

УДК 606:631.15

В. С. ТАРГОНЯ, М. М. ЛІСОВИЙ, доктори сільськогосподарських наук

Ю. С. КИРИЛЕНКО, П. Ю. ДРОЗД, аспіранти

Національний університет біоресурсів і природокористування України

вул. Героїв Оборони, 15, м. Київ, 03041, e-mail: lisova106@ukr.net

ІНТЕГРОВАНЕ ВИКОРИСТАННЯ БІОТЕХНОЛОГІЧНИХ АЛЬТЕРНАТИВ В АДАПТИВНИХ АГРОБІОІНЖЕНЕРНИХ СИСТЕМАХ

Наведено визначення адаптивної агробіоінженерної системи як варіанта постіндустріальної агротехнології, запропоновано алгоритм та методи вибору технологічного варіанта інтегрованого використання біотехнологічних альтернатив, технологічний проект адаптивної агробіоінженерної системи виробництва високоліквідної натуральної сировини в хмелярстві.

Ключові слова: біотехнологічні альтернативи, адаптивна агробіоінженерна система, алгоритм та методи вибору технологічного варіанта.

Питання подальшого розроблення та вдосконалення науково обґрунтованих технологічних методів ведення сільського господарства, зокрема виробництва високоліквідної натуральної рослинної сировини, з одночасним зменшенням матеріальних і енергетичних витрат, а також усунення деградації ґрунтів і забруднення довкілля є вельми актуальними.

Останніми роками цей напрям отримав подальший розвиток на основі створення адаптивних агробіоінженерних систем, в яких передбачено комплексне використання таких складових:

- передових інформаційних ергатично-вирішувальних систем точного землеробства;

© Таргоня В. С., Лісовий М. М.,
Кириленко Ю. С., Дрозд П. Ю., 2015
Передгірне та гірське землеробство і тваринництво. 2015. Вип. 57.

- інтегрованого використання біотехнологічних альтернатив (біологічно активних добрив, ентомологічних і мікробіологічних препаратів захисту рослин і підвищення родючості ґрунту, високоякісного посівного та посадкового матеріалу);

- методології вибору науково обґрунтованих раціональних агротехнологій і відповідних комплектів машин на основі розробки прийнятних прогнозів показників поліваріантної виробничої системи "ґрунтово-кліматичні умови – сорт – агротехнологія – технологічні операції – комплекс машин – кількісні і якісні показники продукції".

Адаптивна агробіоінженерна система являє собою біотехнічний агротехноценоз, до складу якого входять біологічні та технічні складові.

Під біотехнічним агротехноценозом розуміється особливий клас великих систем, який являє собою сукупність біологічних і технічних елементів, що пов'язані між собою єдиним контуром керування. В такому агротехноценозі конструктивне рішення технічних елементів має бути таким, щоб максимально сприяти взаємодії з біологічними елементами [1].

Відповідно до класичного визначення, яке ввів Б. І. Купрін, під техноценозом розуміється обмежена у просторі та часі взаємозв'язана сукупність надалі неподільних технічних виробів-особин, які об'єднані слабкими зв'язками. Зв'язки в техноценозі мають особливий характер, який обумовлено конструктивною, а в більшості випадків і технологічною незалежністю окремих технічних виробів і різноманітністю задач, що вирішуються. Взаємоув'язаність техноценозу визначається єдністю кінцевої мети, яка досягається за допомогою спільних систем управління, забезпечення тощо [2, 3].

На відміну від промислових техноценозів, агротехноценози мають набагато міцніші зв'язки між технічними засобами, що обумовлено жорстким взаємозв'язком ланок агробіоценозу.

Адаптивна агробіоінженерна система - це:

- ґрунт, на якому вирощують агрокультуру;
- основний біологічний об'єкт – агрокультура, яку вирощують з метою отримання високоліквідної натуральної рослинної сировини;

- технічні засоби для вирощування, збирання та переробки високоліквідної натуральної рослинної сировини;

- біологічні агенти, які забезпечують виконання сільськогосподарських біотехнологічних операцій (біоконверсії органічних відходів в біологічно активні, гуміномісткі добрива та поновлювані біопалива, виробництва мікробіологічних і

ентомологічних препаратів захисту рослин тощо);

- технічні засоби для культивування, утримання та збереження біологічних об'єктів (культури або консорціуму мікроорганізмів, вермикультури, ентомоакарифагів тощо);

- технічні засоби транспортування та внесення отриманих біологічних агентів в агробіоценози;

- оператори, які забезпечують відповідність виконання агротехнічних, біотехнологічних та технічних операцій.

Використання адаптивних агробіоінженерних систем є передумовою впровадження постіндустріального сільськогосподарського виробництва.

Постіндустріальне виробництво є за визначенням наступним етапом розвитку систем виробництва і характеризується гнучким характером організації, «налаштуванням» системи на зовнішні умови, відсутністю жорсткої стандартизації і перенесенням основного значення з виробництва на розроблення. Система управління є динамічною, і формалізація здійснюється на кожному етапі, так що можна сказати, що вона працює саме з конкретними ресурсами.

У постіндустріальному виробництві замість технологій реалізують метатехнології, тобто способи виробництва технологій.

У ідеалі кожен вид високоліквідної продукції вирощується за індивідуальною технологією, яка враховує всі чинники, і зокрема й соціальні та екологічні потреби. Можна сказати, що як тільки виявляється відповідна потреба, то негайно створюється потрібна технологія.

Постіндустріальні сільськогосподарські технології – це технології, які розвиваються на базі індустріальних, побудовані шляхом поєднання інформаційних систем з керованою комп'ютерами механізацією процесів для отримання сільськогосподарської сировини, яка придатна для виробництва рафінованих продуктів харчування. Порівняно з індустріальними перехід на постіндустріальні технології має на меті кратне підвищення харчових і смакових показників продукції на фоні покращання продуктивності сільського господарства, скорочення виробничих витрат, намагання краще використовувати наявні ресурси. Основна причина, яка побудила до переходу наявного сільськогосподарського виробництва на постіндустріальні технології, – намагання держави до входження в світове товариство країн з розвинутою економікою [4, 5].

Для проведення досліджень було використано системний підхід до синтезу біотехнічних систем [1], логістичні методи побудови алгоритмів постіндустріальних інформаційних агротехнологій. Як

інформаційну базу для проведення аналітичних досліджень використано техніко-технологічні та методичні розробки фахівців НУБіП України, а також результати впровадження біотехнологічних альтернатив на базі ВП НУБіП України «Агрономічна дослідна станція».

Результати досліджень. *Методи вибору технологічного варіанта інтегрованого використання біотехнологічних альтернатив.*



Рис. 1. Алгоритм вибору технологічного варіанта інтегрованого використання біотехнологічних альтернатив

Для проведення вибору технологічного варіанта інтегрованого використання біотехнологічних альтернатив ми обрали такий методичний підхід – оцінюванню підлягають не тільки і не скільки біологічні та агротехнічні показники конкретної агротехнології, а

розглядається весь комплекс економічних, агроекологічних та біоенергетичних показників адаптивної агробіоінженерної системи.

Структурну схему розробленого системного підходу до вибору технологічного варіанта інтегрованого використання біотехнологічних альтернатив у агробіоінженерній системі наведено на рис. 1.

Додатково до наявних загальновідомих економічних та технологічних показників пропонуємо оцінювати узагальнені агроекологічні дані. Екологічне оцінювання інтегрованого використання біотехнологічних альтернатив, а також їх класифікацію наведено на рис. 2.

Методи визначення агроекологічних показників.

Коефіцієнт біологізації.

Коефіцієнт біологізації агротехнології визначають як співвідношення органічних і мінеральних добрив, т/кг д. р. [6]. Відповідно до отриманого значення коефіцієнта біологізації визначають тип землеробства, до якого належить оцінювана агротехнологія (біоінженерна система). До переліку органічних добрив належать всі джерела органіки (сидерати, пожнивні залишки, нетоварна частина врожаю, гній, послід тощо). Обов'язковою умовою біологічного землеробства є наявність тваринництва не менше 1,0–1,5 умовних голови на 1 га.

Коефіцієнт біологізації агротехнології визначають за формулою:

$$K_{\delta} = \frac{D_{орг}}{D_{мін}}, \quad (1)$$

де K_{δ} – коефіцієнт біологізації;

$D_{орг}$ – внесення органічних добрив, т;

$D_{мін}$ – внесення мінеральних добрив, кг д. р.

Ступінь біологізації захисту рослин.

Ступінь біологізації захисту рослин визначають часткою застосування ентомологічних і мікробіологічних препаратів щодо загального обсягу технологічних операцій із захисту рослин або часткою зменшення (%) використання пестицидів.

Коефіцієнт біоенергетичної ефективності технології.

Коефіцієнт біоенергетичної ефективності технології являє собою відношення суми енергомісткості за енергетичними еквівалентами всієї основної і додаткової продукції до суми енергетичних витрат за енергетичними еквівалентами.

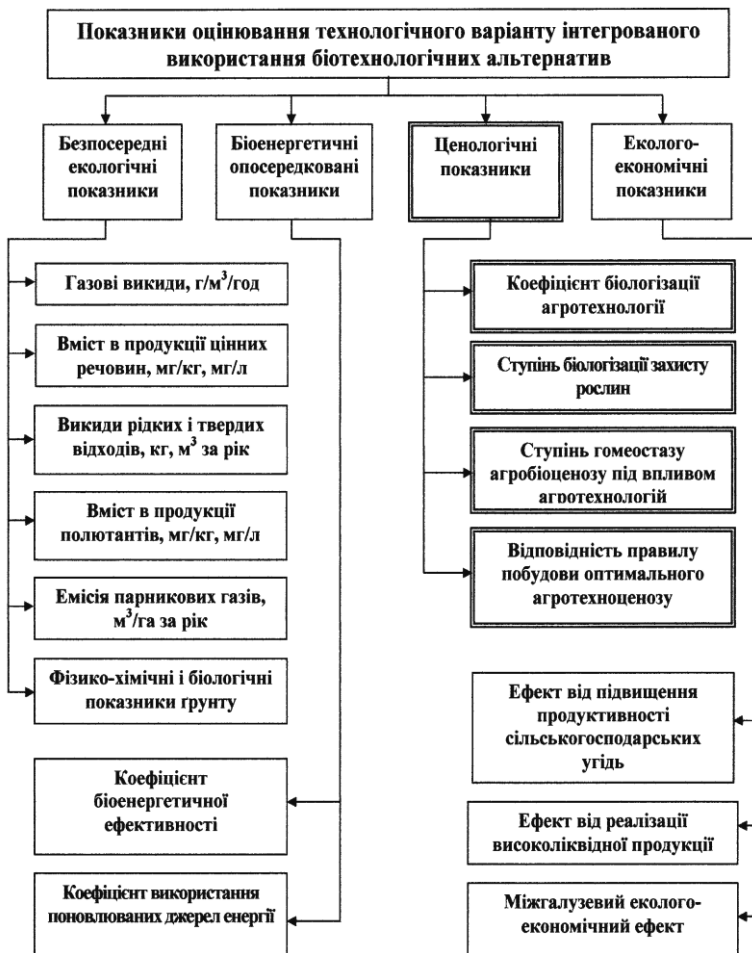


Рис. 2. Показники екологічного оцінювання інтегрованого використання біотехнологічних альтернатив

$$K_e = \frac{\sum E_{omp}}{\sum E_{vimp}}. \quad (2)$$

де κ_e – коефіцієнт біоенергетичної ефективності;

$\sum E_{отр}$ – сума енергомисткості за енергетичним еквівалентом всієї основної і додаткової продукції, ГДж/га;

$\sum E_{випр}$ – сума енергетичних витрат за енергетичним еквівалентом, ГДж/га.

Енергомисткість продукції і уречевлені витрати енергії при відомих витратах в фізичному виразі визначаються за даними продовольчої і сільськогосподарської організації ООН (ФАО).

Коефіцієнт використання поновлюваних джерел енергії для реалізації технології.

Коефіцієнт використання поновлюваних джерел енергії визначається співвідношенням суми використаної поновлюваної енергії до суми всіх енергетичних витрат на реалізацію технології, включаючи енергетичний еквівалент енергії, уречевленої в засобах механізації і агрохімікаліях:

$$\kappa_{nn} = \frac{\sum E_{ne}}{\sum E_{випр}}, \quad (3)$$

де κ_{nn} – коефіцієнт використання поновлюваних джерел енергії;

$\sum E_{ne}$ – сума енергомисткості за енергетичним еквівалентом всієї основної і додаткової продукції, ГДж/га;

$\sum E_{випр}$ – сума енергетичних витрат за енергетичним еквівалентом, ГДж/га.

Ступінь гомеостазу агробіоценозу під впливом агротехнологій.

В екології поняття ступеня гомеостазу застосовують для загальної оцінки міри стійкості біосистем до впливу зовнішніх чинників. В цьому випадку розглядають деяку характеристику системи V , близькість якої до норми є суттєвою для системи. Зміна зовнішньої дії Y на величину ΔY призводить до отримання характеристикою V прирощення ΔV , а ступенем гомеостазу в цьому випадку можна назвати співвідношення відносних змін аргументу та функції:

$$Q = \frac{\Delta V}{V} \bigg/ \frac{\Delta Y}{Y}. \quad (4)$$

У випадку, коли залежність $V(Y)$ невідома, але наявні дискретні зміни $V(t_i)$ і $Y(t_i)$, $i=1,2, \dots, n$, величину Q можна знайти як відношення середніх відхилень σ_V і σ_Y від їх нормальних значень V_i і Y_i :

$$Q = \sigma_V / \sigma_Y, \quad (5)$$

де

$$\sigma_V = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{\Delta V_i}{V_i}, \quad \sigma_Y = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{\Delta Y_i}{Y_i}. \quad (6)$$

У нашому випадку, коли потрібно визначити вплив біотехнологічних альтернатив на властивості агроценозу до самовідновлення (гомеостазу), доцільно враховувати сприятливі та несприятливі тенденції в поведінці системи під впливом зовнішніх антропогенних чинників. Тоді ступінь гомеостазу можна визначити за формулою:

$$G = \frac{V + \Delta V}{V} \bigg/ \frac{Y + \Delta Y}{Y}. \quad (7)$$

У формулі (7) величини ΔY і ΔV можуть мати як позитивні, так і негативні значення.

Критерієм оцінки стану агробіоценозу (V) доцільно обрати зміну вмісту гумусу в ґрунті, а показником, який характеризує вплив зовнішніх чинників (Y), – витрати непоновлюваної енергії (енергія палива; енергія, яка уречевлена в засобах механізації, мінеральних добривах, пестицидах тощо).

Значення коефіцієнта гомеостазу для технологій біологічного землеробства не повинно бути меншим 1.

Відповідність технології і комплексу обладнання для її реалізації правилу побудови оптимального агротехноценозу інтегрованого екологічного землеробства.

Оптимальний агротехноценоз - це той, в якому наявний такий набір технологій, машин і обладнання, який, з одного боку, за своїми сукупними функціональними показниками забезпечує виконання поставлених завдань (отримання високоліквідної рослинної продукції, збереження та відтворення родючості ґрунту, більш повного використання генетичного потенціалу рослин та біологічного потенціалу ґрунту), а з іншого – характеризується дотриманням такої вимоги: енергетичний еквівалент антропогенної енергії, яка уречевлена в машинах і обладнанні, що використовуються для відновлення родючості ґрунту, має бути рівним або більшим ніж енергетичний еквівалент антропогенної енергії, яка уречевлена в машинах і обладнанні, що використовуються для отримання врожаю, і який помножено на співвідношення коефіцієнтів дегуміфікації та гуміфікації, яке характеризує агротехнологію за її впливом на вміст гумусу в ґрунті, тобто

$$E_1 \geq k_2 / k_1 E_2. \quad (8)$$

Співвідношення k_2 / k_1 нерівності (8) показує, в скільки разів коефіцієнт дегуміфікації перевищує коефіцієнт гуміфікації в умовах

того чи іншого агроценозу. А з точки зору теплотехніки вказане співвідношення являє собою співвідношення ексергетичних коефіцієнтів перетворення відповідно енергії біомаси в енергію гумусу і перетворення енергії винесеного гумусу в частину енергії отриманої біомаси вирощеного врожаю [7].

Технологічний проект адаптивної агробіоінженерної системи виробництва високоліквідної натуральної сировини в хмелярстві.

Як приклад кінцевого результату використання запропонованого методичного підходу вибору технологічного варіанта інтегрованого використання біотехнологічних альтернатив у гнучких біоінженерних системах розглянемо технологічний проект адаптивної агробіоінженерної системи виробництва високоліквідної натуральної сировини в хмелярстві.

У виборі та обґрунтуванні технологічних та технічних складових проекту як базові використано лише розробки НУБіП України, а для вибору інших складових використано виключно вітчизняні розробки.

Технологічний проект (рис. 3) передбачає використання інтегрованої системи таких біотехнологічних альтернатив:

- клональне мікророзмноження *in vitro* хмелю звичайного та ефективного оздоровлення й одержання генетично однорідного рослинного матеріалу; прямої адаптації *in vivo* оздоровлених рослин, яка дозволяє проводити закладання хмелеплантаций без стадії маточника;
- три схеми селекції, які дозволяють в експресному режимі одержувати стійкі до фітопатогенів сорти сільськогосподарських культур та боротися з бактеріальними хворобами рослин у народному господарстві;
- виробництво та застосування комплексу мікробіологічних та ентомологічних препаратів захисту рослин;
- виробництво біологічно активних органічних добрив та поживних розчинів на основі мікробіологічної ферментації гною великої рогатої худоби та обрізної фітомаси.

Адаптивна агробіоінженерна система містить також технічні складові:

- комплект технічних засобів та машин для обробітку ґрунту, внесення біопрепаратів та біодобрив;
- систему підготування та подачі поживного розчину шляхом крапельного зрошення;
- машини для збору врожаю;
- технологічне обладнання для сушіння і гранулювання.

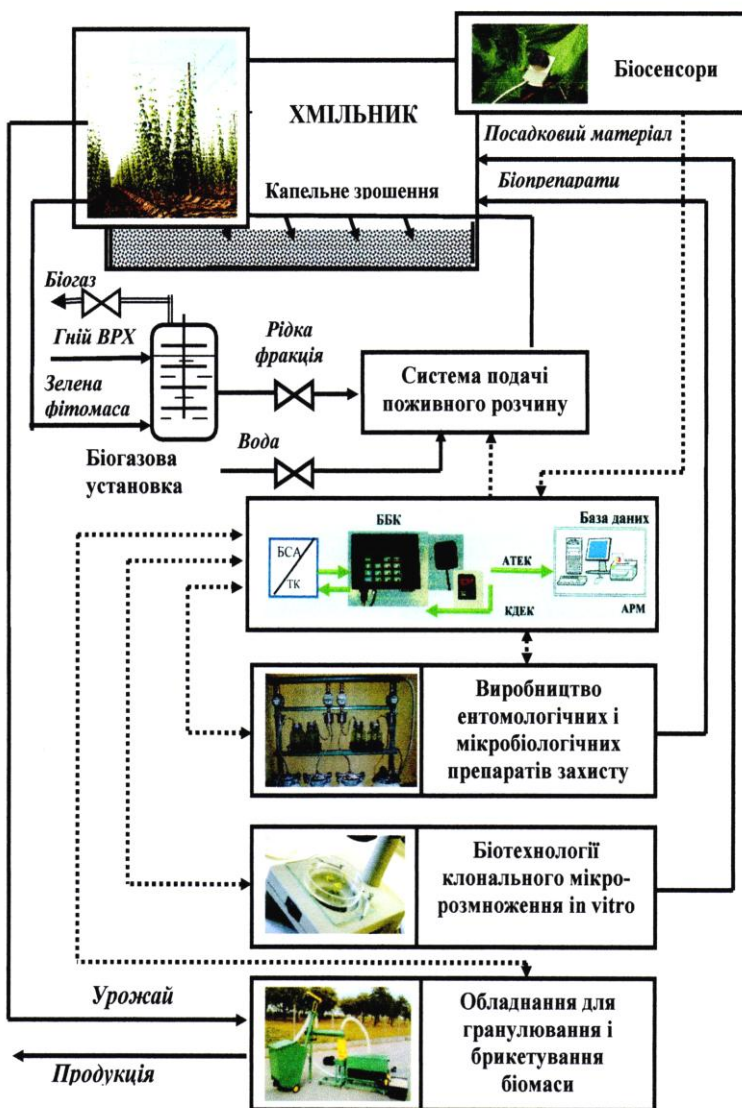


Рис. 3. Принципова схема адаптивної агробіоінженерної системи отримання і переробки високоліквідної натуральної рослинної сировини в хмелярстві

Адаптивна агробіоінженерна система передбачає також використання інформаційних технологій шляхом застосування фотометричних біосенсорів визначення стану рослин і комп'ютеризованої системи збору інформації, аналізу, прогнозування і управління технологічними процесами.

Висновки

1. Найбільш перспективним напрямом подальшої розробки та застосування енергоощадних постіндустріальних сільськогосподарських технологій є використання адаптивних агробіоінженерних систем, які передбачають інтегроване використання біотехнологічних альтернатив (біологічно активних добрив, ентомологічних і мікробіологічних препаратів захисту рослин і підвищення родючості ґрунту, високоякісного посівного та посадкового матеріалу).

2. Запропонований алгоритм та методи оцінювання технологічних варіантів інтегрованого використання біотехнологічних альтернатив за агроекологічними та біоенергетичними показниками дозволяють створити методичну основу для забезпечення ефективного застосування постіндустріальних інформаційних агротехнологій.

Список використаної літератури

1. Погорелый Л. Научно-технические предпосылки прогнозирования направлений развития сельскохозяйственной техники и гибких технологических систем XXI века / Л. Погорелый, С. Коваль, Н. Осипов // Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки та технологій для сільського господарства України : зб. наук. пр. УкрНДІПВТ. – 2001. – Вип. 4. – С. 17–22.
2. Кудрин Б. И. Введение в технетику / Б. И. Кудрин. – 2-е изд., перераб. и доп. – Томск : Изд-во Томск. гос. ун-та, 1993. – 552 с.
3. Кудрин Б. И. Применение понятий биологии для описания и прогнозирования больших систем, формирующихся технологически / Б. И. Кудрин // Электрификация металлургических предприятий Сибири. – 1976. – Вып. 3. – С. 171–204.
4. Экология – основа рентабельности технологии / Н. К. Мазитов [и др.] // Экология и сельскохозяйственная техника : материалы 5-й Международной научно-практической конференции. – СПб., 2007. – Т. 2 : Экологические аспекты производства продукции растениеводства, мобильной энергетики и сельскохозяйственных машин. – С. 198–202.
5. Щукин С. Г. Экологические аспекты совершенствования систем земледелия и машин / С. Г. Щукин, В. А. Мухин, В. Е. Синещёков // Экология и сельскохозяйственная техника : материалы 5-й

Международной научно-практической конференции. – СПб., 2007. – Т. 2 : Экологические аспекты производства продукции растениеводства, мобильной энергетики и сельскохозяйственных машин. - С. 202–204.

6. Відтворення родючості ґрунтів у ґрунтозахисному землеробстві / під ред. М. К. Шикולי. – К. : Оранта, 1998. – 680 с.

7. Kravchuk V. I. Development of Ecological Technologies and Agricultural Technical Means on the Basis of Cenological Approach / V. I. Kravchuk, V. S. Targonya, V. O. Dubrovin // Науковий вісник Нац. аграр. ун-ту. – 2008. – Вип. 125. – С. 372–378.

Отримано 03.03.2015