

УДК 351.862.4:620.92:620.952

© 2012

Григорюк І. П., доктор біологічних наук, член-кореспондент НААН України
Національний університет біоресурсів і природокористування України

Калініченко В. М., кандидат сільськогосподарських наук,
Малинська Л. В., старший викладач
Полтавська державна аграрна академія

ПЕРСПЕКТИВИ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ БЕЗПЕКИ ДЕРЖАВИ ЗА РАХУНОК ФІТОЕНЕРГЕТИЧНИХ РОСЛИН

Рецензент – доктор сільськогосподарських наук, професор А. В. Калініченко

Висвітлені питання необхідності пошуку нових альтернативних джерел і технологій виробництва енергії з відновлювальних ресурсів. Обґрунтовано перспективність вирощування рослин, які ефективно акумулюють сонячну енергію в процесі фотосинтезу, для підвищення енергетичної безпеки країни. Проведено аналіз перспективності застосування фітоенергетичних рослин у контексті сталого екологічно та економічно збалансованого розвитку держави. Наголошено на необхідності концентрування зусиль вчених на селекції нових форм рослин із високою активністю фотосинтетичного апарату та здатністю утворювати біомасу необхідної якості за умов їх невимогливості до умов живлення.

Ключові слова: енергетична безпека, відновлювальні джерела енергії, біомаса, фітоенергетичні рослини.

Постановка проблеми. За останні десятиріччя наукові досягнення і новітні технології змінили світ, відбулися глобальні зміни клімату й стану біоресурсів на планеті, що пов'язано з активним втручанням людини в природу та зміною характеру природокористування.

Нині людство гостро відчуває продовольчу проблему – кількість голодуючих у світі людей досягло близько 1 млрд [1, 4]. Згідно з існуючими розрахунками, населення Землі до 2050 р. становитиме близько 7,5 млрд чоловік [2]. Тому актуальною залишається проблема забезпечення населення в достатній кількості якісними і безпечними продуктами харчування, для чого необхідні величезні енерговитрати. Індустріалізація виробництва, у свою чергу, призводить до зростання витрат енергії, металу та інших матеріалів.

У сучасному рослинництві в зв'язку з широким впровадженням новітніх технологій вирощування провідних сільськогосподарських культур суттєво збільшуються витрати енергії. До того ж значна кількість енергії витрачається на виробництво техніки, що інтенсивно використо-

вується в сільському господарстві, на добування корисних копалин і виготовлення з них мінеральних добрив, на виробництво, переробку і транспортування продукції рослинництва та тваринництва. В результаті енергетична ціна «продукту на столі» виявляється в декілька разів вищою, ніж енергетична вартість самого продукту. Доведено, що енергетична вартість продуктів харчування з ростом потреб людства і розвитком технологічних процесів споживання енергії буде невпинно зростати [3, 9].

Враховуючи викладене вище, постійне підвищення енергоемності виробництва як промислової, так і сільськогосподарської продукції обумовлює важливість проблеми енергозабезпечення кожної держави. Фактично енергетична безпека країни в цілому стає одним із вирішальних чинників її конкурентоспроможності на міжнародному фінансово-економічному рівні. Зважаючи на це, а також враховуючи необхідність збереження екологічної рівноваги, пошук нових ефективних, а головне, відновлювальних джерел енергії стає найважливішою задачею вчених. Одним із найперспективніших із даної точки зору джерел поновлювальної енергії є енергія біомаси.

Аналіз останніх досліджень і публікацій, у яких започатковано розв'язання проблеми. В Україні проблеми енергетичної безпеки обговорюються в наукових колах, приймаються закони Верховною Радою України та ухвали Кабінету Міністрів України, працює Державне агентство з енергоефективності та енергозбереження, прийнята Енергетична стратегія України на період до 2030 року. Питання формування енергосировинної безпеки України розглядалися у роботах Д. К. Турченко, Б. М. Данилишина, С. І. Дорогунцова, В. С. Міщенко, М. І. Данько. Можливості використання біомаси рослин для енергетичних потреб висвітлені в роботах В. О. Дубровіна, В. Д. Касіячука, О. Ф. Аксьонова, С. В. Бойченка [4] та ін.

Більшість зарубіжних дослідників стверджу-

ють також про необхідність фундаментальних змін у енергетичному балансі. Так, американський еколог, засновник Worldwatch Institute, президент Інституту політики Землі, Л. Браун [11] зазначає, що для запобігання деградації довкілля, що негативно позначається на економіці кожної країни, доцільний перехід від використання викопного палива на інші джерела енергії.

Метою статті є аналіз тенденцій розвитку інноваційних технологій отримання енергії з нетрадиційних джерел, зокрема з біомаси, як складової забезпечення енергетичної безпеки та сталою економічного розвитку.

Матеріали і методи досліджень. Проведене дослідження базується на матеріалах наукових праць вітчизняних і зарубіжних вчених, світовому досвіді та практиці запровадження відновлювальних джерел енергії. Використані методи, що ґрунтуються на діалектиці та комплексному підході до вивчення економічних й екологічних явищ (монографічний, абстрактно-логічний, аналіз та синтез).

Результати досліджень. Відомо, що сучасна енергетика в якості пального використовує переважно корисні копалини, тобто акумульовану в давні періоди життя Землі сонячну енергію. До того ж використання природного палива безперервно зростає й може настати час, коли паливні ресурси планети виявляться вичерпаними. Саме тому надзвичайно актуальним наразі є пошук нових альтернативних джерел і технологій виробництва енергії з відновлювальних ресурсів. Окрім того, альтернативні джерела енергії повинні бути дешевші від традиційних (бензину, дизельного пального та електроенергії) й екологічно чистими, тобто з незначними викидами шкідливих речовин в атмосферу. В якості відновлювального джерела для виробництва альтернативних видів енергії доцільно використовувати рослинну сировину та її відходи.

Водночас із обмеженням паливних ресурсів проблема енергоспоживання пов'язана також ще з одним несприятливим фактором: в результаті їх спалювання в атмосферу виділяються токсичні продукти та хімічні речовини, які погіршують якість атмосфери, що негативно впливає на стан здоров'я людей [2, 4, 11].

Стає очевидним, що людство повинне постійно шукати новітні енергетичні джерела, звернувши погляд на фотосинтез – єдиний процес у біосфері, який веде до збільшення вільної енергії за рахунок зовнішнього джерела, яким є Сонце, забезпечуючи існування як рослин, так і гетеротрофних організмів і людини. Таким чином, основним джерелом

енергії для фотосинтезу й біологічної продуктивності є енергія Сонця. Рослини нагромаджують цю енергію, але використовують для фотосинтезу лише 2–5 %, решта витрачається на їх нагрівання та нагрівання навколишнього природного середовища. Водночас сонячна енергія визначає також температуру, за якої відбувається функціонування фізіологічних процесів. Останнім часом фотосинтезом зацікавилися технологи. Виявилось, що рослинний організм здатний перетворювати світлову енергію на електричний струм, вилучати із води водень – цінне, екологічно чисте, але ще дороге паливо, фіксувати вільний азот повітря та багато іншого принадного для технології. У процесі фотосинтезу відбувається синтез цукрів, жирів, білків та інших висококалорійних органічних речовин, що є енергетичною основою всього живого на Землі. В результаті фотосинтезу утворюється близько 96–98 % біомаси рослин. Механізм засвоєння сонячного світла полягає в тому, що енергія квантів світла перетворюється в енергію хімічних зв'язків органічних речовин; молекула води розщеплюється за рахунок поглинальної енергії світла – витісняється водень, з якого будуються молекули органічних речовин, і виділяється в атмосферу кисень, який необхідний живим істотам.

Фотосинтез здійснюється в особливих тилакоїдних мембранах, які забезпечують перетворення сонячної енергії й створюють у процесі фототрофного живлення енергетичні та пластичні ресурси біосфери. Процес засвоєння і консервації енергії сонячних променів унікальний, оскільки створюється фонд енергії найвищої якості й не виділяється побічних продуктів, які б могли забруднювати атмосферу, навпаки, утворюється кисень, що збагачує біосферу планети. Саме завдяки фотосинтезу сумарна листовна поверхня рослин із високою ефективністю вловлює енергію сонячних променів, яка досягає земної поверхні в досить розсіяному стані, – і в біосфері нашої планети підтримується рівновага колообігу води, вуглекислого газу та інших сполук. Отже, фотосинтез – це єдиний процес, який здатний постійно відновлювати енергетичні ресурси Землі. І за умов повної реалізації потенціалу сонячної енергії можуть бути забезпечені сучасні й майбутні потреби людства.

Сонячна енергія, як поновлювальне джерело, привертає все більшу увагу вчених і конструкторів. Окреслено перспективи використання форм енергії Сонця, зокрема активне прогрівання й охолодження, безпосереднє застосування сонячного тепла в промисловому й сільському господарстві та отримання електроенергії за допомо-

гою фотоелектричних елементів [8].

Необхідно зазначити, що в процесі розробки технічних пристроїв для поглинання і перетворення сонячної енергії виникають певні проблеми, пов'язані з низькою щільністю поверхневої енергії та значною залежністю від погодних умов. Найбільш розповсюджені напівпровідникові елементи мають коефіцієнт корисної дії 10–15 %. Сучасні науково-практичні й технологічні напрацювання дадуть можливість у найближчій перспективі підвищити ККД фотовольтанічних систем до 20–30 % [8].

Фотосинтетичний апарат рослин і фотосинтезуючих бактерій, який сформувався за 2,5 мільярда років еволюції живого світу, володіє унікальними «молекулярними машинами», які здатні до поглинання розсіяного світла й ефективного перетворення квантів сонячних променів спочатку в енергію електричних зарядів, а потім хімічних зв'язків органічної речовини. Так, квантовий вихід процесу засвоєння енергії світла в особливих молекулярних реакційних центрах хлоропласту перевищує 98 %. Такий високий коефіцієнт корисної дії обумовлений тим, що пігменти, які поглинають світло, хлорофіл і каротиноїди, розташовані тонким шаром на поверхні мембранної системи хлоропластів. Площа мембран, в яких містяться молекули пігментів, перевищує площу листка рослини приблизно в 30 000 разів! За умов досить розвиненої листової поверхні рослин і виникають високі потенційні можливості поглинання розсіяного сонячного світла й нагромадження енергії.

Вчені світу активно досліджують фотосинтетичні процеси, наголошуючи, що їх використання дасть змогу вирішити низку проблем біоенергетики майбутнього. Вважають, що подальша розробка теорії фотосинтезу призведе до принципово нових рішень енергетичної проблеми. Так, на базі штучних аналогів фотосинтетичних мембран виникає можливість конструювати установки, які з високою ефективністю зможуть перетворювати енергію сонячних променів в електричну та інші форми енергії стосовно певних технологічних процесів, наприклад, розділення іонів, фітохімічного розкладу води на кисень та водень, що дасть практично ідеальне паливо, використання якого не буде забруднювати навколишнє природне середовище. Очікують розвиток фітоенергетики на основі фотосинтетичної генерації водню, тобто обмеження відтоку відновлювача до циклу Кальвіна шляхом глибинного конструювання. Безперечно, що інтенсифікація утворення біомаси за рахунок підви-

щення коефіцієнта корисної дії фотосинтезу покликана вирішувати не лише енергетичні проблеми. Біомаса рослин – це джерело продуктів харчування людини, кормів для тваринництва, сировини для виробництв, лікарських препаратів. В перспективі рослинництво розвиватиметься в напрямі розвитку технологій виробництва біомаси конкретного призначення, наприклад, як джерела білків із метою отримання харчових або кормових продуктів чи ресурсів для тваринництва. У цьому відношенні обнадійливі перспективи пов'язані з бобовими рослинами.

Останнім часом опубліковано чисельні фундаментальні праці, в яких особлива увага зосереджена на біомасі, як сировині для отримання аналогів нафти. Вважають, що перспективним є створення так званих «нафтохімічних» плантацій, на яких актуально вирощувати види рослин, наприклад, багаторічних молочаїв із м'ясистими листками, які зростають на відкритих промислових засоленних пісках, полях, біля доріг як бур'ян [4–6, 9]. Доведено, що вони здатні нагромаджувати вторинні продукти метаболізму, які близькі за своїм складом до вуглеводів нафтового походження. Експерименти засвідчують, що за один рік в умовах напівпустелі 1 га «нафтової плантації» може давати 20 м³ замітника нафти [5].

Європейські фермери вирощують гігантську слонову траву висотою близько 4 м, з якої отримують 60 т/га біомаси [6], що використовуються як цінне енергетичне паливо. Цінністю даної рослини є також здатність до швидкого поглинання з атмосфери карбодіоксиду – газу, який впливає на стан озонового шару. В Росії створено новий сорт сорго, який формує близько 60 т/га біомаси й забезпечує з 1 га до 4–5 т етанолу та 7–8 т моторного біопалива із сухої маси стебел рослин. Отже, для отримання біопалива можна створювати «соргові енергетичні плантації» [7].

Шляхом спиртового бродіння з біомаси рослин отримують етиловий або метиловий спирт, що є сировиною для виробництва етанолу. Етанол впродовж багатьох років використовується в якості екологічно чистого пального в суміші з бензином або у чистому вигляді. Основною сировиною для виробництва етанолу слугують сорти і гібриди сорго, солома зернових культур, тирса деревини, швидкоростучі клони верби й тополі. Етанол і біопаливо є продуктами переробки рослинної сировини, яка щорічно утворюється під впливом сонця, повітря, води й землі, а тому є реальними відновлювальними джерелами енергії. Технологія виробництва етанолу і біопа-

льного з рослинної сировини, в тому числі з рослин сорго й соломи, простіша й дешевша виробництва бензину та дизельного пального з викопних джерел. Зарубіжними вченими розроблено технологію прямого отримання електроенергії з етанолу шляхом розкладання його на кисень і водень. Отже, світове співтовариство в найближчі роки частково або повністю може замінити бензин і дизельне паливо на етанол та біопаливо.

Основну роль у «фітоенергетичних плантаціях» можуть відігравати цукрова тростина, африканське просо, кукурудза, сорго, касава та інші рослини. В ґрунтово-кліматичних умовах України високим накопиченням біомаси характеризуються сорго, топінамбур, окремі види хрестоцвітних. Останнім часом науковцями запропоновано використання морської культури водоростей (макрофітів) як джерела біомаси для енергетичних потреб, де собівартість енергії невисока [11]. Фітоенергетичний варіант технології перспективний передусім для південної зони України, де рослинність надзвичайно високими темпами нагромаджує біомасу високої калорійності.

Найефективнішим заходом може виявитися комбіноване використання біомаси рослин. Із листків люцерни, наприклад, можна вилучати білки, а залишок використовувати для отримання спирту.

Використання нових нетрадиційних рослин із метою одержання максимальної кількості органіч-

ної речовини різноманітного призначення необхідно поєднувати з окультуренням і використанням низькородючих земель, які не можуть бути залучені для вирощування зернових чи технічних культур. Так, в Україні значні площі пісків, солонців і солончаків сконцентровані в областях зі значною кількістю сонячних днів, які сприятливі для функціонування фотосинтетичних процесів і створення нетрадиційних «фітоенергетичних плантацій». У зв'язку з цим актуальним є пошук шляхів інтенсифікації таких культур як цінного джерела біомаси. Так, в умовах підвищеної інтенсивності фотосинтезу в атмосфері, збагаченій вуглекислотою, на площі під плівкою дозволяє подовжити вегетаційний період рослин люцерни й отримати з 1 га до 2 тис. ц біомаси з вмістом більше ніж 20 % високоякісного білка.

Висновки. Для розробки нетрадиційних технологій фітоенергетики необхідно сконцентрувати зусилля селекціонерів, генетиків і біотехнологів на створення новітніх форм рослин із високою активністю фотосинтетичного апарату й здатністю утворювати біомасу необхідної якості за умов їх невимогливості до умов живлення.

Важливе вирощування біомаси рослин, як сировини для промисловості й біопалива, без скорочення обсягів виробництва продуктів харчування та забезпечення енергетичної безпеки України.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. Білорус О. Г., Зубець М. В., Саблук П. Т. [та ін.] Глобальна продовольча безпека: Монографія. – К.: ННЦ «ІАЕ», 2009. – 486 с.
2. Дробноход М. Сучасні тенденції еволюційного розвитку людства та Україна [Електронний ресурс] / 10.02.2010 р. – Режим доступу: <http://www.anvsu.org.ua/index.files/Articles/Drobnokhod5.htm>
3. Кудряшева А. А. Продовольча безпека і розвиток людства / А.А. Кудряшева // Харчова промисловість. – 2009. – № 7. – С. 14–15.
4. Лютій О. С., Бойченко С. В., Аксьонов О. Ф. Сучасний стан виробництва біодизельного палива у світі / Вісник НАУ. – 2009. – №1. – С. 142–145.
5. Наукові матеріали по виробництву біодизельного палива науково-дослідного інституту УкрНДІНП «Масма» / Науково-дослідний звіт. – 2007 р. – № 3. – С. 15–25.
6. Павлов В. І., Веремєнко Т. С. Шляхи ефективного використання непродуктивних сільськогосподарських земель регіону // Проблеми раціонального використання соціально-економічного та природно-ресурсного потенціалу регіону: фінансо-

- ва політика та інвестиції. Зб. наук. пр. – Вип. XV, № 3. – К.: СЕУ / Рівне: НУВГП, 2009. – С. 139–146.
7. Сахарное сорго – *Sorghum saccharatum* [Електронний ресурс] / «Российская Биотопливная Ассоциация». 2007. – Режим доступу: <http://www.bioethanol.ru/bioethanol/raws/Sorghum/>
 8. Скришевський В. А. Що таке сонячна енергетика і чи потрібна вона сьогодні Україні? [Електронний ресурс] / Еко клуб «Зелена Хвиля». – 27.01.08. – Режим доступу: <http://ecoclub.kiev.ua/index.php?go=Pages&in=view&id=75>
 9. Dabbert S. Organic Farming: PoHties and prospects / S. Dabbert, A.M. Haering, R. ZanoH. – London, 2009. – 452 с.
 10. Lester Brown. The Geopolitics of Food Scarcity [Електронний ресурс] / SPIEGEL International. – 02.11.2009. – Режим доступу: <http://www.spiegel.de/international/world/0,1518,606937,00.html>
 11. Neil Savage. Algae: The scum solution [Електронний ресурс] / Nature International weekly journal of science. – 22 June 2011. – Режим доступу: http://www.nature.com/nature/journal/v474/n7352_suppl/full/474S015a.html