



УДК 631.618:633.2.031

Т.Ю. Бець

**ПРОСТОРОВА НЕОДНОРІДНІСТЬ ТВЕРДОСТІ ҐРУНТУ ТА ЇЇ ЗВ'ЯЗОК
З ЕЛЕКТРИЧНОЮ ПРОВІДНІСТЮ ҐРУНТУ ТА ПРОДУКТИВІСТЮ
СОНЯШНИКА***Дніпропетровський державний аграрний університет*

Вивчено просторову мінливість твердості ґрунту на науково-дослідному центрі Дніпропетровського аграрного університету. Спостерігається неоднорідність ґрунтового покриву, що проявляється у вигляді областей зі зниженим значенням твердості на північному-сході поля, які оточені однорідними ділянками з більш високими значеннями твердості. Кластерний аналіз дозволив виділити три основні групи (кластери) з однотипною зміною твердості – А, В, С. Встановлено, що групи (кластери) просторової організації дослідженого ґрунту мають статистично різні фізичні та біологічні властивості. Виявлено, що твердість може виступати в якості інтегрального показника, який відображає просторову неоднорідність фізичних властивостей ґрунту.

Ключові слова: твердість ґрунту, продуктивність соняшника, оптимальна густина стояння рослин, просторова неоднорідність ґрунтових властивостей

Т.Ю. Бец

**ПРОСТРАНСТВЕННАЯ НЕОДНОРОДНОСТЬ ТВЕРДОСТИ ПОЧВЫ И ЕЕ
СВЯЗЬ С ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПРОВОДИМОСТЬЮ ПОЧВЫ И
ПРОДУКТИВНОСТЬЮ ПОДСОЛНЕЧНИКА***Днепропетровский государственный аграрный университет*

Статья посвящена проблемам изучения пространственной изменчивости твердости почвы на научно-исследовательском центре Днепропетровского аграрного университета. Наблюдается неоднородность почвенного покрова, которая проявляется в виде областей с пониженным значением твердости на северо-востоке поля, которые окружены однородными участками с более высокими значениями твердости. Кластерный анализ позволил выделить три основные группы (кластеры) с однотипной сменой твердости – А, В, С. Установлено, что группы (кластеры) пространственной организации исследуемой почвы имеют статистически различные физические и биологические свойства. Выявлено, что твердость может выступать в качестве интегрального показателя, который отображает пространственную организацию физических свойств почвы.

Ключевые слова: твердость почвы, продуктивность подсолнечника, оптимальная плотность стояния растений, пространственная неоднородность почвенных свойств.

T.Yu. Bets

SPATIAL VARIABILITY OF THE SOIL MECHANICAL IMPEDANCE AND ITS CONNECTION WITH ELECTRICAL CONDUCTIVITY AND PRODUCTIVITY OF SUNFLOWER*Dnepropetrovsk State Agrarian University*

The spatial variability of soil mechanical impedance on the basis of scientific-research center of Dnepropetrovsk State Agrarian University has been studied. The horizon heterogeneity of the soil cover may be areas with reduced soil mechanical impedance on the north-east of the field, which are surrounded by homogeneous sites with higher soil mechanical impedance. Cluster analysis allowed identifying three main groups (clusters) with the same type of soil mechanical impedance change - A, B, C. The soil spatial organization groups (clusters) have been established as having statistically different physical and biological properties. It was found that the soil mechanical impedance can act as an integrated indicator that indicates spatial variability of soil physical properties.

Key words: the soil mechanical impedance, the productivity of sunflower, the optimal plant density, the spatial heterogeneity of soil properties.

Індикатори точного землеробства – це показники, за допомогою яких встановлюється неоднорідність властивостей ґрунтового покриття та стану рослин сільськогосподарського поля. Основна вимога до індикаторів – здатність просторово оцінити ті властивості поля, при менеджменті яких можливо диференціювати технології його обробітку, внесення добрив та засобів хімічного захисту від хвороб та шкідників (Медведев, 2009).

Сьогодні паралельно з впровадженням точного землеробства набули розвитку методи дистанційного зондування та нові експериментальні зразки приладів, які дозволяють в режимі *on-line* реєструвати ключові властивості ґрунтів, необхідні для розвитку точного землеробства. До цього класу приладів відносять засоби аеро- та космічної зйомки (Cambardella et al., 1994). Актуальними залишаються і традиційні (наземні) засоби контролю, дані отриманні за допомогою таких методів є еталонними та більш точними. Твердість ґрунту як індикатор задовольняє потребам точного землеробства як за точністю вимірювань так і у відношенні використання режиму *on-line* (Медведев, 2007).

Твердість – інформаційно дуже ємна характеристика. За її допомогою можна судити про багато властивостей та родючість ґрунту (Медведев, 2009).

Враховуючи залежність твердості від вологості ґрунту (Бахтин, 1969), можна говорити про зв'язок цих показників з продуктивністю сільськогосподарських культур. Численні дослідження підтверджують значення твердості ґрунту для зростання та розвитку сільськогосподарських культур, а особливо їх кореневих систем (Роктанена, 1955; Бахтин, 1960; Смагин, Заздравный, 1981; Bolenius E et al., 2006; Pennisi, 2002; Riedell et al., 2005).



Метою даної роботи було вивчення закономірностей просторової мінливості твердості ґрунту та встановлення зв'язку між твердістю, електричною провідністю ґрунту та продуктивністю агроценозу гібрида соняшника.

МАТЕРІАЛ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Дослідження проводили на навчально-науковому центрі Дніпропетровського державного аграрного університету (с. Олександрівка Дніпропетровської області). Експериментальний полігон закладений у липні 2011 р. Ділянки вимірювання було 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 твердості ґрунтів проводили в польових умовах за допомогою ручного пенетрометра *Eijkelkamp* з інтервалом 5 см на глибину до 50 см. Середня погрішність результатів вимірювань приладу складає $\pm 8\%$. Вимірювання проводились конусом з розміром поперечного перерізу 1 см². В межах кожної клітині вимірювання твердості ґрунту проводили одноразово.

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 пристроєм представлені в одиницях насичення ґрунтового розчину солями (г/л). Електропровідність вимірювали за допомогою зонда на глибині 3–5 см від поверхні ґрунту в трикратній повторюваності.

Густоту стояння соняшника гібрида Ясон та діаметр кошика оцінювали на ділянках розміром 1×1 м, центроїд яких знаходився у точці вимірювання твердості ґрунту. Статистичні розрахунки проведені за допомогою програми *Statistica 7.0*, двомірне картографування і оцінка геостатистичних показників – за допомогою програми *Surfer 8.0*, оцінка I-статистики Морана – за допомогою програми *GeoDa 0.9.5-i* (<http://geodacenter.asu.edu/>).

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Для оцінки очікуваної урожайності у період дослідженої фази досягання соняшника враховували масу 1000 зерен (Ткаліч, 2012), густоту стояння та діаметр кошика рослин. Густота стояння гібрида складала 7,30 росл./м², діапазон коливання показника 1,5-15,00 росл./м², що характеризувався високою мінливістю (табл. 1).

Таблиця 1. Густота стояння та діаметр кошика гібрида Ясон

Параметр	Середнє	Медіана	Мінімум	Максимум	Ст. відх.	Асиметрія	Ексцес	CV
Густота стояння,	7,30	7,00	1,50	15,00	2,53	0,47	0,62	16,14

росл./м²

Діаметр

 кошика, 16,56 16,17 12,20 22,80 2,67 0,44 -0,59 34,81
 см

Аналіз даних, наведених у таблиці, свідчить, що значення діаметра кошика знаходилось на рівні 16,56 см, діапазон коливання показника 12,20-22,80 см. Коефіцієнт варіації для діаметра кошика соняшника - 16,14%. Густота стояння рослин відрізнялась високим рівнем варіації, коефіцієнт варіації складав 34,81%. Високе значення даного показника свідчить про сильну варіабельність потенційної урожайності соняшника, що вказує на якісну неоднорідність досліджуваного полігону за властивостями ґрунтового покриття.

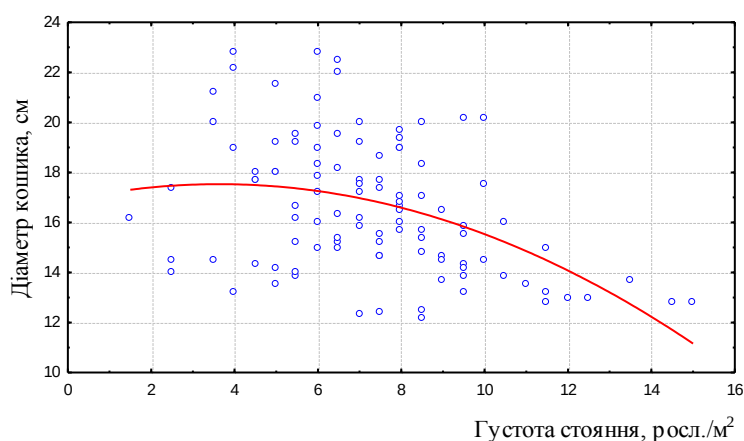


Рис. 1. Вплив густоти стояння на діаметр кошика рослин

Умовні позначення: лінія – крива поліноміальної регресії; точки – значення густоти стояння в залежності від діаметра кошика рослин.

Регресійний аналіз дозволив встановити, що густота стояння закономірно зменшується зі зростанням діаметра кошика рослин (див. рис. 1). Виявлено, що між досліджуваними показниками існує негативна кореляція ($r=-0,40$; $p=0,00$).

На основі графічного аналізу залежності густоти стояння та діаметра кошика соняшника можна обрати аналітичну форму для її опису. Залежність досліджуваних показників може виражати рівнянням виду:

$$D = 16,88 + 0,36 \cdot StDen - 0,05 \cdot StDen^2, \quad (1).$$

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

У межах досліджуваної ділянки при густоті стояння 3,6 росл./м² спостерігався найбільший розмір кошиків гібрида Ясон, а при густоті стояння 18,2 рослин/м² – найменший. Оптимальна густота стояння – одна з найважливіших передумов високої продуктивності рослин. Висока кількість рослин витрачає багато води та поживних речовин на формування вегетативної



маси, що призводить до зниження продуктивності соняшника. При низькій густоті стояння рослини не повністю використовують вологу та фактори живлення для формування потенційного урожаю, підвищується небезпека засмічення.

Результати попередніх досліджень підтверджують, що максимальну продуктивність мають рослини соняшника, сформовані при густоті стояння 3 росл./м² (Глянцев, 1970; Лужецкий, 1990). У дослідженнях М. Б. Грабовського (2012) виявлено, що найбільші кошики гібрид соняшнику Ригасол ОР формував при густоті 3 росл./м², а найменші – при 8 росл./м². У роботі І.Д. Ткаліча та О.Л. Мамчука (2011) визначено, що оптимальною густотою стояння рослин при якій спостерігається найвища урожайність насіння соняшника гібрида Дарій виявилась густота 5 росл./м². Інститут олійних культур Української академії аграрних наук у Запоріжжі рекомендує для різних зон України певні густоти стояння соняшника (Шпаар та ін., 1999).

Густота стояння може бути різною в залежності від ґрунтово-кліматичних умов, чим ці умови сприятливіші, тим вище може бути густота стояння. В якості експресного індикатора ґрунтових властивостей, а саме фізичного стану ґрунту, для вибору оптимальної густоти стояння та формування максимальної продуктивності рослин, можна використовувати твердість.

Одержані данні дозволили встановити, що середнє значення твердості ґрунту закономірно збільшувалось до глибини 15 см (табл. 2).

Таблиця 2. Описові статистики твердості ґрунту (у МПа)

Горизонт	Середнє	Медіана	Ст. відх.	Асиметрія	Ексцес	CV, %	d
0–5 см	3,88	3,40	2,20	0,45	–1,02	56,63	0,13
5–10 см	4,67	4,20	2,21	0,54	–0,58	47,28	0,11
10–15 см	4,69	4,20	1,91	0,54	–0,38	40,75	0,11
15–20 см	4,40	4,20	1,72	0,70	0,5	39,08	0,09
20–25 см	4,08	3,80	1,83	1,05	1,06	44,84	0,11
25–30 см	3,87	3,30	2,06	1,28	1,35	53,14	0,14*
30–35 см	3,64	3,00	2,02	1,50	2,06	55,53	0,17
35–40 см	3,36	2,80	1,80	2,07	5,07	53,67	0,18
40–45 см	3,26	2,60	1,84	2,40	6,30	56,54	0,21
45–50 см	3,28	2,80	1,84	2,40	6,36	55,90	0,21

Примітка: d – статистика Колмогорова-Смірнова – відповідність розподілу нормальному закону; * – 5 %-рівень вірогідності

У верхньому 5-сантиметровому шарі твердість мало значення 3,88 МПа і збільшувалась до 4,69 МПа на глибині 10-15 см. На глибині 20-25 см спостерігалось зниження твердості зі значенням 4,4 МПа, з цієї ж глибини твердість зменшувалась до 3,26 МПа. На глибині 45-50 см твердість починала збільшуватись. Коефіцієнт варіації знаходився в межах 39,08–56,63 %.

Для всіх горизонтів розподіл значень твердості в межах дослідного полігона не може бути описаний нормальним законом: для цих горизонтів характерна позитивна асиметрія розподілу, що свідчить про зміщення розподілу вліво, тобто у бік менших значень. Верхні шари у діапазоні 0-15 см характеризувались негативним ексцесом, що свідчить про тенденцію до двовершинного розподілу. Для шарів у діапазоні 15-45 см було відмічено позитивний ексцес, що відображає «загострений» пік розподілу. Геостатистичні параметри твердості ґрунту представлені в таблиці 3.

Таблиця 3. Геостатистичні параметри твердості ґрунту

Гори зонт	C ₀ (Нагет)	C ₁ (Частковий поріг)	C ₀ +C ₁ (Поріг)	SDL, %	Радіус впливу, м	I- Морана	p- рівень
0–5 см	0,21	4,20	4,41	4,72	3,52	0,20	0,00
5–10 см	0,43	3,80	4,23	10,19	5,50	0,37	0,00
10–15 см	0,68	2,90	3,58	19,11	10,12	0,41	0,00
15–20 см	0,01	2,43	2,44	0,63	6,42	0,37	0,00
20–25 см	0,12	2,30	2,42	4,96	6,80	0,33	0,00
25–30 см	1,89	1,72	3,61	52,34	13,63	0,37	0,00
30–35 см	1,99	1,47	3,46	57,44	15,28	0,36	0,00
35–40 см	0,11	3,02	3,13	3,58	3,55	0,18	0,00
40–45 см	0,05	3,00	3,06	1,71	4,34	0,21	0,00
45–50 см	0,11	2,93	3,05	3,68	4,41	0,20	0,00

SDL – рівень просторової залежності (*spatial dependence level*) ($100 \cdot C_0 / (C_0 + C_1)$)

Нагет-ефект вказує на значимість непросторової компоненти мінливості ознаки. Спільний облік таких геостатистичних показників, як частковий поріг і нагет-ефект, дозволяє оцінити рівень просторової залежності – SDL. 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 залежна (Cambardella, 1994). Для горизонтів 25-35 см твердість ґрунту – помірно просторово залежна, показник SDL змінювався від 52,34 до 57,44 %. Твердість ґрунту на інших горизонтах – сильно просторово залежна, показник SDL варіював від 0,63 до 19,11 %.

Радіус впливу свідчить про відстань, після якої варіограма перестає збільшуватись. Це відстань, в границях якої спостерігається статистично достовірний взаємозв'язок між точками простору за досліджуваною ознакою.

Для глибин 0-5 та 5-10 см радіус впливу складав 3,52 та 5,50 м. На картах твердості виділяються ділянки округло-овальної форми, які оточені ґрунтом з меншою твердістю.

Для глибини 10-15 см радіус впливу складав 10,12 м, на карті спостерігаються області високої або низької твердості.

На глибинах від 15 до 50 см радіус впливу зменшувався до значень 3,55-6,80 м.

На картах твердості на відповідних глибинах спостерігаються мозаїчні структури з розміром однорідних ділянок 3-6 м.

На глибині від 25 до 35 см спостерігалось локальне збільшення радіусу впливу від 13,63 до 15,28 м.

Необхідно відмітити, що на всіх картах мінливості твердості ґрунту у північно-східній частині полігону спостерігалися області зі зниженою твердістю (1 – 1,5 МПа), які було оточені однорідними ділянками з більш високими значеннями твердості (3,5 – 6 МПа). Це може свідчити про неоднорідність властивостей ґрунту на досліджуваному полігоні.

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 може бути встановлена різними способами, нами обраний «ферзеобразний» критерій – усі найбільш близькі комірки до даної точки.

Рівень значимості встановлено за допомогою 999 пермутацій. Індекс Морана вказує на достовірну просторову компоненту в мінливості твердості для всіх досліджуваних горизонтів ґрунту.

Статистичні та геостатистичні характеристики електричної провідності ґрунту та очікуваної урожайності соняшника наведено Т.Ю. Бець (2011).

Необхідно відмітити, що на карті мінливості урожайності гібрида соняшника Ясон (Бець, 2011) на півночі поля спостерігаються зони з підвищеним виходом зерна (280–400 г/м²), ці ділянки чітко співпадають з картами мінливості твердості ґрунту, на яких на північному-сході поля спостерігаються області зі зниженим значенням твердості (1 – 1,5 МПа).

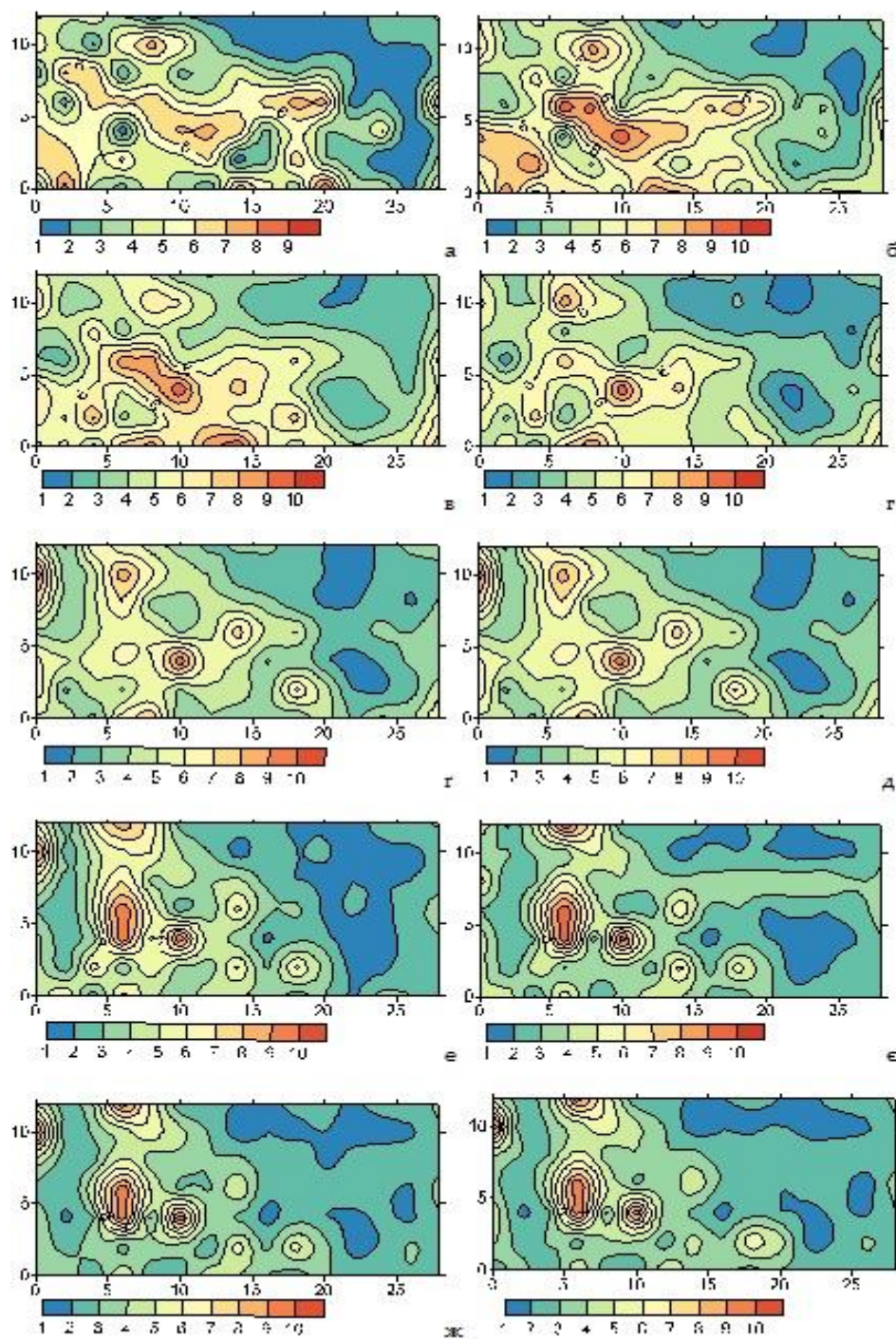


Рис. 2. Просторова мінливість твердості ґрунту (МПа) на глибині: а – 5 см; б – 10 см; в – 15 см; г – 20 см; ґ – 25 см; д – 30 см; е – 35 см; є – 40 см; ж – 45 см; з – 50 см.

У дослідженні було проведено кластерний аналіз на основі векторів даних, які описують твердість ґрунту в точках на поверхні і нижче на різних глибинах. Кластерний аналіз – багатовимірна статистична процедура, що збирає дані, які містять інформацію про вибірку об'єктів, і впорядковує об'єкти в порівняно однорідні групи (кластери). Кластерний аналіз проводили з метою знаходження груп схожих об'єктів у вибірці даних за твердістю.

Результати кластерного аналізу представлені на рис. 3. Досліджувана дендрограма демонструє наявність трьох чітко відокремлених кластерів (А, В, С), а також дозволяє встановити співвідношення близькості/відмінності між цими типами.

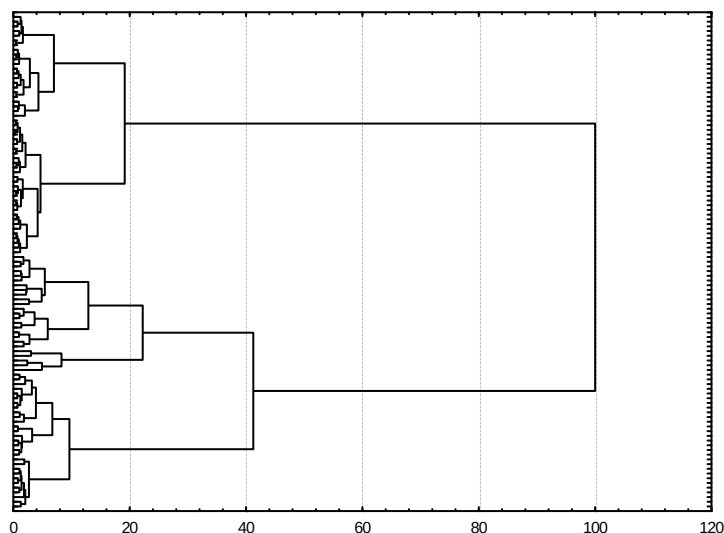


Рис. 3 Ієрархічна дендрограма зразків за даними твердості (Евклідова відстань, метод Варда)

Для кластера А характерно зменшення твердості від глибини 15 см до 45 см, для кластера В – від 10-25 см, для кластера С – від 15-40 см. Для кластера А для глибини 5-15 см спостерігаються найбільші значення твердості ґрунту у порівнянні з іншими кластерами, для кластера В для глибини 40-50 см – найменші значення.

Проведений дисперсійний аналіз дозволив встановити статистично достовірну різницю між кластерами за такими ознаками, як електрична провідність ґрунту, густина стояння рослин, діаметр кошика, урожайність гібрида Ясон (табл. 4).

Найбільша урожайність, яка виражена через високу густоту стояння гібрида, пов'язана з найменшою електричною провідністю ґрунту (кластер А), що може бути обумовлено низьким рівнем засолення (рис. 4). Встановлено, що кластер А характеризувався найвищою твердістю ґрунту.

Таблиця 4. Дисперсійний аналіз впливу кластерів ґрунту на електричну провідність ґрунту та характеристики продуктивності агроценозу

Показник	Ефект			Похибка			F-відношення	p-рівень
	Сума квадратів	Ступені свободи	Середній квадрат	Сума квадратів	Ступені свободи	Середній квадрат		
ЕС	0,6	2	0,3	2,3	102	0,02	12,78	0,00
Густота стояння	1370,1	2	685,0	1305,6	102	12,80	53,52	0,00
Діаметр кошика	476,3	2	238,1	266,1	102	2,61	91,30	0,00
Урожайність	27390,3	2	13695,2	24611,1	102	2412,88	56,76	0,00

Найменша продуктивність гібрида, яка характерна для кластера В, характеризувалась високим значенням електричної провідності і найменшим значенням твердості ґрунту. Для цього кластеру характерна найменша густота стояння та діаметр кошиків рослин.

Для кластеру С характерна висока урожайність соняшника, яка корелювала з високою твердістю ґрунту на глибині 15-50 см. Можна припустити, що причиною зв'язку продуктивності соняшника і твердості ґрунту є пертинентний вплив рослинності на ґрунт у період дослідженої фази досягання гібриду. Також, підвищена вологість ґрунту у містах з високою густотою стояння рослин відображалась у збільшенні твердості ґрунту. Необхідно відмити, що низька електрична провідність корелювала зі збільшеною твердістю ґрунту на глибині 35-40 см (кластер В, С) і 45-50 см (кластер В).

У процесі дослідження було виявлено, що при густоті стояння 3,6 росл./м² спостерігалась максимальна потенційна продуктивність соняшника. Оптимальна густота стояння формувала найбільшу продуктивність рослин у конкретних ґрунтово-кліматичних умовах.

Просторова мінливість твердості ґрунту була близька до сильної (горизонт 0-25 см; 35-50 см) та помірної (горизонт 25-30 см) просторової мінливості. На картах мінливості твердості ґрунту спостерігаються області зі зниженою твердістю, які оточені ділянками з більш високим значенням, що може свідчити про просторову неоднорідність фізичних властивостей ґрунту.

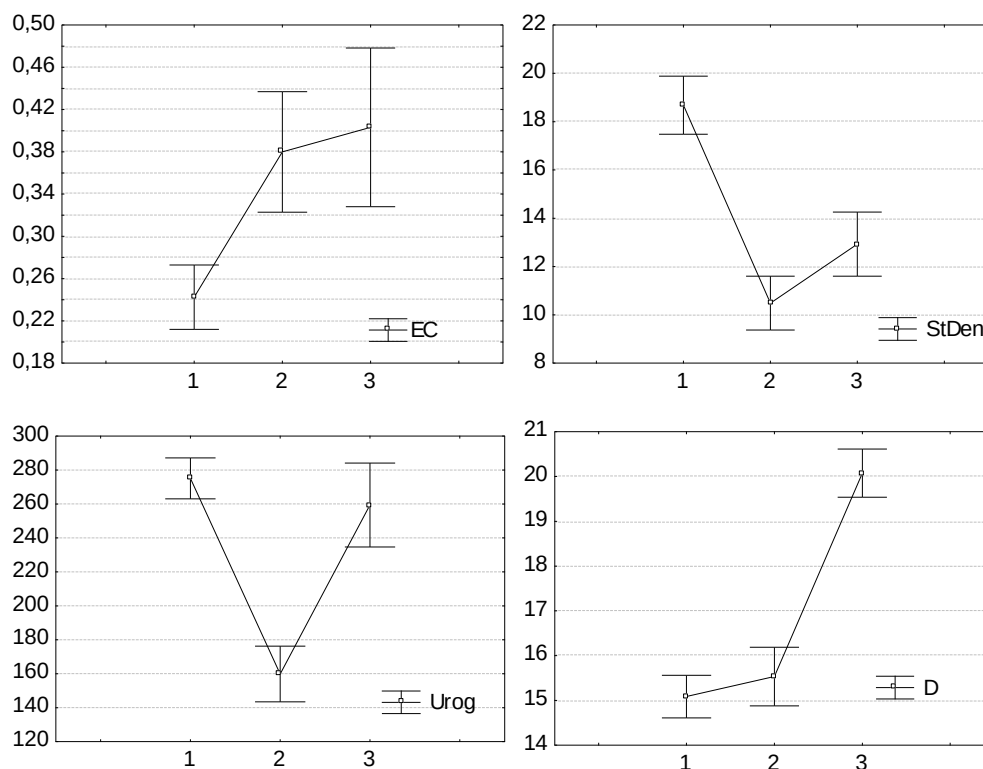


Рис. 4. Статистично-значимі відмінності електричної провідності та характеристик продуктивності гібрида Ясон.

Умовні позначення: 1 – кластер А, 2 – кластер В, 3 – кластер С; EC – електрична провідність ґрунту; StDen – густота стояння рослин; Urog – урожайність соняшника; D – діаметр кошика соняшника.

Проведення кластерного аналізу дозволило визначити три однорідні групи (кластери) за твердістю ґрунтового покриву. Встановлений статистично достовірний зв'язок між кластерами та електричною провідністю ґрунту і продуктивністю рослин дав можливість використовувати твердість для оцінки фізичного стану ґрунту у геостатичному аналізі.

ВИСНОВКИ

1. Наведені дані свідчать про суттєвий вплив густоти стояння на діаметр кошика рослин: чим вище густота стояння, тим менший розмір кошиків рослин та навпаки. Встановлено, що високий вплив на мінливість урожайності соняшника чинять ґрунтово-кліматичні умови та густота стояння. Найбільш продуктивні посіви рослин формуються при густоті стояння 3,6 росл./м².

2. У результаті проведених досліджень виявлено, що продуктивний потенціал агроценозу соняшника є сильно варіабельним. Можна стверджувати,

що поряд з іншими чинниками, даний факт обумовлений неоднорідністю фізичного стану ґрунту, а саме його твердістю у просторі дослідженого поля.

3. Кластерний аналіз дозволив виділити три основні групи (кластери) з однотипною зміною твердості, у яких формуються різні фізичні умови для життя рослин, внаслідок чого спостерігається диференціація продуктивності рослин в межах відповідних кластерів.

4. Аналіз твердості ґрунту має велике інформативне значення для діагностики якості ґрунту. Доступна ціна, легкість та швидкість виконання процедури вимірювання цього показника дозволяє отримати необхідну кількість інформації для геостатичного аналізу. Цей підхід можна використовувати для встановлення неоднорідності ґрунтового покриття та виділення одиниць управління в системі точного землеробства для сільськогосподарських земель.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- Медведев В.В. Твердость почв. Харьков. Изд. КГ1 «Городская типография». – 2009, 152 с
- Cambardella C. A. Field scale variability of soil properties in central Iowa soils / C. A. Cambardella, T. B. Moorman, J. M. Novak, Parkin, et al. // Soil Science Soc. Am. – 1994. – Vol. 58. – P. 1501–1511.
- Медведев В.В. Перспективні методи вивчення ґрунтів у режимах in-situ і on-line. // Агрохімія і ґрунтознавство – 2007. – Вип.67. – С. 10-18.
- Роктанена Л.С. О понятии «плотность почвы». // Тр. Научной конференции. Кишинев. – 1955. – С. 59-61.
- Бахтин П.У. Динамика твердости некоторых почв Среднего Заволжья и Южного Зауралья / П.У. Бахтин, А.С. Львов // Почвоведение – 1960. – № 5. – С. 53-63.
- Смагин В.П. Агрономическое значение твердости почв / В.П. Смагин, А.Н. Заздравный // Почвоведение. – 1981. – №2. – С.138-141.
- Bolenius E. On-the-go measurements of soil penetration resistance on a Swedish Eutric Cambisol / E. Bolenius, G. Rogstrand, J. Arvidsson, B. Stenberg, L. Thylen // International Soil Tillage Research Organization 17 th Triennial Conference. Kiel. Germany – 2006. – P. 867-870.
- Pennisi B. V. 3 ways to measure medium EC / B. V. Pennisi, M. van Iersel // GMPro. – 2002. – Vol. 22 (1). – P. 46–48.
- Riedell W.E. Soil penetrometer resistance and corn yield under tilled and no-till soil management. / W.E. Riedell, J.L.Ir. Pikul, S.L. Osborne, T.E. Schumacher // South Dakota State University. Soil Water Research Report. Soil PR. – 2005. – P. 4-40.
- Ткаліч І. Д. Урожайність гібридів сояшнику в різні за погодними умовами роки / І. Д. Ткаліч, О.Л. Мамчук // Агроном, 2012, N № 1.-С.128-134.
- Глянцев О.Ф. Сояшник / О.Ф.Глянцев // Олійні і ефіроолійні культури. – К.: Урожай, 1970. – С. 36-64.



Лужецкий М.Г. Производство масличного сырья в странах ЕЭС /М.Г.Лужецкий // Технические культуры. – 1990. №5. – С.46-48.

Грабовський М. Б. Вплив густоти стояння рослин на прояв господарсько-цінних ознак та продуктивність соняшнику в умовах центрального лісостепу України / М. Б. Грабовський // Агроном, 2012, N № 1.-С.135-138.

Ткаліч І.Д. Способи сівби та густота стояння рослин соняшнику гібрида Дарій/І. Д. Ткаліч, О. Л. Мамчук // Агроном, 2011, № 1.-С.108-110.

Шпаар Д. Яровые масличные культуры/ Д. Шпаар, Х. Гинапп., В. Щербаков и др./ Под общ. ред. В.А. Щербакова // - Мн.: ФУЛинформ, 1999. -288 с.

Бець Т.Ю. Просторовий зв'язок електричної провідності ґрунту та врожайності гібрида Ясон / Т.Ю. Бець // Вісник Дніпропетровського державного аграрного університету. – 2011. – №2. – С. 61-64

REFERENCES

Medvedev, V.V. (2009). Soil Hardness. Kharkov: Municipal Press.

Cambardella, C. A., Moorman, T. B., Novak, J. M., Parkin (2009). Field scale variability of soil properties in central Iowa soils. Soil Science Soc. Am. 58, 1501–1511.

Medvedev, V.V. (2007). Perspective methods of studying the soils in regular in-situ i on-line. Agrochemistry and Soil Science. 67, 10-18.

Roktanena, L.S (1955). Towards concept of soil density. Proceedings of the Conference. Kishinev.

Bakhtin, P.U., & Lvov A.S.(1960). The dynamics of the hardness of some soils of the Middle Zavolzhie and of Southern Zauralye. Edaphology. 5, 53-63.

Smagin, V.P., & Zazdravnij, A.N. (1981). Agronomic value of the soil hardness. Edaphology. 2, 138-141.

- Bolenius, E., Rogstrand, G., Arvidsson, J., Strenberg, B., & Thylen, L. (2006). On-the-go measurements of soil penetration resistance on a Swedish Eutric Cambisol. International Soil Tillage Research Organization 17 th Triennial Conference. Kiel. Germany. 867-870.
- Pennisi, B. V. (2002). Three ways to measure medium EC. GMPro. 22(1), 46-48
- Riedell, W.E., Pikul, J.L.Ir., Osborne, S.L, & Schumacher, T.E. (2005), Soil penetrometer resistance and corn yield under tilled and no-till soil management. South Dakota State University. Soil Water Research Report. Soil PR. 4-40.
- Tkalich, I.D., & Mamchuk, O.L. (2012). Productivity of hybrids of sunflower in different by weather conditions years. Agronome. 1, 128-134.
- Glyantsev, O.F.(1970). Sunflower. Oil and essential oil plants. Harvest. 36-64.
- Luzhetskyy, M.G. (1990). Production of oil seed raw in the EEC countries. Technical cultures. 5, 46-48.
- Grabovvskiy, M.B.(2012). Influence of plant density on the display of agronomic characteristics and productivity of sunflower in the central steppe of Ukraine. Agronome. 1, 135-138.
- Tkalich, I.D., & Mamchuk, O.L. (2011). Methods of seeding and plant density of sunflower hybrid Darij. 1, 108-110.
- Shpaar, D., Hynapp, X., Shcherbakov, V. et al. (1999). Spring oilseeds. Linform.



Bets, T.U. (2011) Spatial relationship of soil electric conductivity and seed production of hybrid sunflower Jason. Bulletin of Dnepropetrovsk State Agrarian University. 2, 61-64.

Поступила в редакцію 10.06.2013

Как цитировать:

Т.Ю. Бець (2013). Просторова неоднорідність твердості ґрунту та її зв'язок з електричною провідністю ґрунту та продуктивністю соняшника. *Биологический вестник Мелитопольского государственного педагогического университета имени Богдана Хмельницкого*, 2 (8), 30-44. **crossref** [http://dx.doi.org/10.7905/bbmsspu.v0i3\(6\).543](http://dx.doi.org/10.7905/bbmsspu.v0i3(6).543)
© Бець, 2013

Users are permitted to copy, use, distribute, transmit, and display the work publicly and to make and distribute derivative works, in any digital medium for any responsible purpose, subject to proper attribution of authorship.



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution 3.0 License](https://creativecommons.org/licenses/by/3.0/).