

SOIL HARDNESS RESEARCH RESULTS FOR «ELITA» FIELDS

I. Tsiz*, V. Holii

Lutsk National Technical University, Lutsk, Ukraine



ABSTRACT

The «Elita» fields are located on sandy loam and sandy soils, which have different hardness in different areas of the same field. Such a characteristic of the soil does not contribute to the realization of the potential of oilseed plants. The problem becomes particularly urgent in the event of a critical decrease in moisture in the arable layer of the soil. In fact, oilseed plants, thanks to their root system, are able to use the moisture below the arable layer of the soil, when the hardness of the soil in these layers is optimal for the penetration of the root system. Therefore, a methodology has been developed and a study has been carried out on the soil hardness of the defined «Elita» fields in order to optimize the work on their deep loosening. The research used a methodology based on the use of the Lan-M PRO hardness tester, a mobile application for creating a uniform grid of hardness measurements on a given field with reference to GPS coordinates, and the FIELD-M Archive Viewer 2.4 program. According to the developed methodology, soil hardness was measured at two points on each hectare of the field. On the basis of the values obtained as a result of the research, cartograms of field hardness were created for soil layers at depths from 25 cm to 50 cm with steps of 5 cm. Based on the analysis of the cartograms, recommendations for deep loosening of the studied fields were developed. The obtained recommendations make it possible to limit the tillage depth of the majority of the fields to 45 cm. It was also established that in order to take into account the variation in the distribution of soil hardness of the fields according to their area and depth, shown on the cartograms, it is necessary to study and implement new principles of deep tillage. By introducing new principles of depth processing, it will be possible to develop a tool capable of modifying the depth of each individual organ in real time according to cartograms.

Key words:

soil hardness,
oil crops,
deep fluffing,
hardness map,
working body

Article history:

Received 29.04.2024

Accepted 20.05.2024

***Corresponding author:**

tsizigor@lutsk-ntu.com.ua

DOI: 10.36910/acm.vi50.1332

To cite this article:

Tsiz, I., & Holii, V. (2024). Soil hardness research results for «Elita» fields. *Agricultural Machines*, 50, 25-36. <https://doi.org/10.36910/acm.vi50.1332>

УДК 631.3

**РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТВЕРДОСТІ ҐРУНТУ ПОЛІВ
ДПЕДГ «ЕЛІТА»****І.Є. Цизь*, В.О. Голій***Луцький національний технічний університет, Луцьк, Україна*

AGRICULTURAL MACHINES

**АМ
СМ**

СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКІ МАШИНИ

АНОТАЦІЯ

Поля ДПЕДГ «Еліта» розташовані на дерново-підзолистих супіщаних та піщаних ґрунтах, що мають різну твердість на різних ділянках одного поля. Така особливість ґрунтів не сприяє реалізації потенціалу олійних культур. Особливо стає актуальною проблема за умови критичного зниження вологи в орному шарі ґрунту. Адже олійні культури завдяки стрижневій кореневій системі здатні використовувати вологу, що знаходиться нижче орного шару ґрунту, якщо твердість ґрунту в цих шарах є оптимальною для проникнення туди кореневої системи. Тому розроблено методику та реалізоване дослідження твердості ґрунту визначених полів ДП для оптимізації робіт з глибокого їх розпушення. У дослідженнях застосовували методику, що базується на використанні твердоміра «Лан-М PRO», мобільного додатку для формування рівномірної мережі замірів твердості на конкретному полі з прив'язкою до GPS координат, а також програми FIELD-M Archive Viewer 2.4. Відповідно до розробленої методики проводили вимірювання твердості ґрунту у двох точках на кожному гектарі поля. За отриманими значеннями у результаті дослідження будували картограми твердості полів для шарів ґрунту на глибинах від 25 см до 50 см з кроком 5 см. На основі аналізу картограм розроблені рекомендації з проведення глибокого розпушення досліджуваних полів. Отримані рекомендації дозволяють для більшості площ обмежитись глибиною обробітку 45 см. Також встановлено, що для урахування варіації розподілу твердості ґрунту полів за їх площею та глибиною, які відображені на картограмах, потребують дослідження та впровадження нові принципи глибокого обробітку ґрунту. Оскільки саме через впровадження нових принципів глибокого обробітку можна буде розробити знаряддя, яке здатне змінювати глибину ходу кожного окремого робочого органу в режимі реального часу відповідно до картограм.

Ключові слова:

твердість ґрунту,
олійні культури,
глибоке розпушення,
картограма твердості,
робочий орган

Історія публікації:

Отримано 29.04.2024

Затверджено 20.05.2024

***Автор для листування:**

tsizigor@lutsk-ntu.com.ua

DOI: 10.36910/acm.vi50.1332

Цитувати цю статтю:

Цизь, І. Є., & Голій, В. О. (2024). Результати дослідження твердості ґрунту полів ДПЕДГ «Еліта». *Сільськогосподарські машини*, 50, 25-36. <https://doi.org/10.36910/acm.vi50.1332>

СТАН ПИТАННЯ ТА ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

ДПЕДГ «Еліта» Волинської ДСГДС ІК НААН розташоване у Луцькому районі Волинської області та має у постійному використанні 1190 га ріллі. Більша частина якої – це дерново-підзолисті супіщані й піщані ґрунти, що мають різну твердість на різних ділянках одного поля. Така особливість цих ґрунтів не сприяє нормальному росту та розвитку сільськогосподарських культур, що мають стрижневу кореневу систему. А це такі олійні культури як озимий ріпак, соняшник та соя. Експериментальними дослідженнями встановлено вплив твердості підорного шару ґрунту на проникнення кореневої системи рослин у нижні шари ґрунту (рис. 1). Із поданого графіка очевидно, що відбувається значне сповільнення розвитку кореневої системи у межах 30 днів порівняно з глибоко розпушеним ґрунтом (Бромот, 2019).

Результати досліджень впливу плужної підшви на розвиток кореневої системи сої подано у науковій праці (Гаєрилов, 2015). Із представленого у публікації фото (рис. 2) видно, що плужна підшва унеможлиблює розвиток кореневої системи рослин сої у нижні шари. Автор зазначає, що у такому випадку формується мичкувата коренева система та до 80% коренів розташовуються у шарі ґрунту товщиною 5–10 см і лише 20% – проникає у нижні шари.

Ґрунтовні теоретичні та експериментальні дослідження процесу ущільнення ґрунтів та його вплив на реалізацію потенціалу сільськогосподарських культур подані у наукових працях академіка В. В. Медведєва (Медведєв, 2003; Медведєв, 2004; Медведєв, 2010). Цими дослідженнями встановлено, що

за твердості ґрунту в плужній підшві понад 35–40 кгс/см² виникають суттєві перешкоди росту коріння культурних рослин. Водночас твердість до 20–25 кгс/см² вважається допустимою (Медведєв, 2010).

В останні роки на території Волині, в окремі періоди року (друга половина травня – перша половина червня), середньодобові температури перевищують 20°C, що спричиняє критичне зниження вологості в орному шарі ґрунту (Цизь та ін., 2023). На дерново-підзолистих супіщаних та піщаних ґрунтах у такі періоди рівень вологості в орному шарі ґрунту фіксувався в межах 2–3 мм, що фактично припиняє ріст рослин. У цей період рослини зі стрижневою кореневою системою мають можливість використовувати вологу, що знаходиться нижче орного шару ґрунту за умови, що твердість ґрунту в цих шарах є оптимальною для проникнення туди кореневої системи. Для планування робіт з глибокого розпушення ґрунту та створення цієї оптимальної твердості шарів ґрунту, що знаходяться нижче орного шару, потрібно спочатку встановити твердість підорних шарів ґрунту на глибині від 25 до 50 см з інтервалом у 5 см. Адже олійні культури в період свого росту і розвитку в основному використовують вологу саме з цих шарів ґрунту, а визначення меж зон полів, на яких потрібно виконувати обробіток на ту чи іншу глибину, забезпечить економію паливо-мастильних матеріалів.

Мета дослідження – встановлення розподілу твердості ґрунтів за глибиною та площею досліджуваних полі ДПЕДГ «Еліта» Волинської ДСГДС ІК НААН та розроблення рекомендацій з диференційованого глибокого їх розпушення.

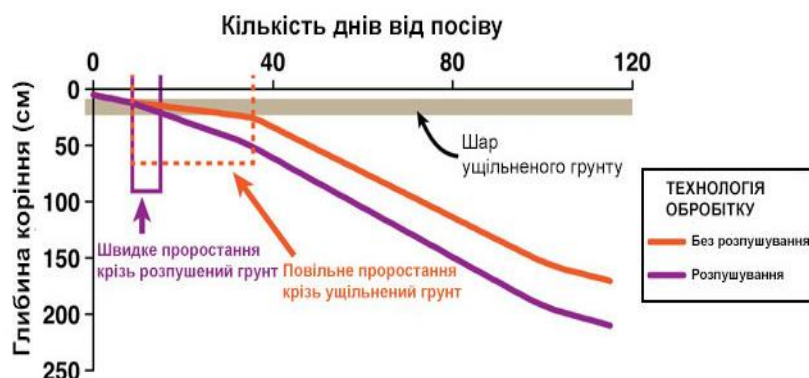


Рис. 1 – Залежність швидкості проникнення кореневої системи у ґрунт за умов глибокого розпушення та за його відсутності (Бромот, 2019)

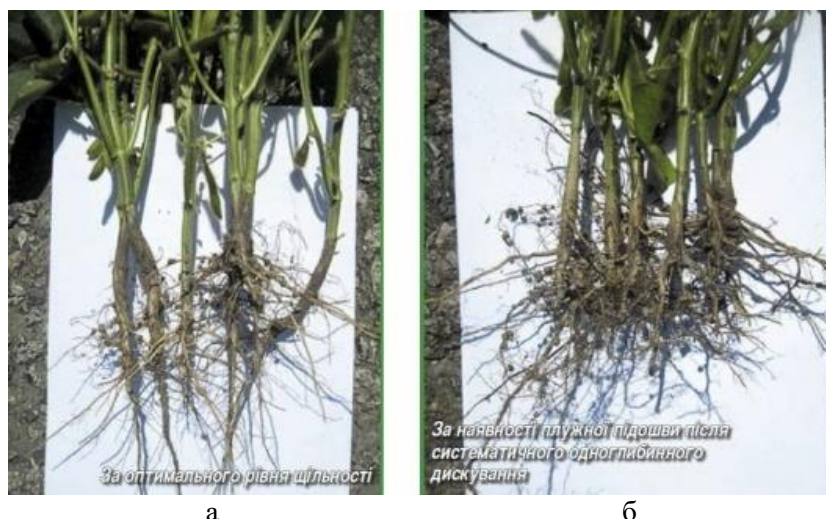


Рис. 2 – Стан кореневої системи сої (Гаврилов, 2015):
а – за оптимальної щільності ґрунту; б – за наявності плужної підшви

МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ

З метою реалізації експериментального дослідження твердості ґрунту на визначених полях використовували твердомір ґрунту «Лан-М PRO» (рис. 3). Він містить металевий щуп, у верхній частині якого кріпиться основа з рукоятками та електронний блок. Внизу щупа знаходиться різьба для приєднання наконечника. Всередині основи твердоміра розташовано давачі відстані та сили. Давач відстані виходить назовні основи твердоміра. Збоку основи є ручки, а зверху – розташовано електронний блок. Внизу основи за допомогою різьбового з'єднання закріплено наконечники.

Електронний блок твердоміру містить вологозахисний корпус, електронну плату, акумуляторну батарею, дисплей та клавіатуру. На передній панелі електронного блоку розташовано дисплей і клавіатуру. Клавіатура містить чотири клавіші, призначення яких зображено на рис. 4. Для ввімкнення приладу слід натиснути та утримувати клавішу (за схемою рис. 4) до появи звукового сигналу та логотипу виробника. Якщо карту пам'яті було успішно аутентифіковано, тоді на дисплеї відобразиться основний екран (рис. 5). Для проведення вимірювання з прив'язкою до координат піктограма індикатора «GPS» має набути зеленого кольору.

У твердоміра є два наконечника:

- діаметром 1/2 дюйма (1,27 см), який використовують для твердого ґрунту;
- діаметром 3/4 дюйма (1,91 см), який використовують для пухкого ґрунту.



Рис. 3 – Твердомір ґрунту «Лан-М PRO»:
1 – металевий щуп; 2 – наконечник малий ($d = 12,7$ мм); 3 – електронний блок; 4 – основа з рукоятками; 5 – наконечник великий ($d = 19,1$ мм)

Для проведення вимірювання готували місце вимірювання шляхом вирівнювання поверхні ґрунту. На підготовлене місце вкладали відбиваючу пластину. Короткий кінець пластини розташовували у напрямку до оператора. Далі встановлювали наконечник щупа твердоміра в отвір пластини так, щоб наконечник торкався поверхні ґрунту, а щуп розташовувався перпендикулярно до площини пластини та натискали клавішу «ВИМІР». Після цього рівномірним натисканням на обидві ручки твердоміра плавно вводили щуп

у ґрунт. На дисплеї відображалися величина зусилля та глибина (рис. 6).

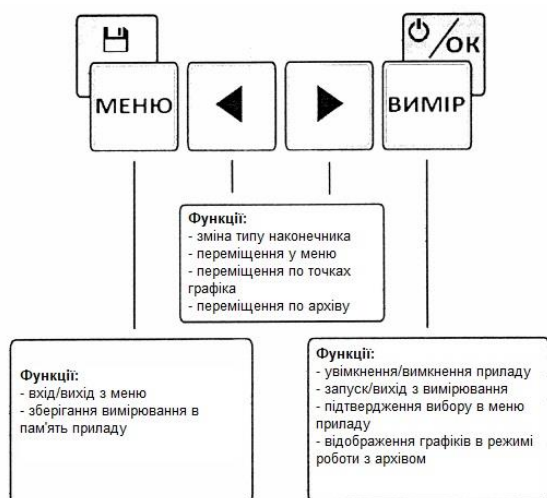


Рис. 4 – Функції клавіш клавіатури твердоміра



Рис. 5 – Основне зображення екрану



Рис. 6 – Зображення екрану під час вимірювання

У процесі експерименту колір показів зусилля змінювався залежно від їх величини:

- зелений – 0–14 кг/см² (0–200 psi) – сприятливі умови для росту рослин;
- жовтий – 14–21 кг/см² (200–300 psi) – задовільні умови для росту рослин;
- червоний – більше 21 кг/см² (300 psi) – несприятливі умови для росту рослин, ґрунт переущільнений.

Далі процес вимірювання відбувався в автоматичному режимі та завершувався за досягнення однієї з трьох умов:

- натискання клавіші «ВИМІР» під час проведення вимірювання;
- досягнуто максимальної глибини введення твердоміра – 60 см (рис. 7);
- виявлено процес зменшення глибини занурення наконечника твердоміра – дослідник почав витягувати шуп з ґрунту.

Після завершення вимірювання на дисплеї з'являвся результат, що фіксували з кроком 2,5 см у форматі таблиці (рис. 8, а). Числові значення зусилля забарвлені кольором відповідно до попередньо описаної шкали. Для відображення результатів вимірювання у вигляді графіка (рис. 8, б) натискали клавішу «ВИМІР». Для збереження вимірювання на карту пам'яті – клавішу «МЕНЮ/».



Рис. 7 – Завершення процесу вимірювання внаслідок досягнення максимальної глибини введення твердоміра

У подальшому отримані в результаті досліджень значення, завантажені на карту пам'яті, обробляли за допомогою програми FIELD-M Archive Viewer 2.4 та будували картограми розподілу твердості відповідно до координат розбивки поля.

2.5	5.4	32.5	21.3
5.0	13.8	35.0	23.6
7.5	33.2	37.5	22.6
10.0	38.6	40.0	20.4
12.5	38.2	42.5	17.0
15.0	35.2	45.0	17.8
17.5	25.4	47.5	17.5
20.0	11.4	50.0	19.2
22.5	10.6	52.5	20.9
25.0	11.3	55.0	19.0
27.5	10.8	57.5	18.4
30.0	20.1	60.0	16.0

14.06.2022 12:30
Малий наконечник
1
758

а

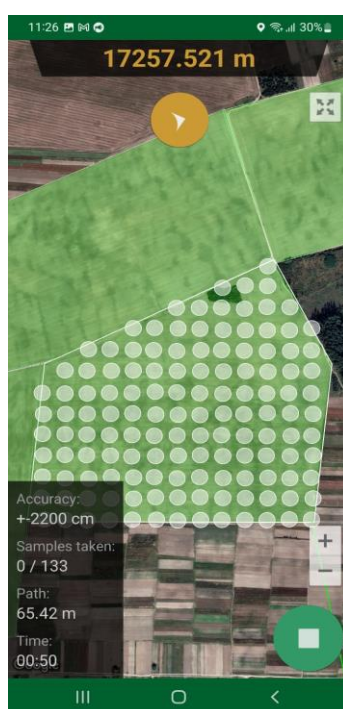


б

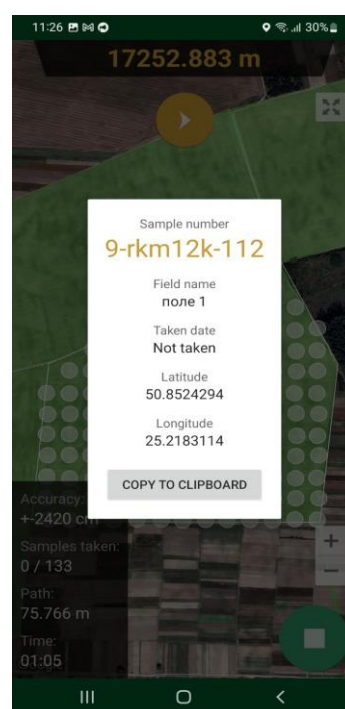
Рис. 8 – Звіт вимірювання у форматі таблиці (а) та графіку (б)



а



б



в

Рис. 9 – Діалогові вікна програми розбивки поля для проведення замірів твердості ґрунту

Для формування рівномірної сітки замірів твердості на конкретному полі з прив'язкою до GPS координат використовували мобільний додаток Soil Sampler. З допомогою цього додатку здійснюють формування контуру досліджуваного поля та вибір бажаної кількості вимірів на гектар (рис. 9, а). У проведених дослідження здійснювали два виміри на кожному гектарі поля. Далі додаток автоматично визначав положення точок для проведення вимірів, а дослідник міг визначити орієнтацію рядів проб відповідно до орієнтації, наприклад, напрямку руху посівного агрегату.

Після запуску процесу вимірювання додаток вказує шлях до найближчої точки для проведення вимірювання (рис. 9, б), а момент досягнення вказаної позиції засвідчується піктограмою у вигляді лопатки червоного кольору. На завершення вимірювань мережу розбивки зберігали у пам'яті смартфона та використовували під час здійснення повторних вимірювань. Додаток надає можливість копіювати у буфер обміну інформацію щодо конкретної дослідної точки (рис. 9, в). Дослідження проводили на полях ДП «Еліта», місцезнаходження яких подано у таблиці 1.

Таблиця 1 – Поля, на яких проводили дослідження

№ поля	Населений пункт	Площа ріллі в складі поля, га	Кадастровий номер земельної ділянки
1	с. Брище	88 (частина загальної площі 123,873 га)	0722855200:03:000:1479
2	с. Брище	44,3434	0722855200:03:000:0530
3	с. Брище	61,0175	0722855200:03:000:0529
4	с. Рокині	67,9023 (частина загальної площі 103,2398 га)	0722855200:02:001:1526
5	с. Рокині	19,6893	0722855200:02:001:1529
6			0722855200:03:000:0535
7	с. Рокині	44,0475	0722855200:03:000:1487
8			0722855200:03:000:1477

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ОБГОВОРЕННЯ

У результаті оброблення даних з карти пам'яті у програмі FIELD-M Archive Viewer 2.4 отримали картограми, що зображені на **рис. 10–17**. Для аналізу використовували значення твердості, зафіксовані на глибинах від 25 см до 50 см з кроком 5 см. На основі зведених у **таблиці 2** даних аналізу картограм можна рекомендувати такі режими обробітку ґрунту на окремих полях:

- поле 1 – доцільно провести суцільне глибоке розпушення на глибину 40 см;
- поле 2 – вимагає розпушення на глибину 50 см;
- поле 3 – доцільно обробити на глибину

40 см, а по периметру смугою 70–80 м на глибину 50 см;

- поле 4 – вимагає розпушення на глибину 45 см;

- поле 5 – має площу лише 9 га, тому доцільно провести загальне розпушення на глибину 40 см;

- поле 6 – доцільно обробити на глибину 40 см, а по периметру смугою 70–80 м на глибину 50 см;

- поле 7 – доцільно обробити поле на глибину 40 см, а поворотні смуги на глибину 50 см;

- поле 8 – доцільно обробити на глибину 40 см, а периметр клину смугою 70–80 м на глибину 50 см.

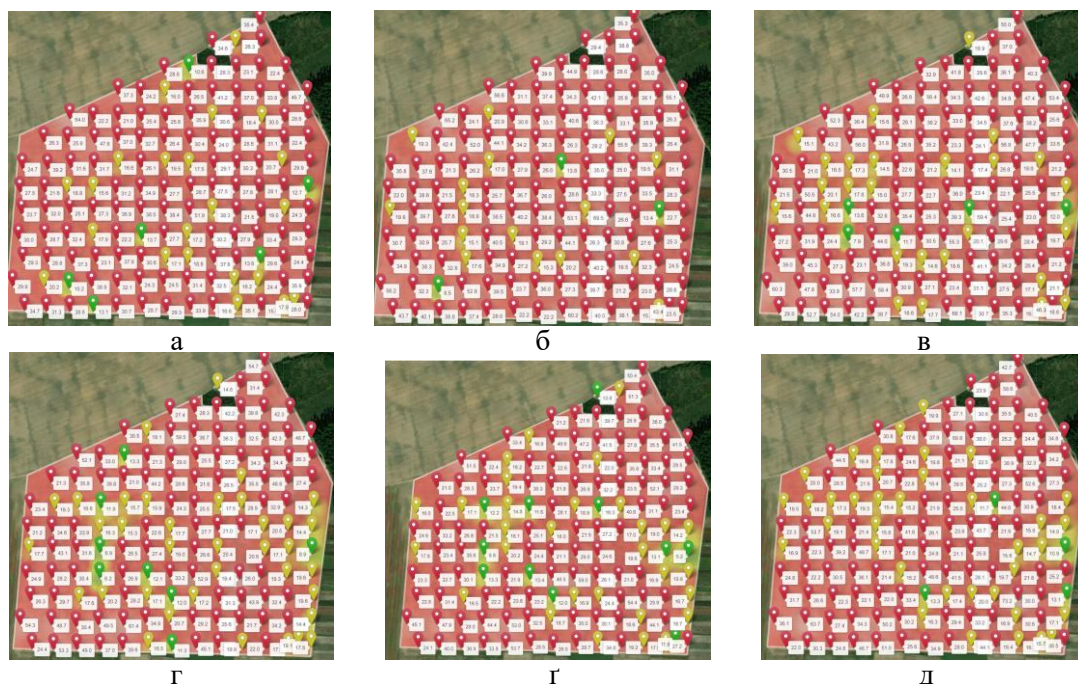


Рис. 10 – Картограма розподілу твердості ґрунту поля 1 за глибинами:
а – 25 см; б – 30 см; в – 35 см; г – 40 см; ґ – 45 см; д – 50 см

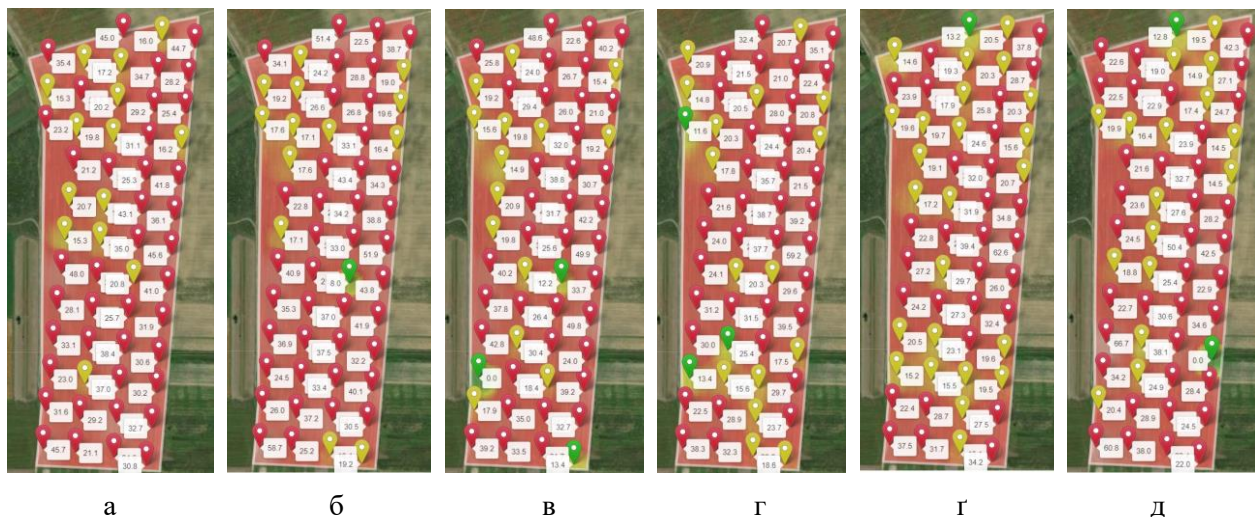


Рис. 11 – Картограма розподілу твердості ґрунту поля 2 за глибинами: а – 25 см; б – 30 см; в – 35 см; г – 40 см; г – 45 см; д – 50 см

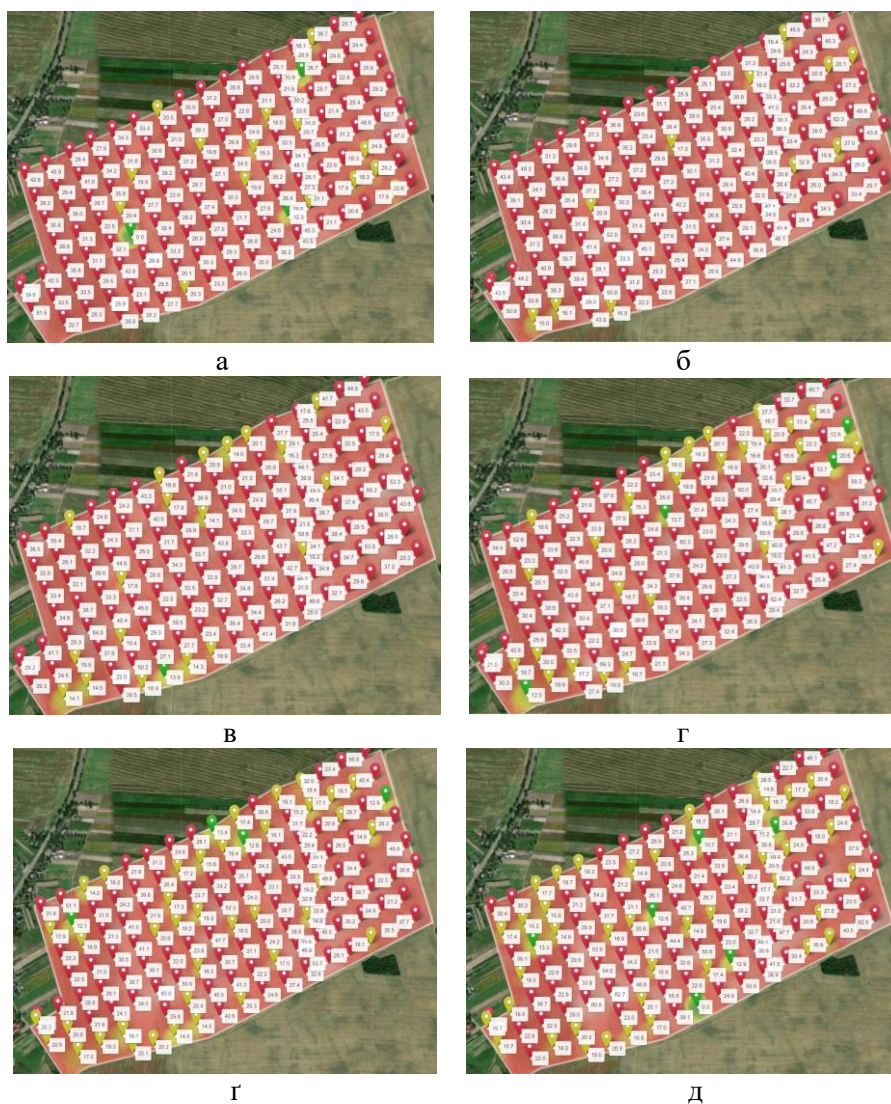


Рис. 12 – Картограма розподілу твердості ґрунту поля 3 за глибинами: а – 25 см; б – 30 см; в – 35 см; г – 40 см; г – 45 см; д – 50 см

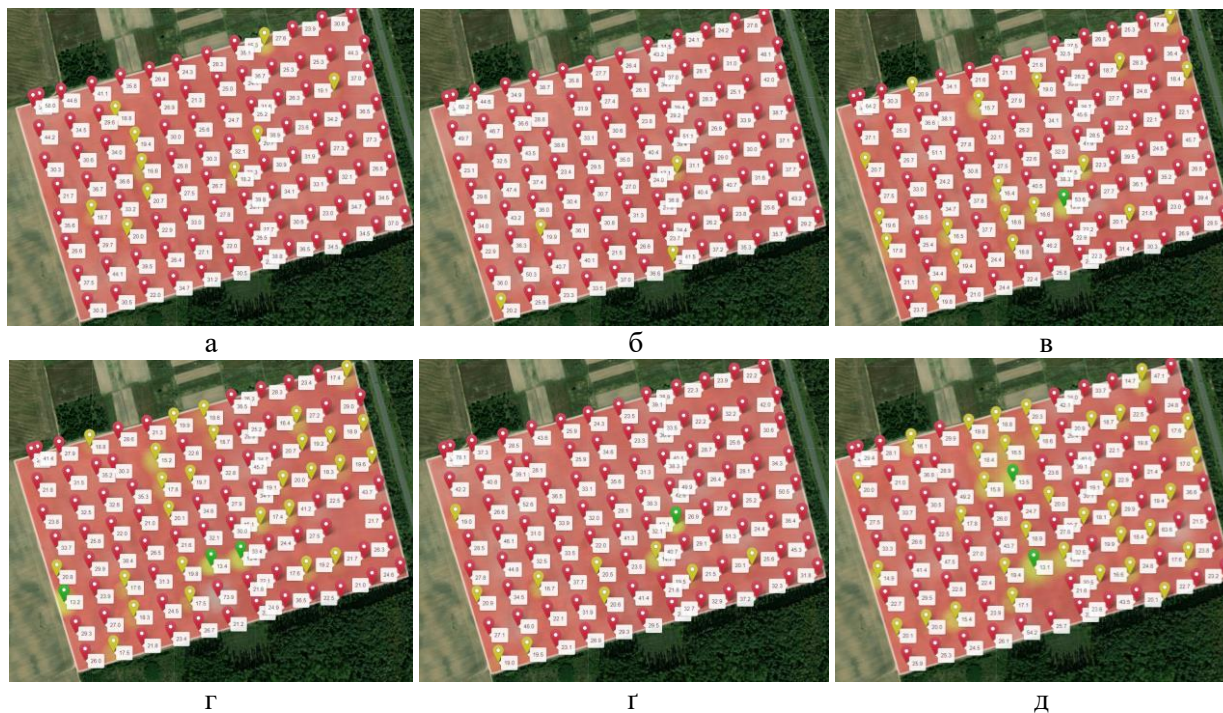


Рис. 13 – Картограма розподілу твердості ґрунту поля 4 за глибинами:
а – 25 см; б – 30 см; в – 35 см; г – 40 см; г – 45 см; д – 50 см

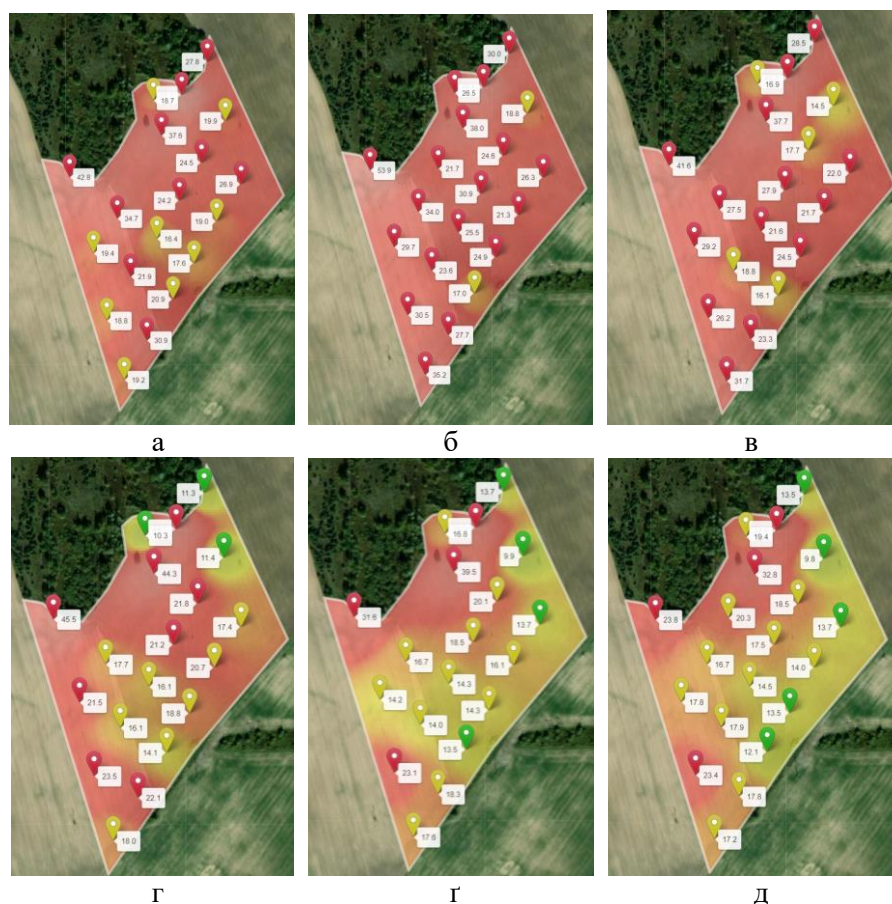


Рис. 14 – Картограма розподілу твердості ґрунту поля 5 за глибинами:
а – 25 см; б – 30 см; в – 35 см; г – 40 см; г – 45 см; д – 50 см

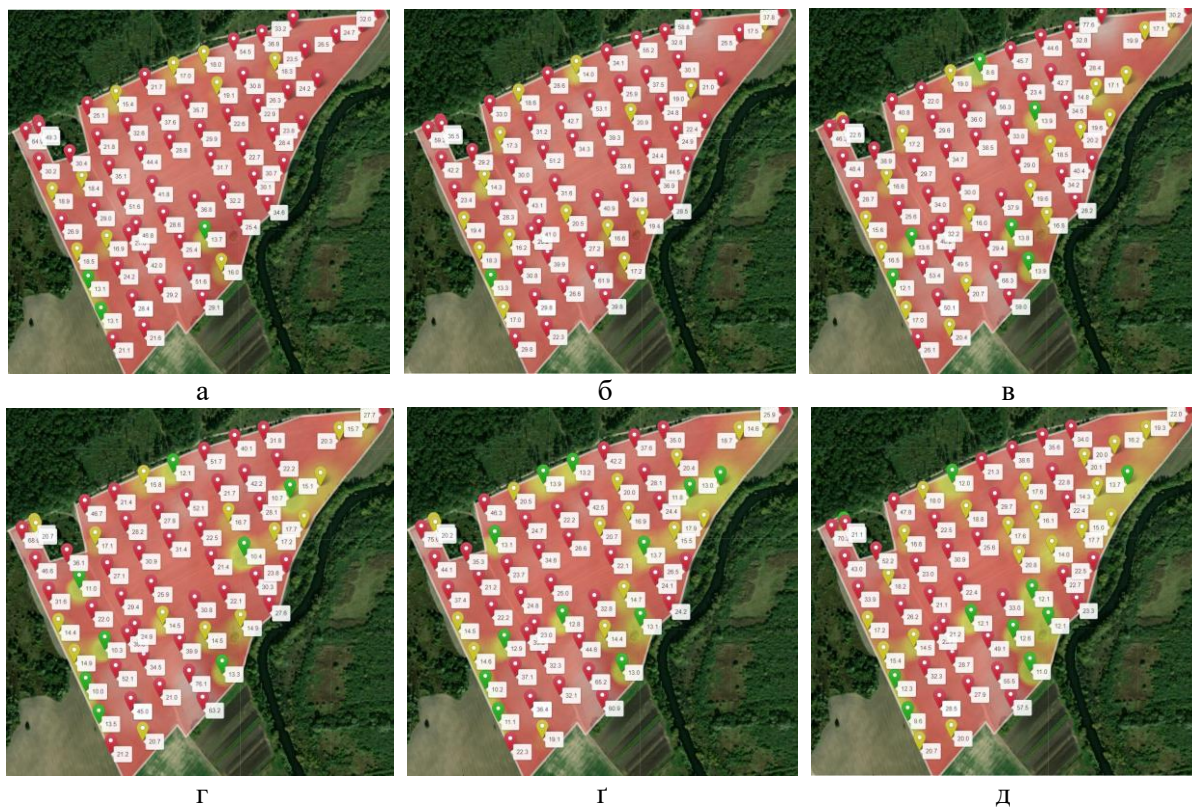


Рис. 15 – Картограма розподілу твердості ґрунту поля 6 за глибинами:
а – 25 см; б – 30 см; в – 35 см; г – 40 см; г – 45 см; д – 50 см



Рис. 16 – Картограма розподілу твердості ґрунту поля 7 за глибинами:
а – 25 см; б – 30 см; в – 35 см; г – 40 см; г – 45 см; д – 50 см

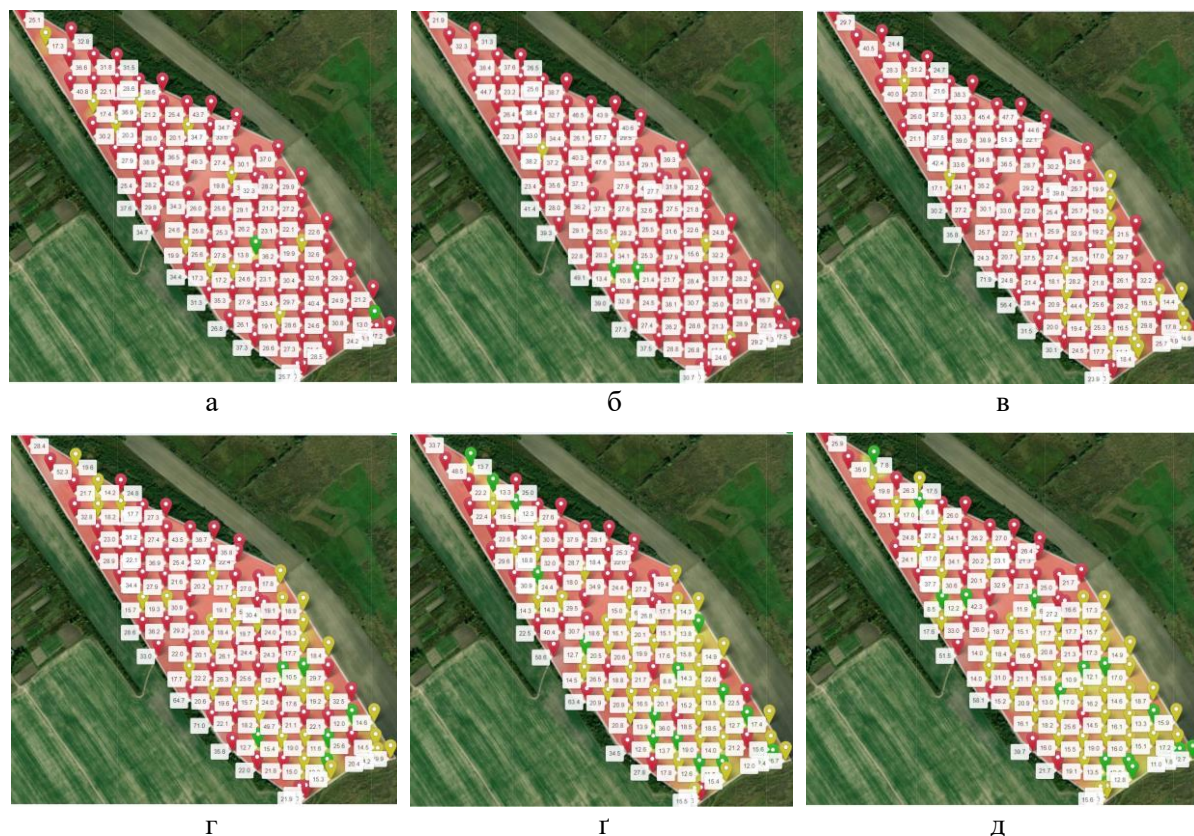


Рис. 17 – Картограма розподілу твердості ґрунту поля 8 за глибинами:
а – 25 см; б – 30 см; в – 35 см; г – 40 см; г – 45 см; д – 50 см

Таблиця 2 – Рекомендації щодо доцільності глибокого обробітку

№ поля	Глибина, см					
	25	30	35	40	45	50
1	+	+	+	Поворотні смуги		-
2	+	+	+	+	+	+
3	+	+	+	+	Периметр смугою 70–80 м	Довші краї поля смугою 70–80 м
4	+	+	+	-	+	-
5	+	+	Поворотні смуги	Смуга, що прилягає до лісу	-	-
6	+	+	+	+	Периметр смугою 70–80 м	Периметр смугою 70–80 м
7	+	+	+	+	Поворотні смуги	Поворотні смуги
8	+	+	+	Периметр смугою 70–80 м	Периметр верхньої частини клину смугою 70–80 м	Периметр верхньої частини клину смугою 70–80 м

Примітка: «+» – необхідне розпушення шару на цій глибині; «-» – розпушення шару на цій глибині можна не проводити.

Розроблені рекомендації дозволяють лише частково урахувати варіацію розподілу твердості ґрунту полів за їх площею та глибиною, оскільки зміна глибини обробітку ґрунту глибокорозпушувачами потребує їх переналаштування із затратою певного часу та ручної праці. Глибокорозпушувачі, які б змінювали глибину обробітку ґрунту в автоматичному режимі за отриманими картографіями твердості у процесі обробітку, не знайшли застосування у реальних машинах (Bednar, n.d.; Greatplain, n.d.; Gregoire-besson, n.d.; Jympa, n.d.; Wil-rich, n.d.).

Водночас перехід до інших принципів обробітку ґрунту під час його глибокого розпушення може забезпечити проведення таких робіт диференційовано за глибиною, відповідно до отриманих картограм. Так спосіб обробітку ґрунту (Гарькавий та ін., 2006) передбачає нарізання у ґрунті переривистих щілин шляхом проколювання. Також запропоновано конструкцію знаряддя для реалізації цього способу обробітку (Гарькавий та ін., 2010). Аналіз конструкції показує, що шляхом її удосконалення можна забезпечити зміну глибини ходу кожного робочого органу у режимі реального часу.

ВИСНОВКИ

Поля ДПЕДГ «Еліта» Волинської ДСГДС ІК НААН розташовані на дерново-підзолистих супіщаних та піщаних ґрунтах, що мають різну твердість та щільність на різних ділянках одного поля. Така особливість цих ґрунтів не сприяє реалізації потенціалу олійних культур. Розроблена методика дослідження твердості ґрунту з використанням твердоміра «Лан-М PRO», мобільного додатку для формування рівномірної мережі замірів твердості на конкретному полі з прив'язкою до GPS координат, а також програми FIELD-M Archive Viewer 2.4 забезпечила отримання картограм розподілу твердості ґрунту досліджуваних полів. Отже, розроблені за картографіями рекомендації дозволяють для більшості площ під час глибокого розпушення обмежитись глибиною 45 см. Також встановлено, що для урахування варіації розподілу твердості ґрунту полів за їх площею та глибиною потрібно змінити принцип обробітку ґрунту та розробити знаряддя, яке здатне змінювати глибини ходу кожного робочого органу у режимі реального часу згідно з картографіями.

СПИСОК ПОСИЛАНЬ

- Bednar. (n.d.). *Terraland TN*. Retrieved April 27, 2024, from <https://www.bednar.com/en/terraland-tn/>
- Greatplain. (n.d.). *Sub-soiler*. Retrieved April 28, 2024, from <https://www.greatplainsag.com/en-gb/products/709/sub-soiler>
- Gregoire-besson. (n.d.). *Sub-Soilers*. Retrieved April 27, 2024, <https://www.gregoire-besson.com/en/machines/helios>
- Jympa. (n.d.). *Subsoiler*. Retrieved April 28, 2024, from <https://jympa.com/en/products/agriculture/subsoilers/>
- Wil-rich. (n.d.). *Rippers*. Retrieved April 28, 2024, from <https://www.wil-rich.com/primary-tillage/rippers/357-inline-ripper/>
- Бромот, І. (2019). Глибокорозпушувач. Навіщо він мені потрібен (*Deep conditioner. Why do I need him*). Retrieved April 28, 2024, from <https://traktorist.ua/articles/883-glibokorozpushuvachi--vse-scho-treba-znati-pro-nih>
- Гаврилов, С. (2015). Проблема плужної підшви у ґрунті та шляхи її вирішення (*The problem of the plow sole in the soil and ways to solve it*). *Пропозиція*, 10, 70-73.
- Гарькавий, А., Лавіцький, О., Гусонька, Р., & Хаматов, М. (2010). Пристрій для рихлення ґрунту (*Device for loosening the soil*). Патент України 51256. Київ: Державний департамент інтелектуальної власності.
- Гарькавий, А., Середа, Л., Заболотний, Г., Петриченко, В. & Івасик, М. (2006). Спосіб обробітку ґрунту (*Method of soil cultivation*). Патент України 15179. Київ: Державний департамент інтелектуальної власності.
- Медведев, В. В. (2003). Наукові підходи до оцінювання якості ґрунтів регіонів (на прикладі України) (*Scientific approaches to assessing the quality of regional soils (using the example of Ukraine)*). *Страны и регионы на пути к сбалансированному развитию*, 62-64.
- Медведев, В. В. (2004). Проблеми охорони ґрунтів (*Problems of soil protection*). *Вісник аграрної науки*, 1, 53-57.
- Медведев, В. В. (2010). Твердість ґрунту як критерій для обґрунтування технологій і технічних засобів з його обробітку (*Soil hardness as a criterion for justifying technologies and technical means for its cultivation*). *Вісник аграрної науки*, 4, 14-18.
- Цизь, І. Є., Дідух, В. Ф., Голій, О. В., Хвесик, В. О., & Голій, В. О. (2023). Дослідження впливу сапропелю природної вологості на урожайність сої за екстремальної нестачі вологи (*Study of the effect of natural humidity of sapropel on the growth of soybeans under extreme moisture shortage*). *Сільськогосподарські машини*, 49, 22-30. <https://doi.org/10.36910/acm.vi49.1013>