

РОЗРОБКА ЕНЕРГЕТИЧНОГО БАЛАНСУ ТЕХНОЛОГІЙ ВИРОЩУВАННЯ ХМЕЛЮ

Викладено результати досліджень щодо енергетичної ефективності технологій вирощування хмелю у зоні Полісся та обґрунтовано необхідність удосконалення методики проведення розрахунків. Наведено основні показники витрат енергоресурсів, що характеризують ефективність застосування різних способів основного обробітку ґрунту та систем удобрення. Проаналізовано взаємодію сортових особливостей хмелю і складових технологій його вирощування; визначено рівень їх впливу на енергоємність виробництва.

Постановка проблеми

Загальновідомо, що за сучасних умов інтенсифікація сільського господарства призводить до різкого збільшення антропогенних енерговкладень у виробництво. В умовах обмеженого ресурсного забезпечення аграрних виробничих систем і необхідності організації конкурентноздатного виробництва виникає гостра необхідність більш повного використання місцевих ресурсів, ґрунтового та біокліматичного потенціалу при забезпеченні максимальної віддачі від матеріально-енергетичних затрат техногенного походження.

Концептуальні засади сталого розвитку агроекосистеми повинні ґрунтуватися на комплексному методі балансових досліджень, оцінки потенційних можливостей агроекосистем через енергетичні еквіваленти кількісних і якісних характеристик природних, витрачених техногенних енергетичних ресурсів та отриманої в результаті біологічної продуктивності [4]. На відміну від грошової оцінки, енергетичні показники є сталими і не залежать від суб'єктивних факторів таких, як курс валют, ринкова вартість, інфляція тощо, що дає можливість ретельно оцінити енергетичні витрати при вирощуванні культури.

За сучасних умов проблема раціонального використання прямої та опосередкованої енергії в АПК всіх рівнів набула стратегічного характеру. Недостатнє еколого-технологічне обґрунтування проєктів, техніки, технологій, управлінських рішень й технологій обробітку у сучасному сільськогосподарському виробництві значною мірою зумовлює надвисоку енергоємність продукції.

Аналіз останніх досліджень та постановка завдання

Інтенсифікація сільського господарства закономірно призводить до різкого збільшення антропогенних енерговкладень у виробництво, передусім у вигляді трудових ресурсів, техніки, паливо-мастильних матеріалів, добрив та хімічних засобів захисту рослин. Як показують дослідження [1–5], при запровадженні інтенсивних технологій витрати енергоресурсів зростають у розрахунку на одиницю площі, а на одиницю продукції – зменшуються, що відбувається за рахунок підвищення врожайності. Основним критерієм енергетичної оцінки при цьому є коефіцієнт ефективності (K_{ee}), який визначається відношенням отриманої маси енергії до витраченої. Технологія вважається енергозберігаючою, якщо вона відповідає умові $K_{ee} > 1$.

За підрахунками наукових установ, в Україні, щоб одержати середню врожайність основних зернових, картоплі й технічних польових культур необхідно на 1 гектар посівів витратити щонайменше 4,1–18,5 млн. ккал. непоновлюваної енергії, переважна частина якої йде на меліорацію середовища. Найбільша частка припадає на засоби механізації, паливо, добрива, обробіток ґрунту, пестициди.

Проблемі енергоємності технологій у галузі хмелярства, її науковому обґрунтуванню, зокрема питанням ефективності виробництва хмелесировини присвячено небагато праць у науковій літературі. Основні з них висвітлені в працях А.А. Годованого [1, 2]. Так біоенергетична оцінка, що була проведена в кінці 90-х років щодо існуючої на той час технології вирощування, збирання та первинної переробки хмелю показала, що коефіцієнт енергетичної ефективності незначний ($K_{ee} < 1$). Проте робити висновок щодо неефективності його виробництва не доречно, оскільки ми не враховуємо якісної різниці: хміль, у першу чергу, є джерелом альфа-кислот, гірких речовин, ефірної олії, а не продовольчої енергії. Необхідно також враховувати, що відсутня побічна продукція, а відходи біомаси використовуються. Крім того, з часу проведення згаданих вище розрахунків суттєво диференційовано й вдосконалено загальноприйняту методику проведення розрахунків.

Все це визначає актуальність даної теми та зумовлює необхідність вдосконалення самої методики енергетичної оцінки у хмелярстві, адже просте порівняння витрат і надходження енергії при виробництві хмелесировини не дає повної інформації.

Об'єкти та методика досліджень

Об'єктом дослідження є процес формування енергетичних витрат на вирощування хмелю та показники їх ефективності (K_{ee}) у виробничих умовах ДП ДГ “Хмелярство” ІСГП НААНУ.

Польовими дослідженнями передбачалося застосування двох технологій

основного обробітку ґрунту – оранки і безполицевого обробітку на 18–20 см, а також чотирьох варіантів удобрення: 1) без добрив (абс. контроль); 2) $N_{180}P_{60}K_{200}$ – фон; 3) гній 40 т/га + фон (контроль); 4) сидерат + фон. Результати досліджень викладено по двох останніх варіантах.

Згідно з фактичними показниками господарювання 2004–2007 рр., порівнювалась доцільність запровадження безполицевого обробітку ґрунту, порівняно з оранкою, а також ефективність на їх фоні різних систем удобрення сортів хмелю. Ґрунт дослідної ділянки дерново-підзолистий супіщаний. Сорти хмелю Слов'янка і Пивовар, – середньостиглі, ароматичного типу. Агротехніка загальноприйнята.

Енергоємність технологій вирощування хмелю визначалася на основі типових технологічних карт. При цьому використовувалися існуючі методики енергетичного аналізу [3–5]. Дослідження ґрунтувалися на експериментальних, лабораторних, економіко-статистичних (групування, порівняння), розрахункових методах.

Результати досліджень

На підставі виконаних польових досліджень нами проведено енергетичну оцінку ефективності тільки технологій виробництва хмелесировини, не враховуючи ефективність функціонування всієї агроєкосистеми хмеленасаджень. Такий підхід до енергетичної оцінки в землеробстві отримав значне поширення завдяки з його відносній простоті та можливості обґрунтовано рекомендувати у практику найбільш доцільну, з енергетичної точки зору, технологію.

Для удосконалення методики проведення розрахунків, а саме – більш ефективної оцінки енергоємності врожаю, а також, щоб пов'язати загальну кількість отриманої хмелесировини із питомою вагою в ній господарсько цінних сполук при розрахунку кінцевого K_{ee} , нами було використано поправочний коефіцієнт (K_n), що дорівнює відносному показнику вмісту в шишках альфа-кислот.

Інша складність методологічного плану пов'язана з відсутністю даних щодо вмісту енергії в урожаї хмелю. Це змусило нас використати показник, найбільш наближений та подібний, а саме – енергоємність волокна льону-довгунця – 20,24 МДж (О.К. Медведовський, П.І. Іванченко, 1988).

Розрахунок енергетичної ефективності різних технологій вирощування хмелю (табл. 1) свідчить, що K_{ee} обох сортів невисокий, навіть з використанням поправочного коефіцієнта, що є підтвердженням значної енергоємності технології вирощування хмелю в цілому.

Що стосується технологій основного обробітку ґрунту, то проявляється стійка тенденція до підвищення K_{ee} всіх варіантів, що розміщуються на фоні обробітку міжрядь без обертання скиби. Так при оранці коефіцієнт енергетичної

ефективності коливався по сортах від 1,19 до 2,00, а на фоні розпушення – від 1,30 до 2,12. Максимальний показник отримано при вирощуванні сорту Пивовар за умов безполицевого обробітку ґрунту на варіанті з використанням мінеральних добрив та сидерації. Також спостерігається беззаперечна перевага безполицевого розпушення над оранкою за показником затрат енергії як на одиницю площі, так і на одиницю продукції.

Таблиця 1. Енергетична ефективність вирощування хмелю, середнє за 2004–2007 рр.

Варіант		Продуктивність <u>шишок</u> , т/га α-кислот, кг/га	Затрати енергії, МДж/га	K _п	Вихід енергії з урожаєм, МДж/га	Затрати енергії, МДж		K _{еє}
обробіток ґрунту	удобрення					на 1 т шишок	на 1 кг альфа- кислот	
<i>сорт Слов'янка</i>								
Полицевий 18–20 см	гній 40 т/га + N ₁₈₀ P ₆₀ K ₂₀₀	$\frac{2,27}{90,7}$	159174	4,76	189795	70121	1755	1,19
	сидерат + N ₁₈₀ P ₆₀ K ₂₀₀	$\frac{2,12}{92,9}$	136924	5,16	192169	64587	1474	1,40
Безполицевий 18–20 см	гній 40 т/га + N ₁₈₀ P ₆₀ K ₂₀₀	$\frac{2,33}{99,9}$	156879	4,96	203792	67330	1570	1,30
	сидерат + N ₁₈₀ P ₆₀ K ₂₀₀	$\frac{2,23}{103,0}$	138048	5,35	210073	61905	1340	1,52
<i>сорт Пивовар</i>								
Полицевий 18–20 см	гній 40 т/га + N ₁₈₀ P ₆₀ K ₂₀₀	$\frac{2,80}{145,2}$	170747	6,14	303230	60981	1176	1,78
	сидерат + N ₁₈₀ P ₆₀ K ₂₀₀	$\frac{2,44}{140,9}$	145444	6,79	291352	59608	1032	2,00
Безполицевий 18–20 см	гній 40 т/га + N ₁₈₀ P ₆₀ K ₂₀₀	$\frac{2,80}{148,5}$	168356	6,24	308169	60127	1134	1,83
	сидерат + N ₁₈₀ P ₆₀ K ₂₀₀	$\frac{2,48}{148,3}$	143854	6,97	304714	58006	970	2,12

Розглядаючи показники в розрізі сортів, необхідно зазначити, що найменший вихід енергії було отримано при вирощуванні хмелю сорту Слов'янка за традиційного обробітку ґрунту та удобрення, при тому, що затрати, навпаки, виявилися найвищими. По сорту Пивовар спостерігається подібна закономірність. Детальний аналіз показує, що зростання врожайності шишок у сорту Пивовар на 0,25–0,53 т/га (11,2–23,3 %), зумовлює підвищення енергетичних витрат на 4,2–7,3 %, але при цьому коефіцієнт енергетичної ефективності є вищим, ніж у сорту Слов'янка, головним чином, через вищий на 44,0–60,0 % збір господарсько цінних сполук.

Отже, повне використання потенціалу сортів пов'язане не тільки з можливістю зменшення витрат непоновлюваної енергії на окультурення середовища, а, переважно, зі зростанням виходу її з одиниці площі. Наші дослідження підтверджують думку тих авторів, які вважають, що впровадження високоврожайних, стійких до несприятливих умов середовища сортів значно дешевший захід, порівняно з витратами на інтенсифікацію технологій вирощування, а отриманий ефект від нього часто значно вищий. В даному випадку перевага сорту Пивовар за виходом енергії з урожаєм над сортом Слов'янка складає 45,1–59,8 %.

Розглядаючи структуру виробничих енерговитрат, встановлено, що провідне місце посіли добрива, пестициди і підвісний матеріал – 48,2–53,0 % та енергія, пов'язана з використанням техніки, – 24,0–27,1 % (табл. 2).

Таблиця 2. Структура енерговитрат

Варіант		Енергосмність								
обробіток ґрунту	удобрення	всього	механізми		паливо		добрива, пестициди, насіння, дріт		праця	
			МДж/га	%	МДж/га	%	МДж/га	%	МДж/га	%
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<i>сорт Слов'янка</i>										
Полицевий 18–20 см	гній 40 т/га + N ₁₈₀ P ₆₀ K ₂₀₀	159174	38644	24,3	31160	19,6	83275	52,3	6095	3,8
	сидерат + N ₁₈₀ P ₆₀ K ₂₀₀	136924	34295	25,0	27480	20,1	69359	50,7	5789	4,2
Безполицевий 18–20 см	гній 40 т/га + N ₁₈₀ P ₆₀ K ₂₀₀	156879	37589	24,0	29789	19,0	83275	53,0	6226	4,0
	сидерат + N ₁₈₀ P ₆₀ K ₂₀₀	138048	35600	25,8	27033	19,6	69359	50,2	6056	4,4

Закінчення табл. 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<i>сорт Пивовар</i>										
Полицевий 18–20 см	гній 40 т/га + N ₁₈₀ P ₆₀ K ₂₀₀	170747	45364	26,6	34856	20,4	83275	48,8	7252	4,2
	сидерат + N ₁₈₀ P ₆₀ K ₂₀₀	145444	39297	27,0	30252	20,8	69359	47,7	6536	4,5
Безполи- цевий 18–20 см	гній 40 т/га + N ₁₈₀ P ₆₀ K ₂₀₀	168356	44348	26,3	33485	19,9	83275	49,5	7248	4,3
	сидерат + N ₁₈₀ P ₆₀ K ₂₀₀	143854	39003	27,1	28881	20,1	69359	48,2	6611	4,6

Витрати на паливо та людську працю менші й знаходяться в межах 19,6–20,8 та 3,8–4,6 %, залежно від варіанта. Причому всі статті витрат антропогенної енергії значно вищі при застосуванні загальноприйнятої технології вирощування, що передбачає застосування основного як обробітку ґрунту та гною в системі удобрення.

Характеризуючи енергоємність періодів виробничого процесу, необхідно зазначити, що найбільші витрати (57,2–62,8 %) пов'язані із роботами у весняно-літній період (табл. 3). Сюди належать витрати на технологічний процес вирощування, органічні та мінеральні добрива, дріт, пестициди.

Таблиця 3. Розподіл енерговитрат по періодах робіт

Варіант		Період								Разом
обробіток ґрунту	удобрення	підготовчі весняні роботи		догляд у весняно-літній		збирання і первинна переробка		осінні роботи		
		МДж/га	%	МДж/га	%	МДж/га	%	МДж/га	%	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<i>сорт Слов'янка</i>										
Полицевий 18–20 см	гній 40 т/га + N ₁₈₀ P ₆₀ K ₂₀₀	1853	1,2	99788	62,7	55142	34,6	2391	1,5	159174
	сидерат + N ₁₈₀ P ₆₀ K ₂₀₀	1853	1,4	83117	60,7	49562	36,2	2391	1,7	136924
Безполи- цевий 18–20 см	гній 40 т/га + N ₁₈₀ P ₆₀ K ₂₀₀	1853	1,2	98582	62,8	55238	35,2	1206	0,8	156879
	сидерат + N ₁₈₀ P ₆₀ K ₂₀₀	1853	1,3	82633	59,9	52356	37,9	1206	0,9	138048

Закінчення табл. 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<i>сорт Пивовар</i>										
Полицевий 18–20 см	гній 40 т/га + N ₁₈₀ P ₆₀ K ₂₀₀	1853	1,1	99788	58,4	66715	39,1	2391	1,4	170747
	сидерат + N ₁₈₀ P ₆₀ K ₂₀₀	1853	1,3	83117	57,2	58083	39,9	2391	1,6	145444
Безполицевий 18–20 см	гній 40 т/га + N ₁₈₀ P ₆₀ K ₂₀₀	1853	1,1	98582	58,6	66715	39,6	1206	0,7	168356
	сидерат + N ₁₈₀ P ₆₀ K ₂₀₀	1853	1,3	82633	57,5	58161	40,4	1206	0,8	143854

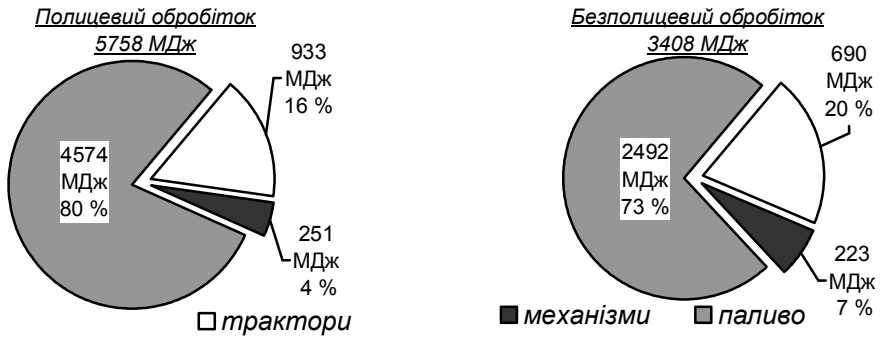
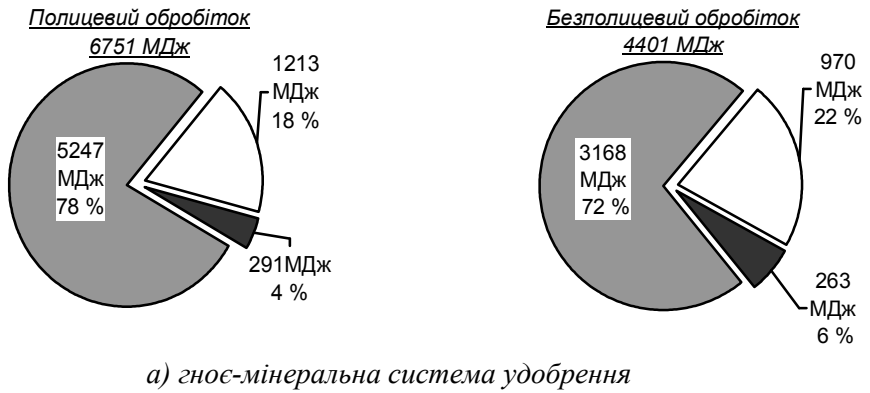
Період збору шишок хмелю та їх сушіння є найбільш коротким за термінами виконання і, в той же час, потребує значних витрат, що складають 34,6–40,4 % від загальних.

Аналізуючи розрахункові дані окремо по системах обробітку ґрунту (рис. 1), можна зробити висновок, що найбільш енергоємним є варіант з оранкою, незалежно від удобрення, але з максимумом за традиційною гноє-мінеральною системою (6751 МДж). Слід зазначити, що заміна гною зеленим добривом досить суттєво (14,7 і 22,6 %) знижує витрати.

Запровадження сидерації було дієвим заходом, в першу чергу, внаслідок скорочення кількості розпушень у міжряддях та використання менш енергоємних заходів.

Заміна оранки безполицевим обробітком виявилася ще більш ефективним. Так на фоні традиційної системи удобрення витрати скоротились на 34,8 %, а альтернативної – 40,8 %. Також слід зауважити, що частка витрат на основний обробіток у енергоємності всієї системи обробітку при застосуванні оранки складає 49,3–57,8 %, а при безвідвальному обробітку – 21,9–28,3 %.

Більш детально розглядаючи витрати щодо добрив (рис. 2), стає зрозумілим, що найбільш енергоємними є азотні добрива (15624 МДж) та гній (16800 МДж).



б) сидерально-мінеральна система удобрення

Рис. 1. Енергетична оцінка обробітку ґрунту залежно від системи удобрення

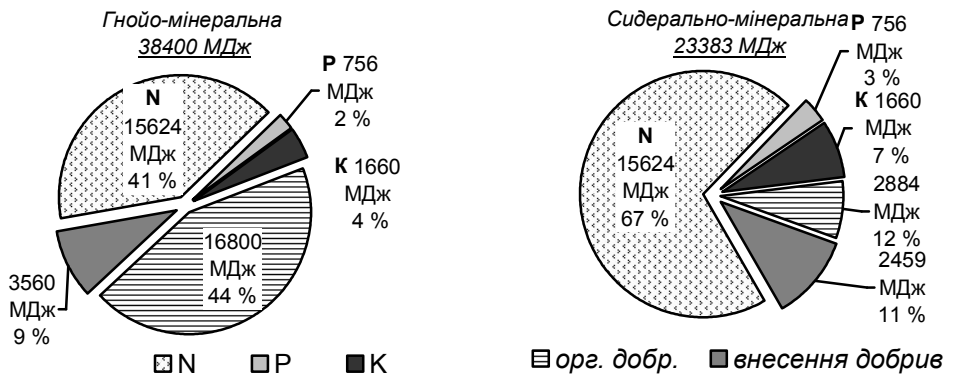


Рис. 2. Енергетична оцінка систем удобрення

Так при застосуванні гноє-мінеральної системи удобрення ці, майже рівноцінні за об'ємом статті, разом складають 85,0 % від загальних витрат на отримання добрив та їх внесення. За умов використання сидерально-мінеральної системи сукупні витрати скорочуються на 39,1 %, в першу чергу, за рахунок енергоємності органічних добрив та технології їх застосування.

Висновки та перспективи подальших досліджень

Біоенергетична оцінка технологічного процесу вирощування хмелю дає можливість виявити найбільш енергоємні операції та процеси й вказує напрямки їх вдосконалення.

Фактичний коефіцієнт енергетичної ефективності вирощування хмелю невисокий ($K_{ee} = 1,19-2,12$). Найбільш енергоємним виявилася традиційна технологія вирощування хмелю з використанням полицевого основного обробітку міжрядь і гною в системі удобрення. Заміна оранки на безполицеве розпушення та запровадження сидерації міжрядь люпином вузьколистим дає змогу значно скоротити енергоємність виробництва хмелесировини та отримати найвищі показники виходу енергії з урожаєм.

Вирощування нового інтенсивного сорту хмелю з великим адаптивним потенціалом, що має вищу врожайність шишок та вміст гірких речовин, дозволяє без додаткових витрат отримувати на 45,1–59,8 % більший вихід енергії з одиниці площі.

Наступним етапом наших досліджень планується вивчення енергетичної ефективності вирощування найбільш поширених у виробництві вітчизняних сортів хмелю.

Література

-
-
1. *Годованый А.А.* Интенсификация хмелеводства и программирование урожаев / *А.А. Годованый*. – К. : Урожай, 1990. – 88 с.
 2. *Годованый А.О.* До питання теорії і практики енергетичної оцінки вирощування хмелю / *А.О. Годованый, А.Т. Кардашов, О.В. Сущенко* // Хмелярство. – 1991. – Вип. 13. – С. 33–36.
 3. Енергетична оцінка агроecosystem : навч. посіб. / *О.Ф. Смаглий, А.С. Малиновський, А.Т. Кардашов та ін.* – Житомир : Волинь, 2004. – 132 с.
 4. Енергетична оцінка систем землеробства і технологій вирощування сільськогосподарських культур : метод. рекомендації. / *Ю.О. Тараріко, О.Ю. Несмашина, Л.Д. Глущенко*. – К. : Нора-принт, 2001. – 60 с.
 5. *Медведовський О.К.* Енергетичний аналіз в сільськогосподарському виробництві / *О.К. Медведовський, П.І. Іваненко*. – К. : Урожай, 1988. – 208 с.
-
-