ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧІ ТЕХНОЛОГІЇ ЗАГОТІВЛІ, ПЕРЕРОБКИ І ВИКОРИСТАННЯ КОРМІВ І КОРМОВОГО БІЛКА

УДК: 620.952:633.3

КОРМОВІ КУЛЬТУРИ ЯК СИРОВИНА ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА БІОПАЛИВА

О.О. Чернелівська, І.М. Дзюбенко

DOI: 10.31073/kormovyrobnytstvo202089-17

Мета. Вивчення адаптивних елементів технології вирощування високостеблових кормових культур (кукурудза, сорго цукрове, суданська трава, сорго-суданський гібрид) та особливостей формування біомаси для виробництва біогазу в умовах правобережного Лісостепу України. **Методи.** Польовий, лабораторний, кількісно-ваговий, візуальний, розрахунково-порівняльний, математично-статистичний. **Результати.** Висвітлено результати досліджень адаптивних елементів технології вирощування високостеблових кормових культур для подальшого використання біомаси на виробництво біогазу. Застосування комплексних мінеральних добрив (NPK) на посівах високостеблових кормових культур призводило до підвищення продуктивності посівів порівняно з внесенням лише азотних добрив (N). Перенесення строків збирання культур з фази виходу в трубку на фазу викидання волоті, а особливо молочно-воскової стиглості зерна, забезпечувало підвищення урожайності та якісних показників біомаси. Застосування системи живлення посівів та проведення збирання біомаси у різні фази розвитку кормових культур забезпечило урожайність кукурудзи на рівні 26,8-66,5 т/га, суданської трави – 26,6-60,2 т/га, сорго-суданського гібриду – 34,1-114,7 т/га та сорго цукрового – 37,3-105,4 т/га, розрахунковий вихід біогазу від 2,83 до 32,54 тис.м³/га та енергії з біогазу – 51,9-709,4 ГДж/га, залежно від варіанту удобрення та строку збирання. **Висновки.** Застосування оптимальної системи удобрення (N₉₀P₉₀K₉₀) та збирання біомаси у фазу молочно-воскової стиглості зерна найвищу продуктивність забезпечували посіви високостеблових кормових культур: урожайність біомаси кукурудзи на рівні 54,9-66,5 т/га, суданської трави 45,0-60,2 т/га, сорго-суданського гібриду 82,0-114,7 т/га та сорго цукрового 74,3-105,4 т/га, розрахунковий вихід біогазу від 12,91 до 32,54 тис.м³/га та енергії з біогазу – 281,4-709,4 ГДж/га за рівня рентабельності від 7,1 до 177,6% залежно від культури та фону живлення.

Ключові слова: урожайність, біомаса, вихід енергії, система удобрення, строки збирання.

Чернелівська Олена Олександрівна, кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, Інститут кормів та сільського господарства Поділля НААН, м. Вінниця, пр-т Юності, 16, Україна, 21000. e-mail: labtehvtzk@ukr.net

Дзюбенко Ірина Миколаївна, кандидат сільськогосподарських наук.

Вступ. Постановка проблеми. Враховуючи аграрну спрямованість економіки України, перспективним напрямом розвитку держави стає нова галузь – біоенергетика. У сучасних умовах надзвичайно важливого значення набуває створення ефективної системи виробництва та споживання відновлювальних джерел енергії. На даний час основними пріоритетами галузі є пошук дешевої біосировини, нових технологічних рішень і створення необхідної інфраструктури для вирощування біоенергетичних культур та переробки біомаси в різні види біопалива: рідкі (біоетанол, біобутанол), газоподібні (метан) і тверді (гранули, брикети). На сьогоднішній день, біопаливо розглядається як основна альтернатива для традиційних видів

пального.

В Україні виникла нагальна необхідність пошуку і впровадження альтернативних та відновлюваних джерел енергії і енергозберігаючих технологій. Агропромисловий сектор України, виробляючи значні обсяги органічних відходів, володіє потенційними ресурсами для виробництва біогазу, здатними замінити 2,6 млрд м³/рік природного газу. За умови подальшого розвитку сільського господарства та широкого використання рослинної сировини, цей потенціал може бути доведений, за різними оцінками, від 7,7–11 до 18 млрд м³/рік у перерахунку на природний газ. Отже необхідно суттєво підвищити рівень залучення біомаси аграрного походження до забезпечення енергетичних потреб країни. Серед усіх відновлюваних джерел енергії біомаса є найбільш перспективною для заміщення природного газу та інших викопних палив в Україні [1, 2, 3, 4].

Наукові дослідження продемонстрували можливості використання традиційних кормових культур (кукурудзи, сорго цукрового, суданської трави та сорго-суданського гібриду) в галузі рослинництва і кормовиробництва для різних ґрунтово-кліматичних зон України. За високої біологічної продуктивності біомаси, адаптивності їх показників та відносної невибагливості до умов вирощування такі культури забезпечують від 30 до 70 т/га і більше зеленої маси, що дає можливості різноманітного і різнострокового використання у межах сівозмін. Вони можуть стати надійним джерелом біогазової сировини, вихід з якої може досягати 300 м³/т. Крім того, впровадження цих культур не потребує додаткових витрат на адаптацію іноземних сортових ресурсів та розробки спеціалізованих технологій вирощування. Вони потребують лише деталізації з огляду на уточнення біогазової продуктивності рослинної біомаси культур, визначення частки впливу факторів інтенсифікації їх вирощування на біогазову продуктивність та якість самого біогазу і відходів сировини від такої переробки [4, 5, 6].

Як сировина для виробництва біогазу можуть бути використані практично всі зелені рослини в свіжому або силосованому вигляді. Найбільш продуктивно використовувати таку сировину, як кукурудзяний силос молочної та воскової стиглості, біомасу соргових культур, трав'яний силос з лугів, суміш конюшини з іншими травами, силос із зернових культур, буряки цукрові та кормові разом з листям, картоплю, зернові. Використання рослинних культур дозволить отримати значну кількість біогазу. Орієнтовна площа посівів однорічних та багаторічних кормових культур в Україні може скласти близько 500 тис. га, що забезпечить близько 4,4 млрд м³ біометану. З огляду на наведені вище твердження, для України актуальним залишається виробництво сировини для біогазу з тих культур, ефективність яких є доведеною в різних ґрунтово-кліматичних зонах.

Мета і завдання досліджень – вивчення адаптивних особливостей технологій вирощування високостеблових кормових культур на формування біомаси (кукурудза, сорго цукрове, суданська трава, сорго-суданський гібрид)

для виробництва біогазу в умовах правобережного Лісостепу України.

Матеріали та методи. Дослідження проводили на дослідному полі Інституту кормів та сільського господарства Поділля НААН України впродовж 2016-2019 рр. Ґрунти сірі лісові опідзолені з вмістом гумусу в 0-30 см шарі ґрунту 2,14-2,26%, легкогідролізованого азоту – 14,6-18,3 мг/100 г ґрунту, рухомого фосфору – 14,6-17,5 мг/100 г ґрунту, обмінного калію – 12,9-15,9 мг/100 г ґрунту. Гідролітична кислотність ґрунту – 4,4-4,6, рН сол. – 4,5-5,0. Досліди закладали в триразовій повторності з площею облікової ділянки 20 кв. м. Мінеральні добрива вносили восени під основний обробіток згідно схеми дослідів. Сівбу високостеблових культур проводили у першій декаді травня. Схема дослідів подана в таблиці. Згідно з загальноприйнятими методиками проводили спостереження та обліки [7]. Вихід біопалива (біогазу) та енергії оцінювали за методичними рекомендаціями Інституту біоенергетичних культур та цукрових буряків [8].

Результати досліджень і обговорення. Використання комплексних мінеральних добрив ($N_{60-90}P_{60-90}K_{60}$) на посівах високостеблових кормових культур призводить до підвищення продуктивності порівняно з застосуванням лише азотних добрив (N_{60}). Більш інтенсивне формування біомаси в усіх культур відбувається за умови внесення максимальної норми мінеральних добрив $N_{90}P_{90}K_{90}$.

Застосування лише азотних добрив на посівах кукурудзи дає можливість формувати урожайність зеленої маси у фазу виходу в трубку на рівні 26,8 т/га внесення комплексних мінеральних добрив нормою $N_{60}P_{60}K_{60}$ або $N_{90}P_{90}K_{90}$, підвищує урожайність на 18,7 та 43,3% (31,8, 38,4 т/га). Продовження вегетації культури до фази викидання волоті сприяє збільшенню урожайності на 51,6-70,1%, а до фази молочно-воскової стиглості зерна – 10,7-21,5% порівняно з попереднім строком збирання та залежно від варіантів удобрення (рис. 1).

Утворюючи стеблостій достатньої густоти, сорго цукрове у фазу виходу в трубку забезпечує, залежно від варіантів удобрення, вихід зеленої маси на рівні 37,3-43,1 т/га. Продовження вегетації культури до фази викидання волоті призводить до збільшення біомаси до 66,7-87,8 т/га. Проведення збирання зеленої маси у фазу молочно-воскової стиглості зерна сорго цукрового було отримано найвищу урожайність на рівні 74,3-105,4 т/га, залежно від фону живлення (рис. 1). Застосування комплексних добрив та збільшення їх норми позитивно впливає на урожайність зеленої маси, її величина збільшилась, порівняно з внесення лише азотних добрив, в перший строк збирання на 5,8-14,9 т/га, в другий строк – на 12,0-21,0 т/га, в третій строк – на 19,5-31,1 т/га.

Внесення комплексних мінеральних добрив та подовження вегетаційного періоду до фази молочно-воскової стиглості зерна дає можливість отримати вихід біомаси сорго-суданського гібриду на рівні 93,6-114,7 т/га. Найменший вихід біомаси забезпечують посіви суданської трави, урожайність зеленої маси у фазу виходу в трубку становила 26,6-35,4 т/га, у фазу викидання волоті 39,7-50,5 т/га та у фазу молочно-воскової стиглості

зерна – 45,0-60,2 т/га залежно від фону живлення.

За умови використання біомаси як сировини для виробництва біогазу головною умовою є не тільки отримання максимальної урожайності зеленої маси на період збирання культури, але й оптимальних показників сухої речовини.

Показники абсолютно сухої речовини у високостеблових кормових рослинах залежали від строків збирання врожаю (фази розвитку культури). Застосування мінеральних добрив не мали особливого впливу на вміст абсолютно сухої речовини.

За умови перенесення збирання зеленої маси з фази виходу в трубку культури на фазу викидання волоті та молочно-воскової стиглості зерна було відмічено збільшення сухої речовини у всіх культур. Показник сухої речовини на фазу виходу в трубку становить 15,1-19,5%, а у фазу молочно-воскової стиглості зерна відбулося збільшення до 30,6-47,7% залежно від культури та варіанту удобрення.

Рис. 1. Урожайність зеленої маси високостеблових кормових культур

Встановлено, що найбільшу біомасу та кількість сухої речовини можна отримати, якщо збір зеленої маси проводити у фазу молочно-воскової стиглості зерна культур. Саме в цей період рослини накопичують достатньо велику вегетативну масу. Найменший вихід біогазу отримали за умови збирання у фазу виходу в трубку на посівах кукурудзи на варіантах внесення лише азотного добрива нормою N₆₀ на рівні 2,83 тис. м³/га та енергії з біогазу 51,88 ГДж/га (рис. 2, табл.1).

Внесення комплексних мінеральних добрив призводило до підвищення виходу біогазу на 22,6%, енергії – на 45,8%, за збільшення норми добрив вихід біогазу та енергії підвищується на 48,1-76,1 % порівняно з варіантом застосування лише азотного добрива. Посіви сорго цукрового у фазу виходу в трубку за застосування мінеральних добрив нормою $N_{60}P_{60}K_{60}$ та $N_{90}P_{90}K_{90}$ забезпечили найвищий вихід біогазу на рівні 5,58 і 6,72 тис.м³/га та 121,64 і 146,5 ГДж/га енергії з біогазу.

Рис. 2. Розрахункові показники виходу біогазу з високостеблових кормових культур

Перенесення строку збирання зеленої маси на більш пізній період (фаза викидання волоті культурами) призвело до збільшення біомаси та сухої речовини, і, як наслідок, розрахунковий вихід біогазу та енергії з біогазу підвищився. У залежності від фону живлення достатньо високу кількість біогазу (від 9,90 до 14,46 тис.м³/га) та енергії з біогазу (215,82–315,23 ГДж/га) отримали з посіву сорго-суданського гібриду та сорго цукрового.

Проведення збирання біомаси високостеблових кормових культур у фазу молочно-воскової стиглості забезпечує найбільший вихід біогазу – від 9,77 до 32,54 тис.м³/га, енергії з палива – 212,99-709,40 ГДж/га. Найкращі показники отримали на посівах сорго цукрового та сорго-суданського гібриду за умови застосування комплексних мінеральних добрив нормою $N_{90}P_{90}K_{90}$, де

вихід біогазу склав 32,54 і 30,19 тис. м³/га та енергії з біогазу – 709,4 і 658,6 ГДж/га (табл.1).

Таблиця 1

Розрахункові показники виходу енергії з біогазу високостеблових кормових культур, ГДж/га, 2017-2019 рр.

№ варіанту	Культура	Вихід у трубку			Викидання волоті			Молочно-воскова стиглість зерна		
		N ₆₀	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	N ₆₀	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	N ₆₀	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀
1	Кукурудза	51,9	75,7	91,3	128,4	159,4	177,7	381,9	414,0	483,9
2	Суданська трава	75,4	94,0	105,5	132,8	167,2	155,0	212,9	236,8	281,2
3	Сорго-суданський гібрид	88,9	105,5	128,6	215,8	271,4	315,2	461,7	518,2	658,6
4	Сорго цукрове	96,1	121,6	146,5	220,0	270,3	303,9	450,6	596,9	709,4

Отже, найбільший вихід біогазу отримали за умови застосування оптимальної системи живлення (N₉₀P₉₀K₉₀) на посівах усіх високостеблових кормових культур та збирання біомаси у фазу молочно-воскової стиглості на рівні 12,90-32,54 тис.м³/га, енергії з біогазу – 281,22–709,40 ГДж/га.

Аналіз економічної ефективності вирощування високостеблових кормових культур (кукурудзи, суданської трави, сорго-суданського гібриду, сорго цукрового) для виробництва біогазу показав залежність прибутку та рентабельності від строку збирання (фази розвитку культури). Проведення збирання високостеблових кормових культур у фазу молочно-воскової стиглості зерна культури виявилось економічно доцільним. Вартість зеленої маси, зібраної у фазу виходу в трубку, низька за рахунок формування низької урожайності зеленої маси, тому є нерентабельною, а прибуток від реалізації сировини – від'ємний. Перенесення строку збирання на більш пізні терміни (фаза викидання волоті чи молочно-воскова стиглість зерна) призводить до збільшення урожайності культур, підвищення прибутку та рівня рентабельності.

Рівень рентабельності вирощування біомаси на виробництво біогазу за умови збирання у фазу молочно-воскової стиглості зерна становить від 7,1 до 37,4% за вирощування кукурудзи, 45,2-111,8% – суданської трави, 130,7-198,2% – сорго-суданського гібриду, 116,4-177,6% – сорго цукрового залежно від системи удобрення.

Висновки. За умови застосування оптимальної системи удобрення (N₉₀P₉₀K₉₀) та збирання біомаси у фазу молочно-воскової стиглості зерна, найвищу продуктивність забезпечували посіви високостеблових кормових культур: кукурудза – урожайність біомаси на рівні 54,9-66,5 т/га, суданська

трава – 45,0-60,2 т/га, сорго-суданський гібрид – 82,0-114,7 т/га та сорго цукрове – 74,3-105,4 т/га, розрахунковий вихід біогазу від – 12,91 до 32,54 тис.м³/га та енергії з біогазу – 281,4-709,4 ГДж/га за рівня рентабельності 7,1-177,6% залежно від культури та фону живлення.

Встановлено, що у порівнянні з іншими високостебловими культурами найбільшу біомасу, вихід біогазу, енергії з біогазу та рівень рентабельності за однакових фонів живлення формує у фазу молочно-воскової стиглості зерна сорго цукрове та сорго-суданський гібрид.

Список бібліографічних посилань

1. Гелетука Г.Г., Кучерук П.П., Матвеев Ю.Б., Ходаковская Т.В. Перспективы производства биогаза в Украине. *Возобновляемая энергетика*. 2011. №3. С.73-77.
2. План дій по біомасі для України 2009. URL: http://biomass.kiev.ua/images/library/info-materials/bap_ukr.pdf.
3. Енергетична стратегія України на період до 2035 року «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність». Схвалено Розпорядженням Кабінетом Міністрів України від 18.08.2017 № 605-р. URL: <http://www.kmu.gov.ua/control/uk/cardnpd?docid=250250456>.
4. Шульц Рейнхард та ін. Виробництво і використання біогазу в Україні Видає: Рада з питань біогазу з.т./Biogasrat e.V. С. 74. URL: <http://uabio.org/img/files/news/pdf/biogas-arzinger-handbook.pdf>.
5. Матвеев Ю. Реальна альтернатива. URL: <http://www.agrotimes.net/journals/article/realna-alternativa>.
6. Носенко Ю. Біогаз – реальна альтернатива природному газу? / Ю. Носенко // *Агробізнес сьогодні* №14(309) 2015. URL: <http://www.agro-business.com.ua>.
7. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта: навч.-метод. посіб. Москва: Агропромиздат, 1985. 351 с.
8. Курило В.Л. та ін. Методичні рекомендації з технології вирощування цукрового сорго як сировини для виробництва біопалива: навч.-метод. посіб. Київ. 2016. 36 с.

References

1. Heletukha H.H., Kucheruk P.P., Matveev Yu.B., Khodakovskaia T.V. Perspektivy proizvodstva biogaza v Ukraine [Prospects for biogas production in Ukraine]. *Vozobnovliaiemaia energetika* [Renewable energy], 2011, no. 3, pp.73-77 [in Russian].
2. Plan dii po biomasi dlia Ukrainy 2009 [Biomass Action Plan for Ukraine 2009]. Available at: URL: http://biomass.kiev.ua/images/library/info-materials/bap_ukr.pdf [in Ukrainian].
3. Enerhetychna stratehiia Ukrainy na period do 2035 roku «Bezpeka, enerhoefektyvnist, konkurentospromozhnist». Skhvaleno Rozporiadzhenniam KМУ vid 18.08.2017 № 605-r. [Energy strategy of Ukraine for the period up to 2035 "Security, energy efficiency, competitiveness". Approved by the Order of the Cabinet of Ministers of Ukraine dated 18.08.2017 № 605-r.]. Available at: URL: <http://www.kmu.gov.ua/control/uk/cardnpd?docid=250250456> [in Ukrainian].
4. Shults Reinhard et al. Vyrobnystvo i vykorystannia biohazu v Ukraini Vydavnyk: Rada z pytan biohazu z.t./Biogasrat [Production and use of biogas in Ukraine Publisher: Council for Biogas ZT/Biogasrat], e.V, P. 74. Available at: URL: <http://uabio.org/img/files/news/pdf/biogas-arzinger-handbook.pdf> [in Ukrainian].
5. Matvieiev Yu. Realna alternatyva [The real alternative]. Available at: URL: <http://www.agrotimes.net/journals/article/realna-alternativa> [in Ukrainian].
6. Nosenko Yu. Biohaz – realna alternatyva pryrodnomu hazu? [Is biogas a real alternative to the natural gas?]. *Ahrobiznes sohodni* [Agribusiness today], 2015, no. 14(309). Available at: URL: <http://www.agro-business.com.ua> [in Ukrainian].
7. Dospiekhov B.A. (1985). Metodika polevogo opyta [Methods of field experience]. Moscow,

Agropromizdat, 351 p. [in Russian].

8. Kurylo V.L. et al. (2016). *Metodychni rekomendatsii z tekhnolohii vyroshchuvannia tsukrovoho sorho yak syrovyny dlia vyrobnytstva biopalyva* [Methodical recommendations on the technology of growing sugar sorghum as a raw material for biofuel production]. Kyiv, 36 p. [in Ukrainian].

Chernelivska O.O., Dziubenko I.M., Fodder crops as raw materials for biofuel production

Purpose. To study the adaptive elements of technology for growing high-stem forage crops (corn, sugar sorghum, sudanese grass, sorghum-sudanese hybrid) and features of biomass formation for biogas production in the right-bank forest-steppe of Ukraine. **Methods.** Field, laboratory, quantitative-weight, visual, calculation-comparative, mathematical-statistical. **Results.** The research results provided the adaptive technology elements cultivation of high-stem forage cultures for the further using of biomass for biogas production. The use of complex mineral fertilizers (NPK) on crops of high-stem forage crops led to an increase in crop productivity compared to the application of nitrogen fertilizers (N). Transferring of the crops harvesting time from the phase of stem prolongation to the phase of the heads forming, and especially the milk-wax ripeness of the grain provided an increase in yield and quality of biomass. The application of the crop nutrition system and biomass harvesting in different phases of fodder crop development ensured the yield of corn at the level of 26.8-66.5 t/ha, sudanese grass – 26.6-60.2 t/ha, sorghum-sudanese hybrid – 34.1-114.7 t/ha and sugar sorghum – 37.3-105.4 t/ha, estimated yield of biogas from 2.83 to 32.54 thousand m³/ha and energy from biogas – from 51.9-709.4 GJ/ha, depending on the fertilizer option and harvesting period. **Conclusions.** The application of the optimal fertilizer system (N₉₀P₉₀K₉₀) and harvesting of biomass in the phase of milk-wax ripeness of grain the highest productivity was provided by crops of high-stem forage crops: yield of corn biomass at the level of 54.9-66.5 t/ha, sudanese grass – 45.0-60.2 t/ha, sorghum-sudanese hybrid – 82.0-114.7 t/ha and sugar sorghum 74.3-105.4 t/ha, estimated biogas yield from 12.91 to 32.54 thousand m³/ha and energy from biogas – 281.4-709.4 GJ/ha, with a level of profitability from 7.1 to 177.6% dependently on the crop and nutrient background.

Key words: yield, biomass, energy yield, fertilizer system, harvesting terms.

Chernelivska Olena O., Candidate of Agricultural Sciences, Senior Research Fellow, Institute of Feed Research and Agriculture of Podillya of NAAS, 16 Yunosti Ave., Vinnytsia, Ukraine, 21100, e-mail: labtehvtk@ukr.net

Dziubenko Iryna M., Candidate of Agricultural Sciences.

Чернеливская Е.А., Дзюбенко И.Н., Кормовые культуры как сырье для производства биотоплива

Цель. Изучение адаптивных особенностей формирования биомассы высокостебельных кормовых культур (кукуруза, сорго сахарное, суданская трава, сорго-суданский гибрид) для производства биогаза в условиях правобережной Лесостепи Украины. **Методы.** Полевой, лабораторный, количественно-весовой, визуальный, расчетно-сравнительный, математико-статистический. **Результаты.** Освещены результаты исследований адаптивных элементов технологии выращивания высокостебельных кормовых культур для дальнейшего использования биомассы на производство биогаза. Применение комплексных минеральных удобрений (NPK) на посевах высокостебельных кормовых культур приводило к повышению продуктивности посевов по сравнению с внесением только азотных удобрений (N). Перенос сроков уборки культур с фазы выхода в трубку на фазу выбрасывания метелки, особенно молочно-восковой спелости зерна, обеспечивало повышение урожайности и качественных показателей биомассы. Применение системы удобрения посевов, а также проведение сбора биомассы в разные фазы развития кормовых культур обеспечило урожайность кукурузы на уровне 26,8-66,5 т/га, суданской травы – 26,6-60,2 т/га, сорго-суданского гибрида – 34,1-114,7 т/га и сорго сахарного – 37,3-105,4 т/га, расчетный выход биогаза – от 2,83 до 32,54 тыс.м³/га и энергии из биогаза – от 51,9-709,4 ГДж/га в зависимости от варианта удобрения и срока уборки. **Выводы.** При условии применения оптимальной системы питания (N₉₀P₉₀K₉₀) и сбора биомассы в фазу молочно-восковой спелости зерна культуры, посевы

кормовых культур обеспечивали высокую производительность: урожайность биомассы кукурузы – на уровне 54,9-66,5 т/га, суданской травы – 45,0-60,2 т/га, сорго-суданского гибрида – 82,0-114,7 т/га и сорго сахарного – 74,3-105,4 т/га, расчетный выход биогаза – от 12,91 до 32,54 тыс.м³/га и энергии из биогаза – 281,4-709,4 ГДж/га при уровне рентабельности от 7,1 до 177,6% в зависимости от культуры и системы удобрения.

Ключевые слова: урожайность, биомасса, выход энергии, система удобрения, сроки уборки.

Чернеливская Елена Александровна, кандидат с.-х. наук, с.н.с., Институт кормов и сельского хозяйства Подолья НААН, пр-кт Юности, 16, г. Винница, Украина, 21100,
e-mail: labtehvztk@ukr.net

Дзюбенко Ирина Николаевна, кандидат с.-х. наук, Институт кормов и сельского хозяйства Подолья НААН, пр-кт Юности, 16, г. Винница, Украина, 21100,
e-mail: labtehvztk@ukr.net

Стаття надійшла до редакції: 03.07.2020

Фахове рецензування: 16.07.2020

Бібліографічний опис для цитування:

Чернелівська О.О., Дзюбенко І.М., Кормові культури як сировина для виробництва біопалива. Корми і кормовиробництво. 2020. № 89. С. 172-180.
<https://doi.org/10.31073/kormovyrobnytstvo202089-17>