

*Заклад вищої освіти "Подільський державний університет"**м. Кам'янець-Подільський, Україна*

БІОЕТАНОЛ ІЗ СОРГО ЦУКРОВОГО ЯК ЕЛЕМЕНТ АГРОЕНЕРГЕТИЧНОЇ МОДЕЛІ УКРАЇНИ

Пошук ефективних та екологічно безпечних джерел енергії є стратегічним завданням для енергетичного сектору України. На тлі необхідності скорочення споживання викопного палива, підвищення енергетичної безпеки та виконання кліматичних зобов'язань, зростає роль біоенергетики — передусім у сільськогосподарських регіонах. Одним із напрямів її розвитку є побудова агроенергетичної моделі, що базується на поєднанні традиційного землеробства з виробництвом відновлюваних видів палива. Ця модель передбачає ефективне використання енергетичних культур, агровідходів і побічної продукції, включаючи можливість виробництва біоетанолу як рідкого моторного палива з локально доступної сировини.

На тлі зростання глобального попиту на енергію та необхідності скорочення викидів парникових газів дедалі більшого значення набуває виробництво біоетанолу з недорогих, невибагливих та високопродуктивних культур. Серед них особливу увагу привертає сорго цукрове — теплолюбна однорічна рослина, що накопичує значну кількість розчинних цукрів у стеблах і має високий потенціал як сировина для біоетанольного виробництва.

Сорго вирізняється пластичністю до ґрунтово-кліматичних умов, здатністю ефективно використовувати вологу та швидко формувати вегетативну масу. Завдяки цим властивостям культура добре адаптована до умов України, зокрема її Лісостепової та Степової зон. Вирощування сорго цукрового не конкурує з традиційними продовольчими культурами, а тому відповідає принципам сталого сільського господарства та біоекономіки.

Світовий досвід засвідчує широке використання сорго цукрового як сировини для виробництва біоетанолу, особливо в країнах із тропічним і субтропічним кліматом. У Китаї, Індії, США, Бразилії та Австралії ця культура активно використовується для створення другорядного або сезонного джерела біоетанолу поряд із цукровою тростиною. Її переваги включають короткий вегетаційний період, високу енерговіддачу та можливість повної механізації

виращування і збирання. У промислових масштабах вдається отримувати понад 4000 л біоетанолу з гектара при цукристості соку понад 16 %.

В українських умовах сорго цукрове демонструє стабільні врожаї зеленої маси в межах 40–60 т/га, залежно від сорту та технології вирощування. Потенційний вихід біоетанолу за оптимальних умов досягає 2–2,3 т/га, що є високим показником серед однорічних культур. При цьому, крім етанолу, переробка сорго дозволяє отримувати побічні продукти — стислі залишки, придатні для використання як тверде паливо або корм.

Водночас ефективність біоетанольного виробництва з сорго суттєво залежить від технологічних рішень у вирощуванні. Такі фактори, як мінеральне живлення, захист від бур'янів та сортові особливості, здатні змінювати як урожайність, так і концентрацію цукрів у соку. За сприятливих агротехнічних умов вихід біоетанолу може збільшуватись на 25–35 % порівняно з базовим рівнем, що підтверджує тісний зв'язок між агрономією та енергетичними результатами.

Виробництво біоетанолу із сорго також дає побічні продукти — пресовані залишки стебел, придатні як тверде біопаливо або корм, що підвищує загальну ефективність використання біомаси. Таким чином, сорго цукрове не лише дозволяє одержувати рідке біопаливо, але й створює основу для комплексного біоенергетичного циклу в межах господарства чи територіальної громади.

Попри значний потенціал, впровадження сорго цукрового в енергетичну модель України наразі стримується низкою чинників. Насамперед ідеться про недостатню інфраструктуру для переробки соку на біоетанол: більшість спиртових заводів не пристосовані до сезонної роботи з нестандартизованою сировиною, а логістика транспортування соку та зберігання соковмісної біомаси залишається нерозвиненою. Бракує також технологій консервування зеленої маси без втрат цукру, що обмежує масштабування виробництва. Додатковими бар'єрами є відсутність сформованого внутрішнього попиту на біоетанол та недосконалість державної політики у сфері підтримки біопалива другого покоління. Розв'язання цих проблем потребує комплексного підходу — від створення локальних переробних потужностей до нормативного визнання біоетанолу повноцінним енергетичним ресурсом у структурі національного ринку пального.

Сорго цукрове має високий потенціал як сировина для виробництва біоетанолу в умовах України, що підтверджується як світовим досвідом, так і результатами вітчизняного вирощування. Ефективність використання культури значною мірою залежить від технології її вирощування, зокрема рівня живлення, захисту від бур'янів і правильного підбору гібридів. При оптимальних

агротехнічних умовах вихід біоетанолу може перевищувати 2,3 т/га. Подолання інфраструктурних і нормативних бар'єрів дозволить інтегрувати сорго цукрове в систему біоенергетичного виробництва, сприяти енергетичній незалежності держави та розвитку циркулярної аграрної економіки.

Список використаних джерел

1. Hutsol T., Glowacki S., Mudryk K. Agrobiomass of Ukraine – Energy Potential of Central and Eastern Europe (Engineering, Technology, Innovation, Economics). Monograph. Warsaw: 2021. – 136 p.
2. Кобернюк О.Т., Мулярчук О.І. Вплив мінерального живлення на вихід біоетанолу з сорго цукрового [Текст] // Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка. Кам'янець-Подільський, 2017. – Вип.26.-Ч. 1. – С. 94-101.
3. Кобернюк О.Т., Кух М.В. Вплив позакореневого підживлення на урожайність сортів сорго зернового. Міжнародна науково-практична конференція присвячена 90 - річчю від дня народження О.С. Алексєєвої "Селекція, насінництво, технології вирощування с/г культур: досягнення і перспективи" м. Кам'янець-Подільський, 25-26 квітня 2016 р.
4. Khomina V., Trach I., Semenyshyna I., Koberniuk O., Mudryk K. et al. Potential of Soybean Straw in Ukraine and Solid Biofuel Production. In: Wróbel M., Jewiarz M., Szlęk A. (eds) Renewable Energy Sources: Engineering, Technology, Innovation. Springer Proceedings in Energy. Springer, Cham. 2019. DOI https://doi.org/10.1007/978-3-030-13888-2_15
5. Кучер О., Єрмаков С. Формування ринку біопалива в Україні. Актуальні проблеми управління та адміністрування. Кам'янець-Подільський, 2022 С.205-208