

УДК 633.282:620.952

Науково-методичні аспекти культивування енергетичних культур на мілітарно деградованому ґрунті в посушливих умовах

Ю. Л. Цапко^{1 a}✉, Я. М. Водяк^{1 b}, В. В. Зубковська^{1 c}, Н. Ю. Паламарь^{1 d},
О. О. Троценко^{1 e}, Т. В. Шевченко^{2 f}

¹ Національний науковий центр «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О. Н. Соколовського», Харків, Україна

² Національна академія аграрних наук України, Київ, Україна

ІНФОРМАЦІЯ	АНОТАЦІЯ
Отримано 02.04.2024 Отримано після доопрацювання 14.06.2025 Затверджено до видання 17.06.2025 Доступно онлайн 01.07.2025	В оглядовій статті представлено результати власних спостережень і висновки щодо науково-методичних аспектів висаджування та вирощування енергетичних культур на мілітарно деградованому ґрунті в умовах посухи і спеки через зміну клімату у лісостеповій частині Харківської області. Дрібноділянковий польовий дослід з вирощування енергетичних культур на мілітарно деградованому ґрунті закладено у 2023–2024 рр. на дослідному полі Інституту біля селища Новий Коротич, Харківського району, Харківської області. ґрунт темно-сірий опідзолений (Luvic Greyzemic Phaeozem) важкосуглинковий на лесі. Місце для дослідів вибрано на ділянці поля, де у 2022 р. від вибуху ворожого снаряду утворилася глибока вирва і відбулося перемішування генетичних горизонтів ґрунту, внаслідок чого ґрунт визнано мілітарно деградованим. Вегетаційний період у 2024 р. відзначався мізерною кількістю опадів та аномальною спекою. У липні зафіксовано новий абсолютний максимум температури повітря +35,9° С, а за три місяці — липень, серпень та вересень, випало лише 17 мм опадів. Досліджували методичні аспекти культивування багаторічних енергетичних культур — посадки, догляду у перший період, агротехнічної підтримки здатності культур до приживання і виживання впродовж першого року у складних метеорологічних умовах. У закладеному дрібноділянковому польовому досліді серед вирощуваних енергетичних культур — Міскантусу гігантського, Сіди багаторічної та Сильфію пронизанолистого найгірша приживлюваність у перший рік зростання в умовах спеки і посухи на мілітарно деградованому ґрунті несподівано виявилася у Міскантусу гігантського. Детально описано результати дії зрошення на приживлюваність культур. Особливу увагу звернено на необхідність розширення польових досліджень способів підвищення ефективності вирощування енергетичних культур для відновлення й поліпшення стану, позитивної спрямованості ґрунтотворних процесів, виконання екологічних функцій та підвищення продуктивності мілітарно деградованого ґрунту в умовах посилення посушливості клімату в зоні Лісостепу.

Ключові слова:

енергетичні культури;
клімат;
мілітарна деградація ґрунту;
посушливі погодні умови

✉ Tsapkoul@i.ua

ORCID: ^a0000-0001-6111-0877; ^b0000-0001-9165-6272; ^c0000-0002-8124-8635; ^d0000-0002-3534-9478
^e0009-0007-0317-2907; ^f0000-0001-9488-0325

Форма цитування: Цапко Ю. Л., Водяк Я. М., Зубковська В. В., Паламарь Н. Ю., Троценко О. О., Шевченко Т. В. Науково-методичні аспекти культивування енергетичних культур на мілітарно деградованому ґрунті в посушливих умовах. *Агрохімія і ґрунтознавство* : міжвідом. темат. наук. зб. / ННЦ «ІГА ім. О. Н. Соколовського». Харків, 2025. Вип. 98. С. 84–90. doi: 10.31073/acss98-06

1. Вступ

Минуло вже більше трьох років як на території України не припиняється війна, розв'язана російською федерацією, зумовлюючи утворення та збільшення площі мілітарно деградованих ґрунтів. За визначенням — мілітарно-деградованими ґрунтами та землями є деградовані ґрунти та землі які зазнали пошкоджень внаслідок воєнних дій, через руйнування ґрунтового покриву та забруднення земель.

Такої жахливої війни Європа не бачила з часів гітлерівської навали, вона згубно відображується на педосфері, біосфері, літосфері, гідросфері та атмосфері Землі, що наближує нашу унікальну Зелену Планету до кліматичного колапсу. Кожна мить війни з її масштабними пожежами та виділенням в атмосферу різноманітних газів, включаючи двоокис вуглецю, безумовно чинить

тиск на клімат, через виникнення парникового ефекту та кислотних опадів. Порушення перебігу сталих ґрунтоутворювальних процесів в умовах змін клімату тісно пов'язане з розвитком деградаційних процесів у навколишньому середовищі [1, 2]. Серед переліку дій людини, що сприяють деградації ґрунтів, способи обробітку ґрунту мають вагоме значення. Наприклад, щорічне розорювання зумовлює посилену взаємодію верхнього шару ґрунту з атмосферою, часто викликає вітрову та водну ерозію, сприяє зменшенню чисельності ґрунтових організмів. Сіножаті та збирання врожаю також чинять тиск на біоту ґрунту через вилучення біофільних елементів, та витрат вологи через випаровування. Тому-то на практиці й застосовують технології безвідвального та мінімального, або й нульового обробітку ґрунту, що дозволяє суттєво знижувати енерговитрати, заощаджувати енергоресурси та зберігати ресурси ґрунту і різноманіття його біоти.

Втім, майже тих самих результатів можна досягти шляхом вирощування енергетичних культур з низьковуглецевим слідом, які здатні зростати на одному місці протягом 22-30 років, наприклад таких як, Міскантус гігантський (*Miscanthus x giganteus*), Сіда багаторічна (*Sida napaea*) та Сильфій пронизанolistий (*Silphium perfoliatum* L.). Ці культури із багаторічних енергетичних культур на темно-сірих опідзолених ґрунтах є найпродуктивнішими [3].

Станом на тепер глибокі вирви від бомбардувань, артилерійських та мінометних обстрілів разом із побудовою фортифікаційних споруд (бліндажів, окопів, насипів та штучних підвищень), порушили цілісність ґрунтового покриву (подекуди майже суцільно) через що, зруйновано структуру природної будови материнських і навіть підстильних порід, шляхом вивернення ґрунту на поверхню та перемішуванням генетичних горизонтів. Внаслідок таких воєнних руйнувань ґрунтового покриву ґрунтогенез суттєво гальмується, а для відновлення родючості мілітарно пошкоджених ґрунтів необхідно застосовувати заходи з їх рекультивації та ремедіації, тобто лікування ґрунтів, та загальні заходи з позитивним впливом на ґрунт, наприклад, вирощування енергетичних культур з хорошими меліоративними властивостями [4–6]. Вирощування вищенаведених енергетичних культур є перспективним комплексним заходом, що відкриває можливості для фіторемедіації ґрунтів з системними результатами: зменшення ступеню розораності земель, відтворення родючості ґрунтів, збереження біорізноманіття, підвищення рівня екологічної безпеки землеробства. Ця теза особливо актуальна як в умовах воєнного стану, так і в умовах післявоєнної відбудови агропромислового виробництва та розвитку «зеленої енергетики». Разом із тим вивчення ефективності культивування енергетичних культур на мілітарно деградованому ґрунті потребує розширення польових досліджень, що значно ускладнюється на тлі посух, що почастишали. У статті висвітлено науково-методичні аспекти посадки та вирощування енергетичних культур на мілітарно деградованому ґрунті в посушливих умовах.

2. Метеорологічні умови у період досліджень

В останні роки зміни кліматичних умов, найбільш помітно відображаються через зміни погодних умов, а саме у більш частих посухах та аномально високих температурах повітря, що є вагомою перепорою для вирощування сталих урожаїв продовольчих та енергетичних культур. Відносно тривалий час впродовж минулого століття вважалося, що клімат Харківської області належить до помірно континентального середньозволоженого. Середня щорічна сума опадів у Харківському районі становила 520 мм, а за півроку вегетаційного періоду — біля 260 мм, тобто за один місяць в середньому стабільно надходило біля 43 мм

опадів. Абсолютний мінімум температури повітря становив -36°C , абсолютний максимум — $+35^{\circ}\text{C}$. При цьому сума річних позитивних температур на дослідному полі ННЦ «ІГА імені О. Н. Соколовського» біля селища Новий Коротич у Харківському районі становила 2850°C , що було цілком достатньо для визрівання головних сільськогосподарських культур [7]. Багаторічні дані метеостанції Харків свідчили про те, що найбільш холодним місяцем в області був грудень, а найтеплішим — липень. Зауважимо, що дані погодних умов на дослідній ділянці в районі селища Новий Коротич Харківського району Харківської області, за вегетаційні періоди у 2010–2024 рр., наведені в таблиці, отримано з різних джерел інформації [7–9], при цьому за 2023–2024 рр. значення показників «температура повітря» і «кількість опадів» були виміряні безпосередньо авторами в полі біля дослідної ділянки.

Представлені метеодані є свідоцтвом того, що починаючи з 2010, практично з кожним роком, кількість опадів скорочувалась, а середнє значення температури повітря збільшувалось. Слід відмітити, що хоча вегетаційні періоди 2021 і 2023 рр. і відрізнялися більшою кількістю опадів, але температури повітря по місяцях були близькими.

Незважаючи на такі форсмажорні обставини завдання ґрунтознавців полягає у науковому забезпеченні сталого розвитку ґрунтових ресурсів України, відтворення родючості, збереження здоров'я ґрунтів та підтримання їх екологічних і продуктивних функцій.

Таблиця

Середньомісячна температура повітря та кількість опадів на дослідній ділянці (Новий Коротич) за період квітень – вересень у роки спостережень

Місяць	2010		2015		2020		2021		2023		2024	
	<i>t</i>	<i>Оп.</i>	<i>t</i>	<i>Оп.</i>	<i>t</i>	<i>Оп.</i>	<i>t</i>	<i>Оп.</i>	<i>t</i>	<i>Оп.</i>	<i>t</i>	<i>Оп.</i>
IV	10,4	25	17,3	64	8,3	17	9,4	56	11,2	62	13,9	13
V	18,0	46	14,2	41	14,0	110	16,5	34	16,0	11	14,2	17
VI	23,3	20	19,2	24	22,4	33	20,0	45	18,5	27	21,3	35
VII	25,8	63	21,7	27	23,2	19	23,5	54	21,0	130	24,3	2
VIII	26,1	17	24,8	7	21,7	10	23,5	19	21,6	39	24,4	15
IX	15,7	119	17,6	9	19,0	0	18,0	34	15,3	14	19,1	0
Сума	-	290	-	172	-	189	-	242	-	283	-	82

Примітки: *t* — середньомісячна температура повітря; $^{\circ}\text{C}$; *Оп.* — середньомісячна кількість опадів, мм; 2010–2021 рр. — архівні дані; 2023–2024 — власні спостереження

Веgetаційний період у 2024 р. відзначався мізерною кількістю опадів та аномальною спекою. У липні зафіксовано новий абсолютний максимум температури повітря $+35,9^{\circ}\text{C}$, а за три місяці — у липні, серпні та вересні, випало лише 17 мм опадів.

Таким чином, є очевидною помітна зміна погодних умов, як фактора, який відображує зміни клімату, що, безумовно, не може не впливати на розвиток деградаційних процесів у ґрунті, що призводить до втрати його родючості.

3. Особливості закладання дослідів і висаджування рослин

Дрібноділянковий польовий дослід з вирощування енергетичних культур на мілітарно деградованому ґрунті закладено у 2023–2024 рр. на дослідному полі Інституту біля селища Новий Коротич, Харківського району, Харківської області. Ґрунт темно-сірий опідзолений важкосуглинковий на лесі.

Ділянку для проведення досліду вибрано на площі поля, де ґрунт зазнав радикального руйнування внаслідок вибуху в 2022 р. потужної фугасної авіаційної бомби, через що утворилася вирва, глибиною біля 5 м та діаметром біля 7 м на поверхні землі. Через механічне травмування частини нижніх шарів ґрунту опинилися на поверхні і навпаки, частина верхніх шарів — глибоко вниз, а загалом вся стратиграфія ґрунту була деформована повністю і про її відновлення не може бути й мови. Вирва утворилася на невеликому плато зі схилом з півдня на північ 1,5–2,0 градуси, а на схід з доволі крутим спуском на 10–12 м до заплави невеликого струмка, який влітку повністю пересихає. Материнською породою є лес, а в ґрунтовому розрізі, закладеному нами на краю вирви, виявлено, що вцілілий ґрунт на 25–35 см перекрито лесом або лесовою породою, тобто утворився похований ґрунт під лесом.

У досліді ми використали Міскантус гігантський сорту «Осінній зорецьвіт», зареєстрований в Україні у державному реєстрі рослин № 150903, який створено в Інституті біоенергетичних культур і цукрових буряків. Саме цей сорт може протягом 20–30 років зростати на одному місці та кожний рік продукувати біля 20 т/га сухої речовини, забезпечуючи вихід енергії — 360 ГДж/га [10].

Посадковий матеріал міскантусу було підготовлено навесні 2023 р. шляхом ділення маточного куща на п'ять-шість частин (після зрізання стебел на висоті 15–20 см від землі), залишаючи кореневу систему разом із ґрунтом у відносно цілому природному стані.

Рослини міскантусу висадили у чотири ряди від поверхні вирви і вниз у бік сходу, з відстанню між рядами 65–70 см та між кущами — 70–75 см. Для посадки рослин вузькою лопатою викопували лунки глибиною 20–25 см, які повністю заливали водою і чекали повного всмоктування води. Підготовлену до посадки частину маточного куща міскантусу, кореневу систему якого разом із залишками ґрунту також обприскували водою, висаджували в лунку, потім засипали ґрунтом, викопаним з лунки. Таким чином було закладено дослідну ділянку Міскантусу площею 18 м² (3 x 6 м).

Посадковий матеріал Сильфію пронизанолистого та Сіди багаторічної також було взято з маточної ділянки та висаджено на мілітарно деградованому ґрунті поруч із міскантусом. Сильфій пронизанолистий висаджено у чотири ряди від поверхні вирви і вниз у бік сходу з відстанню між рядами 65–70 см та між кущами 70–75 см. Також було пересаджено п'ять кущів сіди багаторічної в один ряд з відстанню 80–90 см між рослинами.

4. Особливості догляду за рослинами у перший рік

Як зазначено вище, у 2024 р. на дослідному полі спостерігалася неймовірна спека і аномально жорстока посуха так за півроку вегетаційного періоду випало лише 94 мм опадів тоді як за нормальних погодних умов цей кліматичний показник становив не менше 258 мм. Найбільш спекотним виявився липень коли на фоні 2 мм опадів температура повітря впродовж 25 діб перевищувала 30 °С, з максимальним значенням 35,9 °С. У серпні випало 15 мм опадів, а максимальна температура повітря сягала 29,9 °С.

З лівого боку ділянки було закладено прикопку де відібрано проби ґрунту на визначення вмісту органічного вуглецю та гумусу, а також активної кислотності (рН водний). Встановлено, що вміст органічного вуглецю та значення рН водного в шарі ґрунту 0–20 см становили відповідно – 0,92 % і 7,1; у шарі 20–40 см — 1,10 % і 7,3; у шарі 40–60 см — 1,31 % і 6,7.

Дослід закладено з метою визначення можливих способів рекультивації, ремедіації та управління родючістю мілітарно деградованого ґрунту в умовах змін

клімату. Факторами впливу на мілітарно деградований ґрунт є вирощування енергетичних культур другого покоління — Міскантусу гігантського, Сіди багаторічної та Сильфію пронизанолистого. Контрольованими показниками є такі: (1) для контролю екологічних функцій ґрунту — секвестрація вуглецевого газу, надання екосистемних послуг; (2) біологічних функцій — зміни складу мікроорганізмів, та перебігу ґрунтотворних процесів.

Фенологічні спостереження за зростанням міскантусу засвідчили, що у середині червня 2024 р. рослини розкущилися, листові стеблі сягали 30–35 см та подекуди кінцівки стебел вже були прихоплені жовтизною, що є ознакою дефіциту вологи. Рослини сильфію були в задовільному стані, вони потягнулися до гори та мали насичений зелений колір листової поверхні, висота листя сягала 15–17 см. З п'яти кущів сіди прийнялося лише три. Вцілілі рослини мали висоту куща до 16 см і ширину 14–15 см.

Несприятливі погодні умови року досліджень, які проявилися тривалим посушливим періодом та яскраво вираженим гідродифіцитом в орному шарі ґрунту у травні/червні та серпні/вересні, через ще слабку кореневу систему енергетичних культур, особливо міскантусу, на першому році їх зростання, змусили нас провести декілька періодичних поливів із розрахунку 10 л води на один квадратний метр. Всього було здійснено сім поливів, по два у травні, червні та серпні і один у вересні. Вчасне застосування цього потужного агро меліоративного заходу забезпечило збереження переважної кількості рослин міскантусу на першому році зростання. Також цьому сприяло й рішення залишати бур'яни поруч з міскантусом як покривну культуру. Так приживлюваність рослин міскантусу на поливі була на рівні 93 %, тоді як без поливу вдалося зберегти лише 27 % рослин.

Фенологічні спостереження за рослинами проведені нами 12 серпня 2024 р. показали, що дев'ять рослин Сильфію пронизанолистого на час обстеження пережили спеку, з них п'ять рослин непогано розвинуті, із яскраво зеленим листям, знаходилися у фазі цвітіння, і сягали заввишки 49–67 см. Інші були дещо пригнічені і мали висоту від 18 до 40 см. Вціліли й дванадцять кущів міскантусу, які були світло зеленими, з жовтизною і сягали у висоту від 55 до 112 см. Рослини міскантусу, які не отримали поливу, від спеки повисихали.

Втім наш попередній досвід свідчить, що якщо коренева система рослини вціліла, то наступною весною є велика вірогідність відродження міскантусу. Із п'яти висаджених рослин сіди багаторічної вижило (квітень 2024 р.) лише три рослини, які на час фенологічних спостережень липень 2024 р. були зеленими, у фазі бутонізації, заввишки 37 та 61 см. Можна констатувати, що міскантус погано переносить пересадку, оскільки після травм від ділення під посадку кореневища, рослини відновлюються досить довго. Втім, завдяки застосуванню таких агро заходів як зрошення, створення напівтіні від бур'янів, нам все ж таки, частково вдалося нівелювати ці негаразди.

5. Попередні висновки

Отже, для відновлення родючості мілітарно пошкоджених ґрунтів треба застосувати заходи з їх рекультивациі та ремедіації, тобто лікування ґрунтів, наприклад шляхом вирощування енергетичних культур з яскраво вираженими меліоративними властивостями.

Встановлено, що із трьох досліджених нами енергетичних культур, найкраща приживлюваність у перший рік зростання в умовах посухи на мілітарно деградованому ґрунті виявилася у Сильфію пронизанолистого.

Засвідчено, що погодні умови є важливим фактором кліматичних змін, який вносить суттєві корективи в технологію вирощування енергетичних культур на маргінально деградованому ґрунті — застосування зрошення.

Список використаних джерел

1. Сплодитель А., Голубцов О., Чумаченко С., Сорокіна Л. Забруднення земель внаслідок агресії росії проти України. 2023. 154. URL: <https://ecoaction.org.ua/wp-content/uploads/2023/03/zabrudnennia-zemel-vid-rosii1.pdf> (дата звернення: 26.03.2025).
2. Нейтер Р., Душко Д., Нів'євський О., Стольнікович Г. Огляд непрямих втрат від війни в сільському господарстві України. 2022. URL: https://kse.ua/wp-content/uploads/2022/06/Losses_report_issue1_ua.pdf (дата звернення: 27.03.2025).
3. Кургак В. Г., Слюсар С. М. Продуктивність багаторічних трав'янистих рослин при вирощуванні для енергетичних потреб. *Вісник аграрної науки*. 2021. № 11. С. 48-54. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202111-06>
4. Цапко Ю. Л., Водяк Я. М., Зубковська В. В., Холодна А. С. Перспективи вирощування міскантусу гігантського для покращення екосистемних послуг чорнозему опідзоленого важкосуглинкового. *Вісник аграрної науки*. 2021. № 9. С. 48-54. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202109-07>
5. Vodiak Y., Tsapko Yu., Kucher A., Krupin V., Skorokhod I. Influence of Growing *Miscanthus x giganteus* on Ecosystem Services of Chernozem. *Energies*. 2022. 15(11), 4157. <https://doi.org/10.3390/en15114157>
6. Tsapko Yu., Starchenko O., Vodiak Y. (). Using the ecosystem services potential of Chernozem to restore war-damaged land, *International Journal of Environmental Studies*. 2023. Vol. 80(2). P. 399–409. <https://doi.org/10.1080/00207233.2023.2179760>
7. Агрокліматичне районування України / Карти України. 2016. URL: <http://geomap.land.kiev.ua/zoning-3.html#close> (дата звернення: 27.03.2025).
8. Meteo.farm. Агро погода. URL: <https://www.meteo.farm/dashboard> (дата звернення: 27.03.2025).
9. Клімат Харкова. Харківський регіональний центр з гідрометеорології. 2018. URL: <http://kharkiv.meteo.gov.ua/klimat-kharkova/> (дата звернення: 27.03.2025).
10. Міскантус в Україні: Київ: ТОВ «ЦП «Компрінт», 2019. 256 с. URL: https://bio.gov.ua/sites/default/files/documentation/miskantus_v_ukrayini.pdf (дата звернення: 27.03.2025).

УДК 633.282:620.952

Scientific and methodological aspects of cultivating energy crops on militarily degraded soil in arid conditions

Yu. L. Tsapko¹ ✉, Ya. M. Vodiak¹, V. V. Zubkovska¹, N. Yu. Palamar¹, O. O. Trotsenko¹, T. V. Shevchenko²

¹ National Scientific Center "Institute for Soil Science and Agrochemistry Research named after O. N. Sokolovsky", Kharkiv, Ukraine

² National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine

✉ Tsapkoul@i.ua

Received 15.11.2025; Revised 16.12.2025; Accepted 17.06.2025; Available online 01.07.2025

Abstract

The review article presents the results of our own observations and conclusions on the scientific and methodological aspects of planting and growing energy crops on militarily degraded soil in conditions of drought and heat due to climate change in the forest-steppe part of the Kharkiv region. A small-scale field experiment on growing energy crops on militarily degraded soil was established in 2023–2024 on the Institute's experimental field near the village of Novy Korotych, Kharkiv district, Kharkiv region. The soil is dark gray podzolized (Luvic Greyzemic Phaeozem) heavy loam on loess. The site for the experiment was chosen on a section of the field where in 2022 a deep crater was formed from the explosion of an enemy shell and the genetic horizons of the soil were mixed. Because of this, the soil was recognized as militarily degraded. The growing season in 2024 was marked by a small amount of precipitation and abnormal heat. In July, a new absolute maximum of air temperature of +35.9° C was recorded, and in three months — July, August and September, only 17 mm of precipitation fell. We studied the methodological aspects of cultivating perennial energy crops — planting, care in the first period, agrotechnical support of the ability of crops to adapt and survive during the first year in difficult meteorological conditions. Among the cultivated energy crops - *Miscanthus giant*, *Sida perennial*, and *Sylphia pendens*, the worst survival rate in the first year of growth in conditions of heat and drought on militarily degraded soil was unexpectedly found in *Miscanthus giant*. The results of the effect of irrigation on the survival rate of crops are described in detail. Special attention is paid to the need to expand field research on methods for increasing the efficiency of growing energy crops to restore and improve the condition, positive orientation of soil-forming processes, perform ecological functions and increase the productivity of militarily degraded soil in conditions of increasing aridity of the climate in the Forest-Steppe zone.

Keywords: energy crops; climate; military soil degradation; arid weather conditions

Citing: Tsapko, Yu. L., Vodiak, Ya. M., Zubkovska, V. V., Palamar, N. Yu., & Shevchenko, T. V. (2025). Scientific and methodological aspects of cultivating energy crops on militarily degraded soil in arid conditions. *AgroChemistry and Soil Science*, 98, 84-90. doi:10.31073/acss98-06 [in Ukrainian].

References

1. Sploditel, A., Golubtsov, O., Chumachenko, S., & Sorokina, L. (2023). Land pollution as a result of Russian aggression against Ukraine, 154 [In Ukrainian]. Retrieved from <https://ecoaction.org.ua/wp-content/uploads/2023/03/zabrudnennia-zemel-vid-rosii1.pdf> (date of application: 26.03.2025).
2. Neiter, R., Dushko, D., Niv'evsky, O., & Stolnikovych, G. (2022). Review of indirect losses from the war in Ukrainian agriculture. 2022. Retrieved from https://kse.ua/wp-content/uploads/2022/06/Losses_report_issue1_ua.pdf [In Ukrainian] (date of application: 27.03.2025).
3. Kurhak, V.G., & Slyusar, S.M. (2021). Productivity of perennial herbaceous plants when grown for energy needs. *Bulletin of Agrarian Science*, 99(11), 48-54. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202111-06> [In Ukrainian].
4. Tsapko, Yu. L., Vodiak, Ya. M., Zubkovska, V. V., & Kholodna, A. S. (2021). Prospects for growing giant miscanthus to improve ecosystem services of podzolized heavy loamy chernozem. *Bulletin of Agricultural Science*, 99(9), 48-54. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202109-07> [In Ukrainian].
5. Vodiak, Y., Tsapko, Yu., Kucher, A., Krupin, V., & Skorokhod, I. (2022). Influence of Growing Miscanthus x giganteus on Ecosystem Services of Chernozem. *Energies*, 15(11), 4157. <https://doi.org/10.3390/en15114157>
6. Tsapko, Yu., Starchenko, O. & Vodiak, Y. (2023). Using the ecosystem services potential of Chernozem to restore war-damaged land, International. *Journal of Environmental Studies*, 80(2), 399–409. <https://doi.org/10.1080/00207233.2023.2179760>
7. Agroclimatic zoning of Ukraine / Maps of Ukraine. (2016). Retrieved from <http://geomap.land.kiev.ua/zoning-3.html#close> (date of application: 27.03.2025).
8. Meteo.farm. Agro weather. Retrieved from <https://www.meteo.farm/dashboard> [In Ukrainian] (date of application: 27.03.2025).
9. Climate of Kharkiv. Kharkiv Regional Center for Hydrometeorology. 2018. Retrieved from <http://kharkiv.meteo.gov.ua/klimat-kharkova/> [In Ukrainian] (date of application: 27.03.2025).
10. Miscanthus in Ukraine: Kyiv: LLC "CP "Compprint" 2019. Retrieved from https://bio.gov.ua/sites/default/files/documentation/miskantus_v_ukrayini.pdf [In Ukrainian] (date of application: 27.03.2025).