

УДК 620. 92: 621.8.036

ТРЕГУБ М.І.
ДЕМЕЩУК В.А.
ВАСИЛЕНКО О.С.

Білоцерківський національний аграрний університет

МАЛОЕНЕРГОВИТРАТНІ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ ТА ВИКОРИСТАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ РОСЛИН

Проаналізовано технологічні та енергетичні витрати на вирощування, збирання й переробку рослинних палив та обґрунтовано малоенерговитратні технології їх використання для енергетичних потреб. Висвітлено технологію вирощування міскантусу в умовах виробничої плантації навчально-виробничого центру Білоцерківського національного аграрного університету площею 12 га протягом 2013–2019 років. Аргументовано перспективність вирощування міскантусу гігантського в умовах Білоцерківського району за такими аспектами як простота технології розмноження, механізація садіння кореневищ модернізованою розсадосадильною машиною СКН-6, малоенерговитратною технологією переробки і використання у твердопаливних котлах і газогенераторах двигунів внутрішнього згорання з отриманням електроенергії та утилізацією тепла для опалення і водонагрівання. Надано рекомендації по підготовці садивного матеріалу міскантусу, що забезпечить ефективні сходи, підвищення життєздатності та розвиток рослин. Акцентовано увагу на важливості вирішення технічної проблеми ущільнення подрібненої сухої рослинної маси міскантусу безпосередньо перед подачею у твердопаливні котли або газогенератори двигунів внутрішнього згорання з використанням серійних механізмів.

Ключові слова: енергетичні рослини, енергоефективна переробка, рослинні палива, паливні пелети, малоенерговитратні технології, енергонезалежність.

doi: 10.33245/2310-9270-2019-153-2-75-81

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Одним із перспективних напрямів відновлюваної енергетики є використання рослинної продукції на паливні потреби. Це дозволить зменшити енергетичну залежність від нафти, газу та вугілля, що особливо актуально для сільськогосподарського виробництва, де безпосередньо вирощують ці енергетичні культури. Проте різні складові урожаю енергетичних рослин для використання як органічних палив потребують енерговитратних технологій підготовки до застосування у паливних пристроях. Важливим завданням є обґрунтування найменш затратних технологічних процесів вирощування, збирання та переробки для використання у різних типах паливних пристроїв. Існуючі технології виробництва паливних брикетів і пелетів майже скрізь потребують стаціонарних переробних цехів з великими транспортними та виробничими витратами.

Малоенерговитратні технології вирощування, переробки і використання рослинних палив сьогодні найчастіше досліджуються за окремими темами. Так, наприклад, рослинники досліджують перспективні види енергетичних рослин: кукурудзи [2], енергетичної верби [3], свічагарасу [4], міскантусу [5]. Енергетики розробляють та досліджують малоенерговитратні технології і технічні засоби переробки врожаю енергетичних рослин та виділення з них енергії шляхом спалювання непереробленої рослинної маси [6], паливних пелет [7], генераторного газу або моторних біопалив [8], [9].

Мета дослідження – обґрунтування енергоефективних технологій, технологічних процесів і технічних засобів для виробництва і використання рослинної маси енергетичних культур; удосконалення процесів механізованого вегетативного розмноження міскантусу, яке б дозволило швидко отримувати власний садивний матеріал для створення цільової плантації площею 57 га.

Матеріал і методи дослідження. Аналіз енергетичних витрат сучасних технологій виробництва паливних пелет з енергетичних рослин. Побудова та розрахунок енергетичних витрат у графічних моделях розроблених технологічних процесів.

Технологія вирощування міскантусу в НВЦ БНАУ на виробничій плантації площею 12 га протягом 2013–2019 років:

1. Скошування надземної частини в розсаднику площею 1,2 га з подрібненням виконували самохідним кормозбиральним комбайном Е-281С.

2. Підкопування садивного матеріалу виконували центральною секцією культиватора-плоскоріза КПШ-5 в агрегаті з трактором МТЗ-82.

3. Вибірання та розділення садильного матеріалу на ризоми виконували вручну за допомогою секаторів з наступним пакуванням у мішки.

4. Після збирання сої на площі висаджування вносили по 30 т гною на 1 га агрегатом МТЗ-80 +ПРТ-7.

5. Зяблеву оранку виконували агрегатом Т-150К+ПЛН-5-35.

6. Весняну передсадильну культивуацію виконували агрегатом МТЗ- 82+КПС-4.

7. Садіння ризом міскантусу виконували агрегатом МТЗ-80+СКН-6А з модернізованим робочим механізмом.

8. Прикочування виконували агрегатом МТЗ-82+КЗК-6.

9. Післясадильне внесення гербіцидів виконували агрегатом МТЗ- 82+ОН- 800.

Застосування гербіцидів було одноразове на весь термін вирощування, викликане високою забур'яненістю площі, з метою кращого виживання розсади міскантусу.

Для встановлення впливу розмірів кореневищ на відростання рослин саджанці висаджували модернізованою 4-рядною розсадосадильною машиною СКН-6А на глибину 12–15 см. Після посадки проводили коткування кільчасто-зубовими котками КЗК-6.

Результати дослідження. Для загального аналізу енергетичних процесів сільськогосподарського виробництва побудовано схему енергетичного балансу та систему зв'язків між енерговитратами та поповненням енергетичних ресурсів за рахунок поновлюваних енергоджерел, наприклад вітроенергетиків (рис. 1).

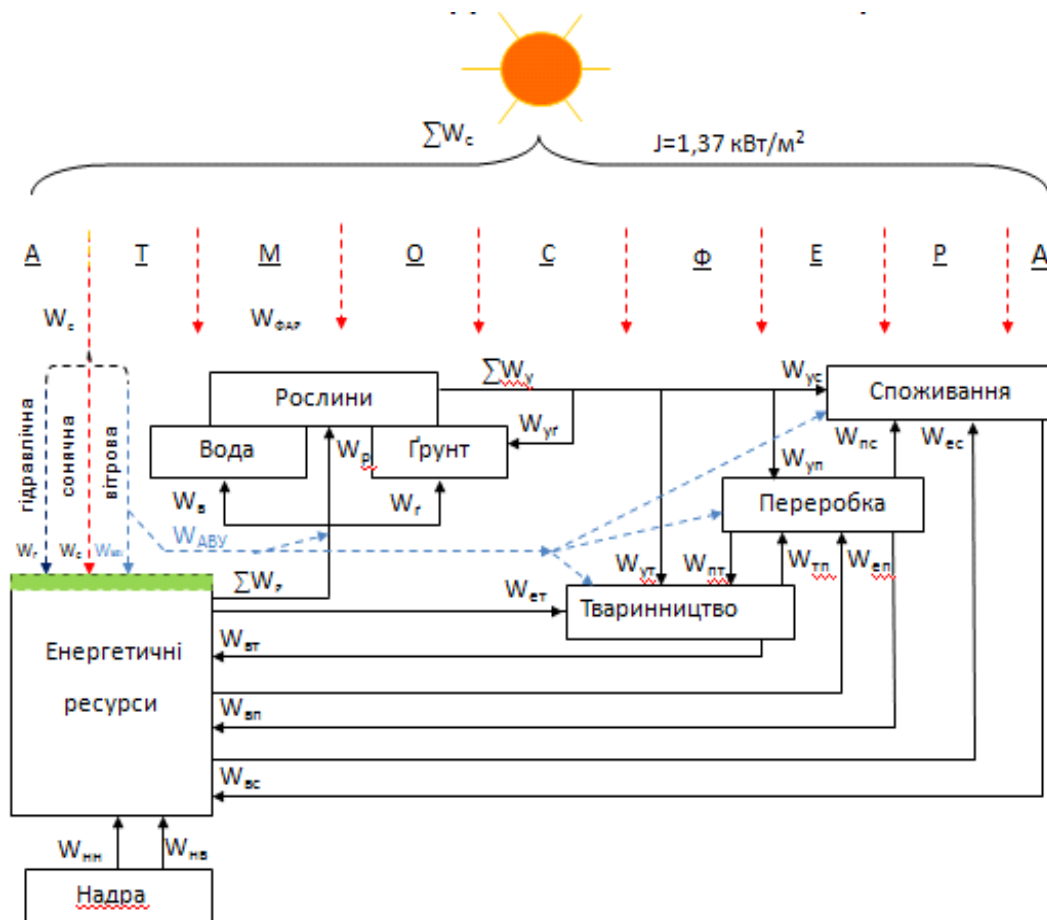


Рис. 1. Схема енергетичного балансу сільськогосподарського виробництва та система зв'язків між витратами та поповненням енергетичних ресурсів.

Сумарний енерговміст отриманого урожаю позначений на схемі W_y далі розподіляється у тваринництво W_{yt} , на переробку W_{yp} і безпосередньо на споживання W_{ys} , а також частково повертається у ґрунт енергетично вираженою W_{yr} масою залишків рослинної органіки. Частина розподіленої енергії урожаю з тваринництва, переробки та споживання повертається у формі

утилізованих відходів та біопалив відповідно $W_{вт}$, $W_{вп}$, $W_{вс}$ на поповнення енергетичних ресурсів. Аналогічно позначено всі зображені енерговитрати. Наприклад, сумарні енергетичні витрати у рослинництві визначаються виразом:

$$W_p = W_v + W_p + W_r, \quad (1.1)$$

де W_v – прямі та матеріалізовані енерговитрати на добрива і водозабезпечення; W_r – на механічний обробіток ґрунту; W_p – на безпосередні обробки рослин при їх вирощуванні.

Витрати енергоресурсів W_t , W_n , W_c – відповідно у тваринництві, переробних технологіях та сфері споживання.

Поповнення енергоресурсів відбувається переважно за рахунок непоновлюваних видобутих з надр енергоносіїв $W_{нн}$, а також у незначних обсягах звідти поновлюваних видів енергії $W_{нп}$.

Рослини під час вегетації в процесі фотосинтезу акумулюють у своїй масі енергію фотосинтезуючого потоку сонячної радіації $W_{фар}$, яка є частиною загального потоку енергії сонця, що характеризується [10] сонячною сталою $J = 1,37 \text{ кВт/м}^2$ за межами тропосфери. Тобто кількісно процес акумулювання сонячної енергії рослинами можна оцінити за тривалістю вегетації рослин у період найвищої сонячної інсоляції та площею активної листової поверхні. Тому загальне визнання у кормовиробництві належить багаторічним кормовим рослинам, наприклад люцерні з кількома укусами протягом вегетаційного періоду. На сільськогосподарських угіддях, розташованих у Білоцерківському районі, сонячна інсоляція, у складі якої є фотосинтезуюча активна радіація, має виражений сезонний характер, типовий для центрального лісостепу. Аналіз річного графіка сонячної інсоляції дозволяє зробити висновок, що найбільш продуктивні ті енергетичні рослини, які у весняний, літній та осінній періоди мають велику листову поверхню і безперервну вегетацію та нарощування рослинної маси.

До таких енергетичних високоурожайних культур належать різні типи рослин, наприклад, міскантус, енергетичні верба й тополя та ін.

Однак кожна з таких культур має біологічні особливості, які визначають раціональні технологічні процеси вирощування і відповідні технічні засоби для їх збирання, переробки та використання. Важливою умовою доцільності вирощування енергетичної культури є відсутність жорстких вимог до її розмноження, догляду та удобрення і строків дозрівання рослинної маси.

Однією з енергетичних рослин, яка задовольняє названим вимогам є *Miscanthus sinensis* форми *Giganteus*.

Переваги міскантусу як біопаливної культури [11, 12]:

- продуктивність міскантусу на енергетичних плантаціях – 20–25 т/га сухої маси;
- вирощування на одному місці до 25 років. Біомасу збирають щорічно [12, 13];
- низька собівартість вирощування біомаси;
- вирощування доцільне в районах забруднення і з низьким сільськогосподарським потенціалом;
- на момент збирання (взимку) рослини висихають до рівня вологи 15–20 % і не потребують додаткового висушування;
- біомасу безпосередньо використовують на вироблення тепла або переробляють у паливні брикети чи пелети.

Біопаливо з міскантусу має ряд переваг, які полягають у нижчій вартості, екологічності та енергетичній незалежності. Використання для опалення біомаси з 1 га енергетичної плантації за теплоутворюючою здатністю еквівалентно 9340 м³ природного газу або 21,857 т подрібненої деревини. Собівартість тепла з нього в середньому в три рази нижча, ніж тепла, виробленого з традиційного палива на основі природного газу

В Європі міскантус вважають найбільш низькозатратною рослиною для виробництва біопалива. Його вирощують для дослідних і комерційних цілей у Великобританії, Німеччині, Данії, Франції, Японії і Сполучених Штатах, де посадки міскантусу підтримуються урядом, і фермери отримують щорічні субсидії для розвитку цієї культури [14, 15, 16].

Враховуючи актуальність питання створення плантацій енергетичних культур, на дослідному полі Білоцерківського НАУ в 2013 році було закладено розсадник міскантусу на площі 1,2 га.

Міскантус виду *giganteus* не утворює насіння, бо є триплоїдом і має стерильний пилок. Тому його розмножують вегетативним шляхом. Відомо 3 способи вегетативного розмноження:

- поділом кореневищ;
- саджанцями, отриманими з культур *in vitro*;
- укоріненням міжвузлів.

При розмірі кореневищ 10–12 см відсоток відростання рослин коливався в межах 80–90 %, а при розмірі до 10 см – лише до 45 %. Крім того, рослини, які розвивалися з більш крупних кореневищ у перший рік вегетації були на 15–22 % вищими за ті, що розвивалися з дрібних кореневищ. Кількість стебел при висадці кореневищ розміром 10–12 см також була більшою на 30 % порівняно з кореневищами розміром до 10 см.

Таким чином, міскантус може успішно розмножуватися поділом кореневищ із застосуванням описаної механізованої технології, при цьому розмір ризом повинен бути не менше 12–15 см, що забезпечить більший відсоток відростання. Рослини будуть більш розвиненими та життєздатними.





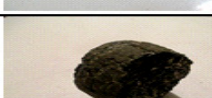
У наступні роки відбувається заростання прогалин суцільної площі вирощування міскантусу. Важливим аспектом механізованих технологій вирощування і збирання міскантусу є його здатність зміцнювати кореневищами поверхню ґрунту для руху збиральної техніки.

Міскантус, із його майже чотириметровим стеблом і мітлоподібним пухнастим суцвіттям без насіння, є гарною енергетичною сировиною, тому що містить велику кількість целюлози – 64–71 %. При вирощуванні міскантусу вуглекислий газ, що поглинається ним у процесі росту відповідає масі сполук вуглецю, виділеній при спалюванні. Тобто існує баланс вуглецю в замкненому циклі. Крім того, вирощування міскантусу створює позитивний баланс гумусу в порівнянні з іншими культурами (верба, тополя), тому що після 4 років вирощування міскантус накопичує 15–20 т підземної біомаси, що еквівалентна 7,2–9,2 т вуглецю на гектарі.

До переваг міскантусу слід додати відсутність у нього зональних шкодочинних шкідників та хвороб.

Крім малоенерговитратних механізованих технологій вирощування та збирання міскантусу, велике значення має технологія спрощеної переробки та використання його сухої рослинної маси. Традиційно застосовують технології переробки його в товарні форми паливних брикетів чи пелетів, подібно до інших видів рослинної маси, як наведено в таблиці 1.

Таблиця 1 – Форми та показники перероблених рослинних палив

Вид палива			Щільність, кг/м ³	Вологість, %	Зольність, %	Вища ТЗ, МДж/кг	Нижча ТЗ, МДж/кг
сировина	форма						
Деревина	брикет		1167	3,3	1,19	19,52	18,16
	пелети		1188	9,4	0,92	18,32	16,88
Солома злаків	брикет		981	7,0	2,68	17,60	16,15
	пелети		920	11,0	3,93	16,21	14,72
Лущиння соняха	Брикет		886	8,3	2,21	18,58	17,20

Наведені форми зручні в користуванні, однак потребують значних енергетичних витрат на подрібнення до борошноподібного стану і наступного пресування в деяких технологіях із додаванням клеючої речовини.

Отже, побудова стаціонарного переробного комплексу та дотримання всієї технології переробки є затратним заходом, особливо для фермерів. Тому для фермерських господарств можна запропонувати спрощену малоенерговитратну технологію використання міскантусу на енергетичні потреби, показано на рисунку 2.

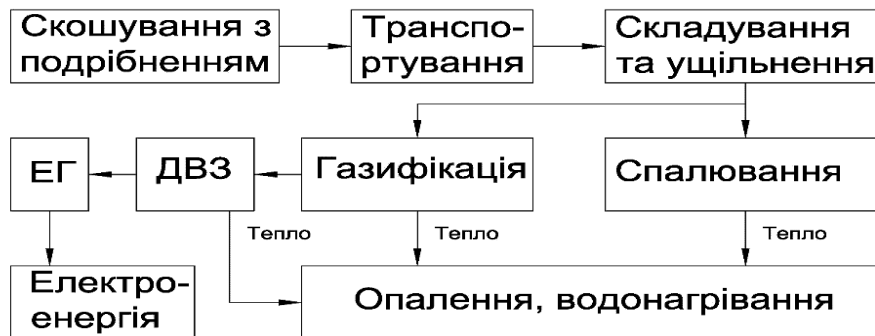


Рис. 2. Спрощена технологія використання міскантусу на енергетичні потреби.

Збирання сухої рослинної маси здійснюють у зимовий період за допомогою кормозбирального комбайна з одночасним подрібненням і безперевалковим транспортуванням на майданчик для складування біля господарських приміщень з опалювальним блоком, де також може бути розташований двигун внутрішнього згоряння (ДВЗ) з електрогенератором (ЕГ) для отримання електроенергії та використання тепла від газогенератора і системи охолодження ДВЗ на потреби опалення і водонагрівання. У такій системі енергетичний ККД буде значно вищим, ніж за спалювання в твердопаливних котлах. Для фермерських господарств технологія газогенерування і використання генераторного газу для живлення ДВЗ та отримання електроенергії і утилізації тепла є найбільш перспективним процесом, оскільки є не лише шляхом до енергонезалежності, але й доступним за технічними засобами. Причому загальний енергетичний ККД в цьому випадку не поступається сучасним когенераційним системам, які значно дорожчі та складніші.

За наведеної на рисунку 2 малоенерговитратної технології використання міскантусу важливою технічною проблемою є ущільнення подрібненої сухої рослинної маси перед або під час подачі її в паливний або газогенераторний пристрій. Це завдання можна вирішити шляхом використання серійних механізмів, наприклад, пресів або рифлених вальців, для одночасного з ущільненням дозованого подавання ущільненої маси в зону горіння чи газифікації.

Висновки. 1. Серед відомих енергетичних культур однією з найбільш перспективних є міскантуси високоурожайних сортів, які сьогодні поширені в різних країнах з подібним до України кліматом.

2. Обґрунтовано технологію використання модернізованої, в Білоцерківському НАУ, розсадосадильної машини СКН-6, переобладнаної для садіння кореневищ міскантусу.

3. Малоенерговитратна технологія збирання, переробки і використання міскантусу не потребує побудови переробних підприємств, а може виконуватися за допомогою наявних серійних машин і механізмів з отриманням електричної енергії та утилізації тепла.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Макаренко В. Слонова трава – прорив в сільському господарстві. Київ: Перспектива, 2012. № 1. 32 с.
2. Зиченко В. Энергия мискантус. Лес Пром Информ, 2011. № 6 (80). 61 с. URL: <https://lesprominform.ru/jarticles.html?id=2409>
3. Ключ С.В. Энергоэффективное перетворення біомаси в горючий газ і біовугілля в газогенераторних котлах щільного шару палива: дис... канд. техн. наук: 05.14.08. Київ, 2016. 167 с.
4. Воробей В., Мелех Я., Гудз Н. Аналітичне дослідження використання біомаси енергетичних культур у північних областях України (Волинська, Рівненська, Житомирська, Київська та Чернігівська області). Львів: PPV Knowledge Networks, 2018.

5. Денисюк С.П., Коцар О.В., Чернецька Ю.В. Проект: Професіоналізація та стабілізація енергетичного менеджменту в Україні. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2016. 79 с. URL: <http://io.iee.kpi.ua/projects/professionalization-and-stabilization-ukrainian-energy-management>
6. Мельничук М. Д., Дубровін В. О., Кухарець С. М. Альтернативна енергетика. Київ: Аграр Медіа Груп, 2012. 244 с.
7. Будько М. О. Сучасні технологічні процеси, обладнання та устаткування прямого спалювання біомаси. Київ: КПІ ЮНІДО, 2015, 50 с.
8. Колієнко В.А., Шеліманова О.В. Особливості спалювання горючих газів із змінними характеристиками процесу горіння. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Київ: 2015.
9. Дубровін В.О., Мельничук М.Д., Мельник Ю.Ф. Біоенергія в Україні. Створення новітніх об'єктів, виробництво і використання біопалив. Київ: НУБіП України, 2019, 108 с.
10. Гончарова Л.Д., Серга Е.М., Школьнік С.П. Клімат і загальна циркуляція атмосфери: навч. посіб. Київ: КНТ, 2005. 251 с.
11. Розробка та вдосконалення енергетичних систем з урахуванням наявного потенціалу альтернативних джерел енергії: колективна монографія / за ред. Горба О.О., Чайки Т.О., Яснолоб І.О. Полтава: Укрпромторгсервіс, 2017. 326 с.
12. Полянський О.С., Дьяконов О.В., Скрипник О.С. Напрями розвитку альтернативних джерел енергії: акцент на твердому біопаливі та гнучких технологіях його виготовлення: монографія. ХНУМГ ім. О.М. Бекетова, 2017. 136 с.
13. Міщенко О.О. Созанська. А.А. Альтернативні джерела енергії та їх використання в аграрній сфері. URL: http://www.rusnauka.com/9_NND_2012/Economics/6_104174.doc.htm
14. Van der Sluis E. Local Biomass Feedstocks Availability for Fuelling Ethanol Production. Biofuels, Food and Feed Tradeoffs Conference, April, 2007: Proceedings. Missouri, Biofuels, Food and Feed Tradeoffs, 2007, P. 12–13.
15. Dibácz Z. Study on Biomass Trade in Poland: Energy Centre- Energy Efficiency, Environment and Energy Information Agency Non-profit Limited Company, 2010. 43 p. URL: http://www.central2013.eu/fileadmin/user_upload/Downloads/outputlib/4biomass_Hungary_trade_study_uploaded.pdf
16. Torben S. Straw to Energy. Status, Technologies and Innovation in Denmark Tjele: Agro Business Park A/S, 2011. URL: http://inbiom.dk/Files/Files/Publikationer/halmpjeceuk_2011_web.pdf

REFERENCES

1. Makarenko, V. (2012). Slonova trava – proriv v sil'skomu gospodarstvi [Ivory is a breakthrough in agriculture]. Kyiv, Perspective, no. 1, 32 p.
2. Zinchenko, V. (2011). Jenergija miskantus [Miscanthus Energy]. Les Prom Inform, no. 6 (80), 61 p. Available at: <https://lesprominform.ru/jarticles.html?id=2409>
3. Kljus, S.V. (2016). Energoefektyvne peretvorennya biomasy v gorjuchyj gaz i biovugillja v gazogeneratornyh kotlah shhil'nogo sharu palyva: dys... kand. tehn. nauk: 05.14.08 [Energy-efficient conversion of biomass into combustible gas and biochar in gas-fired boilers of the dense fuel layer: diss. Cand. of tech. Sciences: 05.14.08]. Kyiv, 167 p.
4. Vorobej, V., Meleh, Ja., Gudz, N. (2018). Analitичne doslidzhennja Vykorystannja biomasy energetychnyh kul'tur u pivnichnyh oblastjah Ukraїny (Volyns'ka, Rivnens'ka, Zhytomyrs'ka, Kyi'vs'ka ta Chernigivs'ka oblasti) [Analytical study Utilization of biomass of energy crops in northern regions of Ukraine (Volyn, Rivne, Zhytomyr, Kyiv and Chernihiv regions)]. Lviv, PPV Knowledge Networks.
5. Denysjuk, S.P., Kocar, O.V., Chernec'ka, Ju.V. (2016). Proekt: Profesionalizacija ta stabilizacija energetychnogo menedzhmentu v Ukraїni [Project: Professionalization and stabilization of energy management in Ukraine]. Kyiv, KPI named after Igor Sikorsky, 79 p. Available at: <http://io.iee.kpi.ua/projects/professionalization-and-stabilization-ukrainian-energy-management>
6. Mel'nychuk M.D., Dubrovin V.O., Kuharec' S.M. (2012). Al'ternatyvna energetyka [Alternative energy]. Kyiv, Agrar Media Grup, 244 p.
7. Bud'ko, M.O. (2015). Suchasni tehnologichni procesy, obladnannja ta ustatkuvannja prjamoogo spaljuvannja biomasy [Modern technological processes, equipment and equipment for direct biomass burning]. Kyiv, KPI JuNIDO, 50 p.
8. Kolijenko, V.A., Shelimanova, O.V. (2015). Osoblyvosti spaljuvannja gorjuchyh gaziv iz zminnymy charakterystykamy procesu gorinnja [Features of combustion gas combustion with variable characteristics of combustion process]. Naukovyj visnyk Nacional'nogo universytetu bioresursiv i pryrodokorystuvannja Ukraїny [Scientific Bulletin of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine]. Kyiv.
9. Dubrovin, V.O., Mel'nychuk, M.D., Mel'nyk, Ju.F. (2019). Bioenergija v Ukraїni. Stvorennja novitnih ob'ektiv, vyrobnyctvo i vykorystannja biopalyv [Bioenergy in Ukraine. Creation of new facilities, production and use of biofuels]. Kyiv, NUBiP Ukraine, 108 p.
10. Goncharova, L.D., Serga, E.M., Shkol'nyj, Je.P. (2005). Klimat i zagal'na cyrkulacija atmosfery: navch. posib. [Climate and general circulation of the atmosphere]. Kyiv, KNT, 251 p.
11. Gorba, O.O., Chajka, T.O., Jasnolob, I.O. (2017). Rozrobka ta vdoskonalennja energetychnyh system z urahuvannjam najavnogo potencijalu al'ternatyvnyh dzherel energii: kolektyvna monografija [Development and improvement of energy systems, taking into account the existing potential of alternative energy sources]. Poltava, Ukrpromtorgservis, 326 p.
12. Poljans'kyj, O.S., D'jakonov, O.V., Skrypnyk, O.S. (2017). Naprjamy rozvytku al'ternatyvnyh dzherel energii: akcent na tverdomu biopalyvi ta gnuchkyh tehnologijah jogo vygotovlennja: monografija [Areas of development of alternative energy sources: emphasis on solid biofuels and flexible technologies for its production]. HNUMG the name of O.M. Becketova, 136 p.
13. Mishhenko, O.O. Sozans'ka, A.A. Al'ternatyvni dzherela energii ta i'h vykorystannja v agrarnij sferi [Alternative energy sources and their use in the agricultural sector]. Available at: http://www.rusnauka.com/9_NND_2012/Economics/6_104174.doc.htm

14. Van der, Sluis E. (2007). Local Biomass Feedstocks Availability for Fuelling Ethanol Production. Biofuels, Food and Feed Tradeoffs Conference, April. Proceedings. Missouri, Biofuels, Food and Feed Tradeoffs. pp. 12–13.

15. Dibácz, Z. (2010). Study on Biomass Trade in Poland: Energy Centre- Energy Efficiency, Environment and Energy Information Agency Non-profit Limited Company, 43 p. Available at: http://www.central2013.eu/fileadmin/user_upload/Downloads/outputlib/4biomass_Hungary_trade_study_uploaded.pdf

16. Torben, S. (2011). Straw to Energy. Status, Technologies and Innovation in Denmark Tjele: Agro Business Park A/S. Available at: http://inbiom.dk/Files//Files/Publikationer/halmpjeceuk_2011_web.pdf

Малозергозатратные технологии выращивания и использования энергетических растений

Трегуб Н.И., Демещук В.А., Василенко А.С.

Проанализированы технологические и энергетические потребности на выращивание, уборку и переработку растительных топлив с обоснованием малозергозатратных технологий их использования для энергетических потребностей. Описана технология выращивания мискантуса в условиях производственной плантации учебно-производственного центра Белоцерковского национального аграрного университета площадью 12 га в течение 2013–2019 годов. Аргументирована перспектива выращивания мискантуса гигантского в условиях Белоцерковского района по таким аспектам как простота технологии размножения, механизации посадки корневищ с помощью модернизированной рассадосадильной машины SKN-6, малозергозатратной технологии переработки и последующего использования в твердотопливных котлах или газогенераторах двигателей внутреннего сгорания с получением электроэнергии и утилизацией тепла для отопления и нагревания воды. Даны рекомендации по подготовке посадочного материала мискантуса, что обеспечит эффективные всходы, повышенную жизнеспособность и развитие растений. Акцентируется внимание на важности решения технической проблемы уплотнения измельченной сухой растительной массы перед подачей в твердотопливные котлы или газогенераторы двигателей внутреннего сгорания с использованием серийных механизмов.

Ключевые слова: энергетические растения, энергетическая переработка, растительные топлива, топливные pellets, низкоэнергосодержащие технологии, энергонезависимость.

Low energy technologies for energy plants growing and using

Trehub M., Demeshchuk V., Vasilenko O.

The technological and energy costs for the cultivation, collection and processing of crop fuels are analyzed and the low-cost technologies of their use for energy needs are substantiated in the article. The technology for growing miscanthus in a production area of Bila Tserkva National Agrarian University training and production center sized 12 hectares during 2013–2019 is described. The prospect of growing giant miscanthus in the conditions of Bila Tserkva district in terms of reproduction technology simplicity, rhizomes planting mechanization with the modernized seedling machine SKN-6, low energy technology of processing and use in solid fuel boilers water heating. Recommendations on preparation of planting material of Miscanthus, which will provide effective seedlings, increased viability and plant development are given. The importance of solving the technical problem of compacting the crushed dry mass of miscanthus immediately before putting into solid fuel boilers or gas generators of internal combustion engines using serial mechanisms is discussed.

Key words: energy plants, energy efficient processing, crop fuels, fuel pellets, low energy technologies, energy independence.

Надійшла 08.10.2019 р.



ТРЕГУБ М.І., <https://orcid.org/0000-0001-6558-0040>

ДЕМЕЩУК В.А., <https://orcid.org/0000-0003-3509-2737>

ВАСИЛЕНКО О.С., <https://orcid.org/0000-0001-9934-7124>