

УДК 662.633.2 (477.42)

О.В. Вишневська,  
кандидат сільсько-  
господарських наук

Т.Ф. Дмитренко,  
І.В. Тугуєва,  
Л.І. Вейко

Інститут сільського  
господарства Полісся НААН

## ЕМПІРИЧНЕ ВИЗНАЧЕННЯ ВИХОДУ БІОГАЗУ З ВЕГЕТАТИВНОЇ МАСИ БАГАТОРІЧНИХ НЕТРАДИЦІЙНИХ ВИСОКОСТЕБЕЛЬНИХ КУЛЬТУР

**Вступ.** Відновлювальна енергетика — альтернатива викопному паливу. **Мета.** Підбір для зони Полісся нетрадиційних багаторічних культур з високим виходом біомаси для подальшого отримання біогазу. Порівняння їх продуктивності за виходом зеленої маси, сухої маси та енергетичного потенціалу з типовою для зони культурою — грятицею збірною. Встановлення функціональних зв'язків між виходом біогазу, біометричними та хімічними

показниками цих культур. **Методи.** У дослідженнях було застосовано: польовий метод для оцінки врожайності вегетативної маси різних культур; аналітичні методи для оцінки хімічних показників сировини; розрахунковий та статистичний метод — для обробки отриманих даних. **Результати.** На фоні продуктивності традиційної високоенергетичної культури для зони Полісся грятиці збірної (13,4–19,3 т/га) за різних фонів удобрення галега східна, пирій сизий, сіда багаторічна та сільфій пронизанolistий у сумі з двох укосів сформували урожай зеленої маси на рівні 24,8–33,9 т/га, 16,8–27,2 т/га, 13,5–20,1 т/га та 72,5–102,5 т/га відповідно. Ці дані дають можливість спрогнозувати із врахуванням хімічних показників даних культур їх енергоефективність. Так, вихід біогазу з 1 га грятиці збірної становить 1319–1628 м<sup>3</sup>, з галеги східної — 2175–3927 м<sup>3</sup>, з пирію сизого — 1621–1770 м<sup>3</sup>, з сіди багаторічної — 2063–2956 м<sup>3</sup> та сільфію пронизанolistого — 4993–7128 м<sup>3</sup>. **Висновки.** Вирощування у зоні Полісся запропонованих нетрадиційних культур для фітоенергетики є доцільним, так як емпіричний вихід біогазу з їх посівів у рази перевищує контроль.

**Ключові слова:** Біогаз, вегетативна маса, відновлювальна енергія, продуктивність, висота рослин, проста лінійна залежність.

У ХХ ст. люди у повному масштабі опанували енергію води та вітру, навчилися здобувати її з ядерних реакцій. У ХХІ ст. людський геній намагається поставити собі на службу інший ресурс — сонце як прямий енергоносій так і опосередкований, заключний у енергоємних субстратах з відновлювальної сировини. Використання альтернативних джерел енергії дає змогу наблизитися до вирішення глобальних задач, поставлених перед людством: задовольнити зростаючі потреби у енергоносіях, впровадити у життя біологізацію рослинництва способом залучення у сівозмінні високоенергетичних культур та їх біогенних залишків у вигляді органічних добрив, підвищити культуру землеробства деградованих та виведених з ріллі земельних угідь, що особливо актуально для Полісся.

Нині плеяда науковців вивчає кілька питань, пов'язаних з вирощуванням високоенергетичних культур, але переважно тих, що мають високий потенціал олійності для отримання біопалива та біодизеля [1–3]. Знач-

но менше уваги приділяється культурам, які мають великий вихід біомаси, що дає можливість розглядати їх як сировину для біогазу [4–6]. За нашим аналізом останніх публікацій існує певний дефіцит досліджень, присвячених підбору культур, що здатні у зоні Полісся давати високий вихід біомаси.

Одним із способів реалізації потенціалу виведених з обробітку малородючих дерново-підзолистих земель є вирощування багатуокісних багаторічних культур з метою їх комплексного використання (насіння, корм, біогаз). У цьому випадку використовується практично вся біомаса. Основне завдання при вирощуванні сільськогосподарських культур для енергетичних цілей — отримання максимальної кількості біомаси при мінімальних затратах.

Для вибору енергоефективних для умов Полісся рослин і підбору раціональних технологій їх вирощування, проводили вивчення формування продуктивності та хімічних показників високостебельних нетрадиційних для зони культур.

**Методика досліджень.** Дослідження проводили протягом 2011–2014 рр. на дослідному полі Інституту сільського господарства Полісся НААН на дерново-середньопідзолисто-му супіщаному ґрунті.

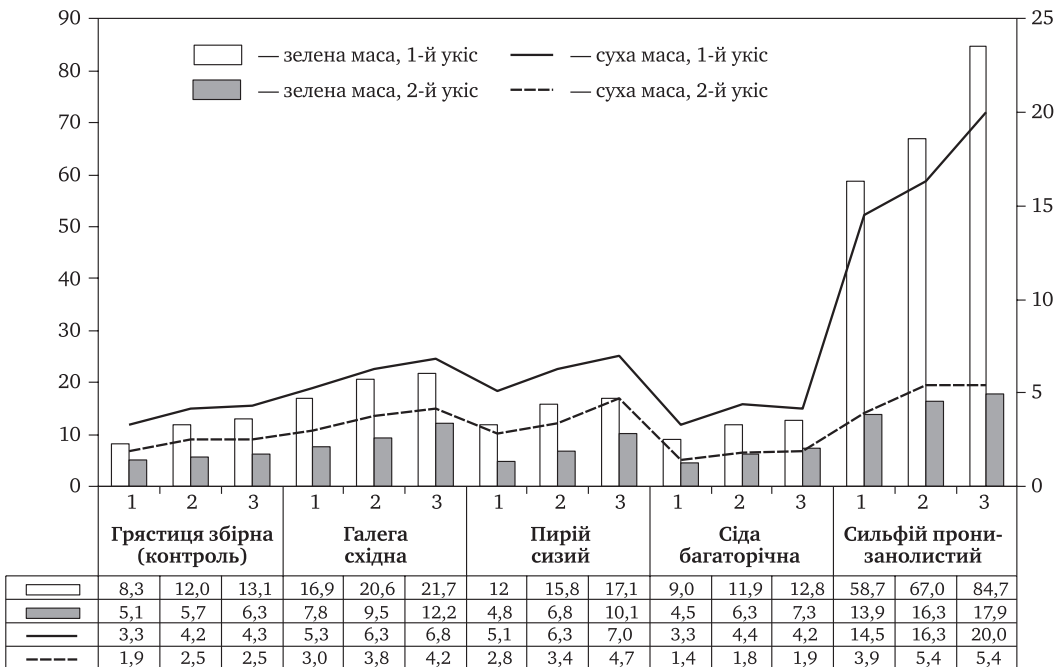
Об'єктом досліджень був вихід вегетативної маси нетрадиційних трав, їх хімічний склад і емпіричний вихід біогазу. За контроль взято традиційну багаторічну культуру Полісся — грястицю збірну. У досліді застосовано три фони удобрення культур: контроль (без добрив);  $N_{30}P_{60}K_{90}$ ;  $N_{90+30}P_{60}K_{90}$ .

Емпіричне визначення виходу біогазу визначали згідно розрахунків, запропонованих В.М. Павліським, Ю.П. Нагірним [7]. Збродження органічної речовини вегетативних джерел проводили за регламентом СОУ ЖКТ 10.09-014:2010 “Побутові відходи. Технологія перероблення органічної речовини, що є у складі побутових відходів”. Методика проведення досліджень та агротехніка вирощування культур — загальноприйнята для умов Полісся. Аналітичний супровід досліджень здійснювався згідно чинних методик та нормативної документації на методи випробувань.

**Результати досліджень.** Експериментальні дані свідчать, що у середньому за роки досліджень, вихід біомаси високостебельних нетрадиційних культур у сумі з двох укосів значно переважав продуктивність контрольної традиційної для зони культури. Так, мінімальні прирости виходу зеленої маси з двох укосів відносно грястиці збірної були зафіксовані у сіди багаторічної, які становили: на фоні без добрив — 0,1 т/га, на варіантах з  $N_{30}P_{60}K_{90}$  — 0,5 т/га та на ділянках з  $N_{90+30}P_{60}K_{90}$  — 0,8 т/га (рис. 1). Максимум за зазначеним вище показником було відмічено у сільфю пронизанолистого, причому на аналогічних варіантах досліді вихід зеленої маси був відповідно на 59,1, 65,6 та 83,2 т/га більшим, ніж у грястиці збірної. У нашому досліді галега східна за продуктивністю надземної маси з двох укосів переважала грястицю збірну на варіантах без добрив на 11,4 т/га, а на ділянках з  $N_{30}P_{60}K_{90}$  та  $N_{90+30}P_{60}K_{90}$  на 12,4 та 14,6 т/га відповідно. У пірїю сизого також були відмічені прирости виходу зеленої маси відносно традиційної культури: на фоні без добрив — 3,4 т/га, на варіантах з  $N_{30}P_{60}K_{90}$  — 4,9 т/га та на ділянках з  $N_{90+30}P_{60}K_{90}$  — 7,9 т/га.

**Вихід зеленої маси рослин, т/га**

**Вихід сухої маси рослин, т/га**



**Примітка:** 1 — контроль (без добрив); 2 —  $N_{30}P_{60}K_{90}$ ; 3 —  $N_{90+30}P_{60}K_{90}$ .

**Рис. 1.** Вихід зеленої та сухої маси нетрадиційних культур залежно від удобрення, середнє за 2011–2014 рр., т/га

Слід зауважити, що зазначена вище тенденція переваги нетрадиційних культур над традиційною у зоні Полісся зберігалася і за показником виходу сухої маси з двох укосів, крім сіди багаторічної. За нашими спостереженнями у цієї культури вихід сухої маси, у сумі з двох укосів, був на ділянках без добрив, з  $N_{30}P_{60}K_{90}$  та  $N_{90+30}P_{60}K_{90}$  на 0,4 т/га, 0,6 т/га та 0,7 т/га відповідно меншим, ніж у грястиці збірної на аналогічних варіантах. Максимальний приріст за показником виходу сухої маси відносно контролю було відмічено у сільфію пронизанолистого. Так, на варіантах без добрив він становив 13,4 т/га, на варіантах з  $N_{30}P_{60}K_{90}$  — 14,9 т/га, а на ділянках з  $N_{90+30}P_{60}K_{90}$  — 18,6 т/га.

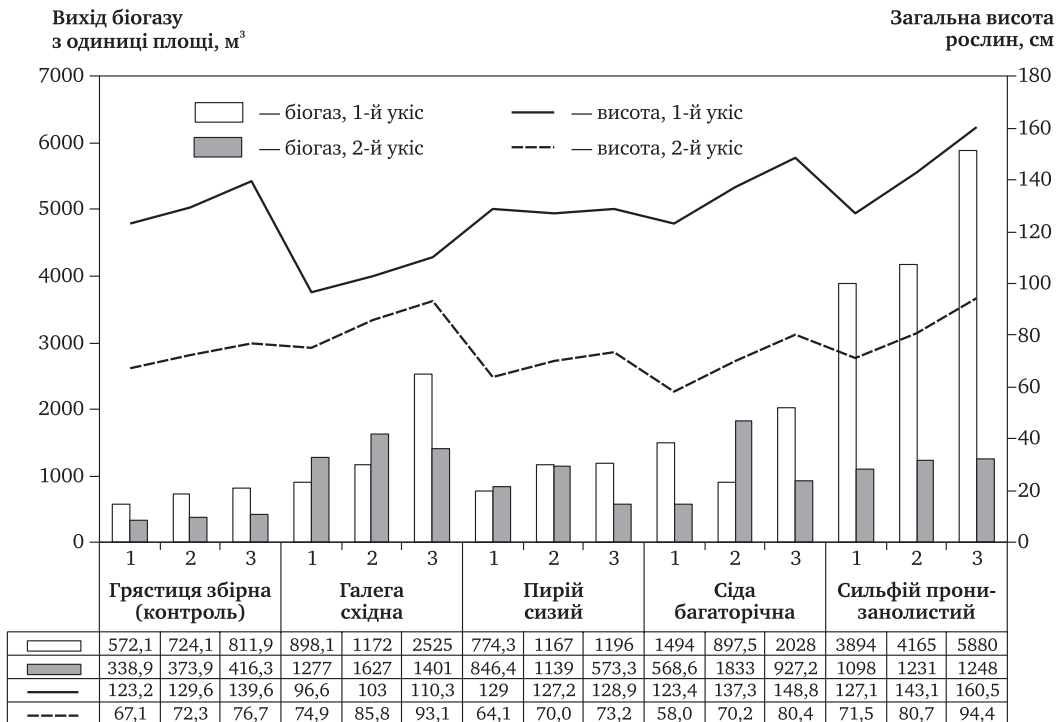
Вихід сухої маси з двох укосів галеги східної переважав контрольну культуру на варіантах без добрив на 3,2 т/га, а на ділянках з  $N_{30}P_{60}K_{90}$  та  $N_{90+30}P_{60}K_{90}$  на 3,4 та 4,2 т/га відповідно. На аналогічних варіантах пирію сизого були відмічені прирости виходу сухої маси з двох укосів відносно грястиці збірної у 2,8 т/га, 3,0 т/га та 4,9 т/га відповідно.

Для повної характеристики досліджуваних культур нами проведено визначення їх енер-

гетичного потенціалу з 1 га. Аналіз культур здійснювали за критеріями їх енергоефективності та продуктивності з 1 га.

За результатами аналізу встановлено, що за використання багаторічних традиційних трав на насіння залишається 75% від загальної кількості врожаю біомаси, яку можна використовувати як енергоємний субстрат. Вегетативну масу нетрадиційних культур можна використовувати повністю, а при збиранні насіння до 75%. За таких умов багаторічні культури здатні забезпечити вихід з 1 га теоретичної енергії, що перетворюється в біогаз, на рівні 11853,38–16981,45 МДж/кг у контрольній культурі за сухою масою після обмолоту та на рівні 16212,5–123487,06 МДж/кг у нетрадиційних культур. Визначено також, що з отави грястиці збірної вихід теоретичної енергії становив 7025,10–8709,92 МДж/кг, а у нетрадиційних культур він коливався в межах 11938,00–38500,50 МДж/кг.

Емпіричний вихід біогазу з нетрадиційних культур за кожним укосом окремо демонструє рис. 2. Слід відмітити, що у середньому за роками досліджень, вихід біогазу у сумі з двох укосів з традиційної для зони Полісся



Примітка: 1 — контроль (без добрив); 2 —  $N_{30}P_{60}K_{90}$ ; 3 —  $N_{90+30}P_{60}K_{90}$ .

Рис. 2. Вихід біогазу та загальна висота нетрадиційних культур залежно від удобрення, середнє за 2011–2014 рр.

грястиці збірної становив на варіантах без добрив 910,95 м<sup>3</sup>, а на ділянках з N<sub>30</sub>P<sub>60</sub>K<sub>90</sub> та N<sub>90+30</sub>P<sub>60</sub>K<sub>90</sub> — 1097,97 м<sup>3</sup> та 1228,13 м<sup>3</sup> відповідно.

Нами встановлено, що мінімальні прирости виходу біогазу з двох укосів відносно грястиці збірної були зафіксовані у пір'ю сизого. А саме: на фоні без добрив приріст становив 709,79 м<sup>3</sup>, на варіантах з N<sub>30</sub>P<sub>60</sub>K<sub>90</sub> — 1209,38 м<sup>3</sup> та на ділянках з N<sub>90+30</sub>P<sub>60</sub>K<sub>90</sub> — 542,07 м<sup>3</sup>. Максимальний сумарний вихід біогазу, за всі роки досліджень, був зафіксований у сільфію пронизанолістого. Так, на варіантах без добрив, з N<sub>30</sub>P<sub>60</sub>K<sub>90</sub> та N<sub>90+30</sub>P<sub>60</sub>K<sub>90</sub> він був відповідно у 5, 48, 4,92 та 5,80 разів більшим, ніж у грястиці збірної. Нами також прораховано, що галегі східна за продуктивністю утворення біогазу у сумі з двох укосів

переважала грястицю збірну на варіантах без добрив у 2,39 раза, а на ділянках з N<sub>30</sub>P<sub>60</sub>K<sub>90</sub> та N<sub>90+30</sub>P<sub>60</sub>K<sub>90</sub> у 2,55 та 3,20 раза відповідно. У сіди багаторічної спостерігалися також значні прирости виходу біогазу з двох укосів відносно традиційної культури: на фоні без добрив приріст становив 1152,10 м<sup>3</sup>, на варіантах з N<sub>30</sub>P<sub>60</sub>K<sub>90</sub> — 1633,24 м<sup>3</sup> та на ділянках з N<sub>90+30</sub>P<sub>60</sub>K<sub>90</sub> — 1727,49 м<sup>3</sup>.

За нашими розрахунковими даними, теоретичний сумарний вихід біогазу ( $z$ ) з 1 га нетрадиційних високостебельних культур має сильний ступінь кореляційної залежності  $r=0,8489$  при  $p=0,0032$  із їх загальною висотою ( $y$ ) та умістом сухої речовини ( $x$ ). Дана проста лінійна залежність описується рівнянням

$$z = -3930,0001 - 26,6825x + 88,4792y.$$

## ВИСНОВКИ

У результаті досліджень було встановлено, що серед нетрадиційних культур у зоні Полісся для фітоенергетики найбільш перспективним є сільфія пронизанолістий, який формують у рік за два укоси вегетації урожай біомаси залежно від удобрення на рівні 72,5–102,5 т/га та вихід біогазу на рівні 4993,15–

7128,45 м<sup>3</sup>, що майже у 5 разів перевищує аналогічні показники контрольної культури. Виявлено також сильний ступінь кореляції ( $r=0,8489$ ) між показниками виходу біогазу, висотою рослин та умістом сухої речовини нетрадиційних високостебельних культур.

## БІБЛІОГРАФІЯ

1. Дідух М.І. Оцінка енергетичного балансу та перспектив виробництва і використання біопалива з ріпаку в сільському господарстві Житомирщини / М.І. Дідух // Вісник ЖНАЕУ. — 2013. — № 1 (36). — Т. 1. — С. 54–62.
2. Боярчук В. Економічна та енергетична ефективність виробництва ріпаку озимого, пшениці озимої, кукурудзи, цукрового буряку та біопалива на їх основі / В. Боярчук, О. Фтома, О. Боярчук // Аграрна економіка. — 2012. — Т. 5. — № 1–2. — С. 114–124.
3. Кушнір І.В. Перспективи виробництва та переробки ріпаку в Україні / І.В. Кушнір // Економіка АПК. — 2006. — № 11. — С. 27–30.
4. Вейко Л.І. Альтернативні джерела біогазу та органічних добрив / Л.І. Вейко, І.В. Тугуєва, Т.Ф. Дмитренко // Наукові здобутки молоді — вирішенню проблем АПК: мат. всеукр. наук.-пр. конф. (с. Грозине, 18 червня 2014). — Житомир: Вид-во ЖДУ ім. Франка. — 2014. — С. 41–43.
5. Вишневецька О.В. Емпіричне визначення виходу біогазу з вегетативної маси багаторічних злакових трав / О.В. Вишневецька, Т.Ф. Дмитренко, І.В. Тугуєва // Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків: зб. наук. праць / Ін-т біоенергет. культур і цукр. буряків, Нац. акад. аграр. наук України. — К.: ФОП Корзун Д.Ю., 2013. — Вип. 19. — С. 134–139.
6. Czernicka B. Pozyskanie i wykorzystanie biomasy roślin energetycznych / B. Czernicka; Wojewodzki Ośrodek Doradztwa Rolniczego. — Gdansk: Wojewodzki ośrodek doradztwa rolniczego w Gdańsku, 2003. — 14 с. — Перевод заглавия: Использование биомассы биоэнергетических растений.
7. Павліський В.М. Енергетичний і метагеновий потенціал соломи зернових культур, ріпаку, і кукурудзи [Електронний ресурс] / В.М. Павліський, В.П. Нагірний, О.В. Павлівська / Наук. вісн. Національного університету біоресурсів і природокористування України. — 2010. — Режим доступу: <http://nubip.edu.ua/about/http%3A/%252Felibrary.nubip.edu.ua/view/subjects/subjects.html>