

УДК 631.95: 662.636: 332.32

ВПЛИВ БАГАТОРІЧНИХ БІОЕНЕРГЕТИЧНИХ КУЛЬТУР НА ВІДНОВЛЕННЯ РОДЮЧОСТІ ҐРУНТУ

РОЇК М.В.,
ГАНЖЕНКО О.М.,
ГОНЧАРУК Г.С.

Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків Національної академії аграрних наук України (ІБКіЦБ НААН),
03110, м. Київ, вул. Клінічна, 25

ВСТУП. Як уже відмічалось авторами у попередній публікації [1], за останні десятиріччя внаслідок інтенсивного вирощування експорторієнтованих сільськогосподарських культур на фоні різкого скорочення внесення органічних добрив українські чорноземи зазнають значних втрат поживних речовин та органічної речовини. Це призвело до того, що близько 13,8 млн.га земель зазнають деградації внаслідок втрати гумусу і поживних речовин, що призвело до того, що майже 8 млн.га вже сьогодні є не придатними для вирощування традиційних сільськогосподарських культур [2]. Ці тенденції є типовими для більшості європейських країн. Так, за результатами досліджень, проведених за проектом SEEMLA програми ГОРИЗОНТ 2020 (ІБКіЦБ НААН був учасником проекту), загальна площа маргінальних земель в Європі (включаючи Україну) становить близько 222 млн. га [3]. Вирощування традиційних харчових культур на цих землях або не можливе через деградаційні процеси (ерозія, забруднення та інше), або економічно не ефективно через низьку їх родючість. На сьогодні маргінальні землі розглядаються як землі, на яких можливе вирощування багаторічних швидкоростучих рослин, біомаса яких може використовуватись на технічні цілі, зокрема для виробництва різних видів біопалив. Головні вимоги до таких культур — це невибагливість до умов вирощування, висока продуктивність та відповідна якість вирощеної біомаси. За проектом SEEMLA було створено каталог рослин, які відповідають вищенаведеним вимогам і можуть вирощуватись на Європейському континенті [4].

Однак, на сьогодні в науковій літературі недостатньо інформації стосовно впливу тривалого вирощування багаторічних біоенергетичних рослин на показники родючості ґрунту. Тому метою наших досліджень було встановити динаміку показників родючості ґрунту

за тривалого вирощування багаторічних злакових біоенергетичних рослин.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИКА. Експериментальні дослідження проводились на полях Ялтушківської дослідно-селекційної станції ІБКіЦБ НААН, розташованої у Лісостеповій зоні правобережної області на території Барського району. Географічне положення станції становить 48°59' північної широти і 27°27' західної довготи.

Зона діяльності станції характеризується помірно теплим вологим кліматом. Середня багаторічна температура січня дорівнює -6°C , а липня — $+21^{\circ}\text{C}$. Середньорічна сума опадів становить до 550 мм, а за вегетаційний період випадає від 280 до 360 мм. Середня глибина промерзання ґрунту 56 см, сума ефективних температур (вище $+5^{\circ}\text{C}$) становить 1942–2059 $^{\circ}\text{C}$. Середня багаторічна вологість повітря складає 75%.

Ґрунт дослідної ділянки — світло-сірий опідзолений, важко-суглинковий, слабо змитий. Глибина гумусного горизонту — до 30 см, з вмістом органічного вуглецю — 1,87%, легкогідролізованого азоту (за Корнфільдом) — 81; рухомого фосфору (за Чіріковим) — 139; рухомого калію (за Чіріковим) — 118 мг/кг ґрунту. За ступенем кислотності ґрунт кислий з реакцією ґрунтового розчину (водний) — рН 5,8, гідролітичною кислотністю — 15 ммоль/кг.

Впродовж 2008–2017 рр. проводили моніторинг основних агрохімічних

показників родючості ґрунту в стаціонарному досліді на ділянках, на яких вирощуються біоенергетичні рослини: міскантус гігантський і просо прутоподібне. Міскантус висаджувався за схемою 70x70 см (20,4 тис.шт./га). Просо прутоподібне висівали з шириною міжрядь 45 см.

Площа дослідної ділянки — 50 м², повторність дослідів — 3 разова, розміщення повторень — рендомізоване. На кожній ділянці вручну за допомогою бура відбирали 5 проб, з яких формували середню ґрунтову пробу методом квартування. Відбір зразків ґрунту проводили після закінчення вегетації рослин (III декада жовтня) на глибину 0...40 см.

Отримані експериментальні дані обробляли статистично із використанням дисперсійного та регресійного аналізів.

РЕЗУЛЬТАТИ І ОБГОВОРЕННЯ.

В наших дослідженнях вивчався вплив тривалого вирощування проса прутоподібного (світчграс) та міскантуса гігантського на показники родючості ґрунту.

Міскантус гігантський (*Miscanthus x giganteus*) — багаторічна злакова культура з фотосинтезом С-4, яку впродовж багатьох років вирощують в Америці та Західній Європі як джерело біоенергії [5]. Міскантус гігантський розмножується вегетативно шляхом поділу кореневищ або через культуру *in-vitro*. За рахунок високої врожайності сухої біомаси (до 25 т/га щорічно), високої теплотворної здатності (17,7 МДж/кг),

Таблиця 1

Зміна агрохімічного стану ґрунту в результаті багаторічного вирощування проса прутоподібного, (2008–2017 рр., Ялтушківська ДСС ІБКіЦБ НААН)

Агрохімічні показники ґрунту	Вихідні показники (контроль)	Рік вегетації				НІР _{0,05}
		3-й	5-й	7-й	9-й	
Вміст органічного вуглецю, %	1,87	2,25	2,43	2,35	2,40	0,33
Легкогідролізований азот, мг/кг	81	77	60	63	64	10,2
Рухомий фосфор, мг/кг	139	99	56	120	107	15,7
Рухомий калій, мг/кг	118	153	134	113	110	18,5
рН сольової витяжки	5,80	4,94	5,16	5,38	5,81	0,78
Сума увібраних основ, мг-екв/100 г ґрунту	22,40	17,75	17,80	18,20	23,50	2,90

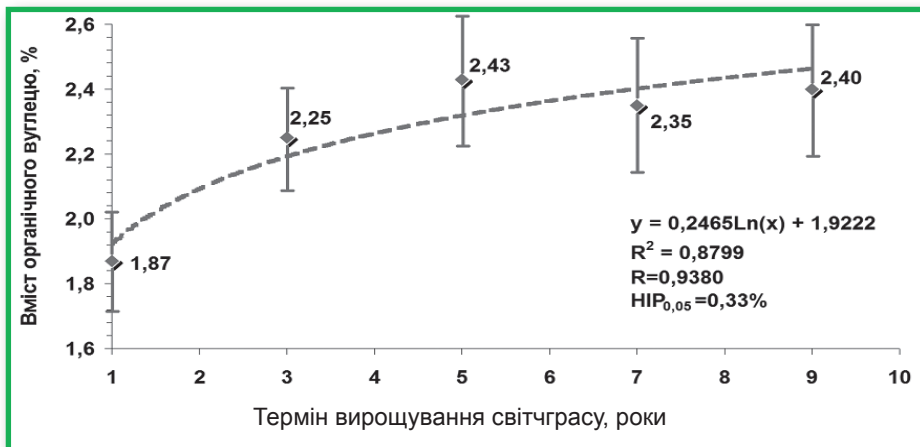


Рис. 1. Динаміка вмісту органічного вуглецю у ґрунті за вирощування проса прутоподібного (2008–2017 рр., Ялтушківська ДСС ІБКіЦБ НААН)

низької зольності (до 3%) та природної вологості стебел на час збирання (до 25%) міскантус гігантський є найефективнішою рослиною для виробництва твердого біопалива в Україні. Основними стримуючими факторами розширення площі міскантусу гігантського в Україні є висока вартість закладки плантації, відносно низька зимостійкість та підвищені вимоги до вологості. Селекціонерами ІБКіЦБ НААН створено адаптований до ґрунтово-кліматичних умов України сорт міскантусу гігантського 'Осіній зорецьвіт' [6], який використовувався в наших дослідженнях.

Перспективною енергетичною культурою для України є також проса прутоподібне або світчграс (*Panicum virgatum*), що належить до багаторічних злакових культур з фотосинтезом C-4. За продуктивністю світчграс дещо поступається міскантусу, однак світчграс має нижчі виробничі витрати порівняно з міскантусом, оскільки його можна розмножувати насінням і він потребує менше добрив [7]. Теплотворна здатність сухої біомаси світчграсу становить близько 18,4 МДж/кг, що відпо-

відає деревним породам, але приблизно на 33 відсотки менше, ніж у вугіллі [8]. На сьогодні до Державного Реєстру рослин, придатних для вирощування в Україні занесені два сорти світчграсу селекції ІБКіЦБ НААН — 'Морозко' [9] та 'Лядовське' [10]. У наших дослідженнях використовувався сорт 'Морозко'.

Результати багаторічних досліджень, проведених на малопродуктивних землях західної частини Вінницької області свідчать, що потужна коренева система багаторічних біоенергетичних культур та опале листя, яке не використовується на біопаливо, є джерелом надходження органіки у ґрунт. Тривале вирощування багаторічних злакових біоенергетичних рослин сприяє накопиченню органічного вуглецю у ґрунті. Так, за дев'ять років вирощування проса прутоподібного на малопродуктивних землях вміст органічного вуглецю у ґрунті зріс з 1,87% до 2,40% (табл. 1). Середній темп приросту органічного вуглецю у ґрунті за вирощування проса прутоподібного становить 0,056% за рік (рис. 1).

Одночасно спостерігається зменшення вмісту основних елементів жи-

влення: легкогідролізованого азоту, рухомого фосфору та калію. Це пояснюється тим, що на формування 20 т/га сухої біомаси, навіть за низької її зольності, проса прутоподібне виносить із ґрунту макроелементи. При цьому, частина макроелементів у кінці вегетації рослини повертають у ґрунт із листям та частинами кореневої системи.

У перші роки вегетації проса прутоподібного спостерігається збільшення кислотності ґрунту, проте вже на дев'ятий рік рівень кислотності повертається до вихідних значень. При цьому, значно збільшується гідролітична кислотність, що є закономірним явищем, оскільки внаслідок споживання інших елементів живлення сума увібраних основ з роками зменшується.

За тривалого вирощування міскантусу гігантського приріст органічного вуглецю в ґрунті відбувається ще інтенсивніше. Так, за шість років вегетації міскантусу вміст органічного вуглецю в ґрунті зріс з 1,87% до 2,42%, тобто в середньому на 0,092% за рік (табл. 2). Винесення азоту рослинами міскантусу гігантського призводить до зменшення його вмісту у ґрунті. Сірі лісові ґрунти містять достатньо калію тому тенденції до зменшення його вмісту за тривалого вирощування міскантусу гігантського не відмічалось. Реакція ґрунтового розчину через 4–6 років наближається до лужної, а сума увібраних основ у зв'язку зі споживанням основних макроелементів зменшується. Гідролітична кислотність за тривалого вирощування міскантусу гігантського (на відміну від проса прутоподібного) зменшується.

Резюмуючи вище відмічене, з впевненістю ми відзначаємо збільшення органічної складової ґрунту як за вирощування проса прутоподібного, так і міскантусу гігантського, перш за все, завдяки розвиненій кореневій системі багаторічних рослин. Акумулявання первинної органічної речовини та наступне її розкладання мікроорганізмами створює основу для інтенсифікації процесу гуміфікації, в результаті якого утворюється гумус — найбільш цінна органічна складова ґрунту.

Висновок. Таким чином, вирощування багаторічних злакових біоенергетичних рослин (міскантусу гігантського та світчграсу) на малопродуктивних та схильних до ерозії землях сприятиме відновленню їх родючості та забезпечить стаке надходження високоякісної сировини для виробництва різних видів біопалива. Використання малопродуктивних земель для вирощування біоенергетичних культур може стати одним із пріоритетів державної аграрної політики України.

Таблиця 2

Зміна агрохімічного стану ґрунту в результаті багаторічного вирощування міскантусу гігантського (2012–2017 рр., Ялтушківська ДСС ІБКіЦБ НААН)

Агрохімічні показники ґрунту	Вихідні показники (контроль)	Рік вегетації		HIP _{0,05}
		4-й	6-й	
Вміст органічного вуглецю, %	1,87	2,24	2,42	0,35
Легкогідролізований азот, мг/кг	81	57	62	12,7
Рухомий фосфор, мг/кг	139	79	103	17,4
Рухомий калій, мг/кг	118,0	120,5	105,0	17,16
pH сольової витяжки	5,80	6,54	6,69	1,01
Гідролітична кислотність, ммоль/кг	15,0	8,5	7,5	1,7
Сума увібраних основ, мг-екв/100 г ґрунту	22,40	13,50	13,45	3,22

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Роїк М. В., Ганженко О. М. Агроекологічні аспекти сталого розвитку біоенергетики / М. В. Роїк, О. М. Ганженко // Біоенергетика/Bioenergy. — № 1 (15). — 2020. — С. 4–7.
2. Медведєв В. В., Пліско І. В. Цінні, деградовані і малопродуктивні ґрунти України: заходи з охорони і підвищення родючості. Харків, 2015. 144 с.
3. Revealing Bioenergy Potentials: Mapping Marginal Lands in Europe — The Seemla Approach / Galatsidas, S., Gounaris, N., Vlachaki, D., Dimitriadis, E., Kiourtsis, F., Keramitzis, D., Gerwin, W., Repmann, F., Rettenmaier, N., Reinhardt, G., Ivanina, V., Hanzhenko, O., Gnap, I., Bogatov, K., Barbera, F., Mattioli, D., Volkman, C., Baumgarten, W. // 26th European Biomass Conference and Exhibition / ISBN: 978–88–89407–18–9; Paper DOI: 10.5071/26thEUBCE2018–1A.O.4.1; Session: 1A.O.4.1; Pages: 31–37.
4. Baumgarten W., Ivanina V., Hanzhenko O. Biomass production on marginal lands — catalogue of bioenergy crops Geophysical Research Abstracts Vol. 19, EGU2017–7904–1, 2017 EGU General Assembly 2017 © Author(s) 2017. CC Attribution 3.0 License.
5. Anderson, E., Arundale, R., Maughan, M., Oladeinde, A., Wycislo, A., & Voigt, T. Growth and agronomy of Miscanthus x giganteus for biomass production. Biofuels. 2011. Volume 2(2). Pages 167–183.
6. Свідоцтво № 150903 про державну реєстрацію сорту рослин міскантусу гігантського 'Осінній зорецьвіт'. Заявка № 13553001. Заявник: Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН
7. Schwarz, K. U., Murphy, D. P. L. and Schnug, E. (1994) 'Studies on the growth and yield of Miscanthus x giganteus in Germany', Aspects of Applied Biology, vol 40, pp 533–540
8. McLaughlin, S. B., Samson, R., Bransby, D. & Wiseloge, A. (1996). Evaluating physical, chemical, and energetic properties of perennial grasses as biofuels. In Bioenergy '96, Proceedings of the Seventh National Bioenergy Conference. Vol 1, pp 1–8, 15–20 September, Nashville, Tennessee.
9. Свідоцтво № 150927 про державну реєстрацію сорту рослин проса прутноподібного 'Морозко'. Заявка № 13558001. Заявник: Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН
10. Свідоцтво № 180839 про державну реєстрацію сорту рослин проса прутноподібного 'Лядовське'. Заявка № 17558001. Заявник: Ін-

ститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН.

АНОТАЦІЯ
УДК 631.95: 662.636: 332.32
ВПЛИВ БАГАТОРІЧНИХ БІОЕНЕРГЕТИЧНИХ КУЛЬТУР НА ВІД-
НОВЛЕННЯ РОДЮЧОСТІ ҐРУНТУ

 Роїк М. В., Ганженко О. М., Гончарук Г. С.
 The influence of perennial bioenergy crops on the soil fertility restoration
 Roik M. V., Hanzhenko O. M., Honcharuk H. S.
 Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків Національної академії аграрних наук України (ІБКЦБ НААН). 03110, м. Київ, вул. Клінічна, 25

Встановлено, що тривале вирощування багаторічних злакових біоенергетичних рослин позитивно впливає на показники родючості малопродуктивних ґрунтів. Так, за вирощування проса прутноподібного впродовж дев'яти років вміст органічного вуглецю у ґрунті зріс з 1,87 до 2,40%, а за вирощування міскантусу гігантського впродовж шести років — з 1,87 до 2,42%. Отже, закладка плантацій багаторічних злакових біоенергетичних рослин на малопродуктивних та схильних до ерозії землях сприяє відновленню їх родючості та забезпечує сталі надходження високоякісної сировини для виробництва різних видів біопалива.

ABSTRACT
UDC631.95: 662.636: 332.32
The influence of perennial bioenergy crops on the soil fertility
restoration

 Roik M. V., Hanzhenko O. M., Honcharuk H. S.
 Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet NAAS, 25 Klinichna St., Kyiv, 03110, Ukraine

It was found that long-term cultivation of perennial cereal bioenergy plants has a positive effect on the fertility of low-yielding soils. Thus, for the cultivation of switchgrass for nine years, the content of organic carbon in the soil increased from 1.87 to 2.40%, and for the cultivation of giant miscanthus for six years from 1.87 to 2.42%. Conclusions. Laying plantations of perennial cereal bioenergy plants on low-yielding and erosion-prone lands helps to restore their fertility and provides a sustainable supply of high quality feedstock for the production of biofuels.

УДК 633.282:631.332.81 © 2020

ПАВЛОВНІЯ —

ВИСОКОПРОДУКТИВНА КУЛЬТУРА

ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА БІОПАЛИВА ТА ДЕРЕВИНИ

 ГУМЕНТИК М. Я. —
 к.с.-г. наук, с.н.с.

 ЯГОЛЬНИК О.О. —
 н.с., редактор журналу
 «Біоенергетика/Bioenergy».

 Інститут біоенергетичних культур
 і цукрових буряків НААН України вул.
 Клінічна, 25, м Київ, 03110, Україна
 E-mail: hmy@ukr.net.

Вступ. Збільшення вуглекислого газу CO₂ та підвищення концентрації парникових газів, особливо метану в атмосфері землі є одними з основних причин зміни клімату. Дані проблеми зумовлюють до пошуку нових шляхів господарювання, тому постає актуальним питання використання енергоефективних технологій вирощування високопродуктивних біоенергетичних культур, які поряд із сировиною для виробництва біопалива активно поглинають із атмосфери вуглекислий газ та виділяють значну кількість кисню. Для сільгоспвиробників біоенергетичні культури є гарною альтернативою інтенсивному сільському господарству як з екологічної, так і з економічної точки зору, що забезпечують високу рентабельність галузі [1;2;3].

Постановка проблеми. До основних переваг рослинної біомаси як джерела альтернативної енергії належать екологічна чистота викидів порівняно з викопними видами палива та відсутність негативного впливу на баланс вуглекислого газу в атмосфері. Під час згоряння біопалива на основі рослинної біомаси в атмосферу виділяється менше вуглекислого газу, ніж поглинається рослинами в процесі фотосинтезу, утворюється у 20...30 разів менше оксиду сірки і в 3-4 рази менше золи порівняно з вугіллям. Побічним продуктом у процесі згоряння твердого біопалива є органічна речовина, яку можна використовувати як добриво [4]. Енергетичні плантації на основі деревних культур, які за мінімальний період дають можливість отримати значний обсяг високоякісної деревної продукції, називають «інтенсивним лісом». Цей напрям бізнесу є новим, що вже зарекомендував себе у світовій практиці як один з найприбутковіших і надійних шляхів інвестицій. Як правило, вкладені кошти окупуються вже на 3-5 рік від початку посадки енергетичної плантації. Для плантацій з коротким терміном вегетації використовують переважно швидко-рослі дерева, що дозволяє скоротити термін їх вегетації з 10-20 до 3-5 років. Такого роду деревину зі спеціально створених енергетичних плантацій можна використовувати як ді-

лову та переробити частину сировини з відходів, що складає біля 50% у вигляді гілля, на паливну тріску.

Для розвитку біопаливної галузі необхідно створювати власну сировинну базу, шляхом закладки спеціальних енергетичних плантацій із високим приростом біомаси. Вирощування біоенергетичних культур, виробництво та використання біопалива створює додаткову зайнятість сільського населення, стає пріоритетним напрямком розвитку економіки України.

Мета досліджень. Обґрунтувати доцільність вирощування високопродуктивної культури павловнії в різних ґрунтово-кліматичних зонах України з метою отримання сировини для виробництва біопалива та будівельної промисловості.

Найінтенсивніше даний процес відбувається у високопродуктивних біоенергетичних культур групи С4, таких як: павловнія, цукрове сорго, кукурудза та цукрові буряки. Наприклад, упродовж вегетаційного періоду на 1 га плантації цукрового сорго, впродовж години рослинами поглинається 9,2 м³ вуглекислого газу та виділяється 4,8 м³ кисню. Максимальних значень досягає нова енергетична рослина — павловнія, листки якої поглинають 15,0 м³ CO₂ та утворюють 6,0 м³ кисню (рис. 1). Плантація павловнії з 1 га поглинає 1200 т CO₂ в рік, таким чином очищує тисячі кубіч-