

УДК 621.548:001.8

Новохацький М., канд. с.-г. наук, Бондаренко О., наук. співробітник, Гусар І., зав. лабораторії
(УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого)

Дослідження техніко-технологічних рішень технологій вирощування багаторічних енергетичних культур для виробництва твердого біопалива

У статті обґрунтовано доцільність використання поновлюваних джерел енергії для забезпечення енергетичної незалежності країни. На основі проведених досліджень наведено дані про вплив елементів технологій вирощування на продуктивність багаторічних енергетичних культур – міскантусу та верби в умовах правобережного Лісостепу України. Зроблено висновки про доцільність використання цих багаторічних культур у системах енергетичного (теплого) забезпечення сільськогосподарських підприємств та населених пунктів.

Ключові слова: поновлювані джерела енергії, багаторічні енергетичні культури, міскантус, верба, продуктивність.

Вступ. Індустріалізація будь-якого виробництва призводить до зростання витрат енергії, металу та інших матеріалів. Доведено, що невпинно буде зростати енергетична вартість продуктів харчування з ростом потреб людства і розвитком технологічних процесів споживання енергії [1, 2].

Постійне підвищення енергоємності виробництва як промислової, так і сільськогосподарської продукції обумовлює важливість проблеми енергетичного забезпечення кожної держави. Фактично енергетична безпека країни загалом стає одним із вирішальних

чинників її конкурентоспроможності на міжнародному рівні. Зважаючи на це, пошук ефективних, а головне – відновлюваних джерел енергії, стає найважливішим завданням учених. Одним із найперспективніших із цієї точки зору джерел поновлюваної енергії є енергія біомаси.

За матеріалами експертів, частка відновлюваних джерел енергії у світовому паливно-енергетичному балансі у 2050 році може сягнути 50%, а за прогнозом Світової енергетичної ради – до 80-90% на кінець поточного сторіччя. Німеччина і Швеція до кінця цього

© Новохацький М., Бондаренко О., Гусар І. 2017

сторіччя планують всю енергію отримувати за рахунок відновлюваних джерел. Найбільші площі енергетичних культур закладено в Норвегії, Данії, Німеччині, Австрії, Польщі та Швеції [3, 4]. У Швеції плантації енергетичних культур займають понад 20 тис. га, побудовані теплові станції, які працюють на біомасі. Державна політика країни спрямована на енергетичну незалежність від країн-експортерів енергоносіїв. З кожним роком перелік країн, у яких створюються біоенергетичні плантації, збільшується [3].

В Україні частка біомаси в енергопостачанні становить близько 0,5%. Нині використовується лише близько 1 млн. т умовного палива. За даними науковців, частка поновлюваних джерел енергії може бути ушестеро більша, а потенційно – у десять і більше разів [5]. У найближчі роки біомаса в Україні може становити 9% від загального обсягу споживання енергії.

Питання формування енергосировинної безпеки розглядалися у численних роботах вітчизняних і зарубіжних вчених. Можливості використання біомаси рослин для енергетичних потреб висвітлені В.О. Дубровіним, В.Д. Касіянуком, О.Ф. Аксьоновим, С.В. Бойченком [6] тощо. Американський еколог, президент Інституту політики Землі, Л. Браун [7] зазначає, що для запобігання деградації довкілля, що негативно позначається на економіці кожної країни, доцільний перехід від використання викопного палива на інші джерела енергії.

Альтернативні джерела енергії повинні бути дешевші за традиційні (бензин, дизельне паливо, електроенергія) та екологічно чистими, тобто з незначними викидами шкідливих речовин в атмосферу [8]. Як відновлюване джерело для виробництва альтернативних видів енергії доцільно використовувати рослинну сировину та її відходи. У ґрунтово-кліматичних умовах України високим накопиченням біомаси характеризуються сорго, топінамбур, окремі види хрестоцвітих [9] та інші культури. Енергетичні культури являють на сьогодні "віртуальну" частину потенціалу, оскільки їх вирощування обмежується невеликою кількістю промислових та дослідних плантацій. Широкомасштабне вирощування енергетичних культур на промисловому рівні ще не розпочалось, але його швидкого розвитку слід очікувати в найближчі роки.

Для виробництва енергії використовують швидко-рослі дерева та багаторічні трави з великим біоенергетичним потенціалом. Різні культури забезпечують різний вихід енергії з одного гектара посівів і насаджень. Найвищий вихід енергії для виробництва твердих видів палива можна отримати з таких культур як енергетична верба та міскантус [10].

Оскільки ці енергетичні багаторічні культури ніколи раніше не вирощували в Україні у промислових масштабах [11], тому рекомендації щодо їх виробництва в цих умовах не розроблені. Враховуючи вищенаведене, є потреба в проведенні таких досліджень з метою розробки технологій вирощування енергетичних культур в умовах України. У зв'язку з цим актуальним завданням є дослідження процесів формування рослин багаторічних енергетичних культур залежно від технологічних факторів. Це дозволить розробити технології їх вирощування та забезпечити функціонування біоенергетичного конвеєра з виробництва твердого

палива [12, 13, 14].

Об'єкт досліджень: процеси та закономірності формування і функціонування агрофітоценозів багаторічних енергетичних культур.

Предмет дослідження – елементи технології вирощування енергетичних культур; умови та фактори, які впливають на формування врожаю високої якості.

Основна мета досліджень – розробити оптимальні агротехнічні заходи вирощування багаторічних енергетичних культур, які забезпечуватимуть отримання з одиниці площі максимальної кількості високоякісної сировини для виробництва теплової енергії.

Методи досліджень: аналітичні та експериментальні на основі польових дослідів на науково-випробувальному полігоні УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого.

Дослідження особливостей формування врожаю багаторічних енергетичних культур – міскантусу гігантського та верби енергетичної – проводились на території правобережного Лісостепу України (УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого) в 2014-2016 рр.

Основні результати досліджень. У квітні 2014 року на угіддях УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого було закладено плантації міскантусу. Для вивчення процесів формування продуктивного стеблостою та ефективності експлуатації плантацій цієї культури посадки було здійснено за різними схемами (табл. 1).

Норма садіння різими, залежно від схеми дослідів, змінювалася від 12346 до 24691 шт./га, що відповідає площі живлення від 0,405 до 0,810 м²/рослину.

Згідно з отриманими даними, залежно від схеми посадки, проросло і сформувало нормальні рослини (рис. 1), які досягли завершення періоду вегетації, від 47,3 до 81,0% висаджених кореневищ. Протягом 2014-2016 рр. було проведено спостереження за станом плантації першого, другого та третього року вегетації (табл. 1).



Рис. 1 – Рослини міскантусу через 2 місяці після садіння різими (2014 рік)

Провівши обліки на плантаціях третього року вегетації, ми встановили, що, залежно від схеми посадки, міскантус сформував від 16,6 до 26,0 т/га сухої речовини. При цьому проекційне покриття склало від 62 до 98%: за використання схеми садіння 70 x 70 см рослини міскантусу практично повністю покрили поверхню плантації, за менш густої посадки такого стану досягти ще не вдалося.

Таблиця 1 – Структура урожаю біомаси міскантусу залежно від схем посадки та року вирощування. УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого, 2014-2016 рр.

Показники	Перший рік вирощування			Другий рік вирощування			Третій рік вирощування		
	Схема посадки								
	70 x 70	70 x 90	90 x 90	70 x 70	70 x 90	90 x 90	70 x 70	70 x 90	90 x 90
Густота посадки, тис. шт. / га	20408	15873	12346	20408	15873	12346	20408	15873	12346
Густота стояння, тис. шт. / га	14286	11270	9013	15713	11110	10000	15713	11110	10000
Вживання протягом вегетації, %	70	71	73	77*	70*	81*	77*	70*	81*
Висота рослин, см	77			227			336		
Сформовано стебел, шт./кущ	14,6			38,8			42,9		
Середня маса одного стебла, кг	0,040			0,090			0,101		
Діаметр одного куща, м	0,254			0,800			0,996		
Проекційне покриття площі, %	7,2	5,7	4,6	78,9	55,8	50,2	98,2	69,5	62,5
Сира маса, кг: стебел однієї рослини	0,58			3,56			4,33		
кореневищ однієї рослини	1,74			8,65			9,39		
Урожайність сирової маси, ц/га: стебел	82,9	65,4	52,3	559,4	395,5	356,0	680,8	481,4	433,3
кореневищ	248,6	196,1	156,8	1359,3	961,1	865,1	1475,5	1043,2	939,0
Вологість, %: стебел	63,3			62,7			61,8		
кореневищ	69,0			67,8			66,9		
Урожайність сухої маси, ц/га: стебел	30,4	24,0	19,2	208,6	147,5	132,8	260,1	183,9	165,5
кореневищ	77,0	60,9	48,3	436,7	309,9	278,0	488,4	345,3	310,8
*Дані за 2014 рік (рік закладання плантації)									

Садіння енергетичної верби двох ботанічних видів – тритичинкової та лозовидної – у 2014 році було проведено на підготовлених ділянках в рекомендовані агротехнічні терміни, що забезпечило практично повне приживання саджанців і формування в подальшому ефективної плантації (рис. 2).



а)



б)

в)

Рис. 2 – Енергетична верба на початку (а), в середині (б) та в кінці (в) вегетаційного періоду першого року вирощування

Проведені обліки вказують, що протягом третього року вегетації рослини на плантаціях верби лозовидної досягають висоти 416,7 см, у той час, як висота рослин верби тритичинкової може в середньому скласти 453,9 см (табл. 2).

Протягом трьох років вегетації плантації верби тритичинкової сформували 306,2 ц/га абсолютно сухої деревини, у верби лозовидної цей показник становить 313,3 ц/га (табл. 2).

У 2015 році, спільно з ТОВ "Салікс Енерджі", нами було закладено плантацію із шести сортів енергетичної верби шведської та польської селекції. Протягом першого року вегетації найвищою продуктивністю відзначився сорт Тора – урожайність фітомаси склала 105,1 ц/га. Найвищим показником висоти рослин відзначився сорт Тордіс – за висоти рослин 249,8 см урожайність фітомаси склала 78,9 ц/га. Інші сорти енергетичної верби, висаджені на полігоні біоенергетичних культур, протягом першого року вегетації формували рослини значно меншої висоти (119,8-164,4 см) накопичували

фітомаси (12,0-40,6 ц/га) значно менше (рис. 3). Протягом другого року вегетації енергетичної верби різниця між сортами за приростом збереглася такою ж, яка була відмічена нами в попередньому році (табл. 3).

Таблиця 2 – Продуктивність плантацій енергетичної верби

Показники	Вид верби, рік вирощування					
	лозовидна			тритичинкова		
	перший (2014 р.)	другий (2015 р.)	третій (2016 р.)	перший (2014 р.)	другий (2015 р.)	третій (2016 р.)
Висота рослин, см	197,2	355,2	416,7	251,9	402,6	453,9
Густота стояння рослин, тис. шт./га	14285			14285		
Гілок першого порядку, шт.	3,86			3,17		
Середня маса гілки першого порядку, г	682	867	1109	586	946	1450
Урожайність фітомаси, ц/га	370,6	478,1	613,2	266,4	428,4	601,5
Вологість фітомаси, %	48,0	47,4	48,9	49,5	48,0	49,1
Урожайність абсолютно сухої речовини, ц/га	226,6	251,5	313,3	117,9	222,8	306,2
Вміст золи, %	0,79			0,97		

Аналізуючи темпи приросту деревини за сортами, слід відмітити лідерство сорту Тора (рис. 3).

Отримані результати дозволяють розглядати сорти Тора та Тордіс як потенційні для районування в лісостеповій зоні. Дещо відстають за продуктивністю протягом двох років вегетування сорти Інгер та 1047, у сортів 82 та 1057 продуктивність в зоні Лісостепу в роки проведення наших досліджень виявилась доволі низькою.

Таблиця 3 – Продуктивність плантацій сортів енергетичної верби другого року вегетування

Показники	Сорт					
	Тора	Тордіс	Інгер	1047	082	1057
Висота рослин, см	288,8	364,4	271,6	270,3	240,6	233,1
Густота стояння рослин, тис. шт./га	14285	14285	14285	14285	14285	14285
Гілок першого порядку, шт.	2,6	2,4	2,4	3,4	2,8	2,2
Середня маса гілки першого порядку, г	478,2	408,8	270,9	270,3	229,8	222,3
Урожайність фітомаси, ц/га	411,6	304,5	170,7	190,8	125,1	118,2
Вологість фітомаси, %	47,7	47,4	48,3	47,3	45,8	47,0
Урожайність абсолютно сухої речовини, ц/га	215,3	160,2	88,3	100,6	67,8	62,6

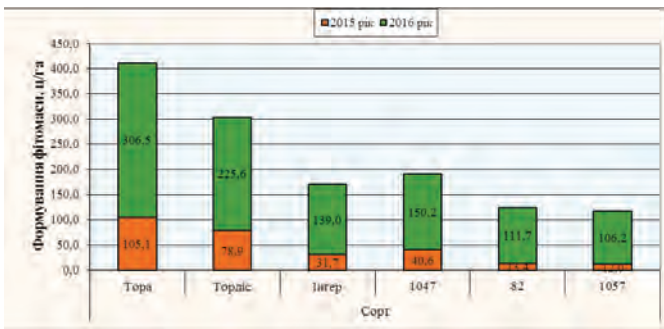


Рис. 3 – Приріст деревини верби енергетичної за сортами та роками вегетації

Висновки

1. У кінці третього року вегетації плантаціями міскантусу, залежно від схеми посадки, формується 165-260 ц/га абсолютно сухої речовини.

2. На кінець третього року вегетації плантації верби лозовидної сформували 613,2 ц/га деревини, а верби тритичинкової – 601,5 ц/га.

3. Із закладених плантацій шести сортів енергетичної верби шведської селекції, протягом першого року вегетації найвищою продуктивністю відзначився сорт Тора – урожайність фітомаси склала 105,1 ц/га. Найвищим показником висоти рослин відзначився сорт Тордіс – за висоти рослин 249,8 см урожайність фітомаси склала 78,9 ц/га. На кінець другого року вегетації найкращі показники відмічені на сортах Тора та Тордіс, які можна рекомендувати до поширення в зоні Лісостепу.

4. Використання швидкорослих багаторічних енергетичних культур – верби та міскантусу – дозволить успішно використовувати їх для заміни викопних видів палива в системах енергетичного (теплового) забезпечення населених пунктів.

Список літератури

1. Кудряшева А.А. Продовольча безпека і розвиток

людства / А.А. Кудряшева // Харчова промисловість. – 2009. – № 7. – С. 14-15.

2. Dabbert S. Organic Farming: Potties and prospects / S. Dabbert, A.M. Haering, R. Zano H. – London, 2009. – 452 с.

3. Таран В.В. Производство возобновляемых источников энергии в странах ЕС / В.В. Таран, А.Н.Д. Магомедов, П.Л. Пономаренко // Вестник Института дружбы народов Кавказа «Теория экономики и управления народным хозяйством». – 2011. – № 17. – С. 117-127.

4. Экономические аспекты выращивания ивы, мискантуса и тритикале в энергетических целях (Польша) // Экономика сельского хозяйства. Реферативный журнал. – 2009. – № 4. – С. 858.

5. Мхитарян Н.М. Потенциал и перспективы использования возобновляемых источников энергии в Украине / Н.М. Мхитарян, С.А. Кудря, В.Ф. Резцов, Т.В. Суржик, Л.В. Яценко // Альтернативная энергетика и экология. – 2011. – № 8. – С. 150-163.

6. Лютий О.С., Бойченко С.В., Аксьонов О.Ф. Сучасний стан виробництва біодизельного палива у світі // Вісник НАУ. – 2009. – №1. – С. 142-145.

7. Neil Savage. Algae: The scum solution [Електронний ресурс] / Nature International weekly journal of science. – 22 June 2011. – Режим доступу: http://www.nature.com/nature/journal/v474/n7352_supr/full/474S015a.html

8. Скришевський В.А. Що таке сонячна енергетика і чи потрібна вона сьогодні Україні? [Електронний ресурс] / Екоclub «Зелена Хвиля». – 27.01.08. – Режим доступу: <http://ecoclub.kiev.ua/index.php?go=Pages&in=view&id=75>

9. Комплексні енергоощадні системи виробництва і використання твердих та рідких біопалив в умовах АПК: Рекомендації для агропромислових підприємств України / М.Д. Мельничук, В.О. Дубровін, В.Г. Мироненко, В.М. Поліщук, В.І. Кравчук, П.В. Гринько, А.В. Бурилко. – К.: «Аграр Медіа Груп», 2011. – 144 с.

10. Шумный В.К., Новая форма мискантуса китайского (Веерника китайского Miscanthus sinensis Anders.) как перспективный источник целлюлозосодержащего сырья / В.К. Шумный, С.Г. Вепрев, Н.Н. Нечипоренко, Т.Н. Горячовская, Н.М. Слынько, Н.А. Колчанов, С.Е. Пельтек // Вестник ВОГиС. – 2010. – Том 14, № 1. – С.122-126.

11. Рахметов Д.Б. Теоретичні та прикладні аспекти інтродукції рослин в Україні: монографія / Д.Б. Рахметов. – К.: «Аграр Медіа Груп», 2011. – 398 с.

12. Новохацький М. Формування та функціонування фітоценозів енергетичної верби в умовах правобережного Лісостепу / Новохацький М., Нілова Н., Погорілий П. // Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України: збірник наук. пр. УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого Редкол.: Кравчук В.І. (голов. ред.) та ін. – Дослідницьке, 2016. – Вип. 20 (34). – С. 380-387

13. Новохацький М. Енергополе – майбутнє України: Всеукраїнська нарада з питань поширення та використання енергетичних культур // Техніка і технології АПК. – 2014. – № 10 (61). – С. 43

14. Кравчук В. На шляху до створення плантацій енергетичних культур / Кравчук В., Новохацький М.,

Кожушко М., Думич В., Журба Г. // Техніка і технології АПК. – 2013. – № 2 (41). – С. 31-34

Аннотация. В статье обоснована целесообразность использования возобновляемых источников энергии для обеспечения энергетической независимости страны; на основе проведенных исследований приведены данные о влиянии элементов технологий выращивания на производительность многолетних энергетических культур – мискантуса и ивы – в условиях правобережной Лесостепи Украины. Сделаны выводы о целесообразности использования указанных многолетних культур в системах энергетического (теплового) обеспечения сельскохозяйственных предприятий и населенных пунктов.

Summary. The article substantiates the expediency of using renewable energy sources to ensure energy independence of the country; On the basis of the studies, data on the effect of the elements of growing technologies on the productivity of perennial energy crops - miscanthus and willow - are given in the conditions of the right-bank forest-steppe of Ukraine. Conclusions are made about the expediency of using these long-term crops in energy (thermal) systems for agricultural enterprises and settlements.

Стаття надійшла до редакції 7 квітня 2017 р.