

## Просторовий зв'язок електричної провідності ґрунту та врожайності гібрида соняшнику Ясон

Т.Ю. Бець, здобувач

*Установлено достовірний просторовий зв'язок між електропровідністю ґрунту і врожайністю гібрида. Оцінка геостатистичних показників та аналіз карт просторової мінливості свідчать про сильну просторову залежність досліджуваних показників.*

Сьогодні прилади глобального позиціонування (GPS), методи дистанційного зондування та географічні інформаційні системи (ГІС) широко застосовуються в різних галузях господарства. Для сільського господарства ці інформаційні технології забезпечують точний і автоматизований характер збирання, аналізу й збереження якісної та кількісної інформації про ґрунтовий покрив [1].

Країни з розвиненим аграрним виробництвом для проведення ґрунтових обстежень та моніторингу в сучасному рослинництві широко використовують електрофізичні методи дослідження, зокрема вимірювання електричної провідності або питомого опору ґрунту [6]. Використання карт електропровідності ґрунту (*apparent soil electrical conductivity* –  $EC_a$ ) скорочує витрати на обстеження і дає більш об'єктивну і репрезентативну інформацію про зміни ґрунтових властивостей у просторі порівняно з дослідженнями, які виконуються тільки на основі класичних методів.

У випадку, коли  $EC_a$  корелює з певною ґрунтовою властивістю, електрична провідність допоможе оптимізувати процедуру відбору зразків. Це сприятиме встановленню просторового розподілу такої властивості, мінімальній кількості і місця відбору проб для характеристики мінливості. Якщо  $EC_a$  корелює з урожайністю, то така система відбору зразків може бути використана для ідентифікації ґрунтових властивостей, які впливають на мінливість урожайності [8].

Підкреслимо, що геопросторові вимірювання  $EC_a$  самі по собі не можуть прямо охарактеризувати просторову мінливість ґрунтових властивостей. Насправді, вимірювання  $EC_a$  дають обмежену пряму інформацію про фізико-хімічні властивості ґрунту, які впливають на врожайність, на транспорт розчинених речовин або визначають якість ґрунту. Проте спостереження за зміною в просторі електричної провідності ґрунту забезпечує інформацією, необхідною для організації збору агрохімічних зразків [7]. Такий підхід є економічним засобом для оптимізації від збору даних про ґрунт, а реагування на неоднорідність умов зростання та розвиток сільськогосподарських культур дозволяють підвищити врожайність за фіксованих виробничих витрат чи зменшити ці витрати без втрати врожаю.

**Метою** даної роботи було вивчення закономірностей просторової мінливості електропровідності ґрунту і врожайності гібрида соняшнику Ясон та встановлення просторового зв'язку між досліджуваними показниками.

**Методи досліджень.** Роботу проводили на науково-дослідному полі ДДАУ (с. Олександрівка Дніпропетровської області). Ґрунт – чорнозем звичайний малогумусний середньосуглинковий [4]. Експериментальний полігон закладений у липні 2011 р., ділянки закономірно розташовані впродовж семи трансект у напрямку зі заходу на схід. Кожна трансекта включала 15 проб з інтервалом 2 м. Такого розміру була й дистанція між трансектами.

Вимірювання електричної провідності ґрунту проводили за допомогою сенсора HI 76305 (Hanna Instruments, Woodsocket, R.I.), який працює спільно з портативним пристроєм HI 993310. Тестер оцінює загальну електропровідність ґрунту, тобто загальну провідність ґрунтового повітря, води і часток. Результати вимірювань пристрою представлені в одиницях насичення ґрунтового розчину солями (г/л). Електропровідність вимірювали за допомогою зонда на глибині 3–5 см від поверхні ґрунту в триразовій повторюваності.

Густоту стояння гібрида Ясон та діаметр кошика оцінювали на ділянках розміром 1×1 м.

Статистичні розрахунки проведені за допомогою програми Statistica 7.0, двомірне картографування і оцінка геостатистичних показників – за програмою Surfer 8.0, оцінка *I*-статистики Морана – за допомогою програми GeoDa 0.9.5-і (<http://geodacenter.asu.edu/>).

**Результати досліджень та їх обговорення.** Для оцінки очікуваної урожайності враховували масу 1000 зерен [3], густоту стояння та діаметр кошика рослин (табл. 1).

### ***1. Густота стояння та діаметр кошика гібрида Ясон***

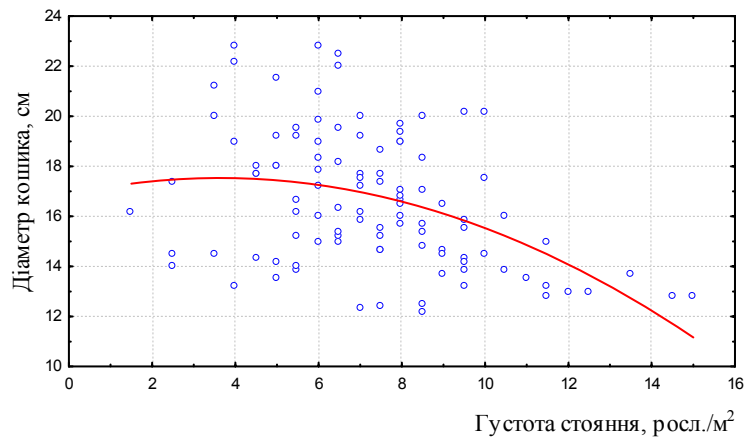
Параметр	Середнє	Медіана	Мінімум	Максимум	Ст. відх.	Асиметрія	Ексцес
Густота стояння, росл./м <sup>2</sup>	7,30	7,00	1,50	15,00	2,53	0,47	0,62
Діаметр кошика, см	16,56	16,17	12,20	22,80	2,67	0,44	–0,59

Вплив густоти стояння на діаметр кошика гібрида описували за допомогою рівняння поліноміальної регресії виду

$$D = 16,88 + 0,36 \cdot StDen - 0,05 \cdot StDen^2,$$

де *D* – діаметр кошика; *StDen* – густота стояння.

Як бачимо, спостерігається зворотна залежність між густотою стояння та діаметром кошика рослин ( $r = -0,40$ ;  $p = 0,00$ ). Чим вище густота стояння, тим менше розмір кошиків, і навпаки (рис. 1).



**Рис. 1. Вплив густоти стояння на діаметр кошика рослин**

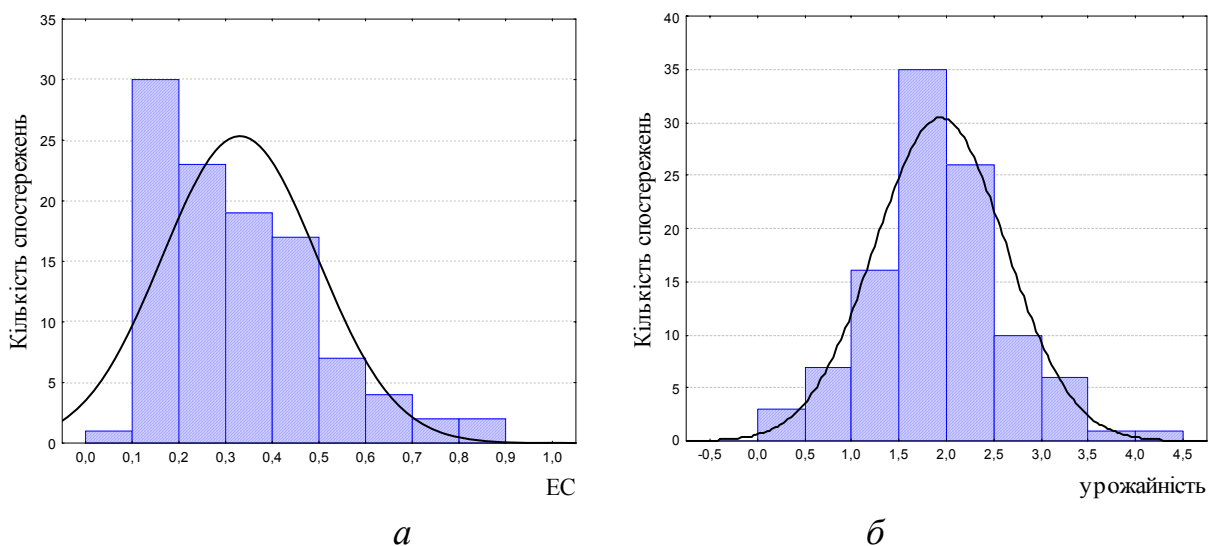
У межах досліджуваної ділянки можна виділити оптимальну густоту стояння – 4–10 росл./м<sup>2</sup> (рис. 1), за якої спостерігається найбільший розмір кошиків гібрида.

Значення електропровідності досліджуваного ґрунту знаходиться на рівні 0,33 дС/м (табл. 2), цей показник характеризується помірною мінливістю і становить 0,086–0,86 дС/м. Показники асиметрії та ексцесу достатньо значимі. Геостатистичні параметри (нагет, поріг і радіус) отримані за умови апроксимації варіограми сферичною моделлю.

## **2. Статистичні та геостатистичні характеристики електропровідності ґрунту та урожайності гібрида Ясон**

Показник	Електропровідність, дС/м	Урожайність, г/м <sup>2</sup>
Середнє значення	0,33	192,36
Медіана	0,28	193,92
Мінімум	0,09	35,55
Максимум	0,86	401,64
Ст. відхилення	0,17	68,83
Асиметрія	1,03	0,28
Ексцес	0,68	0,53
C <sub>0</sub> (нагет)	0	84,5
C <sub>1</sub> (частковий поріг)	0,02	4840,00
C <sub>0</sub> +C <sub>1</sub> (поріг)	0,02	4924,50
SDL, %	0	1,72
Радіус впливу, м	7,00	1,00
I-Морана	0,42	0,24
p-рівень	0,01	0,01

Статистичний розподіл електропровідності на досліджуваних ґрунтах не може бути описаний нормальним розподілом (рис. 2), гістограма розподілу показника характеризується слабкою лівою асиметричністю. Розподіл електропровідності ґрунту описується гамма-розподілом (тест Колмогорова-Смірнова  $d = 0,09$ ).



**Рис. 2. Розподіл електропровідності ґрунту та врожайності гібрида: а – електрична провідність; б – урожайність**

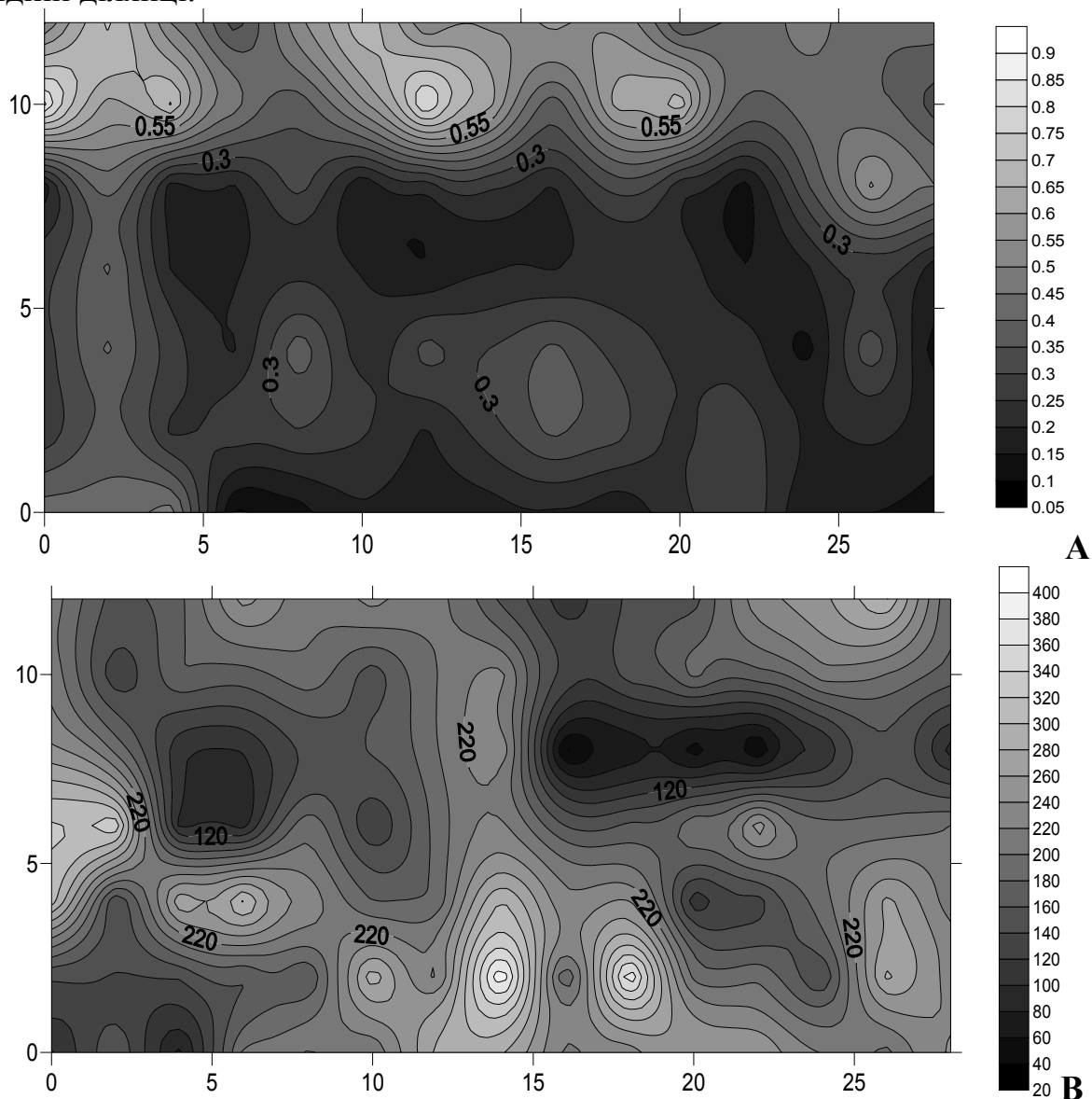
Середнє значення і медіана врожайності майже співпадають (табл.1), показник врожайності характеризується високою мінливістю. При цьому коефіцієнти асиметрії та ексцесу незначні. Статистичний розподіл урожайності гібрида Ясон описаний нормальним розподілом, гістограма розподілу близька до гаусової (тест Колмогорова-Смирнова  $d = 0,06$ ).

Спільний облік таких геостатистичних показників, як частковий поріг і нагет-ефект дозволяє оцінити рівень просторової залежності (*spatial dependence level*)  $[100 \cdot C_0 / (C_0 + C_1)]$ . Цей показник змінюється від 0 до 100 %. У разі значної просторової залежності просторове відношення знаходиться в межах 0–25 %. Якщо просторове відношення становить 25–75 %, то залежність змінної є помірною; якщо перевищує 75 % – змінна розглядається як слабопросторово залежною [5]. Електрична провідність досліджуваних ґрунтів та урожайність гібрида близькі до сильної просторової мінливості.

На просторову залежність перемінної вказує також індекс Морана, який є коефіцієнтом кореляції між значенням ознаки у даній точці простору та усередненим значенням цієї ознаки в її сусідньому оточенні. Ступінь сусідства була встановлена за критерієм “ферзя” – усі найбільш близькі комірки до даної точки. Рівень значимості встановлено за допомогою 99 пермутацій. У просторовому контексті необхідно відзначити зв’язок між електричною провідністю ґрунту та просторовою компонентою врожайності гібрида ( $I$ -Морана =  $-0,229$ ;  $p = 0,01$ ).

Радіус впливу свідчить про масштаб просторового взаємозв’язку досліджуваної змінної. Ця геостатистика для електропровідності становить 7 м, а для врожайності – 1 м. На карті мінливості електропровідності (рис. 3, А) спостерігаються ділянки з підвищеним її рівнем (0,9–0,55 дС/м) з градієнтним переходом в зони низької. Щодо мінливості врожайності (рис. 3, В), то чітко спостерігається контрастність урожайності на досліджуваному полі; тут ділянки з підвищеним виходом зерна межують з ділянками зниженої врожайності. При цьому зони з високим показником урожайності (280–400 г/м<sup>2</sup>)

спостерігаються на півночі поля, а з нижчим ( $0,2\text{--}0,8\text{ г/м}^2$ ) – на південно-західній ділянці.



**Рис. 3** Просторова мінливість електропровідності ґрунту та врожайності гібрида Ясон

Множинний регресійний аналіз дозволив встановити характер впливу електричної провідності ґрунту на врожайність гібриду та її компоненти – густоту стояння та діаметр кошика рослин (табл. 3).

### 3. Вплив електропровідності ґрунту на врожайність

Параметр	$R^2 = 0,23$ ; $F(3,101) = 10,05$ ; $p < 0,00$	
	BETA	p-рівень
Густота стояння, росл./м <sup>2</sup>	0,22	0,35
Діаметр кошика, см	0,79	0,00
Урожайність, г/м <sup>2</sup>	–0,62	0,02

Електропровідність ґрунту на експериментальній ділянці статистично достовірно впливає на діаметр кошика та врожайність гібрида. Така залежність може мати практичне значення для оцінки родючості ґрунтів.

### **Висновки**

1. Встановлений зворотній зв'язок між густиною стояння та діаметром кошика гібрида.
2. Просторова мінливість електропровідності ґрунту та врожайності гібрида Ясон близька до сильної просторової залежності.
3. Електропровідність ґрунту та просторова компонента врожайності соняшнику демонструє достовірний позитивний зв'язок ( $I$ -Морана =  $-0,229$ ;  $p = 0,01$ ).
4. Електропровідність ґрунту статистично достовірно впливає на діаметр кошика та врожайність рослин:  $r = 0,79$ ;  $p = 0,00$  та  $r = -0,62$ ;  $p = 0,02$  відповідно.

### **Бібліографія**

1. Использование геоинформационных технологий в сельском хозяйстве. Алексей Ушаков, генеральный директор DATA+ на Web сайте ([www.dataplus.ru](http://www.dataplus.ru)).
2. Поздняков А.И. Электрофизика в почвоведении, мелиорации, земледелии / А.И. Поздняков, Н.Г. Ковалев, А.Д. Позднякова. – М.–Тверь : ЧуДо, 2002. – 280 с.
3. Ткалич І.Д. Урожайність гібриду соняшнику в різні за погодними умовами роки / І.Д. Ткалич, О.Л. Мамчук // Бюл. Ін-ту зерн. госп-ва УААН. – 2010. – № 38. – С. 78–83
4. Якунін О.П. Оптимізація елементів сортової агротехніки – основа одержання високих урожаїв зерна кукурудзи / О.П. Якунін, В.Ф. Заверталюк // Вісник ДДАУ. – 2004. – № 2. – С. 13–16.
5. Field scale variability of soil properties in central Iowa soils / C.A. Cambardella, T.B. Moorman, J.M. Novak [et al.] // Soil Science Soc. Am. – 1994. – Vol. 58. – P. 1501–1511.
6. Corwin D.L. Geospatial Measurements of Apparent Soil Electrical Conductivity for Characterizing Soil Spatial Variability / D.L. Corwin // J. Alvarez-Benedi (edit.) [Soil-Water-Solute Process Characterization. An Integrated Approach](#). – 2005. – P. 639 – 672.
7. Corwin D.L. Apparent soil electrical conductivity measurements in agriculture / D.L. Corwin, S.M. Lesch // Comp. Electron. Agric. – 2005. – Vol. 46. – P. 11–43.
8. Identifying soil properties that influence cotton yield using soil sampling directed by apparent soil electrical conductivity / D.L. Corwin, S.M. Lesch, P.J. Shouse, R. Soppe, J.E. Ayars // Agron. J. – 2003. – Vol. 95(2). – P. 352–364.
9. Johnson C.K. Apparent soil electrical conductivity: Applications for designing and evaluating field-scale experiments / C.K. Johnson, K.M. Eskridge, D.L. Corwin // Comp. Electron. Agric. – 2005. Vol. 46. – P. 181–202.