



УДК 633:504.054

**TOPINAMBUR AS AN ENERGY CROP FOR THE PRODUCTION OF  
ALTERNATIVE ENERGY SOURCES****ТОПНАМБУР ЯК ЕНЕРГЕТИЧНА КУЛЬТУРА ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА  
АЛЬТЕРНАТИВНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ****Iesipov O. V. / Єсіпов О. В.***c.t.s., as.prof. / к.т.н., доц.*

ORCID: 0000-0002-7395-2892

**Hryn Y. L. / Гринь Є. Л.***d.e.s., / д.е.н.*

ORCID: 0000-0002-4927-8228

*State Biotechnological University, Kharkov, Prospekt Heroiv, 45, 61032**Державний біотехнологічний університет, Харків, проспект Героїв Харкова, 45, 61032*

**Анотація.** За останні десятиріччя була проведена значна робота щодо поліпшення перетворення біомаси у паливо. Однак біопаливо першого покоління (біоетанол та біодизель, отримані з харчових культур) видобувають лише з кількох культур з різною ефективністю для перетворення сонячного випромінювання в хімічну енергію (біомасу).

За біологічною продуктивністю та виходом біоетанолу з одиниці площі топінамбур не поступається іншим сільськогосподарським культурам, зокрема тим, які є ключовими у виробництві продовольства.

Топінамбур як багаторічна високопродуктивна культура відзначається високою окупністю затрат, зокрема на внесені добрива.

**Ключові слова:** енергетичні культури, топінамбур, біопаливо, пелети, біогазові установки, біоетанол, біодизель, тепловіддача, джерело теплової енергії

**Вступ.**

Одним із найперспективніших, альтернативних та відновлювальних джерел енергії на сьогодні є тверда біомаса (біопаливо) органічного походження, в тому числі і рослинного, яка є екологічно чистим відновлювальним джерелом енергії.

Одним із стратегічних напрямків розвитку України є біоенергетика. Дуже багато уваги приділяється сектору відновлюваних джерел енергії. Залежність країни від імпорту енергоносіїв, у першу чергу є підставою для розгляду великого потенціалу біомаси, доступної для виробництва енергії.

За останні десятиріччя була проведена значна робота щодо поліпшення перетворення біомаси у паливо. Однак біопаливо першого покоління (біоетанол та біодизель, отримані з харчових культур) видобувають лише з кількох культур з різною ефективністю для перетворення сонячного випромінювання в хімічну енергію (біомасу).

Зокрема, біопаливною сировиною є в основному ріпак, олійні пальми та соя - для біодизеля; і цукрової тростини, кукурудзи, цукрових буряків та солодкого сорго для біоетанолу.

Крім того, не вся біомаса придатна для збору (тобто біомаса рослинності під землею зазвичай залишається в ґрунті), тому чистий уловлювач вуглецю зменшується, а неефективність переробки зростає.

З цих причин, як очікується, види рослин для системного виробництва біопалива наступного покоління подолають деякі з цих обмежень, особливо



якщо вони мають продуктивну підземну біомасу (тобто коріння або коренеплоди).

За біологічною продуктивністю та виходом біоетанолу з одиниці площі топінамбур не поступається іншим сільськогосподарським культурам, зокрема тим, які є ключовими у виробництві продовольства.

Топінамбур як багаторічна високопродуктивна культура відзначається високою окупністю затрат, зокрема на внесені добрива.

**Постановка проблеми.** Останнім часом все більш пильну увагу світової спільноти привертають питання, які пов'язані з перспективами використання альтернативних джерел енергії.

Дуже багато уваги приділяється дослідженням швидкоростучих енергетичних рослин, які доцільно вирощувати для отримання органічної біомаси. До таких культур відносяться швидкоростучі дерева, різні види верби і тополі, однорічні та багаторічні трав'янисті рослини, наприклад сорго, цукровий очерет, міскантус, амарант, гірчак гострокінцевий, горець сахалінський, мальва пенсильванська, румекс, топінамбур, просо лозове, гібридний тютюн [1].

### **Виклад основного матеріалу.**

Сучасні тенденції розвитку біоенергетики в Україні свідчать про динамічний розвиток ресурсної бази для біоресурсів, так званого твердого біопалива (біопалива 1-го покоління). Натомість експертне співтовариство розглядає перспективні напрямки виробництва рідкого палива 2-го і 3-го поколінь. Концепція розвитку біоенергетики до 2035 року в Україні передбачає, що частка рідкого біопалива повинна бути збільшена до 14,4%, а виробництво біоетанолу — до 1,7 млн. т умовного палива.

Проводяться дослідження щодо нових систем виробництва біопаливної енергії з меншим впливом на навколишнє середовище, більшою продуктивністю та більшою віддачею інвестицій, а також зменшенням конкуренції за землекористування з продовольчими та кормовими культурами.

З цих причин, як очікується, види рослин для систем виробництва біопалива наступного покоління подолають деякі з цих обмежень, особливо якщо вони мають продуктивну підземну біомасу (тобто коріння або коренеплоди).

Лігноцелюлозна біомаса із виділених біоенергетичних культур та сільськогосподарських відходів вважається стійким ресурсом для виробництва біоенергії, але гідроліз із застосуванням целюлолітичних ферментів є більш трудомістким та дорогим методом, ніж використання біомаси на основі крохмалю або патоки.

В даний час в Україні, як і в усьому світі, цукрова тростина, зерно кукурудзи, зернові культури, цукровий буряк та інші енергетичні культури в основному використовуються як сировина для паливного біоетанолу. Вибір для вирощування енергетичних культур враховує врожайність цієї культури, вихід біоетанолу з 1 га оброблюваної площі, вартість насіння безпосередньо для вирощування, збирання та зберігання, а також можливість використання відходів, що залишаються після виробництва паливного біоетанолу для інших цілей (наприклад, для корму тваринам). У таблиці 1 наведено інформацію про вихід біоетанолу з 1 га площі різних енергетичних культур, вирощених в Україні.



**Таблиця 1. - Вихід біоетанолу з 1 га площі сільгоспугідь.**

Енергетична культура	Середня врожайність, ц/га	Вихід біоетанолу з 1 га, л
Пшениця	20	600
Кукурудза	48	1200
Картопля	120	960
Цукровий буряк	450	4050
Сорго	250	2000
Цукрова тростина	560	4500
Топінамбур:		
Коренеплоди	400	4000
Стебла	500	2500

Вважаємо, що частковою альтернативою вирощуванню кукурудзи на зерно з метою отримання біоетанолу може бути топінамбур, який є культурою багатоцільового використання та відзначається цілою низкою господарських корисних ознак, зокрема високим виходом сировини з одиниці площі для виробництва біоетанолу [2].

Топінамбур схожий на соняшник, особливо в надземній частині. Топінамбур часто називають земляною грушею, волоською картоплею або волзькою ріпою. Листя мають черешки з зубчастими краями, забарвлення варіюється від зеленого до темно-зеленого. Стебло покрите короткими волохатими волосками і виростає у висоту до 4 метрів. Суцвіття топінамбура — невеликий кошик з яскраво-жовтими квітками (рисунок 1).

Топінамбур має добре розвинену кореневу систему, яка проникає глибоко в ґрунт. У кущі на кінцях підземних пагонів утворюється від 20 до 30 коренеплодів, масою до 120 г.

Батьківщиною топінамбура є Бразилія. Назва рослини походить від племені бразильських індіанців топінамба. Топінамбур потрапив до Європи на початку XVII століття, де швидко поширився як овочева, кормова та промислова культура. Топінамбур потрапив в Україну через Балкани та Молдову. Спочатку його вирощували як лікарську рослину, потім як овоч. На даний час почали використовувати як енергетичну культуру [3].



**Рисунок 1 - Топінамбур**



Найбільш урожайними з багаторічних культур є міскантус гігантський, сільфій пронизанолистий, гірчаки Вейріха та сахалінський, сіда багаторічна, топінамбур та однорічний соняшник.

Топінамбур є високопродуктивною культурою, не вибагливою до умов вирощування, яка добре реагує на застосування добрив. В умовах низького ступеня забезпечення елементами мінерального живлення, що можна спостерігати на малопродуктивних землях, є доцільним розробити таку систему внесення добрив, яка б могла забезпечити задовільну потребу культури в поживних речовинах та несуттєво впливала на формування собівартості біосировини.

Топінамбур як енергетична культура може слугувати частковою альтернативою кукурудзі, яка вирощується на зерно для біоенергетичних цілей, для заміщення сировинної бази виробництва біоетанолу[4].

Топінамбур з успіхом можна вирощувати на землях, які відзначаються низьким рівнем біопродуктивності ґрунтового покриву, зокрема деградованих, агрогенно трансформованих, порушених та маргінальних ґрунтах. У період з грудня по травень у природних умовах за допомогою морозу та вітру підсушували на пні стебло топінамбура до вологості 10–20%. Це економить виробнику 10–15 євро на висушуванні однієї тонни сирової біомаси. Вологість подрібненої сировини для виробництва твердого палива (пелет, брикетів) не повинна перевищувати 10–12%. Тільки суха сировина має енергетичну цінність (таблиця 2).

**Таблиця 2. - Енергетична продуктивність, біометричні показники, вміст теплової енергії топінамбура**

Енергетична продуктивність:	
Суха маса, т/га	11,8
Теплова енергія, ГДж/га	207
Умовне паливо, т/га	6,5
Біометричні показники:	
Висота, см	228
Діаметр стебла, мм	12,6
Маса 1 м <sup>3</sup> сухої січки зі стебел, кг	144
Вміст теплової енергії у сухій січці:	
МДж/кг	17,8
ГДж/кг	2,56

З одного гектара виробляється 10 тонн паливних гранул (пелет), енергетична цінність яких становить до 7 тис. м<sup>3</sup> газу.

Деревина з енергетичної тополі, верби та павловнії заготовляється після 3-4 років вирощування. Біомаса з міскантусу збирається на 3-й рік росту, тоді як стебло в топінамбура росте через 1 рік.

Кормозбиральний комбайн підбирає, подрібнює сухі стебла топінамбура. Після цього, завантажує сировину в причіп. Трактор транспортує його на склад місцевих споживачів для спалювання або на завод для виробництва пелет або брикетів.





**Рисунок 2 – Готова сировина топінамбура та пелети з сухих стебел культури**

Перевага топінамбура полягає в тому, що можна швидко отримати прибуток при виготовленні біопалива, адже його стебло виростає всього за 1 рік. Ця рослина придатна для вирощування в монокультурі (дає хороший результат при зростанні протягом 30 років на одній ділянці), невибаглива до ґрунтів, стійка до посухи, а також не вимагає великих витрат для виготовлення паливних гранул [5].

Вартість виробництва гранул із висушених стебел топінамбура становить 15–20 євро за 1 тону, з деревних відходів — 40–45 євро за 1 тону.

Покупцями гранул є промислові підприємства, виробники теплиць (це допомагає здешевити вирощування овочів у зимній та весняний періоди). Експортують українське біопаливо частково до Лівану, Польщі, Німеччини.

Також із подрібненого сухого стебла топінамбура виготовляються брикети високої щільності, з підвищеною стійкістю до вологи, які продають людям для опалення будинків.

Гранули топінамбура використовуються не тільки для систем опалення, вони є доброю підстилкою для тварин та птиці. Деякі птахофабрики вже використовують гранули як екопідстилку. Гранули з топінамбура добре вбирають вологу і набрякають. Відпрацьована підстилка - це високоякісне органічне добриво, оскільки в топінамбурі кислотність стебла нейтральна, а в деревині — висока. Підстилка з гранул топінамбура швидше та краще розкладається в ґрунті порівняно з підстилкою із деревних відходів.

### **Висновки.**

Вирощування топінамбура може слугувати ефективним засобом у вирішенні проблеми суспільної стурбованості з приводу конверсії продовольства в паливну сировину та зростанням цін на продукти харчування. Іншим аспектом вирішення проблеми конкуренції між виробництвом продовольчої та біоенергетичної продукції є те, що топінамбур, на відміну від зернових культур, можна з успіхом вирощувати на малопродуктивних землях, які все частіше розглядають як важливий резерв розширення площ під енергетичними культурами.

Застосування добрив під топінамбур, незважаючи на деяке зниження частки сухої речовини в урожаї, забезпечує значні прирости врожаю й підвищення



виходу сухої маси з одиниці площі. Дія та післядія добрив спостерігається навіть через чотири роки після внесення на деградованих ґрунтах. Однак в системах удобрення топінамбура слід правильно розраховувати повторність агротехнологічних заходів, пов'язаних із внесенням добрив. Це дозволяє суттєво підвищувати продуктивність агрофітоценозів і вихід біомаси з одиниці площі.

### Список літератури:

1. Єсіпов О.В. «Енергетичні культури як альтернатива традиційним видам палива», Матеріали МНПК, «Інноваційні розробки в аграрній сфері», ХНТУСГ, ННІ МСМ, 12-13 грудня 2019 року.
2. Лопушняк В., Слобода П. Високопродуктивна енергетична культура для виробництва біоетанолу. Motrol. Lublin, 2012. Vol. 14. No 4. P. 150–154.
3. <https://agrotimes.ua/article/topinambur-yak-palyvo/>
4. Сінченко В. М., Гументик М. Я., Бондар В. С. Класифікація видів біопалива та перспективи їх виробництва в Україні. Біоенергетика, 2014. № 1. С. 5–6
5. Топінамбур. Вирощування та використання. Інститут землеробства УААН. – Київ, 1992. – 21 с

***Abstract.** Much work has been done in recent decades to improve the conversion of biomass to fuel. However, first-generation biofuels (bioethanol and biodiesel derived from food crops) are extracted from only a few crops with different efficiencies to convert solar radiation into chemical energy (biomass).*

*In terms of biological productivity and yield of bioethanol per unit area, topinambur is not inferior to other crops, in particular those that are key in food production.*

*Topinambur as a perennial high-yielding crop is characterized by high cost recovery, in particular for fertilizers.*

***Key words:** energy crops, topinambur, biofuel, pellets, biogas plants, bioethanol, biodiesel, heat transfer, heat energy source*

Стаття відправлена: 16.03.2023 г.

© Єсіпов О. В.