



Агроекологія, радіологія, меліорація

УДК 631.42:631.95

© 2021

ПЕРСПЕКТИВИ ВИРОЩУВАННЯ МІСКАНТУСУ ГІГАНТСЬКОГО ДЛЯ ПОКРАЩЕННЯ ЕКОСИСТЕМНИХ ПОСЛУГ ЧОРНОЗЕМУ ОПІДЗОЛЕНОГО ВАЖКОСУГЛИНКОВОГО

Ю.Л. Цанко¹, Я.М. Водяк², В.В.Зубковська³,
А.С.Холодна⁴

¹доктор біологічних наук

³кандидат сільськогосподарських наук

⁴кандидат біологічних наук

ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського»

вул. Чайковська, 4, м. Харків, 61024, Україна

e-mail: ¹tsapkoul@i.ua, ²1994demidova@gmail.com, ³vikvik09@meta.ua, ⁴lonakalt@gmail.com

ORCID: ¹0000-0001-6111-0877, ²0000-0001-9165-6272,

³0000-0002-8124-8635, ⁴0000-0002-6780-1203

Надійшла 08.08.2021

Мета. Дослідити перспективи культивування міскантусу гігантського на чорноземі опідзоленому важкосуглинковому для покращення його екосистемних послуг. **Методи.** Польові, лабораторно-аналітичні, розрахунково-порівняльні, математично-статистичні. **Результати.** Наведено отримані результати досліджень упродовж 2016–2020 рр. щодо впливу вирощування міскантусу гігантського на чорнозем опідзолений важкосуглинковий для поліпшення якості його екосистемних послуг. Установлено, що навіть у відносно посушливих умовах рослини міскантусу гігантського продукують значні обсяги біомаси, не знижуючи продуктивність ґрунту навіть без унесення добрив. Зокрема на 3-й рік культивування в 2018 р. урожай сухої біомаси міскантусу становив 14,3 т/га, у 2019 р. – 18,6 т/га, а у 2020 р. – 21,7 т/га, що еквівалентно 16,9 т кам'яного вугілля, або 7,4 т сирової нафти. **Висновки.** Культивування впродовж 5-ти років на чорноземі опідзоленому важкосуглинковому міскантусу гігантського сприяло покращенню його екосистемних послуг: постачальної, регулювальної та послуги підтримання екосистем. Доцільність вирощування на ґрунтах сільськогосподарського призначення енергетичних культур другого покоління доведено можливістю отримання значної кількості біомаси, позитивним фітореMediaційним впливом на ґрунт за рахунок: нівелювання прояву ерозії, збереження біорізноманіт-

тя, секвестрації Карбону та стійкого поліпшення агроєкологічної ситуації в навколишньому середовищі.

Ключові слова: біопаливо, ґрунт, екосистемні послуги, енергетичні культури, мікрофауна, посушливі умови, родючість, секвестрація Карбону, чорнозем опідзолений.

DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202109-07>

Зміни клімату на планеті, пік яких особливо відчувається протягом останніх 10–15 років, змусили людство переглянути енергетичні стратегії в напрямку розвитку біоенергетики, що за попередніми прогнозами [1] може забезпечити у країнах ЄС до 2030 року перехід 27 % енергопостачання на біопаливо. Традиційно біоенергетика базувалася на вирощуванні енергетичних культур першого покоління, тобто сільськогосподарських рослин, які культивують для продовольчих потреб. Для виробництва біоетанолу використовують пшеницю, цукровий буряк, кукурудзу, цукровий очерет, картоплю, а для виготовлення біодизеля масляничні культури — рапс, соняшник, пальмову олію [2, 3]. Наведені вище культури без особливих обмежень вирощують на ґрунтах сільськогосподарського призначення, часто з грубим порушенням сівозміни, а збіг достатньої кількості біомаси для рентабельного виготовлення біопалива майже унеможлиблюється без застосування мінеральних добрив і хімічних засобів, що часто призводить до погіршення агроєкологічного стану ґрунтів. Отже, зайняття сільськогосподарських угідь енергетичними культурами першого покоління з одного боку, призводить до скорочення площ продовольчих посівів, а з другого, — негативно впливає на властивості ґрунтів, що неодмінно призводить до зниження їх родючості. Висока розораність української ріллі, що за даними [4] становить майже 40%, сприяє розвитку ерозійних процесів ґрунтового покриву. Зазначимо, що сільськогосподарські культури чутливо реагують на фактори та умови ґрунтової родючості, забезпечення поживними речовинами, водою, теплом, повітрям, оптимальною реакцією ґрунтового середовища (значення рН від 5.5 до 7,5) і біорізноманіття, кількісні та якісні характеристики ґрунтової біоти,

сонячної радіації й усіх інших факторів та умов існування. Вирощування на родючих ґрунтах альтернативних енергетичних культур другого покоління, зокрема міскантусу гігантського, який є цінним джерелом енергії, — сприятиме нарощуванню виробництва біопалива та поліпшенню агроєкологічної ситуації навколишнього середовища.

У статті нами зосереджено увагу на результатах досліджень впливу вирощування міскантусу гігантського, на чорнозем опідзолений важкосуглинковий в аспекті перспектив покращення якості його екосистемних послуг.

Матеріали і методи досліджень. Дослідження з вивчення впливу вирощування міскантусу гігантського (*Miscanthus Giganteus*) сорту «Осінній зорецьвіт» на покращення екосистемних послуг чорнозему опідзоленого важкосуглинкового проведено впродовж 2017–2020 рр. у стаціонарному польовому досліді Національного наукового центру «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського» на території Державного підприємства ДГ «Граківське» (сел. Новий Коротич Харківської обл. України). Рельєф дослідного поля ДГ «Граківське» вирівняний із пологом 2–3° схилом північної експозиції. Поле з усіх 4-х сторін обмежене полезахисними смугами. Чорнозем опідзолений важкосуглинковий дослідної ділянки характеризується такими показниками орного шару: рН водн. 5,9–6,0; уміст вуглецю органічної речовини — 1,89 %; уміст фізичної глини — 43 %.

Дослід було закладено у 2016 р. за методикою Б.О. Доспехова. Дослід однофакторний, тому внесення добрив і застосування засобів захисту рослин не передбачалося, що дало змогу оцінити саме безпосередню ефективність вирощування міскантусу гігантського, як головного фактора впливу, на досліджуваний ґрунт.

Наведений нижче опис ґрунтового розрізу чорнозему опідзоленого важкосуглинкового проведено у 2020 році:

He (0–29 см) — гумусовий слабоелювійований (орний), темно-сірий з кремнеземистою присипкою SiO_2 , порохувато-грудкуватий, сухий, слабоущільнений, на глибині 18 см спостерігається плужна підшва. Із глибини 20 см спостерігається горіхувата структура. Весь горизонт густо пронизаний корінням міскантусу, перехід поступовий за структурою і кольором;

Hpi (29–55 см) — верхній перехідний слабоілювійований, сірий із бурим відтінком, спостерігається слабке лакування агрегатів, горіхувато-грудкуватий, сухий, ущільнений, з червороїнами, слабше пронизаний корінням, перехід поступовий за кольором і структурою;

Phi (55–84 см) — нижній перехідний слабоілювійований, темно-бурий, з затьокми колоїдів, горіхувато-призматичний, холодний, сильноущільнений, слабопронизаний корінням, перехід поступовий;

Hri (84–118 см) — нижній перехідний слабоілювійований, темно-бурий, з затьокми колоїдів, горіхувато-призматичний, холодний, сильноущільнений, слабопронизаний корінням, перехід поступовий;

Ph (118 см і глибше) — перехідний гумусований до материнської породи, ілювійований, бурий, сильноущільнений, перехід у наступний горизонт по лінії залягання карбонатів, карбонати починаються з 120 см, слабопронизаний корінням;

Rk (105 см і глибше) — порода лесовидні суглинки, темно-палевого кольору, дрібнозернистої структури, карбонати у вигляді міцелію, часто трапляються кротовини, заповнені гумусовим матеріалом, подекуди трапляється коріння.

Відбір зразків ґрунту складався з відбору на контрольному варіанті (без вирощування енергетичних культур) та під рослинами у куці та у міжряддях для врахування просторової неоднорідності впливу культури. Відбір зразків ґрунту проводили на початку (у травні) і наприкінці (у вересні) вегетаційного періоду кожного року з шарів 0–20 см та 20–40 см.

Відбирання проб ґрунту та оброблення зразків для аналізу проводили згідно

з ДСТУ 4287:2004 та ДСТУ ISO 11464:2007. У зразках ґрунту визначали: гранулометричний склад методом піпетки згідно з ДСТУ 4730:2007; структурно-агрегатний склад за ДСТУ 4744:2007; рН водн. згідно з ДСТУ 7862:2015; вміст Карбону органічної речовини згідно з ДСТУ 4289:2004. Чисельність ґрунтових безхребетних — мікроартропод (метод еклектування за Берлезе у модифікації Тульгрена). Облік урожайності міскантусу гігантського проводили методом пробних майданчиків (снопів) у 3-разовій повторності з наступним зважуванням.

Статистичну обробку отриманих результатів проведено за допомогою програми Microsoft Excel.

Результати досліджень та їх обговорення. Головною ідеєю проведення досліджень було отримання нових наукових знань щодо впливу беззмінного вирощування (упродовж 5-ти років) енергетичної культури другого покоління, міскантусу гігантського, на ґрунтово-екологічні показники чорнозему опідзоленого важкосуглинкового, зокрема, — здатність культури до продукування фітомаси у посушливих умовах із зменшенням кількості опадів за кліматичних змін, доцільність вирощування енергетичних культур (на прикладі міскантусу гігантського) на ґрунтах сільськогосподарського призначення. Наведене вище розглядається крізь призму здатності досліджуваного ґрунту до надання якісних екосистемних послуг [5], що в кінцевому результаті дає змогу отримати відносно дешеву енергетичну продукцію та покращити ґрунтово-екологічний стан ґрунтів і довкілля. Загалом, за функціональною ознакою, екосистемні послуги розділяють на великі категорії, що істотно збігаються з функціями природного капіталу, і поділяються за функціями: постачання, регулювання, підтримання екосистем і культурні та соціальні послуги.

Ґрунт тією чи іншою мірою бере участь у реалізації кожної із екосистемних послуг. Забезпечення людства сільськогосподарською та деревинною сировиною, а також прісною водою, продуктами харчування, лікарськими рослинами, безпосередньо пов'язане з виконанням ґрунтом початкових послуг. Покращення якості ґрунтів і підвищення їхньої родючості, охорона

водних ресурсів та повітря здійснюються регулюючими послугами, а однією з ключових підтримуючих послуг, загалом є ґрунтоутворення, секвестрація вуглецю та збереження біорізноманіття, перш за все, ґрунтової мікрофлори та мікрофауни.

Зменшення негативного впливу на ґрунти сільськогосподарського призначення в умовах зміни клімату спонукають, до пошуку принципово нових підходів щодо вирішення цієї проблеми. Забезпечення збалансованого використання та відтворення родючості цих ґрунтів можна досягти способом відведення частки їх площ для вирощування енергетичних культур другого покоління [6, 7].

Зауважимо, що в Харківській обл. ще до початку другого десятиріччя XXI ст. норма середньомісячної кількості опадів — 43 мм, тобто за рік до поверхні ґрунту надходить 520 мм, а за півроку вегетаційного періоду — близько 260 мм. Починаючи з 2011 р. майже з кожним роком кількість опадів різко скорочувалася, а середнє значення температури повітря збільшувалося.

Кліматичні умови на дослідній ділянці в період проведення досліджень з 2016 по 2020 рр. свідчать про помітну тенденцію до підвищення середньомісячних температур і зменшення кількості опадів [8] (табл. 1).

Ці явища особливо помітні через аридизаційні зміни або ознаки опустелювання у вересні, — місяці, на який припадає посів озимих культур. У сучасних реаліях

зволоження ґрунтів природним способом майже відсутнє, що наочно ілюструє проблемі землеробства, викликані кліматичними змінами. Незважаючи на такі складні обставини, вирощування на чорноземі опідзоленому міскантусу гігантського дало змогу значно поліпшити надання цим ґрунтом постачальної екосистемної послуги, що відображається у поступовому збільшенні врожаю цієї енергетичної культури (табл. 2).

Із метою поліпшення постачальної послуги збирання врожаю міскантусу доцільно здійснювати восени, після перших приморозків. За нашими дослідженнями, восени 2020 р. урожай міскантусу становив 21,7 т/га, а після перезимівлі навесні — лише 17,4 т/га. Втрати становили 19,8 %, спричинені переважно знесенням листя вітрами.

Особливості культивування міскантусу гігантського полягають у тому, що у перші 2 роки врожай зазвичай не враховують, а з 3-го року починають збирати. Установлено, що навіть за відносно посушливих умов, рослини міскантусу гігантського продукують значні обсяги біомаси, не знижуючи продуктивність ґрунту навіть без унесення добрив. Так, на 3-й рік культивування в 2018 р. урожай сухої біомаси міскантусу становив 14,3 т/га, у 2019 р. — 18,6 т/га, а вже в 2020 р. — 21,7 т/га, що еквівалентно 16,9 т кам'яного вугілля, або 7,4 т сирової нафти.

Перевагою вирощування міскантусу гігантського є й те, що його можна вирощувати на одному полі до 30-ти років, а це дає

1. Середньомісячна температура та кількість опадів на дослідній ділянці за вегетаційний період 2016–2020 рр.

Місяць	2016		2017		2018		2019		2020	
	t, °C	опадн, мм	t, °C	опадн, мм	t, °C	опадн, мм	t, °C	опадн, мм	t, °C	опадн, мм
Квітень	12,6	46	17,0	68	11,8	62	11,6	46	8,3	17
Травень	15,7	44	14,5	35	18,1	44	18,1	33	14,0	110
Червень	20,3	51	19,1	25	20,6	28	23,0	20	22,4	33
Липень	23,0	60	21,8	28	22,7	41	21,0	52	23,2	19
Серпень	22,9	44	24,0	5	22,9	3	21,5	6	21,7	10
Вересень	15,2	14	17,7	9	18,9	25	16,8	8	19,0	0
За весь період	–	259	–	170	–	203	–	165	–	189

зможу отримувати майже чистий прибуток упродовж 28-ми років [9, 10]. Зауважимо, що ґрунт при цьому не обробляють і зовсім не обов'язково застосовувати будь-які добрива та засоби захисту рослин для отримання значної кількості біомаси міскантусу. Останнє підтверджується й нашими дослідженнями.

Проведеними дослідженнями встановлено збільшення Карбону органічної речовини, в орному та підорному шарах чорнозему опідзоленого важкосуглинкового під впливом вирощування міскантусу гігантського (табл. 3).

Наприклад, в орному шарі (0–20 см) досліджуваного ґрунту вміст Карбону органічної речовини навесні (у травні) за 3 роки зростає з 1,91% у 2018 р. до 2,06% у 2020 р., восени (у вересні) цей показник змінюється за роками, відповідно з 1,92 до 2,11%. Аналогічна тенденція щодо накопичення Карбону органічної речовини спостерігається й для підорного шару чорнозему опідзоленого важкосуглинкового. За таких умов активізація біологічного фактора (мікрофауни та мікробіоти) сприяє спрямуванню процесу ґрунтотворення до самоадаптації та самовідтворення [11], що неодмінно призводить до поліпшення родючості ґрунту.

Враховуючи загальну тенденцію до потепління клімату та збільшення CO₂ в атмосфері, наведена вище закономірність є вкрай важливою для розробки заходів зі зменшення викидів парникових газів у атмосферу відповідно до взятих Україною зобов'язань, відображених у державних документах, серед яких «Концепція реалізації державної політики у сфері зміни клімату на період

2. Кількість сухої маси міскантусу гігантського на чорноземі опідзоленому важкосуглинковому в 2018–2020 рр., т/га

Енергетична культура	2018	2019	2020
Міскантус гігантський	14,3	18,6	21,7

до 2030 року» (Розпорядження Кабінету Міністрів України від 06.12.2016 № 932-р); «Національний план дій щодо боротьби з деградацією земель та опустелюванням» (Розпорядження Кабінету Міністрів України від 30.03.2016 № 271-р).

Важливим показником агроекологічного стану ґрунтів є різноманітність ґрунтової мікрофауни, найчисельнішими представниками якої є мікроартроподи — дрібні безхребетні орибатиди (Oribatida, Ascarina — панцирні кліщі) та колемболи (Collembola — ногохвістки), що приймають участь у деструкції та трансформації органічних речовин, боротьбі з гелмінтами, що потрапляють до ґрунту в процесі розвитку, а також стимулюють ріст і розмноження бактерій, гвівів та спор грибів і загалом відіграють важливу роль у процесі гуміфікації та мінералізації рослинних решток. Нашими дослідженнями, проведеними на чорноземі опідзоленому важкосуглинковому в 2020 р., встановлено, що на контролі чисельність колембол у травні дорівнювала 1622, а у вересні — 1986 екз./м², а вже під рослинами міскантусу, відповідно 1628 та 3240 екз./м². Чисельність орибатидів за цей проміжок часу становила на контролі 1086 та 908 екз./м², а під міскантусом 1260 та 1264 екз./м².

3. Уміст Карбону органічної речовини в чорноземі опідзоленому важкосуглинковому за культивування міскантусу гігантського (травень та вересень 2018–2020 рр.), %

Варіант	Глибина відбору, см	2018		2019		2020	
		V	IX	V	IX	V	IX
Контроль	0–20	1,84	1,87	1,86	1,87	1,88	1,86
	20–40	1,59	1,61	1,63	1,58	1,64	1,58
Міскантус гігантський	0–20	1,91	1,92	1,95	2,08	2,06	2,11
	20–40	1,88	1,88	1,92	1,94	1,99	1,96
НІР ₀₅		0,06	0,05	0,07	0,06	0,08	0,08

Загалом депонування органічного Карбону в чорноземі опідзоленому важкосуглинковому під енергетичною культурою другого покоління свідчить про покращення в цьому ґрунті підтримувальної екосистемної послуги, що вкупі з екосистемною

послугою регулювання (формування середовища існування, ґрунтоутворення) та послуги підтримання екосистем за рахунок накопичення органічного вуглецю призводить до істотного покращення агроекологічного стану ґрунтового середовища.

Висновки

Встановлено, що навіть у відносно посушливих умовах рослини міскантусу гігантського продукують значні обсяги біомаси, не знижуючи родючості ґрунту навіть без унесення добрив. Відновлення родючості ґрунту забезпечується за рахунок активізації самовідновлюваних ґрунтоутворних процесів на фоні загального підвищення якості екосистемних послуг чорноземом опідзоленим важкосуглинковим за культивування міскантусу гігантського.

Проведені дослідження свідчать про доцільність вирощування енергетичних

культур 2-го покоління на ґрунтах сільськогосподарського призначення, що обґрунтовано не тільки можливістю отримувати значну кількість біомаси, але й позитивним фіторемедіаційним впливом на ґрунт за рахунок: нівелювання проявів ерозії через відмову від оранки та культивування ґрунтового покриву; збереження біорізноманіття, секвестрації Карбону та самовідтворення родючості в ґрунті; стійкого поліпшення агро-екологічної ситуації оточуючого середовища.

Tsapko Yu.¹, Vodiak Ya.², Zubkovska V.³, Kholodna A.⁴

NSC «Institute of Soil Science and Agrochemistry named after O.N. Sokolovskiy», 4, Chaikovska Str., Kharkiv, 61024, Ukraine; e-mail: ¹tsapkoul@i.ua, ²1994demidova@gmail.com, ³vikvik09@meta.ua, ⁴lonakalt@gmail.com; ORCID: ¹0000-0001-6111-0877, ²0000-0001-9165-6272, ³0000-0002-8124-8635, ⁴0000-0002-6780-1203

Prospects for growing giant *Miscanthus* to improve ecosystem services of degraded heavy loam chernozem

Goal. To study the prospects of cultivating giant miscanthus on degraded heavy loam chernozem to improve its ecosystem services. **Methods.** Field, laboratory-analytical, computational, mathematical-statistical. **Results.** The obtained results of research during 2016–2020 on the impact of growing *Miscanthus* giant on degraded heavy loam chernozem to improve the quality of its ecosystem services are presented. It was established that even in relatively arid conditions, plants of giant miscanthus

produce significant amounts of biomass, without reducing soil productivity even without the application of fertilizers. In particular, for the 3rd year of cultivation in 2018 the yield of dry biomass of miscanthus was 14.3 t/ha, in 2019 — 18.6 t/ha, and in 2020 — 21.7 t/ha, which is equivalent to 16.9 tons of coal, or 7.4 tons of crude oil. **Conclusions.** Cultivation for 5 years on degraded heavy loam chernozem of miscanthus giant has improved its ecosystem services: supply, regulation, and ecosystem maintenance services. The expediency of growing energy crops of the second generation on agricultural soils is proved by the possibility of obtaining a significant amount of biomass, positive phytoremediation effect on the soil due to: leveling erosion, biodiversity conservation, carbon sequestration, and sustainable improvement of the agro-ecological environment.

Key words: biofuels, soil, ecosystem services, energy crops, microfauna, arid conditions, fertility, carbon sequestration, podzolic chernozem.

DOI: <https://doi.org/10.31073/agroviznyk202109-07>

Бібліографія

1. Маслянюк О. Біоенергетика. URL: <http://ekonomika.eizvestia.com/full/587-bioenergetika-izbavit-ot-energozavisimosti>

2. Vauböck R., Karpenstein-Machan M., Karpas M. Computing the biomass potentials for maize and two alternative energy crops, triticale and cup

plant (*Silphium perfoliatum* L.), with the crop model BioSTAR in the region of Hannover (Germany). *Environmental Sciences Europe*. 2014. № 1. P. 1–12.

3. Фтома О.В. Енергетична ефективність біопалива із ріпаку, пшениці, кукурудзи та цукрових буряків. *Зб. наук. праць Таврійського державного агротехнологічного університету (економічні науки)*. 2012. № 2 (18). Т. 2. С. 419–427.

4. Baliuk S.A., Medvediev V.V., Tarariko O.H., Hrekov V.O., Balaiev A.D. *Natsionalna dopovid Pro stan rodichosti gruntiv Ukrainy*. Kyiv, 2010. 112 p.

5. Водяк Я.М. Вплив енергетичних культур на якість екосистемних послуг чорнозему опідзоленого важкосуглинкового. *Агротехнологія і ґрунтознавство*. Вип. 91. 2021. С. 64–71. doi: 10.31073/acss91-08

6. Калетнік Г.М. Біопаливо: продовольча, енергетична та екологічна безпека України. *Біоенергетика*. 2013. № 2. С. 12–14. URL: [http://](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Bioen_2013_2_6)

nbuv.gov.ua/UJRN/Bioen_2013_2_6

7. Жілен Д., Сайгін Д., Вагнер Н. IRENA REmap 2030. Перспективи розвитку відновлюваної енергетики в Україні до 2030 року. 2015. Абу-Дабі. URL: http://uwea.com.ua/uploads/docs/IRENA_REmap_2015_ukr.pdf

8. *Meteo.farm*. Агропогода. URL: <https://www.meteo.farm/dashboard>

9. Robertson A.D. Carbon inputs from miscanthus displace older soil organic carbon without inducing priming. *Bioenergy recourses*. 2017. № 10. P. 86–101.

10. Karp A., Shield I. Bioenergy from plants and the sustainable yield challenge. *New phytologist*. 2008. № 179. P. 15–32.

11. Цапко Ю.Л., Калініченко В.М. Вплив різних технологій окультурювання кислих ґрунтів на їх екологічні властивості. *Вісник ХНАУ ім. В.В. Докучаєва*. 2009. № 1. С. 120–126.