

УДК 633.2.031

**Г. Я. ПАНАХИД**, кандидат сільськогосподарських наук

**Г. С. КОНИК**, доктор сільськогосподарських наук

Інститут сільського господарства Карпатського регіону НААН

вул. Грушевського, 5, с. Оброшине Пустомитівського р-ну

Львівської обл., 81115, e-mail: panahyd-galia@ukr.net

## **ЕНЕРГЕТИЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ СПОСОБІВ ПОЛІПШЕННЯ РІЗНОВІКОВИХ ТРАВСТОІВ**

*Наведено результати досліджень щодо впливу поверхневого та докорінного поліпшення лучних угідь на урожайність сухої маси, вихід валової та обмінної енергії. Встановлено, що за поверхневого поліпшення довготривалого травостою (37 років) із застосуванням азотних добрив у дозі 150 кг/га діючої речовини вихід валової енергії становить 1872,1 ГДж/га, а при докорінному поліпшенні бобово-злаковий травостій за удобрення композиційним органо-мінеральним добривом добродій на фоні  $P_{60}K_{90}$  та вапнування забезпечує вихід 1700,0 ГДж/га валової енергії.*

**Ключові слова:** травостій, удобрення, урожайність, валова енергія, обмінна енергія.

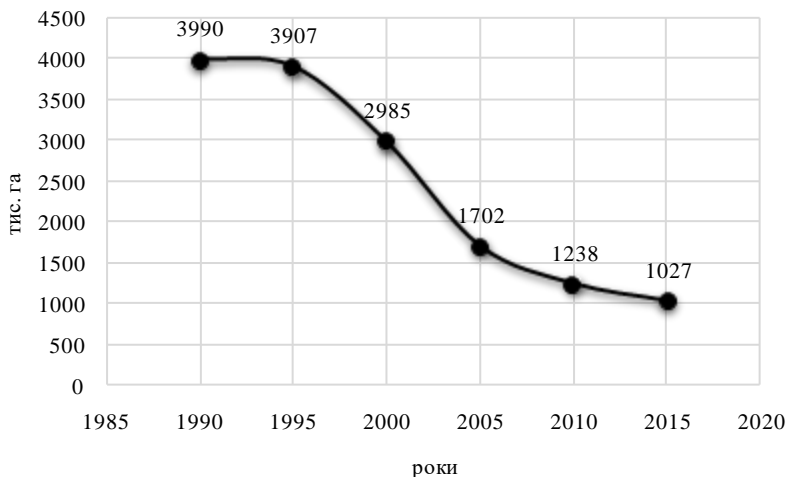
**Вступ.** В Україні майже 8,5 млн га кормових угідь, з них пасовищ – 4,6 млн га, сіножатей – 3,1–3,3 млн га. Найбільше сіножатей і пасовищ у західних областях України, де вони займають понад 20 % всіх сільськогосподарських угідь [6]. У Карпатському регіоні збереглися близько 1 млн га природних кормових угідь [1] та 0,176 тис. га сіяних лучних фітоценозів. Зокрема, у Львівській області площі, зайняті сіяними багаторічними травами, станом на 1 січня 2016 р. становлять 51 тис. га [12]. Ці площі природних угідь у майбутньому можуть стати значним джерелом дешевих і високоякісних кормів – сіна, зеленої маси, сінажу, а також трав'яних концентратів – борошна, гранул, брикетів, а в окремих випадках і силосу. Сучасні лучні угіддя мають певний вплив на економічний розвиток, політичну діяльність та технологічний прогрес [3, 28].

Рівень продуктивності травостоїв залежить від умов вирощування та способів їхнього використання і коливається в діапазоні від менше 1 т/га в рік на неполіпшених луках у несприятливих ґрунтово-кліматичних умовах до близько 20 т/га сухої маси в рік на достатньо удобрених інтенсивно використовуваних площах [7, 20, 21, 26].

Лучні фітоценози Європи протягом століть розвивалися в умовах ведення фермерського господарства [24]. У багатьох країнах Європи найбільші зміни в площах травостоїв відбулися в другій половині двадцятого століття при переведенні окремих з них в орні землі чи виведенні із сільськогосподарського використання, інші площі лучних угідь змінилися під впливом інтенсифікації або запуснення. Однак існують регіональні відмінності в рівнях інтенсифікації і просторові принципи консервації лук. У Західній Європі імплементація загальної сільськогосподарської політики разом із технологічним прогресом та вкладанням інвестицій у фермерство призвели до великого зростання продуктивності та перевиробітку сировини сільськогосподарського виробництва в кінці 1970–1980-х рр. [32] та зниження традиційного трудомісткого виробництва. Як наслідок, під таким впливом були ліквідовані низькопродуктивні площі, а багато малородючих земель законсервовано.

В Україні, як і інших країнах Східної Європи, індустріалізація після 1945 р. асоціювалася з інтенсивним використанням всіх доступних соціальних та натуральних ресурсів [8]. Низький рівень технологічного розвитку порівняно із Західною Європою призвів до надмірного використання всіх малородючих земель, включаючи гірські [19]. Однак після чотирьох десятиліть такого господарювання кількість та якість кормів стали ключовими обмеженнями розвитку сектора скотарства [22]. Хронічний дефіцит високоякісного протеїну був викликаний використанням бідних травостоїв [18] і застосуванням дотаційної політики, яка зробила концентровані корми більш привабливими, ніж вирощування трав.

Після падіння залізної завіси у 1989 р. ситуація в Східній Європі кардинально змінилася і сільськогосподарське виробництво стало відкритим до інновацій з Євросоюзу. В країнах Східної Європи реструктуризація фермерського господарства і земельна реформа спровокували зміни у використанні земель, включаючи переведення низькопродуктивних орних угідь у постійні травостої чи ліси. Реформа загальної сільськогосподарської політики ЄС у 1992 р., незважаючи на обмеження регулювання цін на м'ясо, обумовила більш інтенсивне ведення лукувництва на площах із високим продуктивним потенціалом та законсервовування низькорентабельних лучних угідь [2, 15, 27]. Тотальне зменшення використання площ сіяних травостоїв зафіксовано і в Україні (рис. 1).



Джерело: Статистичний збірник “Сільське господарство України, 2016 р.”

**Рис. 1. Динаміка сіяних лучних угідь в Україні у 1990–2015 рр.**

Подібні сценарії розвитку лувківництва спричинили зростаючий інтерес до потенціалу біомаси як ресурсу для забезпечення потреб відновлюваної енергії. В Європейському Союзі питаннями пошуку джерел відновлюваної енергії на рівні всієї євроспільноти займалися ще з 1997 р. На той час зацікавленість в альтернативних видах палива найчастіше виявлялася в контексті енергетичної безпеки і зниження імпортозалежності і пріоритет був відданий посиленню експлуатації вугілля і ядерної енергії. У відповідь питання збереження енергії, прийдешніх змін клімату та інших проблем навколишнього середовища асоціювалися із використанням корисних копалин, і зростаючу увагу віддавали відновлюваній енергії. У 2009 р. Директива 2009/28/ЄС “Про заохочення використання енергії від поновлюваних джерел” створила загальну основу для просування відновлюваної енергії. В межах ЄС ця директива вимагає, щоб до 2020 р. 20 % потреб енергії використовувалися саме з відновлюваних джерел [9]. Таке питання виникло у відповідь до потреби зменшення залежності від викопних видів палива і тим самим зниження емісії вуглецю. Біопаливо представляє стратегію пом'якшення викидів вуглецю, а також скорочує залежність від обмежених та імпортованих джерел енергії. Україна виявляє підвищений інтерес до відновлюваної енергії. Комітет з енергетики Верховної Ради України узяв на себе

зобов'язання здійснювати координацію підготовки Енергетичної стратегії України на період до 2030 р., яка включає розділ, присвячений відновлюваним джерелам енергії. Згідно з цією стратегією, намічена частка використання відновлюваних джерел енергії дорівнюватиме 24,6 млн т нафтового еквівалента (Мтне) у 2030 р. (6,6 Мтне - у 2010 р.). Запланована цифра для біомаси становить у 2030 р. 6,5 Мтне [9]. На сьогодні кукурудза, трави групи С<sub>4</sub> (такі як міскантус) чи недовговічні лісові породи (тополя, верба) [5, 13] розглядають як основні культури для біоенергетичної продукції в ЄС. Ці культури є найбільш придатною сировиною для анаеробного розщеплення через високу потенційну продуктивність метану з 1 га. Однак все більше уваги звертають на екологічний вплив цих систем [16]. Коли біопаливні культури вирощують як монокультури, вони не сприяють збереженню екосистем, функції стабілізації яких зазвичай виконують травостої та сумісні посіви.

В останні роки потенціал лучних угідь як джерела біоенергії зазнав зростаючої уваги. Заготовлені з травостоїв корми, особливо якщо вони наявні в надлишку для скотарства, є альтернативним способом використання сільськогосподарських угідь [33]. Проведено багато досліджень для визначення біоенергетичного потенціалу трав'янистих рослин з напівприродних та сіяних травостоїв [14, 17, 23, 30, 31]. Лучні агрофітоценози за правильного їхнього використання мають потенціал до біогазової продукції, одночасно виконуючи функцію збереження екосистем, включаючи біорізноманіття [25, 29].

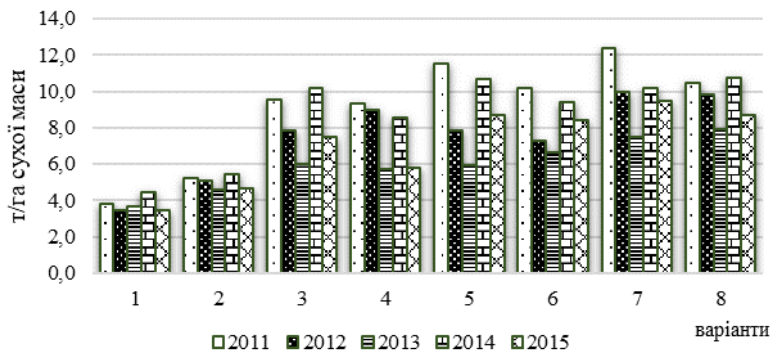
Метою наших досліджень було визначення біоенергетичної ефективності різновікових травостоїв за різних видів поліпшення, удобрення та режимів використання в умовах Західного Лісостепу.

**Матеріали і методи.** Експериментальну роботу виконано в Інституті сільського господарства Карпатського регіону НААН на реконструйованому довготривалому стаціонарному досліді. На фоні Р<sub>60</sub>К<sub>90</sub> за поверхневого поліпшення довготривалого травостою (37 років) вивчали удобрення (دوزи, розподіл азотних добрив: рівномірний і наростаючий із виключенням ранньовесняного підживлення) та кратність використання; за докорінного поліпшення на новоствореному бобово-злаковому травостої досліджували вапнування, інокуляцію насіння бобових трав азотфіксуючими бактеріями (ризобіфіт – 100 мл на 1 гектарну норму насіння), стимулятор росту (екостим – 100 мг/т) та органо-мінеральне добриво (добродій – 5 кг/т). Розмір посівної ділянки – 18 м<sup>2</sup>, облікової – 15 м<sup>2</sup>, повторність чотириразова.

Облік урожаю здійснювали суцільним методом, урожайність подавали в абсолютно сухій масі, з попереднім визначенням гігроскопічної вологі висушуванням зразків зеленої маси вагою 0,5 кг за температури 105 °С до постійної ваги (ДСТУ ISO 6497:2005) [10]; обмінну енергію визначали розрахунковим способом за даними хімічного складу корму, коефіцієнтами перетравності поживних речовин за допомогою відповідних рівнянь регресії [11]; валову енергію обчислювали розрахунковим методом за А. Д. Гарькавим та А. В. Спіріним [4].

**Результати та обговорення.** Урожайність поверхнево поліпшених лучних фітоценозів тривалого використання залежить від видового складу вихідного травостою, режимів його використання протягом попередніх років (до поліпшення), ґрунтово-кліматичних умов зони вирощування тощо. Проте основним фактором впливу є застосування мінерального удобрення.

У наших дослідженнях урожайність сухої маси довготривалого травостою залежала від удобрення та кратності використання і знаходилася в межах від 4,7 до 12,4 т/га (рис. 2).



Примітка: 1 – без добрив (контроль), 2 –  $P_{60}K_{90}$  – фон (Ф), 3 – Ф +  $N_{90(45+45)}$ , 4 – Ф +  $N_{90(30+60)}$ , 5 – Ф +  $N_{120(40+40+40)}$ , 6 – Ф +  $N_{120(0+40+80)}$ , 7 – Ф +  $N_{150(50+50+50)}$ , 8 – Ф +  $N_{150(0+50+100)}$ .

**Рис. 2. Урожайність сухої маси довготривалого (37–41 рік) лучного травостою залежно від інтенсивності удобрення та використання**

Найбільшу врожайність сухої маси довготривалого травостою за роки досліджень зафіксовано на 37 році використання – в цей рік урожайність неудобреного травостою становила 3,9 т/га сухої маси, а за використання мінеральних добрив зросла до 12,4 т/га. Такі високі показники відзначено лише в один рік досліджень, що пояснюється сприятливими погодними умовами (ГТК за вегетаційний сезон

становив 1,7). Зменшення кількості опадів та підвищення температурних показників протягом вегетаційних сезонів наступних років спричинили зниження врожайності. Згідно з даними кореляційного аналізу врожайність сухої маси довготривалого травостою знаходилася в середній кореляційній залежності від гідротермічних показників. Винятком був лише неудобрений травостій –  $r = 0,720$ .

Довготривалий лучний агрофітоценоз за відсутності мінерального удобрення в середньому за 37–41 рік використання забезпечував урожайність сухої маси на рівні 3,78 т/га. Такі показники є подібними до урожайності природних лучних угідь. За використання фосфорних та калійних добрив (у дозі, рекомендованій для ґрунтово-кліматичних умов Західного Лісостепу, –  $P_{60}K_{90}$ ) вихід сухої маси з 1 га зріс на 32 % і становив 5,0 т/га. Застосування на фоні фосфорно-калійного удобрення азотних добрив сприяло збільшенню врожайності в 2–2,5 рази.

Найбільший вплив на врожайність довготривалого травостою мали дози азотних добрив. За рівномірного розподілу при трикратному використанні 120 кг/га діючої речовини азоту забезпечувало врожайність на рівні 8,93 т/га сухої маси, а при внесенні 150 кг/га діючої речовини азотних добрив – 9,91 т/га.

Застосування мінерального удобрення позитивно впливало не лише на врожайність травостою, а й на вихід валової та обмінної енергії. За відсутності мінерального удобрення енергетична ефективність довготривалого травостою була найнижчою (вихід валової енергії – 71,5 ГДж/га) (табл. 1). цей травостій забезпечив вихід обмінної енергії, тобто такої, що бере участь у фізіологічних процесах тварин, на рівні 32,5–36,2 ГДж/га. Деяко вищі показники енергетичної ефективності (94,5 ГДж/га валової енергії та 42,9–45,9 ГДж/га обмінної енергії) зафіксовано за удобрення лучного агрофітоценозу фосфорними та калійними добривами.

Застосування азотних добрив збільшило вихід валової енергії у 2,0–2,6 рази, а обмінної, залежно від виду тварин, у 2,1–2,8 рази. Вихід енергії залежав від доз азотних добрив та їх розподілу.

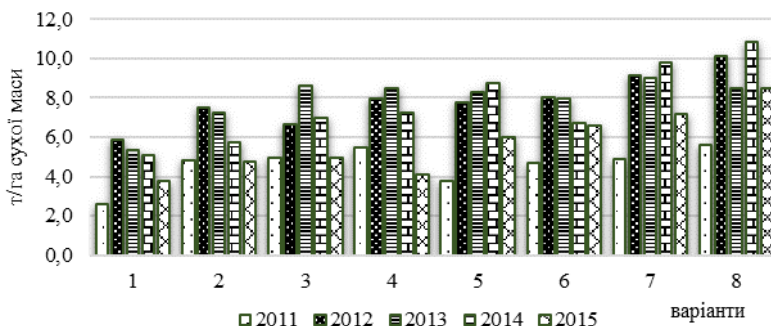
Найвищий вихід валової (187,2 ГДж/га) та обмінної енергії (88,5–98,2 ГДж/га) забезпечило удобрення в дозі  $N_{150}P_{60}K_{90}$  із рівномірним розподілом азотних добрив під кожен укіс. За виключення ранньовесняного удобрення азотом енергетична ефективність травостою була деяко нижчою.

### 1. Енергетична ефективність довготривалого (37–41-річного) лучного травостою залежно від режимів використання та інтенсивності удобрення, середнє за 2011–2015 рр., ГДж/га

Варіанти	Вихід обмінної енергії для				Вихід валової енергії
	ВРХ	овець	коней	птиці	
Без добрив (контроль)	32,5	32,9	36,2	34,8	71,5
P <sub>60</sub> K <sub>90</sub> – фон (Ф)	42,9	43,5	47,8	45,9	94,5
Ф + N <sub>90</sub> (45+45)	72,6	73,6	80,5	79,8	155,4
Ф + N <sub>90</sub> (30+60)	68,3	69,3	75,8	75,4	144,9
Ф + N <sub>120</sub> (40+40+40)	79,7	80,9	88,5	87,7	168,9
Ф + N <sub>120</sub> (0+40+80)	74,6	75,7	82,8	81,8	158,5
Ф + N <sub>150</sub> (50+50+50)	88,5	89,9	98,2	97,5	187,2
Ф + N <sub>150</sub> (0+50+100)	85,1	86,4	94,4	93,5	180,0

За докорінного поліпшення довготривалої луки створено новий бобово-злаковий травостій, із технології якого повністю виключено азотні добрива.

Вже у перший рік після залуження неудобренний бобово-злаковий травостій забезпечив 2,6 т/га сухої маси, застосування фосфорно-калійного удобрення, вапнування, інокуляції, стимулятора росту та органо-мінерального добрива сприяло збільшенню виходу сухої маси в перший рік використання до 3,8–5,6 т/га залежно від виду удобрення (рис. 3).



Примітка: 1 – контроль (без добрив), 2 – Ф – P<sub>60</sub>K<sub>90</sub>, 3 – Ф + екостим, 4 – Ф + екостим + вапно, 5 – Ф + ризобіфіт, 6 – Ф + екостим, 7 – Ф + добродій, 8 – Ф + добродій + вапно; 6, 7, 8 – варіанти трикратного використання.

**Рис. 3. Урожайність сухої маси бобово-злакового травостою залежно від удобрення, інокуляції, стимуляторів росту та вапнування**

Найвищі показники врожайності бобово-злакового травостою відзначено на другий та третій рік використання. На четвертому та п'ятому році зафіксовано зниження виходу сухої маси. Слід відзначити, що за інокуляції насіння ризобієм на четвертому році використання травостою врожайність була вищою порівняно з усіма іншими роками досліджень і становила 8,7 т/га сухої маси. Підвищення врожайності на четвертому році відзначено і за використання композиційного органо-мінерального добрива добродій. За внесення його поверхнево на фоні фосфорного та калійного удобрення урожайність становила 9,8 т/га, а на тому ж фоні із проведенням вапнування – 10,8 т/га сухої маси. Такі високі показники зумовлені складом багатофункціонального добрива добродій, до якого входять гумінові і фульвокислоти, калій, азот, біогенні мікроелементи в хелатній формі, а також регулятор росту рослин, який володіє фітогормональною активністю. Відомо, що ефективність функціонування симбіотичних систем бульбочкових бактерій з бобовими рослинами залежить від активності як нітрогеназного комплексу певних штамів ризобій, так і фізіологічних процесів у рослині, і ці процеси регулюються фітогормонами ендogenousного й екзогенного походження (та їхніми хімічними аналогами).

У середньому за п'ять років використання найвищу врожайність (8,99 т/га сухої маси) отримано за удобрення композиційним органо-мінеральним добривом добродій на фоні фосфорно-калійного удобрення та вапнування; найнижчі показники врожайності зафіксовано на неудобреному лучному агрофітоценозі – 4,54 т/га сухої маси. Застосування фосфорних та калійних добрив сприяло збільшенню врожайності на 32 %, і в середньому за п'ять років використання на цьому травостої отримано 6,01 т/га сухої маси.

На неудобреному контролі та за внесення фосфорних і калійних добрив вихід валової енергії бобово-злакового травостою був значно вищим порівняно з довготривалим лучним фітоценозом. Проте виключення азотного удобрення із технології створення та використання новоствореного бобово-злакового травостою зумовило зниження виходу валової та обмінної енергії. За використання композиційного органо-мінерального добрива добродій вихід валової енергії становив 156,9–170,0 ГДж/га, обмінної енергії – 76,9–93,3 ГДж/га (табл. 2).

За використання стимулятора росту екостим С при дворазовому скошуванні вихід валової енергії становив 121,2 ГДж/га, а обмінної –



59,1–66,2 ГДж/га. Збільшення кратності використання та застосування вапна сприяло зростанню цих показників.

**2. Енергетична ефективність бобово-злакового травостою залежно від удобрення, інокуляції, стимуляторів росту та вапнування, середнє за 2011–2015 рр., ГДж/га**

Варіанти	Вихід обмінної енергії для				Вихід валової енергії
	ВРХ	овець	коней	птиці	
Без добрив (контроль)	39,3	39,9	43,8	43,7	85,9
P <sub>60</sub> K <sub>90</sub> – фон (Ф)	51,8	52,6	57,7	58,5	113,6
Ф + екостим С	59,2	60,1	66,2	59,6	121,2
Ф + екостим С + вапно	61,6	62,4	68,8	62,0	125,8
Ф + ризобіфіт	64,2	65,3	71,7	66,0	130,4
*Ф + екостим С	65,9	66,8	73,6	66,4	133,3
*Ф + добродій	76,9	78,0	86,0	76,0	156,9
*Ф + добродій + вапно	83,4	84,7	93,3	81,9	170,0

\* Варіанти трикратного використання.

Оскільки перетравність органічних речовин корму окремими видами тварин є різною, то і вихід обмінної енергії відрізнявся. Найбільшу кількість обмінної енергії як з довготривалого, так і новоствореного травостою отримують коні. При згодовуванні вівцям сіна довготривалого агрофітоценозу у фізіологічних процесах візьме участь 73,6–89,9 ГДж/га, великій рогатій худобі – 72,6–88,5 ГДж/га. Вихід обмінної енергії з новоствореного бобово-злакового травостою становить 52,6–84,7 ГДж/га для овець та 51,8–83,4 ГДж/га для ВРХ. Для птиці вихід валової енергії з довготривалого травостою є значно вищим порівняно із новоствореним.

**Висновки.** Довготривалий лучний агрофітоценоз за повного мінерального удобрення (N<sub>150</sub>P<sub>60</sub>K<sub>90</sub>) із рівномірним розподілом азотних добрив під кожен укїс забезпечує вихід валової енергії на рівні 1872,1 ГДж/га та обмінної енергії – 88,5–98,2 ГДж/га.

Енергетична ефективність новоствореного бобово-злакового травостою за використання композиційного органно-мінерального добрива добродій на фоні фосфорно-калійного удобрення та вапнування становить 1700,0 ГДж/га валової енергії та 81,9–93,3 ГДж/га обмінної енергії.

### Список використаної літератури

1. Агробіологічне обґрунтування поліпшення продуктивності природних кормових угідь / Я. І. Мащак, Л. Я. Слобода, О. М. Слобода, І. В. Виговський // Передгірне та гірське землеробство і тваринництво. – 2012. – Вип. 54, ч. I. – С. 40–45.
2. Боговін А. В. Трав'янисті біогеоценози, їхнє поліпшення та раціональне використання / А. В. Боговін, І. Т. Слюсар, М. К. Царенко. – К. : Аграрна наука, 2005. – 360 с.
3. Гаврилюк М. М. Стан і основні напрями досліджень з лувівництва в Україні / М. М. Гаврилюк, В. Ф. Петриченко, В. Г. Кургак // Корми і кормовиробництво. – 2010. – Вип. 67. – С. 120–127.
4. Гарькавий А. Д. Конкурентоспроможність технологій і машин : навч. посіб. / А. Д. Гарькавий, А. В. Спірін. – Вінниця : ВДАУ – Тірас, 2003. – 68 с. – (Серія “Наука – Україні”).
5. Гелетуха Г. Г. Перспективи вирощування та використання енергетичних культур в Україні [Електронний ресурс] / Г. Г. Гелетуха, Т. А. Железна, О. В. Трибой // Аналітична записка БАУ № 10 від 12.09.2014а. – Режим доступу: <http://www.uabio.org/img/files/docs/position-paperuabio-10-ua.pdf>
6. Зінченко О. І. Кормовиробництво / О. І. Зінченко. – К. : Вища освіта, 2005. – 448 с.
7. Лазарев Н. Н. Луговые травы в Нечерноземье: урожайность, долголетие, питательность / Н. Н. Лазарев, А. Н. Исаков, А. М. Стародубцева. – М. : Изд-во РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева, 2015. – 218 с.
8. Макаренко П. С. Розвиток лувівництва на Україні в ХХ столітті / П. С. Макаренко, Л. І. Федоришина // 36. наук. пр. Вінницького державного аграрного університету. – 2004. – Вип. 16. – С. 54–61.
9. Мельник Л. Г. Економіка енергетики / Л. Г. Мельник, І. М. Сотник. – Суми : Університетська книга, 2015. – 378 с.
10. Методика проведення дослідів з кормовиробництва і годівлі тварин / [Бабоч А. О. та ін.]. – К. : Аграрна наука, 1998. – 80 с.
11. Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных / под ред. А. П. Калашникова, В. И. Фисинина, В. В. Щеглова, Н. И. Клейменова. – М. : [Б. и.], 2003. – 456 с.

12. Статистичний збірник “Сільське господарство України” / відповідальний за випуск О. М. Прокопенко. – К. : [Б. в.], 2016. – 246 с.
13. Abolina E. Abandoned agricultural land and its potential for short rotation woody crops in Latvia / E. Abolina, V. Luzadis // *Land Use Policy*. – 2015. – V. 49. – P. 435–445.
14. Biomass from landscape management of grassland used for biogas production: Effects of harvest date and silage additives on feedstock quality and methane yield / C. Herrmann, A. Prochnow, M. Heiermann, C. Idler // *Grass and Forage Science*. – 2014. – V. 69. – P. 549–566.
15. Cebecauerova M. From the analysis of spatial structure to the identification of trends in agricultural landscape in the hinterland of Bratislava / M. Cebecauerova, M. Madajova // *Geographical Journal*. – 2015. – V. 67. – P. 127–148.
16. Dauber J. The impact of biomass crop cultivation on temperate biodiversity / J. Dauber, M. B. Jones, J. C. Stout // *Global Change Biology Bioenergy*. – 2010. – V. 2. – P. 289–309.
17. Effects of species richness and functional groups on chemical constituents relevant for methane yields from anaerobic digestion: Results from a grassland diversity experiment / J. Khalsa, T. Fricke, A. Weigelt, M. Wachendorf // *Grass and Forage Science*. – 2012. – V. 69. – P. 49–63.
18. Holubek I. An economic analysis of permanent and oversown grasslands based on the data from research experiments / I. Holubek, F. Petrovic // *Ekologia (Bratislava)*. – 2011. – V. 30. – P. 122–132.
19. Kupkova L. Land cover changes along the Iron Curtain / L. Kupkova, I. Bicik, J. Najman // *Geografie*. – 2013. – V. 118. – P. 95–115.
20. Laidlaw A. S. Grassland for sustainable animal production / A. S. Laidlaw, L. B. J. Sebek // *Grassland Science in Europe*. – 2012. – V. 17. – P. 47–58.
21. Maticic B. Agricultural research and development in Eastern European countries: Challenges and needs / B. Maticic // *Technology in Society*. – 1993. – V. 15. – P. 111–129.
22. Melts I. Herbage production and chemical characteristics for bioenergy production by plant functional groups from semi-natural grasslands / I. Melts, K. Heinsoo, M. Ivask // *Biomass and Bioenergy*. – 2014. – V. 67. – P. 160–166.
23. Origin and history of grasslands in Central Europe – A review. / M. Hejzman, P. Hejzmanova, V. Pavlu, J. Benes // *Grass and Forage Science*. – 2013. – V. 68. – P. 345–364.

24. Perennial biomass feedstocks enhance avian diversity / B. A. Robertson, P. J. Doran, L. R. Loomis, J. R. Robertson // *Global Change Biology Bioenergy*. – 2011. – V. 3. – P. 235–246.

25. Porqueddu C. Grasslands in “Old World” and New World” Mediterranean climate zones: Past trends, current status and future research priorities // C. Porqueddu, S. Ates, L. Louhaichi // *Grass and Forage Science*. – 2016. – V. 71. – P. 1–35.

26. Potential of legume-based grassland-livestock systems in Europe: A review / A. Luscher [et al.] // *Grass and Forage Science*. – 2014. – V. 69. – P. 206–228.

27. Production and quality of seminatural grassland in South-eastern and Central Europe / M. Zimkova, A. Kirilov, I. Rotar, P. Stypinski // *Grassland Science in Europe*. – 2007. – V. 12. – P. 15–26.

28. Strijker D. Marginal lands in Europe – Causes of decline / D. Strijker // *Basic and Applied Ecology*. – 2005. – V. 6. – P. 99–106.

29. The potential of Estonian semi-natural grasslands for bioenergy production / K. Heinsoo, I. Melts, M. Sammul, B. Holm // *Agriculture, Ecosystems & Environment*. – 2010. – V. 37. – P. 86–92.

30. Tilvikiene V. Effects of 5 years of digestate application on biomass production and quality of cocksfoot (*Dactylis glomerata* L.) / V. Tilvikiene, A. Slepitiene, Z. Kadziulienė // *Grass and Forage Science*. – 2018. – V. 73. – P. 206–217.

31. Van Meerbeek K. Energy potential for combustion and anaerobic digestion of biomass from low-input high-diversity systems in conservation areas / K. van Meerbeek, L. Appels, R. Dewil // *Global Change Biology Bioenergy*. – 2015. – V. 7. – P. 888–898.

32. Virto I. Soil degradation and soil quality in Western Europe: Current situation and future perspectives / I. Virto, M. J. Imaz, O. Fernandez-Ugalde // *Sustainability*. – 2015. – V. 7. – P. 313–365.

33. Wachendorf M. Perspectives of energy production from grassland biomass for atmospheric greenhouse gas mitigation / M. Wachendorf, J. T. Soussana // *Grassland Science in Europe*. – 2012. – V. 17. – P. 425–435.