

ДОСЛІДЖЕННЯ МОЛОДИХ НАУКОВЦІВ

STUDIES of YOUNG SCIENTISTS

УДК 631.413

Вплив енергетичних культур на якість екосистемних послуг чорнозему опідзоленого важкосуглинкового¹

Я. М. Водяк

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

ІНФОРМАЦІЯ	АНОТАЦІЯ
Отримано 15.02.2021 Отримано після доопрацювання 30.04.2021 Затверджено до видання 07.06.2021 Доступно онлайн 01.08.2021	У статті представлено результати досліджень щодо впливу енергетичних культур на якість таких екосистемних послуг чорнозему опідзоленого (Luvic Chernic Phaozem) важкосуглинкового, як постачання, регулювання та підтримання екосистем. Спостереження вели протягом 2019-2020 рр. у досліді на території Державного підприємства ДГ «Граківське», сел. Новий Коротич у Харківській області України. Енергетичні багаторічні культури, вирощувані у досліді: Міскантус гігантський (<i>Miscanthus Giganteus</i>) (посадки 2016 (I) і 2019 (II) років); Сіда багаторічна (<i>Sida hermaphrodita</i>) (2018 р.); Сильфій пронизанолистий (<i>Silphium perfoliatum</i> L.) (2018 р.). Контрольовані показники: вміст органічного вуглецю в ґрунті; рН; чисельність мікроартропод у ґрунті; довжина стебла рослин. Виявлено, що у верхніх шарах ґрунту під рослинами енергетичних культур, а особливо у прикореневій зоні сильфію, відбувається підвищення вмісту органічного вуглецю. За рахунок кореневих виділень культур також, спостерігається невелике зниження рН. Позитивний вплив рослин спостерігається, також і на чисельності ґрунтових безхребетних – мікроартропод, а саме, колембол та орибатид. Їх кількість збільшується, що свідчить про утворення сприятливих для цих живих істот умов у прикореневій зоні всіх енергетичних культур. Наприклад, у травні 2019 року під міскантусом чотирирічним їх стало майже утричі більше (6120 екз./м ²), під однорічним – 4860, під сильфієм – 5040, а під сідою 4320 екз./м ² , порівняно з контрольною ділянкою без рослин (2700 екз./м ²). Відмічено позитивні зміни й щодо оструктурення ґрунту, під впливом вирощування міскантусу гігантського, особливо у верхньому шарі. Коефіцієнт структурності на варіантах зріс від 1,39 на контролі, до 2,26 у шарі 0–20 під міскантусом. Вимірювання висоти стебел, показало, що всі обрані культури здатні нормально функціонувати незважаючи на зменшення опадів та підвищення температур в останні роки. Рослини не пригнічуються у посушливих умовах і з часом тільки збільшують об'єми біомаси. Таким чином, на плантаціях з енергетичними культурами покращуються послуги постачання – отримання енергетичної сировини, регулювання – поліпшення якості ґрунту і підтримання екосистем – депонування органічного вуглецю.

* E-mail: 1994demidova@gmail.com

Форма цитування: Водяк Я.М. Вплив енергетичних культур на якість екосистемних послуг чорнозему опідзоленого важкосуглинкового. Агрохімія і ґрунтознавство. Міжвід. тем. наук. збірник. Вип. 91. Харків: ННЦ «ІГА ім. О.Н. Соколовського». 2021. С. 64-71. <https://doi.org/10.31073/acss91-08>

1. Вступ

Стрімке скорочення об'ємів викопного палива, спонукає до розвитку альтернативних джерел енергії, зокрема збільшення виробництва біосировини, шляхом вирощування енергетичних культур. Разом із цим, через здатність ґрунтового покриву секвеструвати значну кількість вуглецю, з'являється можливість ефективно впливати на процеси його надходження, у вигляді вуглецевого газу, до атмосфери. Вирощування енергетичних культур другого покоління для задоволення енергетичних потреб слугує компромісом між розвитком технологій та екологічністю промислового виробництва. Таким енергетичним культурам, як міскантус гігантський, сіда багаторічна та сильфій пронизанолистий, притаманна невибагливість до ґрунтово-кліматичних умов, та до тривалості терміну вирощування без обробітку ґрунту (20–25 років) [1, 2, 3]. Через це, більшість країн світу, у виборі плантацій під енергетичні культури, зосереджують увагу на низькопродуктивних ґрунтах, на яких вирощування традиційних сільськогосподарських культур ускладнено. Зауважимо, що в деяких країнах для виокремлення таких ґрунтів введено в професійну лексику ґрунтознавства

¹ Науковий керівник – Ю. Л. Цапко, доктор біол. наук, ст. н. сп., завідувач лабораторії, ННЦ ІГА імені О.Н.Соколовського

термін «маргінальні землі». На шляху розвитку біоенергетичного виробництва вирішується декілька супутніх завдань – запобігання конкуренції з промисловим виробництвом енергії та окультурення захаращених або покинутих земель з низькопродуктивними ґрунтами. Зважаючи на не надто високий рівень розораності земель майже у всіх у європейських країнах, такий підхід до вибору площ для промислових плантацій енергетичних культур є вкрай доцільним. Проте в реаліях України можливим є й інший сценарій вибору земель під посадку енергетичних культур. За умови раціонального та професійного використання посівних площ існує можливість відведення частки сільськогосподарських угідь під енергетичні культури [4, 5]. У подібний спосіб Україна зробить крок до вирішення таких проблем: зниження надмірного рівня розораності (шляхом використання вже окультурених орних земель); підвищення ефективності використання земель сільськогосподарського призначення; посилення енергетичної безпеки країни.

Розвиток енергетичного виробництва спонукає до пошуку відповідних інструментів, котрі допомогли б врегулювати процес вирощування енергетичних культур паралельно зі зменшенням негативного впливу на екосистеми та ландшафти. Дослідження цього питання можливо здійснити на основі концепції екологічних послуг, якою передбачено баланс у будь-якій екосистемі за такими основними аспектами, як економічний, екологічний та соціальний. У документі ООН «Millennium Ecosystem Assessment» під екосистемними послугами (далі ЕП), загалом мають на увазі «вигоди, які люди отримують від екосистем». У статті ми розглядаємо функціонування плантації з енергетичними культурами як процес надання нею (плантацією) деяких екосистемних послуг, що відповідають основній класифікації, котрою користуються у світі. За цією класифікацією ЕП розділяють на чотири великі групи за функціями: постачання, регулювання, культурні та соціальні послуги, послуги підтримання екосистем [6]. Послуги постачання відносяться до таких, які безпосередньо споживаються людьми (продовольство, сировина, прісна вода, ґрунти, тощо). До послуги регулювання відносяться різноманітні процеси в екосистемах, що формують середовище існування (регуляція кліматичних та погодних умов, формування ґрунтів, запилення рослин). Нематеріальні вигоди і блага, такі як можливість відпочинку, отримання знань і тому подібне, реалізуються завдяки культурним та соціальним послугам. Послуги підтримання екосистем є найбільш широкими у розумінні, й обумовлені глобальними процесами формування атмосфери кругообігу речовин у природі тощо.

Аналіз літературних джерел свідчить, що в цілому, питання щодо вносу з ґрунту поживних елементів енергетичними культурами майже не розкрито, в той час як основний акцент у дослідженнях робиться на порівнянні «врожай – об'єм внесених добрив». Звичайно, удобрення збільшує врожайність енергетичних культур, що за літературними джерелами, найяскравіше проявляється у випадку із сільфієм пронизанолістим (майже у 2,7 раза) [7], а міскантус та сіда у прирості біомаси демонструють дещо слабшу залежність від удобрення. Міскантус гігантський проявляє вуглецеву нейтральність, що обумовлено мінімізацією винесення із ґрунту елементу завдяки його поверненню в осінньо-зимовий період через опадання листя та діяльність кореневої системи [8, 9]. За даними ряду авторів, при вирощуванні сільфію пронизанолістого без використання добрив, у ґрунті зменшується вміст азоту, магнію, кальцію сірки та вуглецю, а от кількість фосфору та калію натомість збільшується [7, 10, 11].

Метою статті є висвітлення результатів експерименту з дослідження впливу вирощування енергетичних культур на якість екосистемних послуг чорнозему опідзоленого важкосуглинкового.

Дослідження проведено на ділянці з енергетичними культурами у відповідності до задоволення таких екосистемних послуг: природне джерело виробництва енергетичної сировини; продовольче забезпечення свійських тварин, тощо (послуги постачання); регуляція локальних природних екосистем, регулювання ґрунтів (послуги регулювання); регулювання біогеохімічного циклу Карбону, депонування (процес організованого зберігання) вуглецю органічної речовини; біорізноманіття (послуги підтримання екосистем).

2. Об'єкти (матеріали) і методи дослідження

Дослідження проведено у 2019 і 2020 роках у досліді, закладеному 2016 року у дослідному господарстві ННЦ «ІГА імені О.Н.Соколовського» – Державне підприємство ДГ «Граківське» у селищі Новий Коротич у Харківському районі, Харківської області. Ґрунт – чорнозем опідзолений (Luvic Chernic Phaozem) важкосуглинковий.

Енергетичні багаторічні культури, використані у досліді: Міскантус гігантський (*Miscanthus Giganteus*) (посадки 2016 (I) і 2019 (II) років); Сіда багаторічна (*Sida hermophrodita*) (2018 р.); Сильфій пронизанолистий (*Silphium perfoliatum* L.) (2018 р.). Таким чином маємо п'ять варіантів досліді: контроль (без рослин); міскантус (I); міскантус (II); сіда; сильфій. Внесення добрив у досліді не передбачено з метою отримання результатів, що дають змогу оцінити реакцію ґрунту саме на енергетичні культури – головний фактор впливу. Загальна площа під дослідом – 600 м², кожного варіанта – Міскантус (I) 250 м², Міскантус (II) 120 м², Сіда 115 м², Сильфій 115 м².

Схеми посадки рослин:

Культура	Ширина міжряддя, м	Відстань між рослинами в рядку, м	Захисна смуга, м
Міскантус гігантський	1,0	1,3	1,0
Сіда багаторічна	1,0	0,60	1,0
Сильфій пронизанолистий	1,3	0,50	1,0

Заміри висоти стебла рослин, обраних рандомно, виконували для десяти рослин кожної культури.

Проби ґрунту для визначення характеристик і властивостей відбирали з шарів 0-20, 20-40 і 40-60 см рендомізовано у рядках культур у трикратній повторюваності (безпосередньо під трьома рослинами) згідно з ДСТУ 4287:2004. Контрольовані показники і методи їх вимірювання: вміст вуглецю органічної речовини ґрунту (оксидометричним методом, ДСТУ 4289:2004); вміст структурних макроагрегатів (ситовим методом у модифікації Н.І. Саввінова, ДСТУ 4744:2007); pH – потенціометричним методом (ДСТУ ISO 10390:2007).

Чисельність мікроартропод визначали еклекторним методом Тульгрена, який базується на використанні спільної для всіх ґрунтових мешканців особливості – намаганні проникнути вглиб за підсихання верхніх шарів ґрунту. Короткий опис методики вимірювання: проби ґрунту (із шару 0-20 см) фіксованого об'єму (150 см³) розміщували на ситі, вставленому у лійку трохи більшого діаметру, під якою розміщували посудину з фіксуючим розчином (70 % спирт). Кількість мікроартропод, які рухалися вниз і, скочуючись по стінках лійки, потрапляли у фіксуючу рідину, по закінченню вигонки підраховували за допомогою лупи, попередньо відфільтрувавши на фільтрувальному папері.

Фенологічні спостереження і відбирання проб ґрунту проводили по два рази кожного року – у травні і вересні.

Статистичну обробку результатів досліджень виконано з використанням програми Microsoft Excel

3. Результати й обговорення

На контрольному варіанті досліді (без енергетичних культур) чорнозем опідзолений важкосуглинковий характеризується низьким рівнем вмісту органічного вуглецю (Табл. 1), однак під енергетичними культурами спостерігається незначне його підвищення, з максимумом у прикореневій зоні сильфію в 2019 році в шарі 0-20 см на 0,18 %, а в шарі 20-40 см на 0,33 %.

Таблиця 1

Вміст органічного вуглецю у чорноземі опідзоленому важкосуглинковому

Дата відбирання проб (рік, місяць)	Шар ґрунту, см	Вміст органічного вуглецю у ґрунті (%) по варіантах досліді			
		Контроль	Міскантус (I)	Сіда	Сильфій
2019 05	0-20	1,86	1,95	1,89	2,04
	20-40	1,63	1,92	1,81	1,96
2019 09	0-20	1,87	2,08	2,08	2,25
	20-40	1,58	1,94	1,77	2,02
2020 05	0-20	1,88	2,06	1,99	2,06
	20-40	1,64	1,99	1,87	1,98
2020 09	0-20	1,86	2,11	2,10	2,21
	20-40	1,58	1,96	1,81	2,05
НІР ₀₅		0.05	0.06	0.06	0.04

У ґрунті під міскантусом гігантським простежується підвищення вмісту органічного вуглецю у шарі 20-40 см на 0,29 % порівняно з варіантом без рослин, що пояснюється особливостями його кореневої системи, яка завдяки майже суцільному розгалуженню кореневища, утвореного ризомами, сприяє накопиченню вологи, зменшенню її випаровування з ґрунту та посиленню рівня комфортності для життєдіяльності ґрунтової біоти.

Відомо, що такі рослини мають специфічні кореневі виділення, які завдяки присутності ряду органічних кислот у їх складі, сприяють вивільненню важкодоступних форм деяких елементів із ґрунту, а також впливають на кислотно-основу рівновагу слабо підвищуючи кислотність ґрунтового розчину у ризосфері коренів (Табл. 2).

Таблиця 2

Реакція ґрунтового розчину (рН Н₂О) чорнозему опідзоленого важкосуглинкового

Дата відбирання проб (рік, місяць)	Шар ґрунту, см	рН по варіантах досліду			
		Контроль	Міскантус (I)	Сіда	Сильфій
2019 05	0-20	6,5	6,4	6,3	6,3
	20-40	6,3	6,2	6,2	6,1
2019 09	0-20	6,6	6,3	6,4	6,3
	20-40	6,4	6,2	6,3	6,2
2020 05	0-20	6,5	6,3	6,4	6,3
	20-40	6,2	6,1	6,3	6,1
2020 09	0-20	6,4	6,2	6,2	6,2
	20-40	6,3	6,2	6,1	6,1

За результатами спостережень і аналітичних досліджень відзначимо позитивну динаміку щодо виконання плантацією енергетичних культур екосистемної послуги регулювання – поліпшення якості повітря шляхом накопичення та депонування вуглецю органічних речовин у ґрунті, та послуги підтримання екосистем – сприяння процесу біогеохімічного циклу вуглецю.

Виконання іншої екосистемної послуги, що входить до групи послуг підтримання екосистем, проаналізовано шляхом дослідження ґрунтової мікрофауни. У процесі гумусоутворення велика роль належить мікроартроподам. Це дрібні ґрунтові безхребетні, які відіграють важливу роль у процесах трансформації речовини та енергії в екосистемі й поліпшенні стану ґрунту й, відповідно, є певним індикатором стану екосистеми. Вони беруть участь у розкладанні органічних залишків, сприяють підвищенню аерації та структурованості ґрунту.

На рисунках 1 і 2 наведено кількісний розподіл найбільш розповсюджених груп мікроартропод – орибатид (панцерних кліщів) та колембол (ногохвісток), у шарі ґрунту 0-20 см під різними варіантами досліду.

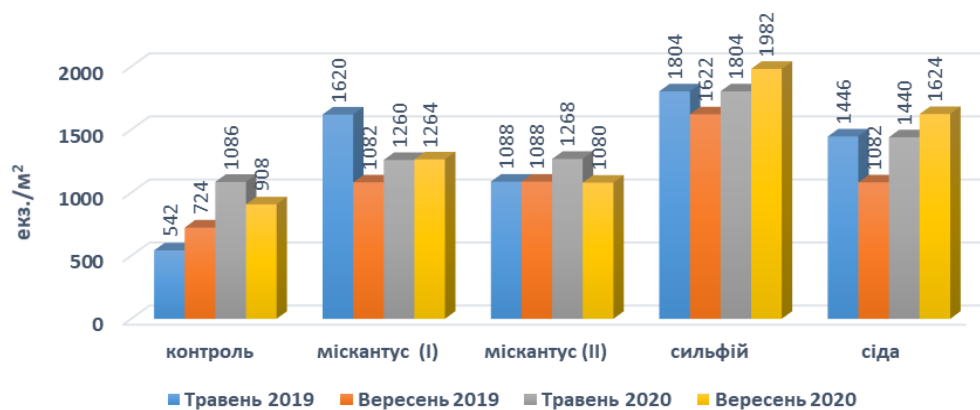


Рис. 1. Чисельність орибатид у чорноземі опідзоленому важкосуглинковому під енергетичними культурами в шарі 0-20 см. НІР05: Травень 2019 – 225; Вересень 2019 – 146; Травень 2020 – 131; Вересень 2020 – 192 екз./м²

Найбільшу кількість орибатид виявлено на варіанті з сильфієм пронизанолистим (1622–1982 екз./м²). Майже однакові результати маємо по варіантах з міскантусом гігантським (I) та сідою багаторічною. Однак навесні 2019 року під однорічним міскантусом (II) орибатид було майже на 600 екземплярів менше, ніж під чотирирічним (I), що пояснюється коротким строком дії культури на ґрунт та його біоту. Якщо ж порівнювати чисельність мікроорганізмів за сезонним коливання, то спостерігаємо, що у весняний період складаються більш сприятливі умови для існування орибатид, через літню посушливість клімату останніми роками.

Чисельність колембол стрімко реагує на рослини міскантусу гігантського у перші роки розвитку, в той час, як під сильфієм та сідою вона, хоча й демонструє поступове спадання з часом, однак, все ж таки, є більш стабільною.



Рис. 2. Чисельність колембол у чорноземі опідзоленому важкосуглинковому під енергетичними культурами у шарі 0–20 см. НІР05: Травень 2019 – 362; Вересень 2019 – 232; Травень 2020 – 284; Вересень 2020 – 188 екз./м²

Цікаво, що під сильфієм пронизанолистим, чисельність ногохвісток є доволі стабільною незважаючи на сезон. Вірогідно це обумовлено особливістю стрижневої кореневої системи, зосередженої на глибині 70–80 см, яка здатна утримувати достатню кількість ґрунтової вологи як для свого живлення, так і для стабільної життєдіяльності ґрунтових безхребетних упродовж усього вегетаційного періоду.

Для узагальнення даних щодо чисельності ґрунтової мікрофауни, в таблиці 3 зведено сумарну кількість орибатид та колембол разом.

Таблиця 3.

Сумарна чисельність ґрунтових безхребетних (орибатида плюс колемболи) у шарі ґрунту 0-20 см по варіантах дослідів

Дата відбирання проб (рік, місяць)	Чисельність орибатид і колембол (екз./м ²) по варіантах дослідів					НІР ₀₅ екз./м ²
	Контроль	Міскантус (I)	Міскантус (II)	Сильфій	Сіда	
2019 05	2706	6126	4860	5040	4320	286
2019 09	2166	3068	2700	4680	3600	236
2020 05	2708	2886	2160	3060	1800	428
2020 09	2894	4504	3786	4324	3784	562

Аналізуючи динаміку параметрів на кожному з варіантів констатуємо зниження загальної кількості мікроартропод з часом. Таке явище можливо пояснити негативним впливом високих літніх температур та низькою кількістю літніх опадів у роки спостережень. За даними на сайті Метео Фарм [20] сума опадів у період травень – серпень у 2019 р. становила 79 мм, а у 2020 – 62 мм. В цілому ж, порівнюючи окремо дію різних вирощуваних культур на чисельність ґрунтової безхребетної фауни в чорноземі опідзоленому, бачимо, що найсприятливіші умови для життєдіяльності мікроартропод склалися на ділянках, де вирощували сильфій пронизанолистий. Констатовано також, що хоча під культурами динаміка

чисельності мікроартропод є спадною у часі, однак, порівняно з контролем, загальна чисельність все одно залишається на порядок вищою.

Екологічну послугу постачання, енергетичні культури, найбільшою мірою, реалізують через забезпечення енергетичною, а у випадку з сідою та сильфієм, ще й кормовою сировиною. Кожна з досліджуваних енергетичних культур, досягає максимального приросту біомаси наприкінці літа – початку осені. Оптимальний час збирання врожаю залежить від рослини, і знаходиться в проміжку між серединою осені та початком весни [12–17]. У ході нашої роботи, було проведено заміри висоти стебла у рослин у вересні 2019 і у липні та вересні 2020 років (Рис. 1.). Результати вимірювань дозволяють проаналізувати швидкість росту кожної культури. З рисунку 3 добре видно, що вегетаційний період сильфію та міскантусу завершується раніше, ніж у сіди, про що свідчить різниця довжини стебла сіди у весняний та осінній періоди майже на 100 см.

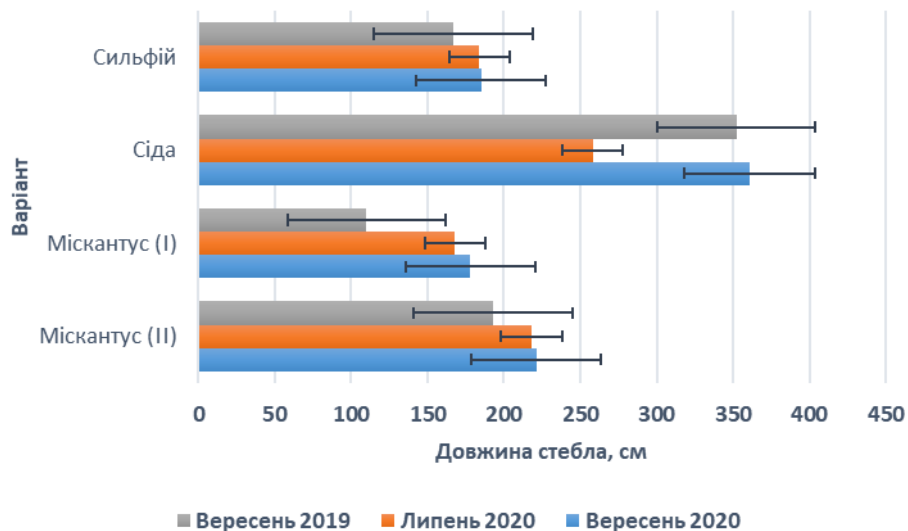


Рис. 3. Довжина стебла енергетичних культур

Розглядаючи міскантус гігантський, бачимо що довжини стебла рослин однорічної (2019 р.) та чотирирічної (2016 р.) посадки різняться у середньому на 50 см, що обумовлено різницею у віці, адже період росту з четвертого до сьомого року є найбільш продуктивним для міскантусу гігантського [18]. Таким чином, незважаючи на посушливість клімату у роки дослідження, всі культури здатні реалізувати свою головну функцію і виконати постачальну послугу, перш за все, через довгу кореневу систему, що має довжину від 1,5 до декількох метрів, залежно від рослини. Одним із факторів, що впливають на виконання екологічної послуги регулювання є структурний склад ґрунту, з яким пов'язані рух води й повітря, дифузія солей у ґрунті а також забезпечення кореневої системи рослин водою і повітрям. В таблиці 4 наведено деякі параметри структурного стану ґрунту – вміст основних фракцій макроагрегатів і коефіцієнт структурності.

Добре помітно, що ґрунт, який більше трьох років перебуває під впливом рослин міскантусу гігантського, у верхньому шарі (0–20 см) містить більше агрономічно цінних макроагрегатів (10 ... 0,25 мм) і тому коефіцієнт структурності у нього у два рази вищий.

Значне підвищення коефіцієнта структурності – більше ніж у 1,5 рази, відбулося і у верхньому (0–40 см) шарі ґрунту. Такий результат, головним чином, пов'язаний з будовою кореневої системи міскантусу. Вона мичкувата і досить добре розгалужується, і хоча проникнення коренів углиб відбувається більше ніж на два метри, основна маса (близько 70 %) зосереджена у верхніх 20 сантиметрах.

Таким чином, корені рослини найкраще розпушують та оструктурюють верхні шари ґрунту, і не лише фізичною дією, а ще й завдяки особливим корневим виділенням, у склад яких входять органічні кислоти, поліфенольні сполуки та флавоноїди [19], що сприяють структуроутворенню.

Таблиця 4

Індикатори структурного стану чорнозему опідзоленого важкосуглинкового на ділянці з міскантусом гігантським

Варіант	Шар ґрунту, см	Вміст фракцій, %, розміром, мм			Коефіцієнт структурності (Kс)
		> 10	10...0,25	< 0,25	
Контроль	0-20	34,70	58,17	7,13	1,39
	20-40	29,67	65,59	5,39	1,87
	40-60	26,17	65,19	8,64	1,87
Міскантус (I)	0-20	19,06	69,31	11,65	2,26
	20-40	20,84	73,06	6,10	2,27
	40-60	28,48	65,05	6,47	1,86

Примітка. Kс = (10 ...0,25) / (> 10 + < 0,25)

4. Висновки

Виявлено, що вирощування енергетичних культур, а саме міскантусу гігантського, сіди багаторічної та сільфії пронизанолистого, позитивно впливає на якість екосистемних послуг таких плантацій. Це обумовлено:

- загальним поліпшенням стану чорнозему опідзоленого за агрохімічними показниками – накопиченням органічного вуглецю і збільшенням вмісту мінерального азоту під міскантусом, покращенням всіх досліджуваних показників під сільфієм;
- збільшенням чисельності мікроартропод і, як наслідок, посиленням біорізноманіття, завдяки енергетичним культурам;
- стабільним накопиченням біомаси і забезпеченням енергетичною сировиною;
- оструктуренням ґрунту, та, як наслідок, поліпшенням циркуляції вологи, повітря, дифузії солей тощо.

Таким чином, виконуються такі екосистемні послуги: постачання – отримання енергетичної сировини; регулювання – підвищення якості ґрунту; підтримання екосистем – депонування вуглецю органічної речовини та регулювання його біогеохімічного циклу.

Отже, людині вкрай важливо навчитись бачити економічні вигоди з підвищення якості екосистемних послуг та зрозуміти цінність і необхідність збереження різноманіття екосистем, задля підтримання природних процесів у довкіллі. Екосистемні послуги природа надає нам безкоштовно, тож треба намагатися своїми зусиллями підвищувати їх рівень зараз, аби не платити потім в рази більше за їх відновлення.

Список використаних джерел

1. Шевчук Р.В. Біоенергетичні культури для Полісся. Всеукраїнський інформаційно-аналітичний портал «Аграрний Тиждень. Україна». URL: <https://a7d.com.ua/plants/13853-boenergetichn-kulturi-dlya-polssya.html> (дата звернення: 10.02.2021).
2. Two Novel Energy Crops: *Sida hermaphrodita* (L.) Rusby and *Silphium perfoliatum* L. State of Knowledge / L. Cumplido-Marin, A.R. Graves, P.J. Burgess [et. al.]. *Agronomi*. 2020, V. 10(7). 928. URL: <https://doi.org/10.3390/agronomy10070928>.
3. Organic compounds in root exudates of *Miscanthus × Giganteus* greif et deu and limitation of microorganisms in its rhizosphere by nutrients. / H. Kaňová, J. Carre, V. Vranová, K. [et. al.]. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*. 2010. V. LVIII N 5. P. 203-208. URL: <https://doi.org/10.1118/actaun201058050203>.
4. Калетнік Г.М. Біопаливо: продовольча, енергетична та екологічна безпека України. *Біоенергетика*. 2013. № 2. С. 12-14. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Bioen_2013_2_6.
5. 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.
6. Василюк О., Ільмінська Л. Екосистемні послуги. Огляд. БО «БФ «Фонд захисту біорізноманіття України». Ukrainian Nature Conservation Group. 2020. 82 с.
7. Енергетична і економічна ефективність вирощування Сильфії пронизанолистої на тверде біопаливо/ Р.В Шевчук, Б.В. Гук, Г.М. Шевчук [та ін.]. *Біоенергетика*. 2015. № 1. С. 28-29.
8. Beale C.V., Long S.P. Seasonal dynamics of nutrient accumulation and partitioning in the perennial C₄-grasses *Miscanthus × giganteus* and *Spartina cynosuroides*. *Biomass and Bioenergy*. 1997. V. 12. Iss. 6. P. 419-428. [https://doi.org/10.1016/S0961-9534\(97\)00016-0](https://doi.org/10.1016/S0961-9534(97)00016-0).

9. Christian D.G., Riche N.E., Yates N.E. Growth, yield and mineral content of *Miscanthus × giganteus* grown as a biofuel for 14 successive harvests. *Industrial Crops and Products*. 2008. V. 28. P. 320-327. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2008.02.009>.
10. Baran S., Wójcikowska-Kapusta A., Oleszczuk P. Changes of pollutant content during sewage sludge composting process. Part I.: Total polycyclic aromatic hydrocarbons content. *Inżynieria Ekologiczna*. 2005. V. 12, P. 19–25.
11. Yields, calorific value and chemical properties of cup plant *Silphium perfoliatum* L. biomass, depending on the method of establishing the plantation / M. Bury E. Mozdzer, T. Kitchzac [et al.]. *Agronomi*. 2020. V. 10(6):851. <https://doi.org/10.3390/agronomy10060851>.
12. Heaton E.A., Dohleman F.G., Long S.P. Seasonal nitrogen dynamics of *Miscanthus × giganteus* and *Panicum virgatum*. *GBC Bioenergy*. 2009. V. 1. P. 297-307 <https://doi.org/10.1111/j.1757-1707.2009.01022.x>.
13. Šiaudinis G., Liaudanskienė I., Šlepetienė A. Changes in soil carbon, nitrogen and sulphur content as influenced by liming and nitrogen fertilization of three energy crops. *Icelandic Agricultural Sciences*. 2017. (30). P. 43-50. <https://doi.org/10.16886/IAS.2017.05>.
14. Nahm M., Morhart C. Virginia mallow (*Sida hermaphrodita* (L.) Rusby) as perennial multipurpose crop: biomass yields, energetic valorization, utilization potentials, and management perspectives. *GBC Bioenergy*. 2018. V. 10, Iss.6. P. 393-404. <https://doi.org/10.1111/gcbb.12501>.
15. Ustac S., Munoz J. Cup-plant potential for biogas production compared to reference maize in relation to the balance needs of nutrients and some microelements for their cultivation. *Journal of Environmental Management*. 2018. V. 228. P. 260–266. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.09.015>.
16. Kiesel A., Lewandowski I. *Miscanthus* as biogas substrate-cutting tolerance and potential for an aerobic digestion. *GCB Bioenergy*. 2016. V.9, Iss.1. P. 153–167. <https://doi.org/10.1111/gcbb.12330>.
17. Mola-Yudego B., Aronsson P. Yield models for commercial willow biomass plantations in Sweden. *Biomass and Bioenergy*. 2008. V. 32 (9). P. 829-837. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2008.01.002>.
18. Potential of *Miscanthus × giganteus* grown on highly contaminated Technosols / N. Wanat, A. Austruy, E. Joussein [et al.]. *J. of Geochemical Exploration*. 2013. V. 126–127. P. 78–84.
19. Phytoremediation aspects of energy crops use in Ukraine / M.I. Kulyk, M.A. Galytska, M.S. Samoylik, I.I. Zhorniyk. *Agrology*. 2019. V. 2(1), P. 65-73. <https://doi.org/10.32819/2617-6106.2018.14020>.
20. Meteo.farm. Аро погода. URL: <https://www.meteo.farm/dashboard>.

UDC 631.413

Impact of energy crops on the quality of ecosystem services of Luvic Chernic Phaozem

Ya. N. Vodiak

National Scientific Center "Institute for Soil Science and Agrochemistry Research named after O. N. Sokolovsky",
Kharkiv, Ukraine
E-mail: 1994demidova@gmail.com

The article presents the results of research on the impact of energy crops on the quality of such ecosystem services of podzolized heavy loam chernozem (Luvic Chernic Phaozem) as providing, regulating and supporting. The observation was conducted during 2019-2020 in the SE "Experimental Farm "Grakivske", Novyi Korotych village in Kharkiv region of Ukraine. Energy perennial crops grown in the experiment: *Miscanthus giganteus* (plantings 2016 (I) and 2019 (II) years); *Sida hermaphrodita* (2018); *Silphium perfoliatum* L. (2018). Control variables: determination of soil organic carbon content; pH level; number of microarthropods in the soil; plant stem length. An increase in organic carbon content was found in the upper soil layers beneath energy crop plants, especially in the root zone of *Silphium*. Due to the root excretions of the crops a slight decrease in pH is also observed in all the variants compared to the control. A positive effect of the plants is also observed on the numbers of soil invertebrates – microarthropods, namely columbines and oribatids. The increase in their numbers indicates the formation of favorable conditions for these living creatures, in the root zone of all energy crops. For example, in May 2019 compared to the control (2706 ex. / m²) under four-year-old *Miscanthus* almost tripled (6126 ex. / m²), under annual *Miscanthus* – 4860 ex. / m², under *Silphium* – 5040 ex. / m², and under *Sida* – 4320 ex. / m². Positive changes in soil structure under the influence of *Miscanthus giganteus* cultivation, especially in the upper layer, were also noted. The coefficient of structure on the variants increased from 1.39 on the control, to 2.26 in layer 0-20 under *Miscanthus*. Measurements of stem height, showed that all of the selected crops were able to function normally despite reduced rainfall and increased temperatures in recent years. The plants are not depressed under drought conditions and only increase their biomass over time. Thus, the results indicate an overall improvement in the quality of soil ecosystem services in energy crop plantations. In particular, provisioning services – obtaining energy raw materials; regulating services – improving soil quality; and ecosystem services – depositing organic carbon, are improved.

Keywords: chernozem podzolized heavy loam; ecosystem services; energy crops; microarthropods; *Miscanthus giganteus*; *Sida hermaphrodita*; *Silphium perfoliatum*.

Citing: Vodiak Ya. N. 2021. Impact of energy crops on the quality of ecosystem services of Luvic Chernic Phaozem. *Agrochemistry and Soil Science*. Collected papers. No. 91. Kharkiv: NSC ISSAR, P. 64-71. [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.31073/acss91-08>.