

STUDY OF THE EFFECT OF SAPROPEL WITH NATURAL MOISTURE CONTENT ON SOYBEAN YIELD UNDER EXTREME MOISTURE SHORTAGEI. Tsiz^{1*}, V. Didukh¹, O. Holii², V. Khvesyk³, V. Holii⁴¹Lutsk National Technical University, Lutsk, Ukraine²SEERF «ELITA», Rokiny, Ukraine³Liubeshiv Technical Vocational College of LNTU, Liubeshiv, Ukraine⁴LLC «Telesvit», Lutsk, Ukraine

AGRICULTURAL MACHINES

AM
СМ

СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКІ МАШИНИ

ABSTRACT

Achieving high crop yields depends largely on weather conditions, which change from year to year. As a result of soil degradation processes in Ukraine, the humus content has decreased by almost a third and is still decreasing. One of the ways to replenish the humic complex of the soil is to apply organic fertilisers, in particular organic sapropele. The positive effect of sapropele fertilisers on the components of soil fertility has been confirmed by many studies. It is also known that mined sapropele has a high moisture content, which ranges from 92–98% for its organic type. The addition of sapropele with natural moisture content ensures the formation of an additional moisture reserve in the soil. The effect can be achieved by local application of sapropele, for example when soybeans are sown using strip-till technology. This paper presents the methodology and results of a study of the effect of organic sapropele with natural moisture content on soybean yield under extreme moisture deficiency. The experiments were carried out in a soil channel and included seven options that differed in terms of cultivation and fertilisation systems. During the experiment, extreme moisture conditions were created by watering only three times during the entire growing season. Soil moisture was also measured systematically in each of the treatments. Analysis of the measurement results showed no significant influence of the moisture content of natural sapropele on the total soil moisture in the experimental treatments. However, an increase in soybean yield of up to 10% was observed in the experimental variants with sapropele. Based on the results of the research, a scheme of a machine for sowing soybeans using Strip-till technology with simultaneous introduction of sapropele with natural moisture content is proposed.

Key words:

soil fertility,
insufficient hydration,
sapropele with natural moisture
content,
soybean yield,
Strip-till technology

Article history:

Received 21.04.2023

Accepted 01.06.2023

***Corresponding author:**

tsizigor@lutsk-ntu.com.ua

DOI: 10.36910/acm.vi49.1013

To cite this article:

Tsiz, I., Didukh, V., Holii, O., Khvesyk, V., & Holii, V. (2023). Study of the effect of sapropele with natural moisture content on soybean yield under extreme moisture shortage. *Agricultural Machines*, 49, 22-30. <https://doi.org/10.36910/acm.vi49.1013>

УДК 631.3

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ САПРОПЕЛЮ ПРИРОДНОЇ ВОЛОГОСТІ НА УРОЖАЙНІСТЬ СОЇ ЗА ЕКСТРЕМАЛЬНОЇ НЕСТАЧІ ВОЛОГИ

І.Є. Цизь^{1*}, В.Ф. Дідух¹, О.В. Голій², В.О. Хвесик³, В.О. Голій⁴¹Луцький національний технічний університет, Луцьк, Україна²ДПЕДГ «Еліта», Рокині, Україна³Любешівський технічний фаховий коледж ЛНТУ, Любешів, Україна⁴ТОВ «Телесвіт», Луцьк, Україна

AGRICULTURAL MACHINES



СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКІ МАШИНИ

АНОТАЦІЯ

Одержання високих урожаїв сільськогосподарських культур здебільшого залежить від погодних умов, які з кожним роком змінюються. У результаті процесів деградації у ґрунтах України вміст гумусу знизився майже на третину та продовжує зменшуватися. Одним із шляхів поповнення гумінового комплексу ґрунту є внесення органічних добрив, зокрема сапропелю. Позитивний вплив сапропелевих добрив на складові родючості ґрунту підтверджено багатьма дослідженнями. Також відомо, що добутий сапропель має високий вологовміст, який коливається для його органічного типу у межах 92–98%. Внесення сапропелю природної вологості забезпечить формування у ґрунті додаткового запасу вологи. Досягнення ефекту можливе за локального внесення сапропелю, наприклад під час посіву сої за технологією Strip-till. У статті подано методику та результати дослідження впливу органічного сапропелю природної вологості на урожайність сої за екстремальної нестачі вологи. Експерименти закладались у ґрунтового каналі та передбачали сім варіантів, які відрізнялися системами землеробства та удобрення. Під час дослідів створювали екстремальні умови зволоження шляхом лише триразового поливу упродовж усього періоду вегетації. Також проводили систематичне вимірювання вологості ґрунту кожного варіанту. Аналіз результатів вимірювань не виявив суттєвого впливу вологи природного сапропелю на загальну вологість ґрунту у варіантах дослідів. Приріст урожайності зерна сої становить до 10% у варіантах дослідів із сапропелем. Запропоновано схему машини для посіву сої за технологією Strip-Till із одночасним внесенням сапропелю природної вологості.

Ключові слова:

родючість ґрунту,
недостатнє зволоження,
сапропель природної вологості,
урожайність сої,
технологія Strip-till

Історія публікації:

Отримано 21.04.2023

Затверджено 01.06.2023

*Автор для листування:

tsizigor@lutsk-ntu.com.ua

DOI: 10.36910/acm.vi49.1013

Цитувати цю статтю:

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. *Сільськогосподарські машини*, 49, 22-30. <https://doi.org/10.36910/acm.vi49.1013>

СТАН ПИТАННЯ ТА ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Загальновідомим фактом є залежність урожайності сільськогосподарських культур від якісних показників ґрунту. До важливих характеристик ґрунту науковці відносять: вміст гумусу, вміст вологи, рівень рН, забезпеченість макро- та мікроелементами, наявність позитивної мікрофлори, твердість, наявність водостійкої та зв'язаної структури агрегатів тощо (Лихочвор, 2002; Назаренко та ін., 2004; Тихоненко та ін. 2005; Тихоненко та ін., 2012). Одержання високих урожаїв у сільському господарстві здебільшого залежить від погодних умов, які щороку змінюються. Під час вирощування сільськогосподарських культур рослинами споживається певна частина поживних речовин із ґрунту, які виносяться за межі поля із зібраним урожаєм. Винесені із урожаєм поживні речовини з ґрунту компенсуються шляхом внесення підвищених доз мінеральних добрив (*Fertilizer use by crop in Ukraine, 2005*). Внаслідок цього порушується рівновага та саморегуляція в процесах накопичення органічних сполук, тобто процеси розкладання (мінералізації) починають переважати процеси гуміфікації. Тому має місце явище дегуміфікації ґрунту. Як внаслідок, послаблюються відтворювальні властивості ґрунту, протиерозійна стійкість та протидія хіміко-техногенному впливу на нього (Медведев, 2004; Сергеев та ін., 2004; Балюк та ін., 2017; Охорона ґрунтів, 2019). Без внесення органічних добрив сукупність цих факторів викликає зниження родючості ґрунту. Ця проблема набула світового значення, але особливо актуальною вона стала для України (Hartati, 2015; Simionescu et. al., 2016; Охорона ґрунтів, 2019).

Ґрунти всіх ґрунтово-кліматичних зон України мають дефіцит поживних речовин та ознаки деградації, поміж яких: дегуміфікація, зменшення поживних речовин, ерозія, переущільнення, підкислення, кіркоутворення, втрата структури, заболочування, забруднення радіонуклідами і важкими металами.

Дослідження науковців засвідчують, що в результаті процесів деградації за 110 років (1881–1991 рр.) у ґрунтах України вміст гумусу знизився майже на третину (з 4,2% до 3,2%). Оновлені дані вказують на зниження цього показника до 3,0% та нижче (Балюк та ін., 2017; Охорона ґрунтів, 2019).

Одним із шляхів поповнення гумінового комплексу ґрунту є внесення органічних добрив, зокрема органічного сапропелю. Внаслідок вмісту в сапропелі гумінових речовин, які мають акумулятивні, транспортні, радіопротекторні, регулювальні та фізіологічні властивості, сапропелі рекомендовані до використання на екологічно та радіаційно-забруднених територіях (Шевчук, 1996; Stankevica et. al., 2016; Цизь та ін., 2021). Потенціал сапропелів як альтернативного джерела органічної речовини для збереження та відтворення родючості ґрунтів України становить 140 млн т (у перерахунку на 60% вологості) (Шевчук, 1996).

Позитивний вплив сапропелевих добрив на водно-повітряний та температурний режим виявлено у дослідженнях багатьох вчених (Шевчук, 1996; Grantina-Ievina et. al., 2014; Murunga et. al., 2020). Під час внесення сапропелю у ґрунт спостерігається його сприятлива дія на водно-фізичні властивості ґрунту, зокрема збільшення повної та капілярної вологості, вологоутримуючої здатності та вологості верхнього горизонту (Booth et. al., 2007; Bakšienė & Ciūnys, 2012). Аналіз відомих досліджень демонструє, що вплив сапропелю на родючість ґрунту є значним та комплексним, оскільки він є екологічно чистою органо-мінеральною сировиною, яка вдосконалює та покращує структуру ґрунту, а також він є якісним джерелом поповнення гумусу (Grantina-Ievina et. al., 2014; Цизь та ін., 2021).

Водночас, необхідно звернути увагу на високий вологовміст щойно добутого сапропелю, який коливається для його органічного типу у межах 92–98 % (Шевчук, 1996). Технології використання сапропелю передбачають його зневоднення до вологості 60%. Внесення сапропелю природної вологості на поля, які розташовані на відстані до 20 км від місця його добування, окрім відсутності витрат на зневоднення, забезпечить ще й формування у ґрунті додаткового запасу вологи. Очевидно, що досягнення ефекту можливе за локального внесення сапропелю, зокрема під культури із широкорядним способом посіву.

Кліматичні зміни, енергетична криза та процеси деградації ґрунтів змушують аграріїв відмовлятися від класичних систем ведення землеробства й впроваджувати енерго- та

ресурсозберігаючі системи Mini-till, No-till, Strip-till, Verti-till (Косолап & Кротінов, 2011; Jaskulska et al., 2020; Kargwal et al., 2022). Тому все більшої популярності набуває вирощування сої за технологіє Strip-till, яка передбачає її посів із шириною міжряддя 45 см (Farmaha et al., 2011).

Мета дослідження – встановлення впливу органічного сапропелю природної вологості на урожайність сої за екстремальної нестачі води у ґрунті.

МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ

Для проведення вегетаційного дослідження було використано ґрунтовий канал кафедри аграрної інженерії імені проф. Г. А. Хайліса ЛНТУ, в якому за допомогою перегородок було сформовано сім секцій шириною 45 см кожна (рис. 1). У сформовані секції висівалась соя сорту Апполо з нормою висівів 120–140 кг/га на глибину 3 см. Окрім цього, у секціях відтворювались умови класичної системи обробки ґрунту та Strip-Till, а також застосовувалось удобрення за схемою, що подана в таблиці 1.

Для відтворення умов смугового обробки ґрунту за технологією Strip-till з країв секцій вкладали моноліт ґрунту товщиною 12 см, а внутрішню частину заповнювали розпушеним ґрунтом. Внаслідок цього утворювалась смуга розпушеного ґрунту шириною 21 см. Далі на поверхні розміщувалась подрібнена солома та перемішувалась з поверхневим шаром ґрунту (розпушеної зони).

Для відтворення в ґрунтовому каналі умов класичного обробки ґрунту секція каналу заповнювалась розпушеним ґрунтом (рис. 1).



Рис. 1 – Ґрунтовий канал із закладеними зразками ґрунту

У ґрунті кожної секції, відповідно до схеми експерименту, формували борозенки глибиною 13 см, в які вносили добрива (зокрема сапропель) та закривали їх ґрунтом. Формували борозенки глибиною 3 см і вкладали по десять насінин сої (рис. 2, а). Кількість насінин, яка висівалась в одній секції, відповідає рекомендованій нормі висіву у 120–140 кг/га. Після цього борозенки закривали ґрунтом та ущільнювали його поверхню. Аналогічно закладались дослідні ділянки за системою Strip Till (рис. 2, б).

Під час дослідження створювали екстремальні умови зволоження шляхом триразового поливу упродовж усього періоду вегетації з розрахунку 10 мм води на кожен варіант дослідження. Також проводили систематичне вимірювання вологості ґрунту у трьох точках кожної секції за допомогою електронного вологоміра ґрунту МГ-44 (рис. 3, а).

Таблиця 1 – Система землеробства та удобрення дослідних ділянок

Особливості системи землеробства та удобрення	Варіанти дослідження							
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№ 6	№ 7 (контроль)	
	1	2	3	4	5	6	7	8
Система землеробства	класична	Strip-Till	Strip-Till	класична	Strip-Till	класична	класична	класична
Удобрення	КАС 32 100 кг/га	КАС 32 100 кг/га	N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅	N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅	сапропель 20 т/га	сапропель 20 т/га	відсутнє	відсутнє



Рис. 2 – Закладання дослідів:
а – традиційна технологія; б – технологія Strip-till



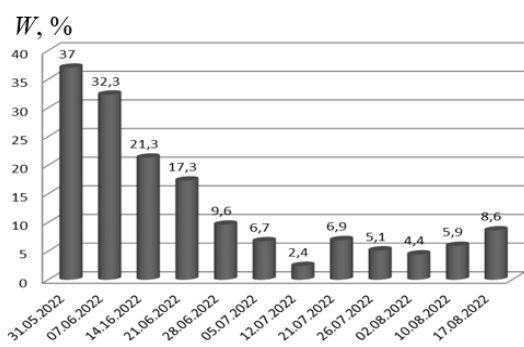
Рис. 3 – Вимірювання вологості ґрунту вологоміром МГ-44 (а) та визначення урожайності сої (б)

Для визначення урожайності сої збирали окремо рослини із кожної секції. Далі відокремлювали стручки та виймали зерна (рис. 3, б). Зібрані із кожної секції зерна зважували з точністю 0,01 г на вазі ТВЛ-0,5.

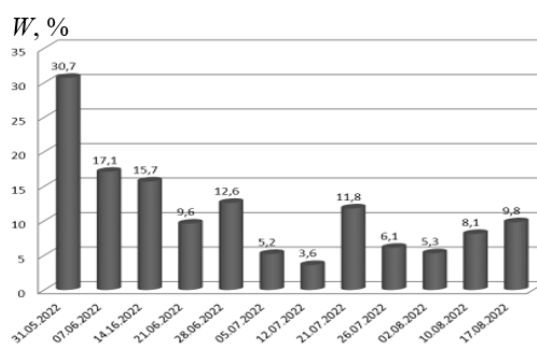
РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ОБГОВОРЕННЯ

За середніми значеннями вимірної під час проведення експерименту вологості ґрунту побудовані гістограми (рис. 4). Аналіз графіків

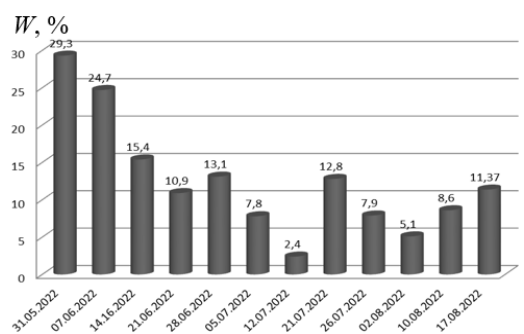
(рис. 4) показує, що в початковий момент вологість ґрунту становила у межах 30%, що вплинуло на інтенсивну появу сходів сої та подальший їх розвиток. Зростання вологості ґрунту під час вимірювання 21.07.2022 р. та 10.08.2022 р. спричинено поливом, який було проведено 12.07.2022 р. та 02.08.2022 р. На момент третього поливу ґрунту (25.08.2022 р.) контроль вологості ґрунту уже не проводився. Встановлено відсутність суттєвого впливу вологості сапропелю на вологість ґрунту.



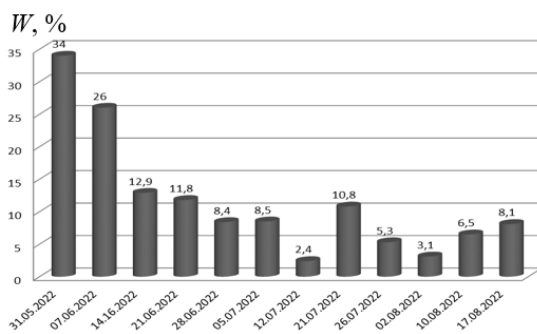
а



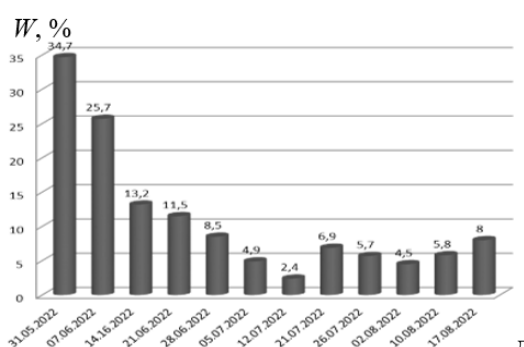
б



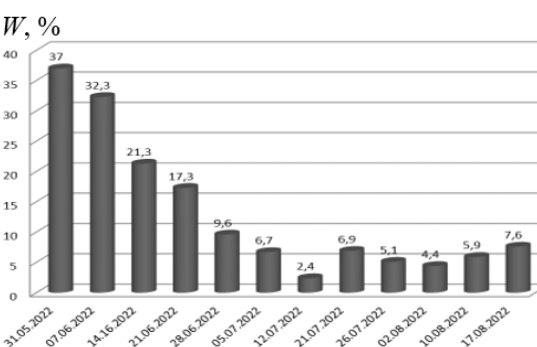
в



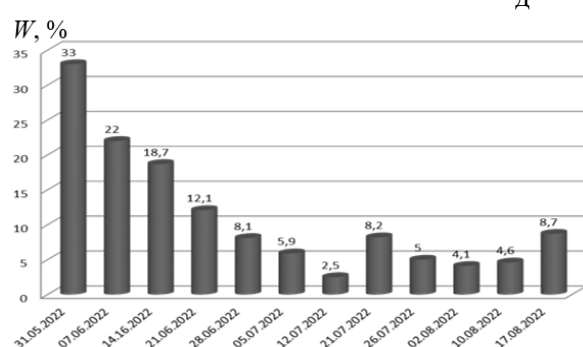
г



д



е



є

Рис. 4 – Зміна середнього значення вологості ґрунту W (%) у ґрунтовому каналі упродовж періоду вегетації сої за варіантами дослідів:
а – № 1; б – № 2; в – № 3; г – № 4;
д – № 5; е – № 6; є – № 7

У процесі вегетації (рис. 5) найбільш інтенсивно розвивалися рослини у варіантах дослідів № 5 та № 6, де вносили сапропель, що було закладено за класичною технологією і, особливо, за технологією Strip-Till. Також з рис. 5, а видно, що за класичної системи обробітку ґрунту, удобрення КАС-32 та за умов нестачі вологи, рослини сої почали гинути (варіант дослідів № 1). У подальшому відбулась повна загибель рослин та урожай сої не був сформований за цим варіантом дослідів.

У таблиці 2 подані значення урожайності сої за варіантами дослідів. Аналіз отриманих даних показує, що у випадку використання в якості добрива сапропелю 20 т/га за системи Strip-Till та класичної системи обробітку ґрунту приріст урожаю відносно контролю (варіант № 7) складає, відповідно, 9,8% та 9,4%. Також приріст у 10,0% досягнуто у варіанті № 3, тобто під час удобрення комплексом NPK та системи обробітку ґрунту

Strip-Till. В інших варіантах урожайність менша, ніж у контрольному варіанті.

Оскільки результати дослідження вказують на позитивний ефект від використання в якості добрив сапропелю природної вологості, було розроблено функціональну схему машини, яка дозволяє реалізувати цей спосіб удобрення (рис. 6). Машина містить два модулі. Перший модуль – це машина, яка транспортує сапропель природної вологості та подає його шнековим насосом до шлангів посівних секцій.

На додаткову задню навіску цистерни навішується другий модуль. Це сівалка, яка проводить одночасний обробіток смуг ґрунту та посів насіння сої за технологією Strip-Till. Відмінністю від існуючих машин є те, що в зону дії розпушувальної лапи трубопроводом подається сапропель природної вологості. Далі сапропель вкривається шаром ґрунту, на який вкладається насіння сої.



а



б

Рис. 5 – Демонстрація впливу систем обробітку та удобрення ґрунту на вегетацію сої:
а – варіанти дослідів від № 7 до № 1 (зліва направо);
б – варіанти дослідів № 7, № 6 та № 5 (зліва направо)

Таблиця 2 – Результати визначення урожайності сої за варіантами дослідів

Урожайність сої за варіантами дослідів											
№ 2		№ 3		№ 4		№ 5		№ 6		№ 7	
г	ц/га	г	ц/га	г	ц/га	г	ц/га	г	ц/га	г	ц/га
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2,29	25,4	4,34	48,2	3,02	33,6	4,33	48,1	4,31	47,9	3,94	43,8

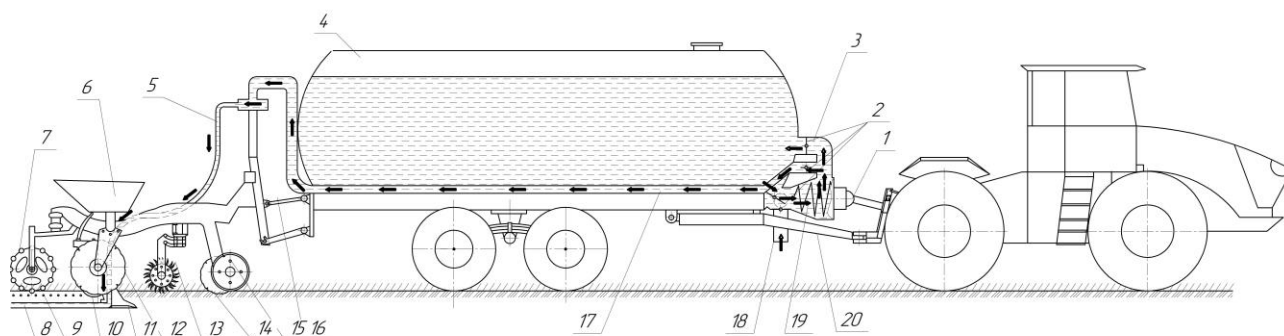


Рис. 6 – Функціональна схема машини для посіву сої за технологією Strip-Till із одночасним внесення сапропелю природної вологості:

- 1 – вал приводу насоса; 2 – заслінки; 3 – трубопровід завантаження цистерни; 4 – цистерна; 5 – шланг; 6 – бункер насіння; 7 – коток; 8 – шар сапропелю; 9 – насіння; 10 – сошник; 11 – розпушувальна лапа; 12 – розпушувальний диск; 13 – очисник обробленої смуги; 14 – розрізаючий диск; 15 – опорне колесо; 16 – навіска; 17 – магістральний трубопровід подачі сапропелю; 18 – всмоктувальний трубопровід; 19 – шнековий насос; 20 – причіпний пристрій

ВИСНОВКИ

На початку дослідження впливу систем обробітку ґрунту та удобрення на урожайність сої (за умови екстремальної нестачі вологи у ґрунті) вологість ґрунту становила 30%, що вплинуло на інтенсивну появу сходів сої та подальший їх розвиток. У процесі вегетації найбільш інтенсивно розвивалися рослини у варіантах дослідів, де вносили сапропель за класичною технологією та, особливо, за технологією Strip-Till, що забезпечило приріст урожайності до 10% порівняно з контрольним варіантом. Також під час дослідів встановлено, що за класичної системи обробітку ґрунту, удобрення КАС-32 і умов екстремальної нестачі вологи рослини сої загинули та урожай не був сформований.

Підтверджено доцільність використання сапропелю природної вологості в якості органічного добрива та накопиченої у ньому вологи для росту сої за умов екстремальної

нестачі опадів. Внесення сапропелю природної вологості доцільно проводити під час вирощування сої за технологією Strip-Till. При цьому можна використати модернізовані за схемою, що подана на **рис. 6**, машини для внесення рідких органічних добрив.

СПИСОК ПОСИЛАНЬ

- Bakšienė, E., & Ciūnys, A. (2012). Dredging of lake and application of sapropel for improvement of light soil properties. *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management*, 20(2), 97-103. <https://doi.org/10.3846/16486897.2011.645824>
- Booth, C. A., Baksiene, E., Fullen, M. A., & Ciunys, A. (2007). Long-term agrochemical dynamics: engineering, application and challenges of calcareous sapropel as a soil fertilizer. *International Journal of Ecodynamics*, 2(2), 108-116. <https://doi.org/10.2495/ECO-V2-N2-108-116>
- Farmaha, B. S., Fernández, F. G., & Nafziger, E. D. (2011). No-till and strip-till soybean production

- with surface and subsurface phosphorus and potassium fertilization. *Agronomy Journal*, 103(6), 1862-1869. <https://doi.org/10.2134/AGRONJ2011.0149>
- Fertilizer use by crop in Ukraine. (2005). Published by FAO, Rome.
- 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. <https://doi.org/10.13080/Z-A.2014.101.045>
- Hartati, S. (2015). The balance of organic and inorganic fertilizers to nutrient limiting factors, soil fertility and maize (*Zea Mays* L) yield on paddy soil of excavated (Galian C). *Sains Tanah – Journal of Soil Science and Agroclimatology*, 11(2), 122-129.
- Jaskulska, I., Romaneckas, 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. <https://doi.org/10.3390/AGRONOMY10101596>
- Kargwal, R., Yadvika, Kumar, A., Garga, M. K., & Chanakaewsomboone, I. (2022). A review on global energy use patterns in major crop production systems. *Environmental Science: Advances*, 1, 662-679.
- Murunga, S. I., Wafula, E. N., & Sang, J. (2020). The use of freshwater sapropel in agricultural production: a new frontier in Kenya. *Advances in Agriculture*, 2020, 1-7. <https://doi.org/10.1155/2020/8895667>
- Simionescu, V. M., Rusu, M., & Bulica, I. (2016). Importance of systematic fertilization with mineral and organic fertilizers for preserving and increasing soil fertility. *Scientific papers series management, economic engineering in agriculture and rural development*, 16(1), 487-492.
- 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.
- Балюк, С. А., Медведєв, В. В., Воротинцева, Л. І., & Шимель, В. В. (2017). Сучасні проблеми деградації ґрунтів і заходи щодо досягнення нейтрального її рівня (*Modern problems of soil degradation and measures to achieve a neutral level of soil degradation*). *Вісник аграрної науки*, 8, 5-11.
- Косолап, М. П., & Кротінов, О. П. (2011). *Система землеробства No-till (Farming system No-till)*. Київ: Логос.
- Лихочвор, В. В. (2002). *Рослинництво. Технології вирощування сільськогосподарських культур (Plant growing. Technologies for growing agricultural crops)*. Львів: НВФ Українські технології.
- Медведєв, В. В. (2004). Проблеми охорони ґрунтів (*Problems of soil protection*). *Вісник аграрної науки*, 1, 53-57.
- Назаренко, І. І., Польчина, С. М., & Нікорич, В. А. (2004). *Ґрунтознавство (Soil science)*. Чернівці: Книги – XXI.
- Охорона ґрунтів (*Soil protection*): зб. наук. пр. ДУ «Держґрунтоохорона». Спецвипуск. Моніторинг ґрунтів як невід’ємна частина моніторингу довкілля. (2019). *Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції*.
- Сергєєв, В. В., Бенцаровський, Д. М., & Кисіль, В. І. (2004). Агрохімічні пріоритети охорони родючості ґрунтів (*Agrochemical priorities of soil fertility protection*). *Вісник аграрної науки*, 11, 5-7.
- Тихоненко, Д. Г., Горін, М. О., Лактіонов, М. І. та ін. (2005). *Ґрунтознавство (Soil science)*. Київ: Вища освіта.
- Тихоненко, Д. Г., Дегтярьов, В. В., & Величко, В. А. (2012). Фізичні основи родючості ґрунтів (*The physical basis of soil fertility*). *Вісник аграрної науки*, 11, 6-9.
- Цизь, І. Є., Хомич, С. М., & Сацюк, В. В. (2021). Агро-екологічні аспекти добування та використання сапропелю (*Agro-ecological aspects of mining and use of sapropel*). *Сільськогосподарські машини*, 47, 37-45. <https://doi.org/10.36910/acm.vi47.625>
- Шевчук, М. Й. (1996). *Сапропелі України: запаси, якість та використання (Sapropels of Ukraine: stocks, quality and prospects of use)*. Луцьк: Надстир’я.