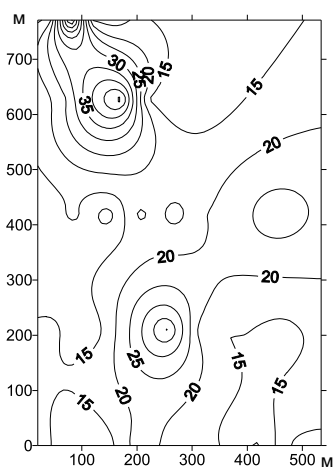
Уміст гумусу в орному шарі, %	Площа	
	%	га
<2,5	2,42	0,76
2,5—2,7	42,53	12,25
2,7—2,9	47,72	14,87
2,9—3,1	4,48	1,40
>3,1	2,84	0,88



рН в орному шарі	Площа	
	%	га
<5,0	28,41	8,85
5,0—5,3	26,88	8,37
5,3—5,6	15,30	4,77
5,6—5,9	11,28	3,51
5,9—6,2	11,16	3,48
6,2—6,5	6,32	1,97
>6,5	0,65	0,20

Сумарний мінеральний азот, мг/100 г ґрунту	Площа	
	%	га
<1	39,8	12,4
1—1,3	29,4	9,2
1,3—1,6	12,6	3,9
1,6—1,9	7,8	2,4
1,9—2,2	7,0	2,2
>2,2	3,4	1,1

Уміст P ₂ O ₅ , мг/100 г ґрунту	Площа	
	%	га
<9	22,75	7,09
9—12	28,16	8,77
12—15	21,45	6,68
15—18	12,87	4,01
18—21	2,88	0,90
>21	11,88	3,70



Уміст K ₂ O, мг/100 г ґрунту	Площа	
	%	га
<15	25,37	7,90
15—25	61,46	19,14
25—35	10,30	3,21
35—45	2,47	0,77
45—55	0,39	0,12
>55	0,02	0,01

Рис. 2. 2-D-діаграми просторової неоднорідності індикаторних властивостей ґрунтів поля на об'єкті Коротич

доцільна навіть за незначного коефіцієнта просторової варіації.

За результатами аналізу 2-D-діаграм з урахуванням концепції і нормативів точного землеробства поле поділено на 3 частини: 1 — площа з найбільш сприятливими (оптимальними) властивостями ґрунтів, на якій припустима відмова від виконання будь-яких агротехнологічних операцій, 2 — площа із середніми показниками родючості, де доцільно застосовувати поширену у регіоні агротехнологію, 3 — площа з найгіршими показниками родючості, що потребує поліпшеної (насиченої заходами) агротехнології. На останній площі використовують ресурси, зеконмлені на першій агротехнологічній групі. Результати цієї роботи показано у табл. 2.

Для опрацювання нормативів з унесення мінеральних добрив залежно від умісту поживних елементів у ґрунті використано матеріали наукових публікацій [3, 5, 8]. Інші нормативи опрацьовано на основі власних розробок.

Аналізуючи дані табл. 2, слід, передусім, звернути увагу на розміри площ I агротехнологічної групи, де можна майже повністю відмовитися від калійних добрив, на 2-й половині площ земельної ділянки не проводити вапну-

2. Подіблення досліджуваного поля на агротехнологічні групи з різним рівнем родючості для управління точного землеробства

Індикатор просторової неоднорідності ґрунтів поля	Діагностичні критерії для виокремлення агротехнологічних груп			Технологічна операція	Загальна площа, га	Агротехнологічні групи ґрунтів поля з різним рівнем родючості, га		
	1*	2*	3*			1*	2*	3*
N-NH ₄ +N-NO ₃	>30 мг/кг ґрунту	30—15 мг/кг ґрунту	<15 мг/кг ґрунту	Весняне підживлення	31	0	53	47
P ₂ O ₅	>150 мг/кг	150—50 мг/кг	<50 мг/кг	Осн. вносення	—	9	22	0
K ₂ O	>120 мг/кг	120—40 мг/кг	>40 кг/с/см ²	Так само	—	28	3	0
Уміст гумусу, %	Стабільно підвищений	Уміст протягом 2—3 турів агрохімобстеження	>10%	Так само	—	3	14	14
pH	7,0—5,5	5,5—5,0	<5,0	Вапнування	—	14	11	6
Щільність будови у посівному шарі, г/см ³	<1,2 г/см ³	1,2—1,3 г/см ³	>1,3 г/см ³	Передпосівне розпушування	—	16	12	3
Твердість у плужній підшві, кгс/см ²	<20 кгс/см ²	20—40 кгс/см ²	>40 кгс/см ²	Основний обробіток	—	0	23	8
Уміст брил у посівному шарі	<5%	5—15%	>15%	Передпосівний обробіток	—	15	11	5

* Характеристику агротехнологічних груп подано у тексті.

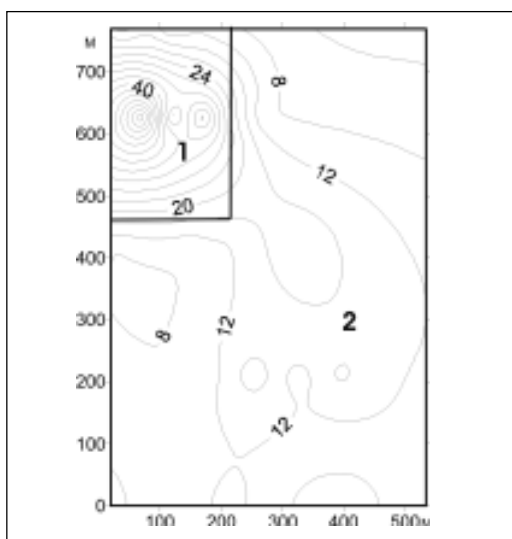


Рис. 3. Подрібнення дослідженого поля на окремі частки для диференційованого (точного) внесення фосфорних добрив: 1 — частка поля, яка не потребує внесення добрив; 2 — частка поля, де добрива вносять з розрахунку виносу на запланований урожай. На рисунку показано вміст рухомих форм фосфору у мг/100 г ґрунту

вання і передпосівну культивуацію. Тут індикаторні властивості ґрунтів дорівнюють оптимальним параметрам, тому цілком обґрунтовано є повна відмова від будь-яких агротехнологічних втручань. Саме на цих частках земельної ділянки формується фонд економії ресурсів, які можна використати на III агротехнологічній групі цієї ж або інших ділянок з подібними негативними властивостями. Як свідчать дані табл. 2, є необхідність диференціації заходів згідно із співвідношенням площ між II і III агротехнологічними групами. 11 га поля ма-

ють підвищену кількість брил безпосередньо перед посівом у діапазоні 5—15%, 6 га — навіть більше 15%, що неприпустимо і потребує ретельного обробітку. Майже вся площа поля має підвищені показники твердості у плужній підшві. Звичайно у цій зоні не рекомендують глибоку оранку для знищення підшви, але якщо у майбутніх дослідженнях наявність підшви з такими параметрами підтвердиться, то буде необхідно проводити такий захід.

Майже третина поля потребує підтримувального вапнування, а 6 га — вапнування повною нормою, адже тут рН менше 5. Нарешті, рівень забезпеченості ґрунтів поля поживними елементами такий, що застосування добрив за технологією точного землеробства також видається цілком обґрунтованим.

Отже, спираючись на дані 2-D-діаграми, розміри і конфігурацію контурів з різним рівнем родючості формують план-завдання механізатору. Якщо підприємство забезпечено спеціальною технікою для сприйняття директив і виконання операцій, то складність діаграми не має великого значення, адже сучасні механізми мають досить роздільну здатність. Якщо ж відповідна техніка відсутня, то 2-D-діаграма потребує спрощення, тобто спрямлення до максимально виправданої прямокутної форми (рис. 3). Це полегшить виконання операцій точного землеробства за допомогою звичайної техніки.

З урахуванням різноманітності вихідної інформації для освоєння точних технологій доцільно для кожного елемента технології опрацювати своєрідну технологічну карту впровадження, де було б визначено необхідні параметри агрозаходу (площа, норма, техніка, терміни тощо) для окремого контура поля. Наукові дослідження доводять, що у майбутньому на зміну надто узагальненим зональним технологіям придуть точні агротехнології, пристосовані до особливостей кожного конкретного поля.

Висновки

За геостатистичною методологією досліджено просторову неоднорідність фізичних, фізико-хімічних і агрохімічних властивостей конкретного поля, які названо індикаторними для планування точних агротехнологій із внесення добрив, вапнування і механічного обробітку. Агротехнології диференціюються згідно з неоднорідністю властивостей, а поле

поділяється на 3 агротехнологічні групи залежно від рівня родючості ґрунтів. Площі і конфігурацію контурів визначено на 2-D-діаграмі, яку рекомендується використати як план-завдання для виконавських механізмів. У разі відсутності спеціалізованої техніки контури на діаграмі трансформуються у більш спрощену форму.

Бібліографія

1. Адєрихин П.Г., Шубина Д.И. Пространственное варьирование свойств почв и продуктивность

сельскохозяйственных растений внутри элементарного почвенного ареала. Структура почвенно-

- го покрова и ее значение для картирования почв, учета и использования почвенных ресурсов. — Кишинев, 1980. — С. 36—38.
2. *Аніскевич Л.В.* Системи керування нормами внесення матеріалів в технологіях точного землеробства: Автореф. дис. на здобуття наук. ступ. д-ра тех. наук. — К.: НАУ, 2005. — 36 с.
3. *Бацула О.О., Скрильник Є.В., Лісовий М.В., Фатеев А.І.* Нові технології і нормативи застосування органічних і мінеральних добрив//Технологія відтворення родючості ґрунтів у сучасних умовах/За ред. С.М. Рижук і В.В. Медведєва. — Київ — Харків: КП «Друкарня 13», 2003. — С. 54—85.
4. *Бобров В.А., Кислинский А.И.* Урожайность зерновых культур при различных компонентах СПП Казахстана: Тез. докл. «Структура почвенного покрова и ее значение для картирования почв, учета и использования почвенных ресурсов». — Кишинев, 1980. — С. 39—40.
5. *Оптимізація доз застосування азотних добрив на основі рослинної і ґрунтової діагностики живлення рослин (методичні рекомендації)/За ред. А.Я. Буки.* — Харків: ТВО фірма «Яна», 2000. — 32 с.
6. *Прохорова З.А.* Изучение неоднородности свойств дерново-подзолистых почв, пестроты урожайности и связи между ними//Науч. тр. «Теоретические основы и методы определения оптимальных параметров свойств почв». — М.: Ин-т им. Докучаева, 1980. — С. 104—118.
7. *Прохорова З.А., Сорокина Н.П.* Структура почвенного покрова в вопросах методики почвенно-агрехимических исследований//В кн.: «Структура почвенного покрова и использование почвенных ресурсов». — М.: Наука, 1978. — С. 201—208.
8. *Рижук С.М. та ін.* Методика агрохімічної паспортизації земель сільськогосподарського призначення. — К., 2003. — 64 с.
9. *Розанов Б.Г.* Генетическая морфология почв. — М., 1975. — 286 с.
10. *Романова Т.А., Пучкарева Т.Н., Никитина А.Н., Зотович А.М.* Интенсификация земледелия в условиях неоднородности почвенного покрова. — Минск: БелНИИТИ. 1988. — 44 с.
11. *Самсонова В.П., Мешалкина Ю.Л., Дмитриев Е.А.* Структуры пространственной variability агрохимических свойств пахотной дерново-подзолистой почвы//В кн. Е.А. Дмитриева «Теоретические и методологические проблемы почвоведения». — М.: ГЕОС, 2001. — С. 318—331.
12. *Шеин Е.В., Милановский Е.Ю.* Пространственная неоднородность свойств на различных иерархических уровнях — основа структуры и функций почв//В кн.: Масштабные эффекты при исследовании почв. — М.: МГУ, 2001. — С. 47—61.
13. *Якушев В.П., Полуэктов Р.А., Смоляр Э.И., Топаж А.Г.* Точное земледелие (аналитический обзор)//Агрехим. вестн. — 2001. — № 5. — С. 28—33.
14. *Bolenius E., Rogstrand G., Arvidsson J., Stenberg B., Thylen L.* On-the-go measurements of soil penetration resistance on a Swedish Eutric Cambisol. International Soil Tillage Research Organisation 17th Triennial Conference//Kiel. Germany, 2006. — P. 867—870.
15. *Dawson C.J.* Implications of Precision Farming for Fertilizer Application Policies//Наук. вісн. НАУ. — К., 2006. — Вип. 101. — С. 27—42.
16. *Godwin R.J., Earl R., Taylor C., Wood G.A., Bradley R.I., Welsh J.P., Richards T., Blackmore B.S., Carver M., Knight S.* Precision farming of cereals. Practical guidelines and crop rotation. Project Report 267, Home-Grown Cereals Authority. London, 2002. — P. 8.