

УДК 577.3:633.2:636.386

КУРГАК В.Г., доктор с.-г. наук, професор, зав. відділу,

ЛЕВКОВСЬКИЙ А.М., кандидат с.-г. наук, п.н.с.

ЄФРЕМОВА Г.В., кандидат с.-г. наук, с.н.с.

ІНЦ «Інститут землеробства НААН»,

ЛЕЩЕНКО О.Ю., аспірант

Національний університет біоресурсів і природокористування

e-mail: Kurgak_Luki@ukr.net

БІОЕНЕРГЕТИЧНИЙ ПОТЕНЦІАЛ БАГАТОРІЧНИХ ТРАВ'ЯНИСТИХ ФІТОЦЕНОЗІВ УКРАЇНИ

Представлено біоенергетичний потенціал природних кормових угідь і багаторічних трав'янистих культур. Встановлено вплив видового і сортового складу на енергетичну продуктивність сіяних лучних травостоїв, а також продуктивність різних видів багаторічних енергетичних культур.

Ключові слова: багаторічні трав'янисті фітоценози, біоенергетика, біомаса, енергетичний потенціал, природні кормові угіддя, продуктивність

Вступ. У зменшенні енергетичної залежності України важливе значення має розвиток і використання на біопаливо відновлюваних джерел енергії, зокрема рослинної біомаси. У зв'язку з подорожанням енергетичних ресурсів обсяги відновлювальної енергії, включаючи біомасу, успішно використовують в усьому світі. Сьогодні за обсягами виробництва біомаса як паливо займає четверте місце в світі. Її частка в загальному виробництві первинної енергії досягає 10 %. В країнах Європейського Союзу частка біомаси в загальному споживанні енергії становить 7 % [1]. У лідера серед країн ЄС Латвії частка біомаси в валовому енергоспоживанні становить 28, в Фінляндії – 21 %, Швеції – 22 %, в Данії – 17 %, в Австрії – 16 %, в Польщі та Німеччині по – 8 %, в Україні – 1,24 %. Всього в країнах ЄС з біомаси було отримано 68,7 млн. т у. п. енергії. Серед всіх видів біомаси частка твердої біомаси є найбільшою і становить 80 % і залежно від країни коливається в межах від 0 до 94 %. Найбільша вона у Фінляндії.

Україна має великий потенціал біомаси, доступної для енергетичного використання, має добрі передумови для розширення використання на паливо. Енергетична стратегія України до 2030 р. [3] передбачає динамічне зростання обсягів використання енергії біомаси в 2015 р. до 5 млн. т у. п., що становить 2,5 % від загального енергоспоживання, в 2030 р. до 20 млн. т у. п. або до 10 %.

За даними інституту теплофізики НАН в Україні повне використання на біопаливо при вирощуванні енергетичних культур на площі 5 млн. га дозволить довести виробництво енергії з біомаси до 18 % від загального споживання енергії. Розрахунки показали, що економічно доцільний потенціал біомаси (без торфу) оцінюється у 33,92 млн. т у. п./рік [2].

Аналіз літературних джерел показав, що до останнього часу досліджень з вивчення енергетичного потенціалу багаторічних трав'янистих фітоценозів України, та розроблення заходів з підвищення їх енергетичної продуктивності до останнього часу не проведено. Тому вивчення цих питань й було метою наших досліджень, актуальність яких підвищується у зв'язку з значним подорожанням не відновлюваних первинних джерел енергії, а також через значне зменшення потреби в трав'яних кормах у зв'язку із зменшенням поголів'я худоби.

Матеріали та методика досліджень. Дослідження проведено за загально прийнятими польовими, лабораторними методами з використанням вимірювально-вагового, розрахунково-порівняльного, хімічного та математико-статистичного методів. Вміст валової енергії розраховували за даними хімічного складу сухої речовини біомаси.

Результати досліджень. Використання рослинної біомаси багаторічних трав'янистих фітоценозів на біопаливо є альтернативним їх використанням. Проведений нами аналіз ресурсу біопалива в Україні (табл. 1) показав, що енергетичний економічно виправданий потен-

ціал багаторічних трав'янистих фітоценозів становить 7,05 млн. т у. п./рік, що становить 20 % від всього потенціалу біомаси та торфу в Україні. У тому числі на природні кормові угіддя припадає 12 %, плавні і болота 7 %, нетрадиційні енергетичні культури – 1 %.

Поміж енергетичних багаторічних фітоценозів на особливу увагу в Україні заслуговують природні кормові угіддя площа яких становить близько 6,6 млн. га. Через катастрофічне зменшення поголів'я худоби для виробництва кормів їхня біомаса майже не використовується. Розрахунки показали, що 50 % біомаси природних трав'янистих біоценозів може бути використана для виготовлення твердого біопалива. Економічно доцільний енергетичний потенціал природних кормових угідь України становить 4,22 млн. т умовного палива.

Природні луки України в сучасному їх стані маловрожайні, що зумовлено нераціональним їх використанням і недоодержанням протягом багатьох років рекомендованих технологій поліпшення. На відміну від попередніх років коли деградація лукопосовищних угідь відбувалась внаслідок великого навантаження худоби та надмірного використання лучних травостоїв, тепер деградація відбувається внаслідок відсутності використання. Луки заростають грубостебельними рослинами, вкриваються на значних площах купинами. Багато лучних угідь, що межують з лісом, через їх не використання заростають дрібноліссям та чагарниками і стають малоприсадними для скошування. Серед деревно-чагарникової рослинності найбільше поширення має верба три тичинкова. За нашими даними заростання починається на 6-8 рік після останнього скошування і щорічно поширюється на 6-12 м від лісу. Внаслідок цих явищ кормова привабливість природних кормових угідь знижується, проте енергетична цінність збільшується внаслідок поширення грубостебельних рослин (осоти, щавелі, стенокис, золотарник тощо), а також деревно-чагарникової рослинності які є добрими енергетичними рослинами.

Таблиця 1.

Потенціал біомаси та торфу в Україні

Вид біомаси	Енергетичний потенціал, млн. т у.п.		
	теоретичний	технічний	економічний
Солома зернових культур	10,39	5,21	1,34
Солома ріпаку	1,07	0,75	0,75
Відходи виробництва кукурудзи на зерно (стебла, листя, стрижні початків)	5,7	3,99	2,79
Відходи виробництва соняшника (стебла, кошики, лущипиння)	4,27	2,86	2,86
Деревна біомаса	2,13	1,66	1,48
Біомаса природних кормових угідь і перелогів	11,40	8,42	4,22
Біомаса плавнів і боліт та водної рослинності	7,44	4,96	2,48
Біодизель	0,50	0,50	0,25
Біоетанол	2,33	2,33	0,86
Біогаз з гною	3,27	2,45	0,76
Біогаз з полігонів ТПВ	0,77	0,46	0,26
Біогаз із стічних вод	0,21	0,13	0,09
Енергетичні культури			
- тополя, акація, вільха, верба	14,58	12,39	12,39
- нетрадиційні трав'яні багаторічні енергетичні культури (сильфія, топінамбур, міскантус тощо)	0,60	0,38	0,35
- ріпак (солома)	1,65	1,15	1,15
- ріпак (біодизель)	0,78	0,78	0,78
- кукурудза (біогаз)	1,59	1,11	1,11
Торф	0,77	0,46	0,40
Всього	69,45	49,99	34,32

Для оцінки сучасного стану природних кормових угідь протягом 2011-2013 рр. нами проведено їх польове геоботанічне обстеження в Бородянському, Іванківському і Вишгородському районах Київської області та Малинському, Лугинському, Коростенському, Овручському і Олевському районах Житомирської області. Аналіз результатів обстеження показав, що продуктивність різних типів угідь була дуже контрастною і коливалася в широкому інтервалі: суходільних луків від 0,9 до 1,5 т сухої маси і валової енергії від 17,0 до 27,3 ГДж, ни-

зинних відповідно від 1,1 до 2,4 і від 20,0 до 31,0 та заплавних – від 1,3 до 4, 4т і від 22,5 до 78,3 ГДж з одного гектара. Найбільш цінними за нагромадженням біомаси були різнотравно-злакові травостої на вологих низинних і заплавних луках. Продуктивність природних лучних ценозів дуже коливається по роках і визначається їх видовим складом, погодними умовами і родючістю ґрунтів.

Аналіз статистичних даних по Україні показав, що середня продуктивність не поліпшених природних кормових угідь не перевищує 1,4-2,2 т/га сухої маси або 22,2-38,7 ГДж/га валової енергії [4]. Ці дані свідчать, що природні кормові угіддя навіть без перелогів та плавнів й без поліпшення нагромаджують в середньому по Україні близько 12 млн. т сухої маси або 200 млн. ГДж валової енергії. Внесення мінеральних добрив може підвищити їхню продуктивність у 2-3 рази [5].

Проведені науковими установами дослідження і виробнича практика показують, що створення сіяних лучних травостоїв на більшості малопродуктивних природних угідь в декілька разів підвищує їх продуктивність. Для оцінки впливу видового і сортового складу сіяних ценозів з 2011 року нами проведено досліді на незаливних заплавних осушених луках (с. Литвинівка Вишгородського району Київської області). Ґрунт дослідної ділянки дерново-глейовий, супіщаний, в шарі 0-15-см якого міститься рухомих калію – 7,3 мг і фосфору – 3,1мг на 100г ґрунту, рН = 4,8. В досліді використані нові районовані сорти багаторічних трав селекції Київської дослідної станції ННЦ «Інститут землеробства НААН» і ННЦ «Інститут землеробства НААН». Ефективність сортів вивчали на фоні $P_{60}K_{90}$ в стандартних злакових або конюшино-злакових сумішках, в які включені один або два сорти одного і того ж виду трав.

Погодні умови в роки досліджень були дуже контрастними, в літній період дуже сухими і жаркими. Найбільш сприятливим по зволоженню для лучних ценозів був 2012 рік.

Аналіз результатів досліджень показав, що урожайність травостоїв залежно від видового і сортового складу злаків в середньому за три роки знаходився в інтервалі від 4,6 до 11,70 т сухої маси і від 81,7 до 213,1 ГДж валової енергії з одного гектара. Найбільш продуктивними виявились травостої з участю сортів грятости збірної Київська рання і Наталка, костриці лучної Росинка і Сіверянка та стоколосу безостого Арсен і Геліус, які забезпечили 9,45-11,22 т/га сухої маси та 170,5-199,1 ГДж/га валової енергії, що в 1,3-2,4 разів більше порівняно з іншими сумішками. Внесення на сіяний злаковий травостій N_{120} підвищувало продуктивність угідь на 5,16-5,73 т/га сухої маси або на 90,0-102,7 ГДж/га валової енергії. Природні травостої на тому ж фоні $P_{60}K_{90}$ були в 1,7-3,4 рази менш продуктивними порівняно з сіяними травостоями.

За даними іншого досліді сортосуміші з участю нових сортів багаторічних бобових трав в бобово-злакових сумішках на тих же заплавних осушених луках при внесенні $P_{60}K_{90}$ в середньому за два роки забезпечили одержання з одного гектара 8,32-12,07 т сухої маси або 145,8-213,1 ГДж валової енергії (табл. 2), що в 1,3-1,9 рази більше порівняно із злаковим травостоем і в 2,4-3,5 разів порівняно з природним. Найпродуктивнішими сіяні бобово-злакові травостої були при включені до сумішей конюшини лучної Полянка або Полісянка і на вапнованому фоні люцерни посівної Ольга або Інтенсивна 174. При вапнуванні ґрунту продуктивність травостоїв підвищилась на 0,08-2,57 т/га сухої маси. Найкраще на вапнування реагували травосуміші з участю люцерни посівної і найгірше – суміші з лядвенцем українським.

Залежно від виду трав вихід сухої маси з 1 га з побічною продукцією (соломою), що залишилась після обмолочування насінників трав знаходиться в межах від 1,5 до 4,2 т, а валової енергії – від 26,8 до 73,0 ГДж. Найбільший вихід сухої маси та валової енергії з гектара з побічною продукцією забезпечують насінники пирію середнього, очеретянки звичайної, стоколосу безостого і грятости збірної.

Хімічний склад біомаси залежить від видової структури і фази збирання. Вміст сирого протеїну в сухій речовині різних травостоїв коливався від 11,2 до 13,7 %, сирого жиру – від 1,8 до 2,1 %, сирій клітковини – від 32,4 до 36,1 %, БЕР від 40,1 до 43,4 % і сирій золи від 8,9 до 11,9 %. Найбільший вплив на енергоємність біомаси має загальна кількість органічних

речовин у сухій масі. Як правило якість біомаси визначається вмістом у ній сирової золи [5]. За нашими даними енергетична цінність 1 кг сухої маси різних травостоїв становила 17,51-18,16 МДж, тобто була на рівні цінності соломи пшеничної. Такі невеликі коливання зумовлені незначним вмістом в такій біомасі сирової золи.

Проте вміст сухої маси в лучній траві як сировині для виготовлення твердого біопалива за традиційного збирання, що практикується при заготівлі кормів значно менший ніж у соломі і становить від 20 до 30 %, що безумовно потребує додаткових витрат на висушування, скошування та підбирання біомаси.

Нові районовані сорти багаторічних трав на заплавах осушених землях забезпечують високу продуктивність і характеризуються різними строками настання збиральної стиглості, що дає можливість організувати на їх основі конвеєрне надходження біомаси для виробництва твердого біопалива.

Таблиця 2

Вплив видового і сортового складу бобових компонентів травосумішок на продуктивність сіяних ценозів, (2012-2013 рр.)

Склад траво- і сортосумішки та норми висіву насіння, кг/га	Без вапнування						Вапнований фон												
	суха маса, т/га			сирій протеїн (середнє)			валова енергія (середнє), ГДж/га			суха маса, т/га			сирій протеїн (середнє)			валова енергія (середнє), ГДж/га			
	2012	2013	середнє	%	збір, т/га		2012	2013	середнє	%	збір, т/га		2012	2013	середнє	%	збір, т/га		
Конюшина лучна Полянка, 9 + злаки*	13,19	8,08	10,63	13,2	1,40	186,3	14,95	8,62	11,78	13,9	1,63	200,3							
Конюшина лучна Полісянка, 9 + злаки*	13,18	8,09	10,60	13,6	1,44	177,0	15,18	8,13	11,65	13,8	1,60	206,2							
Конюшина лучна Полянка, 4,5 + Полісянка, 4,5 + злаки*	14,22	8,42	11,32	13,6	1,53	199,6	15,68	8,47	12,07	13,9	1,67	213,1							
Люцерна посівна Ольга, 10 + злаки*	9,75	6,98	8,36	12,2	1,02	147,7	12,77	9,18	10,97	13,5	1,48	192,5							
Люцерна посівна Інтенсивна 174, 10 + злаки*	9,93	6,96	8,44	12,1	1,02	150,5	12,66	9,36	11,01	13,6	1,49	195,4							
Люцерна посівна Ольга, 5 і Інтенсивна 174, 5 + злаки*	10,35	7,10	8,72	12,0	1,04	155,5	12,87	9,42	11,14	13,7	1,52	197,1							
Лядвенець український місцевий, 5 + злаки*	9,81	7,38	8,60	12,3	1,06	150,1	10,84	7,56	9,20	12,8	1,17	163,3							
Лядвенець український місцевий, 2,5 + конюшина лучна Полянка, 4,5 + злаки*	13,96	8,06	11,01	12,5	1,37	192,4	14,14	8,04	11,09	13,8	1,53	196,0							
Конюшина повзуча Спринт, 5 + злаки	9,78	6,85	8,32	12,1	1,01	145,8	10,28	6,95	8,11	12,6	1,02	142,7							
Злаки*	6,15	6,22	6,18	12,0	0,74	109,5	7,40	6,31	6,85	12,5	0,85	120,5							
Злаки* + N ₁₂₀	13,30	8,65	10,97	12,8	1,40	192,2	14,74	8,45	11,59	12,8	1,48	196,6							
Природний травостій	3,30	3,52	3,41	12,0	0,41	56,5	3,66	3,48	3,57	12,6	0,45	62,1							
НІР _{0,05} , т/га	0,76	0,86	0,82				0,76	0,86	0,82										

*Злаки – стоколос безостий, 10 + костриця лучна, 8 + тимофіївка лучна, 6 кг/га

Вивчення порівняльної енергетичної продуктивності різних багаторічних енергетичних культур нами проведено темно-сірому опідзоленому крупнопилувато-легкосуглинковому ґрунті з вмістом у 0-20-см шарі гумусу 2,4 %, легкогідролізованого азоту – 13,1 мг на 100 г ґрунту, рухомого фосфору 17,1 і обмінного калію 12,9 мг на 100 г ґрунту; рН 5,2. Аналіз продуктивності малопоширених багаторічних енергетичних культур як за роками, так і в середньому за два роки показав, що найперспективнішими з погляду технологічності вирощування та продуктивності виявилися сільфій пронизанолистий, гірчак сахалінський, гірчак Вейріха, топінсоняшник та міскантус тростинний (табл. 3). У середньому за два роки міскантус тростинний забезпечив одержання 14,6 т/га сухої речовини та 230 ГДж/га валової енергії, сільфій пронизанолистий відповідно 13,5 т/га та 234 ГДж/га, гірчак сахалінський – 12,8 т/га та 220 ГДж/га, гірчак Вейріха – 12,5 т/га та 217 ГДж/га та гірчак за-

байкальський – 11,0 т/га та 191 ГДж/га. Дещо менш продуктивними були сіда багаторічна, яка забезпечила одержання 10,9 т/га сухої речовини та 190 ГДж/га валової енергії, топінсоняшник з продуктивністю відповідно – 10,8 т/га та 185 ГДж/га та топінамбур – 9,8 т/га та 172 ГДж/га. Найменш продуктивними виявилися щавель кормовий та золотарник канадський.

Слід відмітити, що на базі зазначених енергетичних культур можна створити енергетичний конвеєр надходження біомаси на біопаливо. Найбільш раннє надходження біомаси забезпечує щавель кінський, збиральна стиглість, яка обумовлюється фазою дозрівання насіння, настає в червні місяці. На другому місці за швидко стиглістю знаходиться сіда багаторічна, гірчак Вейріха, золотарник канадський, збиральна стиглість яких настає в серпні-вересні. Решта культур є пізньостиглими, збиральна стиглість яких настає пізно восени (жовтень-листопад) і навіть взимку.

Таблиця 3.

Порівняльна оцінка малопоширених енергетичних багаторічних культур, середнє за 2011-2012 рр.

Культура	Суха речовина, т/га	Вихід валової енергії, ГДж/га	Суха маса, %	Висота, см	Щільність травостою, пагонів/м ²	Облістяність, %
Гірчак Вейріха	12,5	217	39,0	195	45	31,2
Гірчак забайкальський	11,0	191	37,0	185	46	32,8
Гірчак сахалінський	12,8	220	36,4	266	25	35,5
Сіда багаторічна	10,9	190	41,4	247	29	30,0
Сильфій пронизанолистий	13,5	234	39,2	274	57	41,8
Топінамбур	9,8	172	30,5	157	72	30,0
Топінсоняшник	10,8	185	32,6	162	78	31,4
Міскантус тростинний	14,6	230	56,4	218	85	58,6
Щавель кормовий	10,0	154	78,4	220	76	28,2
Золотарник канадський	9,2	163	31,8	130	67	35
НР _{0,5} , т/га	0,8					

Примітка. Дослідження проведено на фоні внесення рано навесні N₆₀P₆₀K₆₀. Ділянки енергетичних культур було сформовано у 2000-2011 рр.

Проведені дослідження показали, що багаторічні енергетичні культури добре реагують на добрива, зокрема й сильфій пронизанолистий. На цій культурі поміж мінеральних добрив найбільш діючим був азот. Порівняно з варіантом без добрив збір сухої речовини з 1 га на різних фонах фосфорних і калійних добрив від внесення N₆₀ в середньому за два роки збільшився на 3,3-5,6 т або в 1,7-2,2 рази, N₁₂₀ – на 5,8-7,9 т або в 2,1-2,6 рази, N₁₈₀ – на 7,8-8,0 т або в 2,7 рази. Проте окупність 1 кг азоту приростом урожаю сухої маси найбільшою була при внесенні N₆₀ (52-71 кг) за окупності при внесенні N₁₂₀ і N₁₈₀ відповідно – 37-58 і 39-46 кг.

Висновки. багаторічні агрофітоценози (природні кормові угіддя та енергетичні культури) є важливим резервом виробництва біомаси на біопаливо. Економічно доцільний потенціал природних кормових угідь становить 4,22 млн. т умовного палива або 12 % від всього енергоспоживання. Продуктивність не поліпшених природних кормових угідь становить 1,4-2,2 т/га сухої маси. При включенні бобових трав до травосумішей або внесенні мінеральних добрив продуктивність їх підвищується в 1,5-4,0 рази.

Продуктивність кращих багаторічних енергетичних культур становить 9,0-12,5 т/га сухої маси. Найпродуктивнішими серед них є сильфій пронизанолистий, гірчаки Вейріха та сахалінський, а також міскантус тростинний. Енергетична цінність 1 кг сухої маси різних лучних травостоїв та енергетичних культур складає 16,9-18,12 МДж і рівноцінна солоні озимих культур.

Список використаних літературних джерел

1. Титко Р. Відновлювальні джерела Енергії (Досвід Польщі для України) / Р.Титко, В.Калініченко. – Варшава: QWG, 2010. – 15 с.
2. Г.Г.Гелетуша, Т.А.Железна, Е.М.Олійник Перспективи виробництва теплової енергії з біомаси в Україні / Промислова теплотехніка, – 2013. – № 4 (т. 35). – С. 5-15

3. Енергетична стратегія України на період до 2030 р. Директива Кабінету Міністрів № 145 від 15 березня 2006. – hnh://mpe.kmu.gov.ua/fue/control/uk/doccatalog/list?currDir=50358

4. Кургак В.Г. Лучні агрофітоценози. – К.: ДІА, 2010. – 374 с.

5. Методи визначення енергоємності і поживності, К.: Держспоживстандарт України, 2009. – 15 с.

Аннотація

Кургак В.Г., Левковський А.Н., Ефремова Г.В., Лещенко О.М.

Биоэнергетический потенциал многолетних травянистых фитоценозов Украины

Представлено биоэнергетический потенциал природных кормовых угодий и многолетних травянистых культур. Установлено влияние видового и сортового состава на энергетическую продуктивность сеяных луговых травостоев, а также продуктивность различных видов многолетних энергетических культур.

Ключевые слова: многолетние травянистые фитоценозы, биоэнергетика, биомасса, энергетический потенциал, природные кормовые угодья, продуктивность.

Annotation

Kurgak V., Levkovsky A., Efremova G., Leschenko O.

Bioenergy potential of perennialherbosaof Ukraine

The research presents bioenergy potential of natural grasslands and perennialherbosa. The research establishes the effect of species and varietal composition on energy productivity of seeded meadow grass stands, as well as the productivity of various species of perennial energy crops.

Keywords: perennial herbosa, bioenergy, biomass energy potential, natural grasslands, productivity.

Отримано редакцією 02.10.13

УДК 633.63: 620.952

КУРИЛО В.Л., доктор с.-г. наук, професор,

Національна академія аграрних наук України

ГАНЖЕНКО О.М., кандидат техн. наук, с.н.с.,

ДУБОВИЙ Ю.П., кандидат с.-г. наук, с.н.с.,

МАКАРЕНКО А.С., аспірант

Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН

e-mail: ganzhenko@list.ru

ЕНЕРГЕТИЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЦУКРОВИХ БУРЯКІВ ЗАЛЕЖНО ВІД ГУС- ТОТИ СТОЯННЯ РОСЛИН

Представлено результати досліджень з впливу густоти стояння рослин цукрових буряків сорту Білоцерківський 45 та гібрида Олександрія на вихід біоетанолу та біогазу, а також на загальний вихід енергії.

Ключові слова: цукрові буряки, густота стояння рослин, біоетанол, біогаз, вихід енергії.

Вступ. Україна лише частково забезпечує себе власними енергоресурсами і змушена перекидати енергодефіцит за рахунок імпорту. За даними Міністерства доходів і зборів за 2012 рік на територію України було ввезено 6,97 млн.т. нафти і нафтопродуктів на 8,84 млрд.\$, що більше 10% від загальних обсягів імпорту [1]. Отже, зменшення використання нафтопродуктів за рахунок широкого впровадження палив з біологічними компонентами дозволить зменшити енергетичну залежність держави та покращити екологічний стан довкілля.