

Механізація, електрифікація

УДК 631.147:635.82
© 2010

Г.А. Голуб,
доктор
технічних наук
ННЦ «ІМЕСГ» УААН

ЕНЕРГЕТИЧНА АВТОНОМНІСТЬ АГРОСИСТЕМ

*Наведено розрахунки щодо можливості
забезпечення енергетичної автономності
виробництва на основі структурної схеми
та імітаційної моделі агросистеми.*

На сучасному етапі перед людством постає декілька невідкладних проблем. Серед них — продовольча, енергетична та екологічна, розв'язання яких вимагає максимально ефективного збалансування харчових, сировинних та енергетичних потреб з можливостями агросистем при одночасному акумулюванні сонячної енергії у вигляді гумусу та утриманні й розширенні біологічного різноманіття біоценозів. Комплексне вирішення цих проблем спрямоване на подолання протиріччя, коли збільшення виробництва продуктів харчування або виробництва та споживання енергії призводить до порушення екологічної рівноваги та погіршення стану навколишнього природного середовища.

Останнім часом підвищення врожайності сільськогосподарських культур забезпечується використанням нових сортів та завдяки широкому застосуванню мінеральних добрив, пестицидів, гербіцидів, стимуляторів росту, збільшенню інтенсивності обробки ґрунту. Це призводить до падіння родючості ґрунтів та вимагає періодичного перегляду і збільшення значень нормативних показників, які характеризують безпечність продуктів харчування.

Як показує досвід, високоякісну та екологічно безпечну продукцію можна отримувати без використання синтетичних речовин при одночасному збереженні родючості ґрунту, однак у цьому випадку резерви збільшення виробництва обмежені, що протирічить потребам у сільськогосподарській продукції. Тому проблема виробництва високоякісних та екологічно безпечних продуктів харчування в кількості, достатній для забезпечення потреб населення з одночасним відтворенням родючості ґрунтів, є актуальною для агропромислового виробництва.

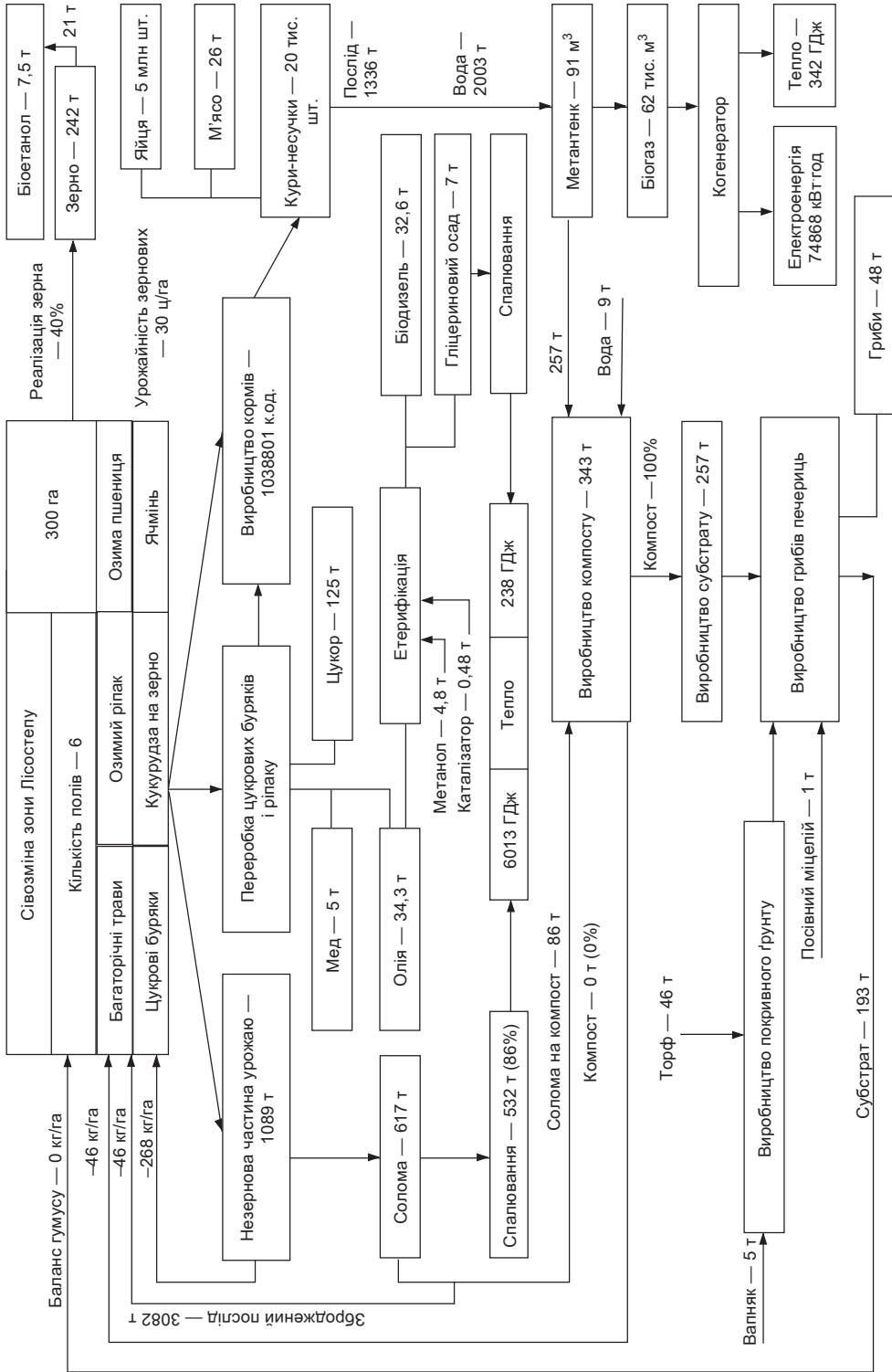
Відомо, що основою природного поповнення запасів гумусу в ґрунті є кореневі та пожнивні залишки рослин, а антропогенного — солома, оскільки вона містить усі складові для утворення гумусу, крім азотистих речовин, а також гній і послид як джерела азотистих речовин.

Однак, незважаючи на наявність сировини для виробництва органічних добрив, їх можливості не використовували у повному обсязі. Виробництво мало непривабливий характер через несприятливі умови роботи та постійно потребувало створення та удосконалення відповідних засобів механізації.

Останнім часом виникли підприємства, які закупають та переробляють солому в субстрати та вермікомпости, але через відсутність власних земельних площ сільськогосподарського призначення відпрацьовані субстрати та вермігумус, зазвичай, надходять у приватний сектор, чим відволікають органічну сировину з кругообігу в агросистемах.

Залучення в енергетичний баланс біологічних видів палива як поновлюваних ресурсів акумульованої сонячної енергії є одним з актуальних завдань сьогодення. Однак поширення використання біологічних енергоресурсів — доволі складний процес, що потребує додаткових витрат для надання їм споживчих якостей. Споживачі палива технологічно та технічно налаштовані впродовж останнього сторіччя на використання концентрованих неоновлюваних джерел енергії. Для переходу до використання поновлюваних біологічних енергоресурсів необхідні значні капітальні витрати, однак щорічний дефіцит палива для виконання основних польових робіт та необхідність збереження природного середовища потребують зосередження зусиль на розробці методів та технічних засобів для забезпечення енергоавтономності сільськогосподарського виробництва.

Необхідно також враховувати, що використання технологічних процесів з високим рівнем механізації не завжди призводить до підвищення економічних показників виробництва через збільшення відрахувань на технічне обслуговування та ремонт технічних засобів у собівартості продукції, відрахувань на амортизацію, які не компенсуються додатковими прибутками виробництва.



Структурна схема виробництва продукції та енергії

Без вирішення ряду наукових проблем, а особливо тих, що стосуються недостатності існуючих закономірностей для визначення конструкційно-технологічних параметрів машин та обладнання, які б дали змогу підвищити ефективність виробництва шляхом удосконалення й оновлення екологічно безпечних технологічних процесів, засобів механізації та обладнання для виробництва сільськогосподарської продукції та біопалив, неможливо досягти подальшого ефективного розвитку суспільства.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Установлено, що біоконверсія органічної сировини з вирощуванням їстівних грибів дає змогу максимально інтенсифікувати процес утворення первинного гумусу з органічної сировини агроценозу в штучних, найбільш оптимальних для кожної стадії біоконверсії умовах, а також отримувати додаткову білкову продукцію у вигляді шапкових грибів печериць та гливи [1].

Для проведення біоенергоконверсії органічної сировини в штучних умовах рекомендується створювати в сільськогосподарських підприємствах майданчики для виробництва компосту на основі соломи. Особливо це стосується господарств зерно-птахівничого та зерно-свинарського напрямів. Під час компостування органічної сировини в оптимальних, штучно створених умовах солома та послід набувають форм, необхідних для подальшого перетворення ґрунтовими мікроорганізмами. Завдяки проходженню біохімічних реакцій та нагріву до температури 50—70°C відбувається знезараження патогенної мікрофлори, а також інактивація насіння бур'янів. Частка виробленого в господарстві компосту може бути використана для подальшої обробки в закритих ферментаційних камерах з отриманням субстрату для вирощування їстівних грибів. При цьому забезпечується максимальний розклад органічної сировини в штучних умовах у короткі строки з одержанням стабільного продукту первинного гумусу. Відпрацьований субстрат після вирощування грибів — це високоякісне органічне добриво і може бути використаний у технологіях вермикомпостування або внесений на поля. Для реалізації таких схем біоенергоконверсії розроблені технологічні процеси виробництва компосту на основі соломи та пташиного посліду, субстрату для вирощування печериць, їстівних грибів з використанням пристосованих приміщень [2—4].

Водночас питання урахування впливу біоенергоконверсії органічної сировини агросистем на можливість забезпечення енергетичної автономності виробництва зі збереженням родючості ґрунтів та підвищенням ефективності виробництва продукції залишається відкритим.

Мета дослідження — розробити структурну схему та імітаційну модель біоенергоконверсії органічної сировини агросистем із забезпеченням підвищеного рівня енергетичної автоном-

ності диверсифікованого сільськогосподарського виробництва, оцінити можливість її техніко-технологічної реалізації та економічну ефективність.

Результати досліджень. З урахуванням загальновідомих закономірностей та результатів досліджень, проведених у ННЦ «ІМЕСГ» УААН, розроблено структурну схему та імітаційну модель диверсифікованого виробництва продукції з біоенергоконверсією органічної сировини для 6-пільної сівозміни загальною площею 300 га (рисунок). Розрахунки можуть бути поширені на сівозміну довільної площі.

Структурна схема диверсифікованого виробництва сільськогосподарської продукції та енергії передбачає: вирощування польових культур сівозміни з виробництвом зерна та цукрових бур'яків; збирання соломи зернових культур та стебел ріпаку; залишення подрібнених стебел кукурудзи на полі у вигляді мульчі; виробництво кормів для птахівництва; виробництво продуктів птахівництва; метанове (анаеробне) зброджування пташиного посліду з виробництвом тепла та електроенергії з біогазу; підготовку і використання соломи зернових культур та стебел ріпаку на теплові потреби у вигляді брикетів, рулонів або січки; використання соломи зернових культур, стебел ріпаку та збродженого посліду для виробництва компосту; виробництво субстрату для вирощування печериць з компосту та виробництво грибів печериць; виробництво біодизельного палива з ріпакового насіння; використання гліцеринового осаду на теплові потреби.

На основі наведеної схеми було визначено баланс гумусу в сівозміні за загальновідомими даними за виразом:

$$B = \frac{1}{\sum_{i=1}^n S_i} \left[\begin{array}{l} -\sum_{i=1}^n S_i M_i + \sum_{i=1}^n S_i Y_i k_{CM_i} k_{Г_i} + \\ + \sum_{j=1}^m O B_j \left(1 - \frac{W_j}{100} \right) k_{Г_j} \end{array} \right], \quad (1)$$

де B — річний баланс гумусу в сівозміні, кг/га; M_i — мінералізація гумусу i -ю культурою сівозміни, кг/га; Y_i — урожайність i -ї культури сівозміни, кг/га; k_{CM_i} , $k_{Г_i}$ — коефіцієнти виходу сухої маси решток та їх гуміфікації для i -ї культури сівозміни, відн. од.; S_i — площа під i -ю культурою сівозміни, га; $O B_j$ — річний обсяг органічної біомаси j -го виду (незернова біомаса сільськогосподарських культур, що залишається на полях, гній, послід, компост, субстрат, біомаса бур'янів, сидератів тощо), яка надходить на поля протягом року, кг; W_j — відносна вологість органічної біомаси j -го виду, %; $k_{Г_j}$ — коефіцієнт гуміфікації сухої органічної біомаси j -го виду, відн. од.; n , m — кількість полів сівозміни та кількість видів органічної біомаси, шт.

Установлено, що найбільший вплив на ба-

ланс гумусу має урожайність зернових культур, оскільки вона найбільшою мірою формує надходження органічної сировини на поля та меншою — рівень реалізації зерна, оскільки він впливає на величину кормової бази птахівництва. При використанні всієї зібраної соломи та стебел ріпаку (втрати прийняті на рівні 25%, у т.ч. 10 — стерня та 15% — втрати під час збирання, транспортування та зберігання) на теплові потреби, баланс гумусу в сівозміні можна апроксимувати таким лінійним рівнянням регресії:

$$B = (-0,0537P + 33,123) Y - 975, \quad (2)$$

де B — баланс гумусу в сівозміні, кг/га; P — рівень реалізації зерна (від загального обсягу вирощеного зерна), %; Y — середня врожайність пшениці та ячменю, ц/га.

Аналіз рівняння показав, що при використанні вирощеного зерна як корму для годівлі птиці нульовий баланс гумусу в сівозміні досягається при рівні врожайності зернових культур 29,4 ц/га, а при повній реалізації вирощеного зерна — 35,1 ц/га. З урахуванням того, що середнє значення врожайності зернових культур протягом останніх 18 років становило 25,5 ц/га (максимальні значення урожайності зернових становили 35,1 ц/га у 1990 р. та 34,6 ц/га — у 2008 р.), а також підвищення рівня реалізації зерна через скорочення поголів'я тварин та птиці, можна зробити висновок: використання зібраної соломи на теплові потреби доцільно визначати для кожного господарства індивідуально.

Подальший аналіз проводили при реалізації зерна на рівні 40%, що характерне для найбільш збалансованого розвитку сільськогосподарського виробництва [5]. Розрахунки показали, що при середній урожайності озимої пшениці та ячменю 30 ц/га дефіцит гумусу в сівозміні, як різниця між величиною мінералізації гумусу польовими культурами та надходженням гумусу з органічної речовини рослинних решток, становить 745 кг/га. Після врахування надходження гумусу з органічної сировини, що залишається на полі за рахунок втрат соломи в кількості 25% біологічного урожаю та подрібнених стебел кукурудзи, залишених на полі у вигляді мульчі, а також біомаси сидератів та бур'янів дефіцит гумусу зменшується до 268 кг/га. Якщо у цьому разі використовувати на теплові потреби всю солому, а зброджений послід вносити на поля, то дефіцит гумусу зменшується до 46 кг/га.

Розроблена комп'ютерна імітаційна модель дає змогу встановити частку соломи, яка може спрямовуватись на теплові потреби індивідуально для кожного господарства. Так, в умовах, показаних на рисунку, на теплові потреби є можливість резервувати 86% загального обсягу соломи, а для повної компенсації втрат гу-

мусу частину зібраної соломи в кількості 86 т необхідно спрямовувати на компенсацію дефіциту гумусу. Це можна здійснювати двома методами — залишати частку подрібненої соломи на полях або виробити на її основі компост чи субстрат для вирощування печериць. Перший метод за витратами значно дешевший, але потребує одночасного внесення підвищених доз гербіцидів. Крім того, при його використанні важко витримати оптимальне співвідношення вуглецю і азоту в процесі мікробіологічної ферментації соломи, адже ґрунтова мікрофлора надзвичайно чутлива до надлишкової кількості азоту в ґрунті. Існують різні мікробіологічні механізми для видалення надлишкового азоту з ґрунту, які швидко видаляють його у повітря та ґрунтові води, причому ефективність їх дії у цьому разі надзвичайно висока [6].

Виробництво компостів на основі соломи є мало поширеним методом біологічної конверсії органічної сировини, хоча в компостах відбуваються біологічні перетворення поживних речовин, які набувають форм найбільш засвоюваних рослинами. Водночас, через відсутність складності технологічного процесу та відсутність необхідних технічних засобів виробництва компостів у господарствах не приділяють достатньої уваги. Однак, якщо для виробництва компосту застосовувати кузовні розкидачі органічних добрив (їх річне завантаження незначне і їх достатньо в господарствах), то їх необхідно дообладнувати модулями для формування буртів та розпушування компосту, що може поліпшити ситуацію щодо виробництва та використання компосту.

Важливим є і той фактор, що виробництво компосту забезпечує ефективне використання не тільки соломи, а й уможливує утилізацію збродженого посліду. Виробництво на основі отриманого компосту субстрату для вирощування печериць дає змогу отримувати додаткову білкову продукцію, а відповідно і фінансові надходження.

Економічна ефективність використання біологічної конверсії органічної сировини агросистем із забезпеченням енергетичної автономності виробництва визначалася розрахунком питомого прибутку — відношенням річного прибутку до загальної площі сівозміни. Найменш ефективним варіантом господарювання є відмова від розвитку птахівництва та реалізація зібраного урожаю. При цьому економічна ефективність мінімальна. Використання частки зібраного врожаю для формування кормової бази та відповідний розвиток птахівництва забезпечує підвищення ефективності виробництва не менше ніж утричі. Виробництво енергії, палива та грибної продукції дає додатковий економічний ефект майже у 80% порівняно з варіантом зерно-птахівничої спеціалізації виробництва.

Спалювання соломи забезпечує одержання

близько 6 тис. ГДж енергії, яка може бути використана для обігріву птахівничих та адміністративних приміщень, а також сушіння зерна. Зброджування пташиного посліду протягом 10 діб потребує облаштування метантенка об'ємом 91 м³, який забезпечить річне виробництво біогазу в кількості 62 тис. м³, а використання когенераційної установки, що працює на біогазі, дасть змогу отримувати 26% електроенергії та 66% теплоенергії загальної енергетичної цінності біогазу. Одержана електроенергія може бути використана для роботи біогазової установки та інших потреб. Теплова енергія у вигляді нагрітої води може бути використана для опалення та гарячого водопостачання.

Споживання рідкого палива сільськогосподарським виробництвом становить 90—110 л/га, в тому числі бензину 20—30 л/га. Відведення одного з полів сівозміни під вирощування ріпаку дасть змогу в розрахунку на 1 га виробити від 100 до 110 л біодизельного палива, а оскільки ріпак є прекрасним медоносом — ще й близько 5 т меду. Залежно від ситуації на ринку ріпакового насіння та дизельного палива господарство може прийняти рішення як про реалізацію насіння ріпаку і закупівлю дизельного палива, так і виробництво біодизельного палива або ж прийняти інше компромісне рішення. Під час виробництва біодизельного палива утворюється гліцериновий осад, який доцільно використовувати як рідке паливо в теплових процесах, що забезпечить виробництво 238 ГДж енергії.

Широка мережа спиртових заводів дає можливість забезпечувати виробництво біоетанолу в достатніх обсягах для роботи автомобільного транспорту у сільському господарстві. Потреба в зерні для виробництва біоетанолу не перевищує 10% загального обсягу реалізованого, або 4% обсягу виробленого в агроценозі зерна (див. рисунок). На основі норм витрат електричної енергії для очищення й сушіння зерна, потреб птахівництва, грибовництва і виробництва біогазу та норм теплової енергії для сушіння зерна, опалення пташників, грибниць та побутових приміщень визначені потреби агроценозу в цих видах енергії та проведено порівняння з їх фактичним виробництвом. Було встановлено, що для умов, наведених на рисунку, існує надлишок виробництва теплової енергії в розмірі 25% її загального виробництва. Водночас виробництво електричної енергії становить лише 15% загальної потреби.

Слід відмітити, що автономне виробництво електроенергії на основі відновлюваних джерел енергії через їх порівняно низьку потужність у більшості випадків потребує чіткого техніко-економічного обґрунтування. Переносити підвищену вартість електроенергії, отриманої із автономних джерел енергії, на собівартість сільськогосподарської продукції є недоцільним (за винятком віддалених пасовищ та інших місцевостей, де відсутні електричні мережі). Навіть передача такої електроенергії в електричні мережі у більшості країн потребує введення спеціальних «зелених» тарифів.

Висновки

Доведено, що біоенергоконверсія органічної сировини агроценозів з виробництвом енергії може забезпечити енергетичну автономність сільськогосподарського виробництва по загальному балансу енергії. Але за видами палива та енергії це зробити неможливо, оскільки існує обмеження щодо можливості ав-

тономного виробництва електроенергії та бензину. Однак виробництво біодизельного палива та теплової енергії може бути надлишковим. Сировинна база, що могла б забезпечити потреби сільськогосподарського виробництва при централізованому виробництві біоетанолу, є достатньою.

Бібліографія

1. Голуб Г.А. Проблеми біоконверсії органічної сировини в агроценозах//Вісн. аграр. науки. — 2005. — № 1. — С. 43—48.
2. Голуб Г.А. Технологічний процес виробництва компостів на основі пташиного посліду та солом. — К.: Наук. світ, 2003. — 23 с.
3. Голуб Г.А. Технологічний процес виробництва субстрату для вирощування печериць. — К.: Наук. світ, 2005. — 22 с.

4. Голуб Г.А. Технологічний процес виробництва печериць з використанням пристосованих приміщень. — К.: Наук. світ, 2007. — 23 с.
5. Сайко В.Ф., Лобас М.Г., Яшовський І.В. та ін. Наукові основи ведення зернового господарства/За ред. В.Ф. Сайка. — К.: Урожай, 1994. — 334 с.
6. Звягинцев Д.Г. Почва и микроорганизмы. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 1987. — 256 с.