

Порівняльний аналіз енергетичного потенціалу та економічної ефективності виробництва біомаси міскантусу, світчграсу та енергетичної верби

Д. О. Яцев

Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН, вул. Клінічна, 25, м. Київ, 03110, Україна,
e-mail: DmutroY@i.ua

Мета. Провести порівняльну оцінку біоенергетичного потенціалу та економічних показників вирощування багаторічних фітоенергетичних культур (міскантусу, світчграсу, енергетичної верби) для визначення найбільш рентабельних стратегій фітопаливної індустрії в умовах України. **Методи.** Лабораторний, фізіологічний, біохімічний, математико-статистичний, дисперсійний, економіко-статистичний та кореляційний аналізи. Дослідження проводили впродовж 2024-2026 років на дослідних полях Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН. Об'єктами дослідження були плантації міскантусу гігантського (*Miscanthus giganteus*), світчграсу (*Panicum virgatum*) та верби прутоподібної (*Salix viminalis* L.). Енергетичну та економічну цінність оцінювали за показниками урожайності сухої речовини (т/га), виходу чистої енергії (ГДж/га), нижчої теплоти згорання, а також за величинами виробничих витрат, собівартості 1 тонни сировини, чистого прибутку та рівня рентабельності. **Результати.** Встановлено, що погодні флуктуації (особливо літній дефіцит вологи) на етапі стабілізації плантацій не чинили критичного депресивного впливу на вихід сухої біомаси міскантусу та світчграсу: коливання врожайності перебували в межах $\text{НіР}_{0,05}$ (3–5%). Проте для енергетичної верби посушливі умови ініціювали виражений супресивний ефект, де річний приріст деревини знижувався порівняно з вологими роками більш ніж удвічі. Найбільш інформативним критерієм порівняльної оцінки культур визначено індекс чистого енергетичного виходу. Міскантус гігантський ідентифіковано як абсолютний біоенергетичний лідер: урожайність його сухої речовини стабілізувалася на піковому рівні (18,5–22,4 т/га), що забезпечило вихід енергії на рівні 320–360 ГДж/га (на 42,5%

вище порівняно зі світчграсом). Це корелює з високою теплотворною здатністю стебел і підтверджує ефективність використання сонячної інсоляції С4-видами завдяки оптимізації фотосинтетичного потенціалу. Світчграс показав проміжну енергетичну стабільність, проте продемонстрував найнижчу собівартість закладання плантації через насіннєвий спосіб розмноження. Енергетична верба виявила високу продуктивність лише за умов достатнього зволоження, але значні логістичні витрати на збирання та чіпування деревини погіршували її загальні фінансові показники. Дисперсійний аналіз показав, що домінантним чинником впливу на рівень рентабельності виробництва є біологічний вид культури (Фактор А) з часткою впливу 68–74%, тоді як частка впливу технологічних елементів догляду (Фактор В) складала 14–18%. Зафіксовано щільні прямі кореляційні зв'язки між виходом сухої речовини та чистим операційним прибутком ($r = 0,92$), вмістом лігніну в біомасі та нижчою теплотою згорання ($r = 0,91$), а також високі зворотні зв'язки між вологістю сировини під час збирання та термічним ККД її безпосереднього спалювання ($r = -0,89$), що математично доводить системну взаємозалежність агрономічних та економічних чинників. **Висновки.** Доведено високу диференціацію фітоенергетичних культур за критеріями економічної ефективності. Міскантус гігантський визначено як найбільш прибутковий вид для довгострокових інвестицій, тоді як світчграс рекомендовано для швидкої мінімізації стартових капіталовкладень. Математично обґрунтовано використання моніторингу співвідношення витрат на одиницю отриманої енергії (грн/ГДж) як надійного експрес-методу порівняльного аналізу та стратегічного планування в біоенергетичному секторі.

Ключові слова: міскантус гігантський; світчграс; енергетична верба; біомаса; енергетичний потенціал; нижча теплота згорання; економічна ефективність; рентабельність.