

УДК 631.3

DOI: <https://doi.org/10.32515/2414-3820.2023.53.149-157>

В.Ф. Дідух, проф., д-р техн. наук, **І.Є. Цизь**, доц., канд. техн. наук, **В.В. Тарасюк**, канд. техн. наук, **С.М. Хомич**, доц., канд. техн. наук
Луцький національний технічний університет, м. Луцьк, Україна
e-mail: igor-71@ukr.net

Дослідження процесу формування у ґрунті вологоутримуючого шару

У статті наведені дослідження закономірності перерозподілу вологи від органічних добрив підвищеної вологості до шарів ґрунту для формування вологоутримуючого шару під час вирощування сільськогосподарських культур.

Результати вказують на доцільність використання сапропелю природної вологості для формування поживного шару на піщаному ґрунті. З метою механізованого внесення сапропелю доцільно змішувати із доступними органічними наповнювачами. Впровадження способу вирощування сільськогосподарських культур з широкорядним способом посіву, який передбачає створення у ґрунті смуг із органічних добрив підвищеної вологості може бути реалізований на основі модернізованого розкидача органічних добрив.

вологоутримуючий шар, ґрунту, органічні добрива, сапропель, наповнювач, посів

Постановка проблеми. Висока продуктивність сучасного аграрного виробництва України забезпечується у більшості випадків шляхом внесення підвищених доз мінеральних добрив [1]. І практично зовсім не вносяться органічні добрива. У наслідок цього порушується рівновага і саморегуляція накопичення і перетворення органічних сполук, тобто процеси розкладання (мінералізації) починають переважати над процесами гуміфікації. Має місце явище, так званої, дегуміфікації, внаслідок якого послаблюються відтворювальні властивості, протиерозійна стійкість та протидія хіміко-техногенному впливу [2-4].

Окрім того, на сьогодні, одержання високих врожаїв сільськогосподарських культур значною мірою лімітується кліматичними змінами загалом і катастрофічним зниженням запасів вологи у ґрунтах, зокрема.

Аналіз основних досліджень і публікацій. Альтернативою відсутнього ресурсу органічних добрив тваринного походження уже протягом багатьох років науковці вважають сапропель. Аналіз відомих досліджень вказує, що вплив сапропелю на родючість ґрунту є значним та комплексним, оскільки він є екологічно чистою органомінеральною сировиною, яка вдосконалює та покращує структуру ґрунту, а також є якісним джерелом поповнення гумусу [5, 6]. Завдяки вмісту у складі органічного сапропелю гумінових речовин, що відзначаються радіопротекторними, акумулювативними, транспортними, регулювальними та фізіологічними властивостями, сапропелі рекомендовані до застосування на екологічно чистих та радіаційно-забруднених територіях [5, 7, 8]. Потенціал сапропелів, як альтернативного джерела органічної речовини для збереження та відтворення родючості ґрунтів загалом по Україні становить 140 млн. т (у перерахунку на 60% вологості) [7].

У той же час слід звернути увагу на високий вологовміст щойно добутого сапропелю, який коливається для органічного його типу у межах 92–98 % [7].

Загальноприйнятій технології подальшого використання сапропелю передбачають його зневоднення до вологості 60% [10]. Внесення сапропелю природної вологості на полях, які знаходяться на віддалі до 20 км від місця його добування, окрім відсутності витрат на зневоднення, забезпечує ще й формування у ґрунті додаткового запасу вологи. Очевидно, що досягнення ефекту можливе за локального внесення сапропелю, особливо під час внесення під культури із широкорядним способом посадки (посіву).

Кліматичні зміни, енергетична криза та процеси деградації ґрунтів змушують аграріїв відходити від класичних систем землеробства та впроваджувати енерго- та ресурсозберігаючих систем: Mini-till, No-till, Strip-till, Verti-till [10, 11, 12]. Серед вказаних все більшого поширення набуває вирощування сільськогосподарських культур за технологією Strip-till, яка передбачає заміну рядкового способу на смуговий посів із шириною міжряддя 45 см. Такі тенденції відкривають шлях до локального внесення сапропелю і під культури з рядковим способом посіву. Особливо актуальним дане рішення є для ґрунтів легкого механічного складу, які безпосередньо примикають до родовищ сапропелю.

Постановка завдання. На основі дослідження закономірності перерозподілу вологи від органічних добрив підвищеної вологості до шарів ґрунту, встановити можливість формування вологоутримуючого шару для вирощування сільськогосподарських культур.

Виклад основного матеріалу. Для проведення експериментального дослідження впливу органічних добрив підвищеної вологості на розподіл вологи у шарах ґрунту використовували пластикові ємкості, у які пошарово закладались ґрунт, органічні добрива підвищеної вологості та знову ґрунт. Товщина кожного шару складала 50 мм. Таким чином у ємкості формувалася нижній і верхній шар із ґрунту та середній шар – органічні добрива. У якості органічних добрив використовували двокомпонентну суміш органічного сапропелю природної вологості $W=92\%$ із органічним наповнювачем (рис.1) відповідно до варіантів дослідів наведених у табл. 1. В усіх варіантах дослідів співвідношення за вагою між сапропелем та органічним наповнювачем складало 8:1. Таке співвідношення забезпечує набуття сумішшю механічних властивостей, які дозволяють забезпечити його механізоване внесення робочими органами існуючих машин для внесення твердих органічних добрив.



а - сапропель + січка соломи пшениці; б - сапропель + деревна тирса; в - сапропель + січка соломи льону

Рисунок 1 – Фото варіантів органічних добрив

Джерело: розроблено авторами

Кожен із шести варіантів дослідів закладався у трикратній повторюваності, що забезпечило формування 18 дослідних зразків (рис. 2).

Далі, у процесі реалізації експерименту, проводили вимірювання вологості кожного із трьох сформованих у ємкості шарів за допомогою електронного вологоміра ґрунту МГ-44 (рис. 3) Для контролю величини усадки шарів, на бічну поверхню ємкостей було наклеєно міліметрову шкалу. Вимірювання проводили із періодичністю 7-10 діб. Експеримент було закладено 28.02.2023 р.

Таблиця 1 – Варіанти складу суміші органічного добрива та ґрунту за дослідями

Варіант досліджу	Органічне добриво		Ґрунт	
	склад (8:1)	вологість, %	механічний склад	Вологість, %
1	сапрпель + січка соломи пшениці	87,6	супіщаний	11,9
2	сапрпель + січка соломи пшениці	87,6	глинистий	18,5
3	сапрпель + деревна тирса	80,0	супіщаний	11,9
4	сапрпель + деревна тирса	80,0	глинистий	18,5
5	сапрпель + січка соломи льону	83,3	супіщаний	11,9
6	сапрпель + січка соломи льону	83,3	глинистий	18,5

Джерело: розроблено авторами



Рисунок 2 – Фото досліджуваних зразків на початку експерименту

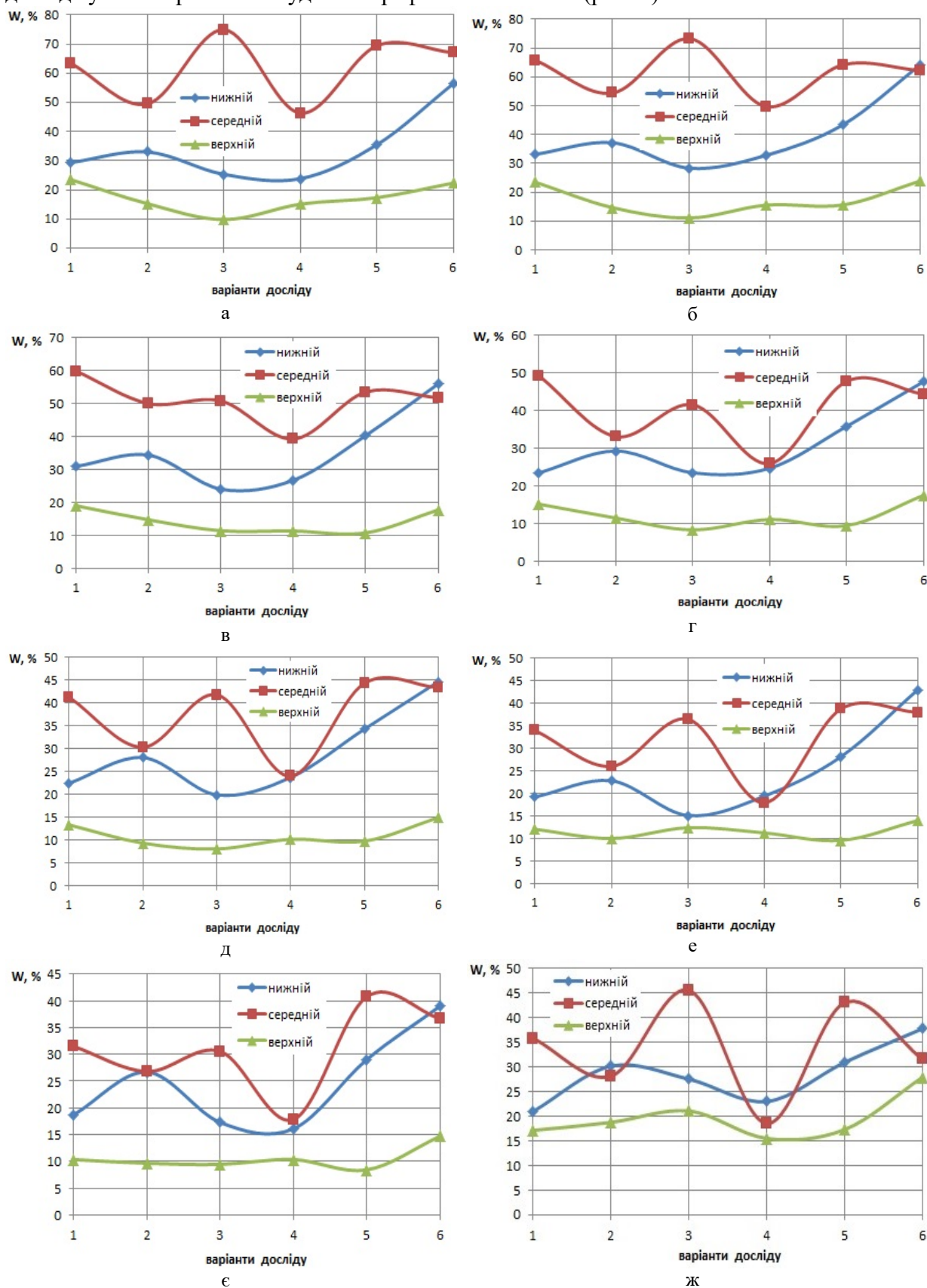
Джерело: розроблено авторами

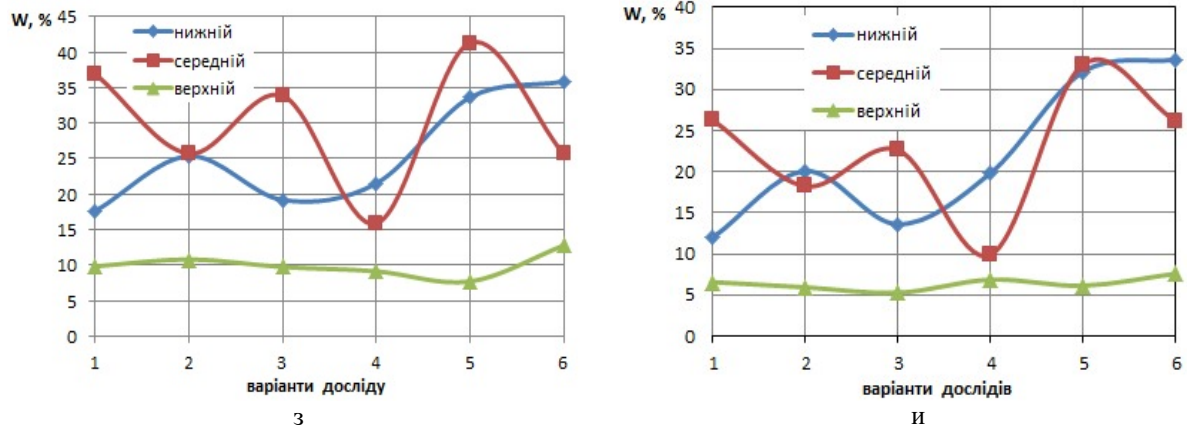


Рисунок 3 – Фото вимірювання вологості середнього шару досліджуваного зразка

Джерело: розроблено авторами

За середніми значеннями вимірної у процесі експерименту вологості шарів досліджуваних зразків побудовані графічні залежності (рис. 4).



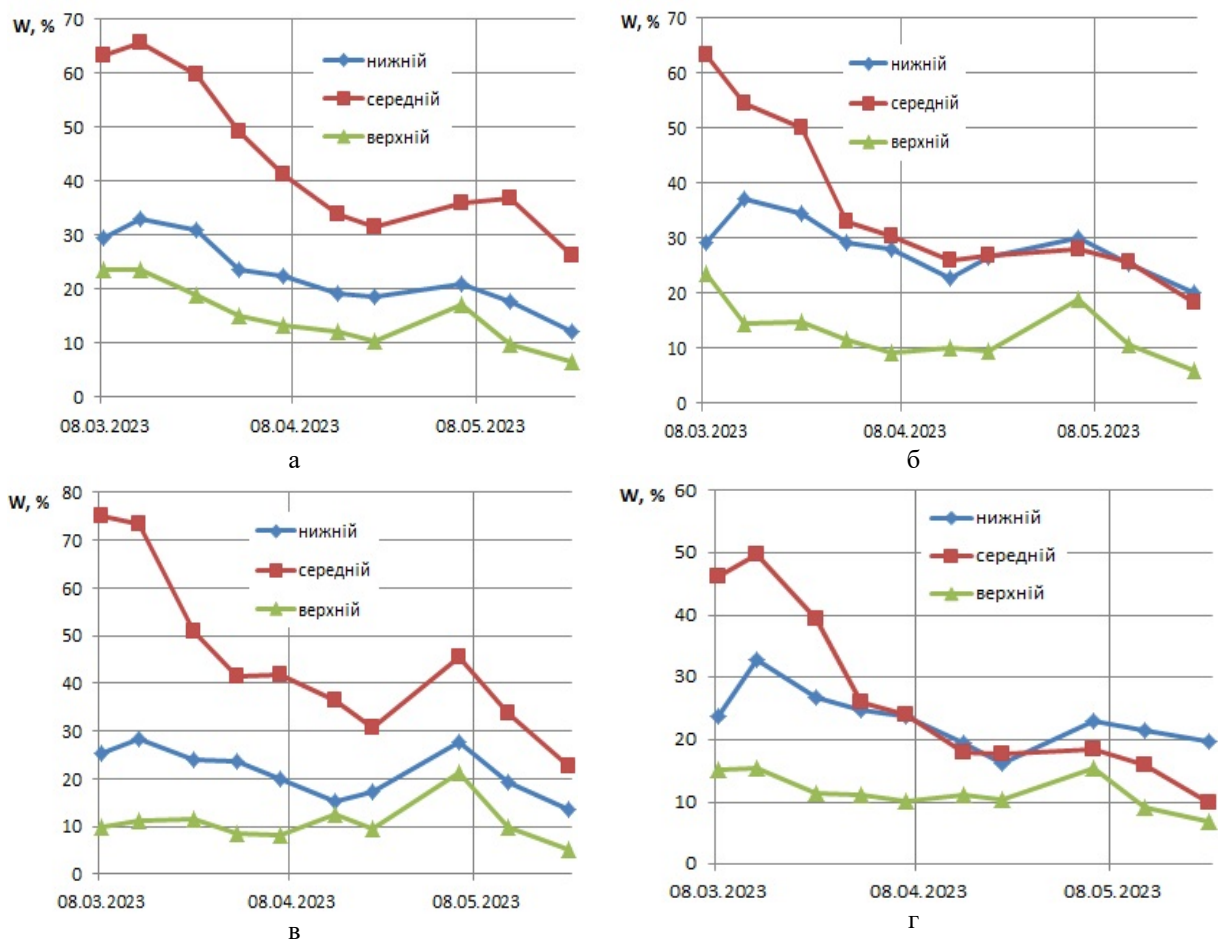


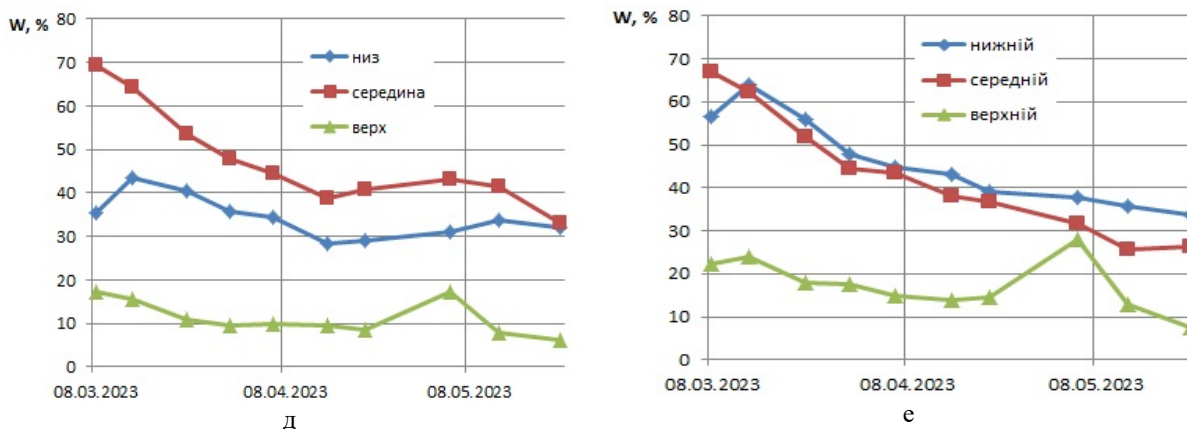
а – 8.03; б – 14.03; в – 23.03; г – 30.03; д – 6.04; е – 15.04; є – 21.04; ж – 5.05; з – 13.05;
и – 23.05

Рисунок 4 – Графічні залежності зміни вологості шарів досліджуваних зразків ґрунту та органічних добрив за варіантами дослідів (див табл. 1) та датами вимірювання

Джерело: розроблено авторами

У процесі реалізації експерименту було проведено одноразовий полив досліджуваних зразків з метою імітації опадів у кількості 20 мм. Такий полив було проведено 3.05. З метою кращого аналізу впливу часу та факту проведеного поливу побудовано графічні залежності зміни вологості зразків за часом дослідження (рис. 5).





а – 1; б – 2; в – 3; г – 4; д – 5; е – 6;

Рисунок 5 – Графічні залежності зміни вологості шарів досліджуваних зразків ґрунту та органічних добрив з часом дослідження для варіантів дослідів (табл. 1)

Джерело: розроблено авторами

Аналіз отриманих результатів вказує на наявність чіткого розподілу вологості за досліджуваними шарами в усіх варіантах дослідів. Особливо чітко диференціація спостерігалась на початку дослідження (рис. 4, а). При цьому мінімальна вологість виявлена у верхньому шарі. Найбільші значення вологості верхнього шару спостерігалась у варіантах дослідів 1 та 6 і знаходилась у межах від 22-23 % (рис. 4, а) на початку експерименту до 12-14% перед поливом (рис. 4, е). У той же час вологість верхнього шару у решті варіантів дослідів (2-5) знаходилась у межах 8-17% (рис. 4, а) на початку експерименту та 8-10 % перед поливом (рис. 4, е). Таким чином, найбільша міграція вологи до верхнього шару мала місце на глинистому ґрунті при застосуванні органічного добрива сапропель + січка соломи пшениці та на піщаному ґрунті і шарі органічного добрива сапропель + січка соломи льону.

Результати експерименту також вказують, що волога, накопичена у середньому шарі органічних добрив, найбільш інтенсивно мігрувала у нижній шар у всіх варіантах дослідів із глинистим ґрунтом, де вирівнювання вологості у середньому та нижньому шарах відбулось протягом перших 30 діб дослідження (рис. 4, г). При цьому у варіантах дослідів із органічним добривом сапропель + січка соломи льону та сапропель + деревна тирса (рис. 5, г та е) вологість нижнього шару ставала рівною вологості середнього шару. Така ж тенденція збережена і після проведеного поливу. Так у варіантах дослідів 1, 3 та 5 максимальна кількість доданої вологи була накопичена у середньому шарі (рис. 4, ж та з).

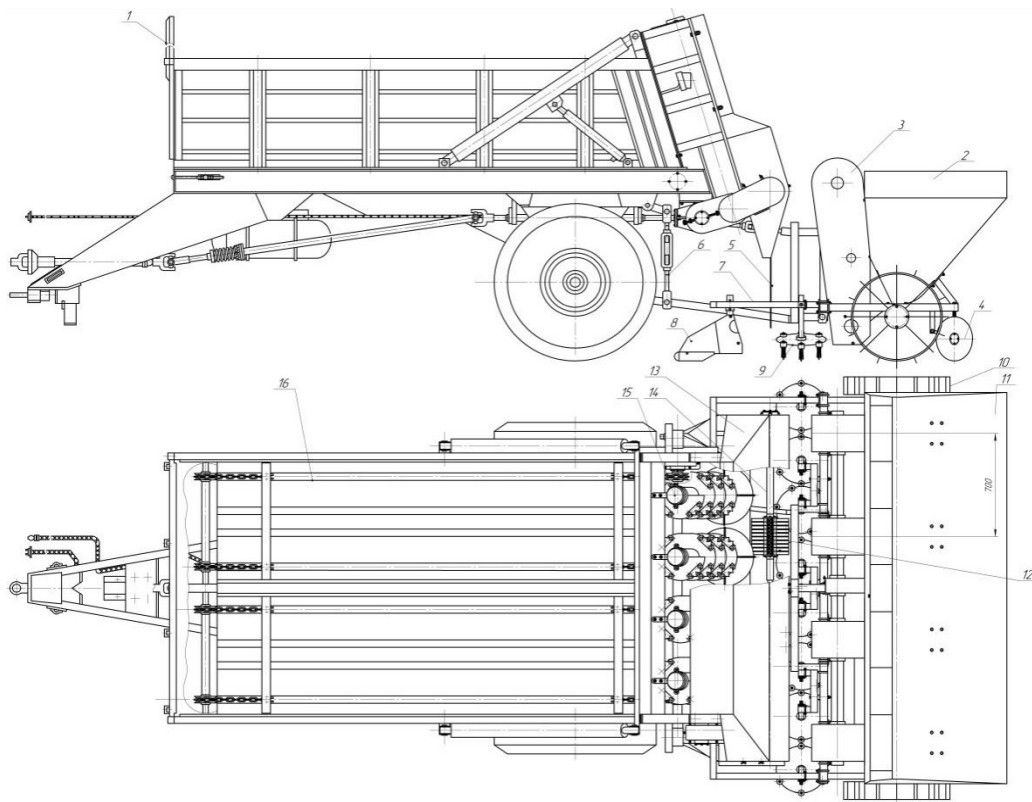
У варіантах дослідів із піщаним ґрунтом максимальне утримування вологи середнім шаром виявлена у випадку використання в якості органічного добрива сапропелю + деревна тирса та сапропелю + січка соломи пшениці. Різниця у вологість між відповідними шарами тут знаходилась у межах 10–12% (рис. 5, а та в).

Таким чином, експериментальні дослідження підтверджують гіпотезу про можливість створення вологоутримуючого шару органічних добрив на основі сапропелю та органічних наповнювачів у вигляді січки соломи злакових культур, льону, деревної тирси тощо. Особливий ефект має місце на ґрунтах легкого механічного складу.

Для реалізації процесу формування шару добрив із підвищеною вологістю у ґрунті за умов вирощування сільськогосподарських культур широкорядного способу посадки (посіву) можна використати модернізовані розкидачі органічних добрив за

схемою, наведеною на рис. 6. Завдяки обладнанню розкидача додатково механізмом навіски з'являється можливість навішувати на нього даткові знаряддя. У наведеному на схемі випадку це чотирьохрядна картоплесаджалка. Окрім цього, на розкидач встановлюється додатковий корпус 13, в якому змонтовані направляючі лотки та дозуючий бітер 14 із закріпленими шарнірно лопатками. У той же час картоплесаджалка містить додаткову раму 7 із розміщеними на ній сошниками 8 та роторами 9. Завдяки таким удосконаленням наведений агрегат має здатність вносити стрічками у ґрунт органічні добрива підвищеної вологості та здійснювати садіння картоплі. Наведена схема може бути використана і під час агрегування із посівними машинами для культур з міжряддям 70 см.

Висновок. Виявлені у результаті експериментальних досліджень закономірності перерозподілу вологи від органічних добрив підвищеної вологості до шарів ґрунту вказують на можливість використання сапропелю природної вологості для формування поживного шару із додатковим запасом вологи. З метою надання сапропелю вологістю 92–96 % механічних властивостей, які забезпечують механізоване внесення робочими органами існуючих машин для внесення твердих органічних добрив, його доцільно змішувати із доступними органічними наповнювачами. Такими органічними наповнювачами може бути січка соломи злакових культур, деревна тирса, подрібнена солома льону тощо.



- 1 – розкидач; 2 – картоплесаджалка; 3 – садильний апарат; 4 – дисковий загортач; 5 – фартух;
 6 – механізм навіски; 7 – додаткова рама; 8 – сошник; 9 – ротор; 10 – опорно-привідні колеса;
 11 – бункер; 12 – лопать; 13 – корпус; 14 – дозуючий бітер; 15 – розкидаючий бітер;
 16 – транспортер

Рисунок 6 – Схема модернізованого розкидача органічних добрив

Джерело: розроблено авторами

Особливо яскраво ефект накопичення вологи у шарі органічних добрив підвищеної вологості на основі сапропелю виявлено на піщаному ґрунті. У той же час саме такого механічного складу ґрунти найбільш часто примикають до озер, що є родовищами органічного сапропелю. Такий ефект створює передумови до впровадження способу вирощування сільськогосподарських культур з широкорядним способом посіву (посадки), який передбачає створення у ґрунті смуг із органічних добрив підвищеної вологості на основі сапропелю із одночасним посівом цих культур. Такий спосіб може бути реалізований на основі модернізованого за схемою наведеною на рис.6 розкидача органічних добрив.

Перспективи подальших досліджень, на нашу думку, мають бути спрямовані на підбір оптимальних співвідношень між сапропелем природної вологості та органічними наповнювачами, а також можливістю введення до складу суміші додаткових макро - та мікроелементів, необхідних для забезпечення комплексного живлення рослин за конкретних ґрунтових умов.

Список літератури

1. Fertilizer use by crop in Ukraine. Published by FAO, Rome, 2005. 56 p.
2. Балюк С.А., Медведєв В.В., Воротинцева Л.І., Шимель В.В. Сучасні проблеми деградації ґрунтів і заходи щодо досягнення нейтрального її рівня. *Вісник аграрної науки*. 2017. № 8. С. 5-11.
3. Медведєв В.В. Проблеми охорони ґрунтів. *Вісник аграрної науки*. 2004. №1. С. 53-57.
4. Сергєєв В.В., Бенцаровський Д.М. Кисіль В.І. Агрохімічні пріоритети охорони родючості ґрунтів. *Вісник аграрної науки*. 2004. №11. С. 5-7.
5. Цизь І.С., Хомич С.М. Сацюк В.В. Агро-екологічні аспекти добування та використання сапропелю. *Сільськогосподарські машини*. 2021. Вип. 47. С. 37-45. Doi:10.36910/acm.vi47.625
6. Grantina-Ievina L., Karlsons A., Andersone-Ozola U., IevinshG. Effect of freshwater sapropel on plants in respect to its growth-affecting activity and cultivable microorganism content. *Zemdirbyste-Agriculture*. 2014. 101(4). Pp. 355–366. Doi:10.13080/Z-A.2014.101.045
7. Шевчук М.Й. Сапропелі України: запаси, якість та використання. Луцьк: Надтир'я, 1996. 383 с.
8. Stankevica K., Vincevica-Gaile Z., Klavins M. Freshwater sapropel (gyttja): Its description, properties and opportunities of use in contemporary agriculture. *Agronomy Research*. 2016.14(3). Pp.929-947.
9. Tsiz I., Khomych S., Didukh V., Yukhymchuk S. Study of dehydration of organic sapropel by compression method . 22nd International Scientific Conference Engineering for Rural Development. Jelgava, 24.-26.05.2023. Pp. 173-178. DOI: 10.22616/ERDev.2023.22.TF033
10. Косолап М.П. Кротінов О.П. Система землеробства No-till (*Farming system No-till*). Київ: Логос, 2011. 372 с.
11. Kargwal R. et al. A review on global energy use patterns in major crop production systems. *Environmental Science: Advances I.5*. 2022.Pp. 662-679.
12. Jaskulska I., Romanekas K., Jaskulski D., Gałczewski L., Breza-Boruta B., Dębska B., Lemanowicz J. Soil properties after eight years of the use of strip-till one-pass technology. *Agronomy*. 2020. 10(10).Pp. 1-16. DOI:10.3390/AGRONOMY10101596

References

1. *Fertilizer use by crop in Ukraine*. (2005).Published by FAO, Rome[in English].
2. Baluk, S.A., Medvedev, V.V., Vorotyntseva, L.I. & Shimel, V.V. (2017). Suchasni problemy dehradatsii gruntiv i zakhody shchodo dosiahnennia neutralnoho yii rivnia [Modern problems of soil degradation and measures to achieve a neutral level of soil degradation]. *Visnyk ahrarnoi nauky – Herald of agrarian science*, № 8, 5-11 [in Ukrainian].
3. Medvedev, V.V. (2004). Problemy okhorony gruntiv [Problems of soil protection]. *Visnyk ahrarnoi nauky – Herald of agrarian science*, №1, 53-57 [in Ukrainian].
4. Serheiev, V.V., Bentsarovskiy, D.M. & Kysil, V.I. (2004). Ahrokhimichni priorytety okhorony rodiuchosti gruntiv [Agrochemical priorities of soil fertility protection]. *Visnyk ahrarnoi nauky – Herald of agrarian science*, №11, 5-7 [in Ukrainian].

5. Tsiz, I.E., Khomych, S.M. & Satsiuk, V.V. (2021). Ahro-ekolohichni aspekty dobuvannia ta vykorystannia sapropeliu [Agro-ecological aspects of mining and use of sapropel]. *Silskohospodarski mashyny – Agricultural machines, Issue 47*, 37-45. Doi:10.36910/acm.vi47.625 [in Ukrainian].
6. Grantina-Ievina, L., Karlsons, A., Andersone-Ozola, U., & Ievinsh, G. (2014). Effect of freshwater sapropel on plants in respect to its growth-affecting activity and cultivable microorganism content. *Zemdirbyste – Agriculture, 101(4)*, 355–366. Doi:10.13080/Z-A.2014.101.045 [in English].
7. Shevchuk, M.I. (1996). *Sapropeli Ukrainy: zapasy, yakist ta vykorystannia* [Sapropels of Ukraine: stocks, quality and prospects of use]. Lutsk: Nadstyria [in Ukrainian].
8. Stankevica, K., Vincevica-Gaile, Z. & Klavins M. (2016). Freshwater sapropel (gyttja): Its description, properties and opportunities of use in contemporary agriculture. *Agronomy Research, 14(3)*, 929-947[in English].
9. Tsiz, I., Khomych, S., Didukh, V. & Yukhymchuk, S. (2023). Study of dehydration of organic sapropel by compression method // *22nd International Scientific Conference Engineering for Rural Development*. Jelgava.173-178. DOI: 10.22616/ERDev.2023.22.TF033[in English].
10. Kosolap, M.P. & Krotinov, O.P. (2011). *Systema zemlerobstva No-till* [Farming system No-till]. Kyiv: Lohos [in Ukrainian].
11. Kargwal, R. et al. (2022). A review on global energy use patterns in major crop production systems. *Environmental Science: Advances 1.5*, 662-679[in English].
12. Jaskulska, I., Romanekas, K., Jaskulski, D., Gałzewski, L., Breza-Boruta, B., Dębska, B., & Lemanowicz, J. (2020). Soil properties after eight years of the use of strip-till one-pass technology. *Agronomy, 10(10)*, 1-16. Doi.org/10.3390/AGRONOMY10101596[in English].

Volodymyr Didukh, Prof., DSc., **Igor Tsiz**, Assoc. Prof., PhD tech. sci., **Victor Tarasyuk**, PhD tech. sci., **Serhii Khomych**, Assoc. Prof., PhD tech. sci.

Lutsk National Technical University, Lutsk, Ukraine

Research of the Process of Formation of a Moisture-retaining Layer in the Soil

The purpose of the article is to study the regularity of moisture redistribution from organic fertilizers of high humidity to soil layers for the formation of a moisture-retaining layer during the cultivation of agricultural crops.

For research, soil, organic fertilizers of high humidity and soil again were laid in layers in cylindrical containers. The moisture content of the layers was measured every 7-10 days. As a result, a clear distribution of the humidity of the layers was found in all variants of the experiment. The minimum humidity is found in the upper layer. The greatest migration of moisture to the upper layer took place on clay soil and the application of organic fertilizer sapropel + chaff of wheat straw. The moisture accumulated in the middle layer of organic fertilizers migrated the most to the lower layer in all variants of the experiment with clay soil, where the equalization of moisture in the middle and lower layers occurred during the first 30 days of the study. In the variants of the experiment with sandy soil, the maximum moisture retention in the middle layer was found for the organic fertilizer sapropel + wood sawdust and sapropel + wheat straw chaff. In order to implement the process of forming a layer of fertilizers with increased soil moisture under the conditions of growing agricultural crops of the wide-row sowing method, a scheme of a modernized spreader of organic fertilizers is proposed.

The revealed regularities indicate the expediency of using sapropel of natural humidity for the formation of a nutrient layer on sandy soil. For the purpose of mechanized application by the working bodies of machines for solid organic fertilizers, it is advisable to mix sapropel with available organic fillers. The introduction of a method of growing agricultural crops with a wide-row sowing method, which involves the creation of strips of organic fertilizers of high humidity in the soil, can be implemented on the basis of a modernized, according to the scheme given in the article, spreader of organic fertilizers.

moisture-retaining layer, soil, organic fertilizers, sapropel, filler, sowing

Одержано (Received) 06.11.2023

Прорецензовано (Reviewed) 19.11.2023

Прийнято до друку (Approved) 27.12.2023