

УДК 606:632:662.7:001.8

## ФОРМУВАННЯ ТА ФУНКЦІОНУВАННЯ ФІТОЦЕНОЗІВ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ВЕРБИ В УМОВАХ ПРАВОБЕРЕЖНОГО ЛІСОСТЕПУ

**М. Новохацький**, канд. с.-г. наук, **Н. Нілова**, **П. Погорілий**  
*УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого*

*У статті на основі проведених досліджень наведено дані про формування та функціонування фітоценозів енергетичної верби протягом перших двох років вирощування. Зроблено висновки про доцільність використання селекційних сортів під час закладання промислових плантацій цієї культури.*

**Ключові слова:** енергетична верба, сорт, продуктивність.

**Вступ.** За останні десятиріччя наукові досягнення і новітні технології змінили світ, відбулися глобальні зміни клімату й стану біоресурсів на планеті, що пов'язано з активним втручанням людини в природу та зміною характеру природокористування.

Постійне підвищення енергоемності виробництва як промислової, так і сільськогосподарської продукції обумовлює важливість проблеми енергетичного забезпечення кожної держави. Як відомо, Україна щорічно споживає близько 200 млн. т умовного палива і належить до енергодефіцитних країн, тому що покриває свої потреби в енергоспоживанні на 53% (в основному за рахунок кам'яного вугілля) та імпортує 75% необхідного обсягу природного газу і 85% сирої нафти і нафтопродуктів [2]. Така структура паливно-енергетичного комплексу може стати загрозою для енергетичної і національної безпеки країни. Тому питання розвитку біоенергетики є досить актуальним для нашої держави.

Зважаючи на це, а також враховуючи необхідність збереження екологічної рівноваги, пошук нових ефективних відновлювальних джерел енергії стає важливим науковим завданням. Одним із найперспективніших із даної точки зору джерел поновлювальної енергії є енергія біомаси.

Альтернативні джерела енергії повинні бути дешевші за традиційні (бензин, дизельне пальне, електроенергія) та екологічно чистими, тобто з незначними викидами шкідливих речовин в атмосферу [8]. Як відновлювальне джерело для виробництва альтернативних видів енергії доцільно використовувати рослинну сировину та її відходи.

Водночас із обмеженням паливних ресурсів проблема енергоспоживання пов'язана також ще з одним несприятливим фактором: під час їх

спалювання в атмосферу виділяються токсичні продукти та хімічні речовини, які погіршують якість атмосфери, що негативно впливає на стан здоров'я людей [1, 4, 10].

Європейські фермери вирощують гігантську слоновою траву висотою близько 4 м, з якої отримують 60 т/га біомаси [5], яку використовують як цінне енергетичне паливо. Цінністю рослини є також здатність до швидкого поглинання з атмосфери карбодіоксиду – газу, який впливає на стан озонового шару. Основну роль у «фітоенергетичних плантаціях» можуть відігравати цукрова тростина, африканське просо, кукурудза, сорго та інші рослини. У ґрунтово-кліматичних умовах України високим накопиченням біомаси характеризується сорго, топінамбур, окремі види хрестоцвітих [10]. Фітоенергетичний варіант технології перспективний передусім для південної зони України, де рослинність надзвичайно високими темпами нагромаджує біомасу високої калорійності.

Використання нових нетрадиційних рослин для одержання максимальної кількості органічної речовини різноманітного призначення необхідно поєднувати з окультуренням і використанням низькородючих земель, які не можуть бути залучені для вирощування зернових чи технічних культур. Так, в Україні значні площі пісків, солонців і солончаків сконцентровані в регіонах зі значною кількістю сонячних днів, сприятливих для функціонування фотосинтетичних процесів і створення нетрадиційних «фітоенергетичних плантацій». У зв'язку з цим, актуальним є пошук шляхів інтенсифікації таких культур як цінного джерела біомаси.

Для виробництва поновлюваної енергії (рис. 1) можна використовувати зернові, зернобобові та технічні культури (кукурудзу, пшеницю, сою, соняшник, цукрові буряки, ріпак тощо), а також швидкорослі дерева і багаторічні трави (тополю, вербу, міскантус, світчграсс, сорго тощо).



Рисунок 1 – Класифікація енергетичних рослин [2]

Сільськогосподарські культури, придатні для виробництва етанолу, – одnorічні рослини, тому щороку необхідно виконувати весь комплекс польових робіт, передбачених технологією вирощування цих культур, а це

вимагає значних витрат. Використання швидкорослих дерев і багаторічних трав для виробництва біоенергії потребує менших витрат коштів. Ці енергетичні культури є багаторічними рослинами і здатні давати біомасу протягом тривалого періоду – 15-25 років. Основні витрати коштів припадають на перший рік вирощування, що включає підготовку ґрунту, садіння (сівбу) та догляд за рослинами. На другий рік виконують лише технологічні операції з догляду за рослинами. Починаючи з третього року виконують операції щодо догляду за рослинами та збирання біомаси.

За статистичними даними, в Україні налічується до 10 млн. га низькопродуктивних земель. Якщо ці землі використати під енергетичні плантації, можна отримати в середньому 378 млрд. кВт × год. електроенергії на рік, що більше ніж удвічі перевищує виробництво електроенергії на українських ТЕС [6]. Вирощування енергетичних культур для отримання біопалива на згаданих землях збереже від ерозії гумусний шар ґрунту в цілому, а головне – покращить екологічний та енергетичний стан країни та її енергозабезпеченість.

Для виробництва енергії використовують швидкорослі дерева та багаторічні трави з великим біоенергетичним потенціалом. Ці 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 [9] (табл. 1).

Таблиця 1 – Енергетична цінність поновлюваних джерел (фітомаси багаторічних енергетичних культур)

Вид палива	Енергетична цінність (ГДж/т)	Річний вихід, т/га	Еквівалент газу, тис. м <sup>3</sup> /га
Природний газ (ГДж/1000м <sup>3</sup> )	31,8	–	–
Енергетична верба	20	30	18,9
Міскантус	17-19	25	14,2

Оскільки такі енергетичні багаторічні культури, як міскантус та інші ніколи раніше не вирощували в Україні у промислових масштабах [7], тому рекомендації щодо їх виробництва в цих умовах не розроблені. У зв'язку з цим актуальним завданням є дослідження процесів формування рослин енергетичних культур залежно від технологічних факторів. Це дозволить розробити технології їх вирощування та забезпечити функціонування біоенергетичного конвеєра в умовах правобережного Лісостепу України.

**Умови та методика проведення досліджень.** Дослідження особливостей формування фітоценозів енергетичної верби проводились на території правобережного Лісостепу України.

Рельєф території УкрНДПВТ ім. Л. Погорілого являє собою хвилясту рівнину з незначним нахилом на північний захід. Мікрорельєф чітко виражений. Рівнинний характер місцевості ускладнюється наявністю мілких западин та блюдцець.

Грунт – чорнозем типовий малогумусний легкосуглинковий на лесових породах, характеризується такими морфологічними ознаками: товщина гумусового горизонту сягає 63 см, далі, до глибини 160 см, розміщується перехідний горизонт, з глибини 160 см і нижче – материнська порода. Вміст гумусу в орному шарі складає 2,49%, рН = 6,4, вміст легкогідролізованого азоту – 10 мг/100 г ґрунту, рухомого фосфору та калію – відповідно 8 та 14 мг/100 г ґрунту. Гідролітична кислотність ґрунту складає 1,3 мг.-екв./100 г ґрунту, сума вбирних основ – 25,4 мг.-екв./100 г ґрунту, ступінь насиченості основами – 95,0%.

Територія УкрНДПВТ ім. Л. Погорілого розташована в зоні з теплим помірно-зволоженим кліматом. Середньорічна температура становить  $+7^{\circ}\text{C}$ , з найвищими її показниками ( $+38,5^{\circ}\text{C}$ ) в липні – серпні і найнижчими ( $-34,0^{\circ}\text{C}$ ) – в січні-лютому. Слід відмітити, що періоди з надто високою і надто низькою температурами недовготривалі і спостерігаються відносно рідко.

Тривалість вегетаційного періоду із середньодобовою температурою повітря вище  $10^{\circ}\text{C}$  становить 200-205 днів. Сума активних температур за це період складає біля  $2900^{\circ}\text{C}$ .

Стійкі холоди настають в кінці листопада і тривають до кінця березня, іноді тримаються і в першій декаді квітня. Останні весняні заморозки в окремі роки спостерігаються в другій декаді травня, перші осінні – в кінці вересня. Зима відзначається незначним сніговим покривом – 10-22 см. Сталий сніговий покрив утворюється в грудні і утримується біля 90 днів. Зима нестійка, з частими відлигами, нерідко спостерігаються ожеледі, на посівах утворюється крижана кірка, що негативно відображається на рості та розвитку посівів озимих культур.

Річна кількість опадів у зоні проведення досліджень у середньому становить 630 мм; при цьому спостерігаються значні коливання кількості опадів: у дощові роки їх кількість може сягати до 700-800 мм, у посушливі – біля 300 мм. За період вегетації випадає біля 70% опадів. У літній період опади мають зливовий характер, що сприяє розвитку водної ерозії ґрунтів.

**Об'єкт досліджень** – процеси та закономірності формування і функціонування агрофітоценозів енергетичної верби.

Енергетична верба – це рослина з дуже високим приростом маси (в 14 раз більшим, ніж ліс, що росте природно). Середній щорічний приріст врожаю з одного гектара становить 15-30 т деревини. Заготівлю здійснюють кожні 3-4 роки. Використання плантації триває понад 20 років.

Розмножують вербу вегетативно, висаджують рядками або смугами (рис. 2). Протягом першого року після садіння плантації вимагають інтенсивного захисту від бур'янів; у наступні роки дуже розвинена коренева

система дерев гальмує ріст бур'янів. Через три роки із саджанця розвивається близько 30 пагонів. Діаметр одного пагона становить 2-4 см.



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

За три-чотири роки, коли рослини досягають 5-6 м заввишки, молоді дерева взимку зрізують за допомогою спеціальної техніки. За дотримання технології вирощування верби продуктивність плантації може сягнути 100 т/га, з цієї маси можна виготовити 45 т екологічного палива [3].

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

Під час виконання досліджень використовувалися загальнонаукові та спеціальні **методи досліджень**.

**Формування та функціонування фітоценозів верби енергетичної в Лісостепу України.** Садіння енергетичної верби в 2014 році було проведено на підготовлених ділянках у рекомендовані агротехнічні терміни, що забезпечило практично повне приживання живців та формування в подальшому ефективної плантації.

Проведені обліки вказують, що протягом першого року вегетації рослини на плантаціях верби лозовидної досягають висоти 197,2 см, в той час, як висота рослин верби тритичинкової може в середньому скласти 251,9 см (табл. 2).

За здатністю до формування гілок першого порядку – в середньому 3,86 гілок на одну рослину, – верба лозовидна виявилася продуктивнішою за вербу тритичинкову. При цьому також у верби лозовидної було більше гілок другого порядку.

Зважаючи на більшу кількість гілок та більшу їх середню масу, вербою лозовидною протягом першого року вегетування було сформовано урожай фітомаси 370,6 ц/га, що на 104,2 ц/га більше, ніж плантацією верби тритичинкової.

Враховуючи вологість фітомаси, протягом першого року вегетації вербою лозовидною було сформовано 226,6 ц/га, а вербою тритичинковою – 117,9 ц/га абсолютно сухої речовини із вмістом золи 0,79 та 0,97% відповідно.

Таблиця 2 – Продуктивність плантацій різних біологічних видів енергетичної верби

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

Протягом другого року вегетації приріст верби тритичинкової склав 162,0 ц/га, перевищивши цей показник плантацій верби лозовидної (107,5) і рівень урожайності досяг 428,4 ц/га, поступившись на 49,7 ц/га урожайності верби лозовидної.

У 2015 році нами було закладено полігон із шести сортів енергетичної верби шведської (Тора, Тордіс, Інгер) та польської (1047, 082, 1057) селекції. Дані про продуктивність цих сортів наведено в таблиці 3.

Із закладених плантацій шести селекційних сортів енергетичної верби, протягом першого року вегетації найвищою продуктивність відзначився сорт шведської селекції Тора – урожайність абсолютно сухої речовини досягла величини 54,7 ц/га. Найвищим показником висоти рослин відзначився шведський сорт Тордіс – за висоти рослин 249,8 см урожайність абсолютно сухої речовини склала 41,6 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) та накопичували значно менше сухої речовини (6,4-21,5 ц/га).

Таблиця 3 – Продуктивність плантацій різних сортів енергетичної верби першого року вирощування

Показники	Сорт					
	Тора	Тордіс	Інгер	1047	082	1057
Висота рослин, см	170,6	249,8	164,4	161,2	124,8	119,8
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	283,1	230,0	92,5	83,5	33,6	38,1
Урожайність фітомаси, ц/га	105,1	78,9	31,7	40,6	13,4	12,0
Вологість фітомаси, %	48,0	47,3	49,5	47,1	45,3	46,2
Урожайність абсолютно сухої речовини, ц/га	54,7	41,6	16,0	21,5	7,4	6,4

**Висновки.**

1. Проведені обліки вказують, що протягом першого року вегетації рослини на плантаціях верби лозовидної досягають висоти 197,2 см, в той час, як висота рослин верби тритичинкової може в середньому скласти 251,9 см. Протягом другого року вегетації висота складає відповідно 355,2 та 402,6 см. За здатністю до формування гілок першого порядку – в середньому 3,86 гілок на одну рослину, – верба лозовидна виявилася продуктивнішою за вербу тритичинкову. При цьому у верби лозовидної було більше і гілок другого порядку.

2. Зважаючи на більшу кількість гілок та більшу їх середню масу, вербою лозовидною протягом першого року вегетування було сформовано урожай фітомаси 370,6 ц/га, що на 104,2 ц/га більше, ніж плантацією верби тритичинкової. Протягом другого року вегетації приріст верби тритичинкової склав 162,0 ц/га, перевищивши цей показник плантацій верби лозовидної (107,5) і рівень урожайності досяг 428,4 ц/га, поступившись 49,7 ц/га урожайності верби лозовидної.

3. Із закладених плантацій шести селекційних сортів енергетичної верби, протягом першого року вегетації найвищою продуктивність відзначився шведський сорт Тора. Найвищим показником висоти рослин відзначився шведський сорт Тордіс.

### Література

1. Дробноход М. Сучасні тенденції еволюційного розвитку людства та Україна [Електронний ресурс] / 10.02.2010 р. – Режим доступу: <http://www.anvsu.org.ua/index.files/Articles/Drobnokhod5.htm>
2. 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.
3. Лис С.С. Огляд технології газифікації деревини / С.С. Лис // Науковий вісник НЛТУ України: зб. наук.-техн. праць. – Львів : РВВ НЛТУ України, 2009.
4. Лютий О.С., Бойченко С.В., Аксьонов О.Ф. Сучасний стан виробництва біодизельного палива у світі / Вісник НАУ. – 2009. – №1. – С. 142-145.
5. Павлов В.І. Шляхи ефективного використання непродуктивних сільськогосподарських земель регіону / Павлов В.І., Веремеєнко Т.С. // Проблеми раціонального використання соціально-економічного та природно-ресурсного потенціалу регіону: фінансова політика та інвестиції. Зб. наук. пр. – Вип. XV, № 3. – К.: СЕУ / Рівне: НУВГП, 2009. – С. 139-146.
6. Перша міжнародна науково-практична конференція з біоенергетики в Києві // Цукрові буряки. – №6. – 2011.

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

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. 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. Горячковская, Н.М. Слынько, Н.А. Колчанов, С.Е. Пельтек // *Вестник ВОГУС*. – 2010. – Том 14, № 1. – С. 122-126.

10. Neil Savage. Algae: The scum solution [Электронный ресурс] / *Nature International weekly journal of science*. – 22 June 2011. – Режим доступу: [http://www.nature.com/nature/journal/v474/n7352\\_sup\\_p/full/474S015a.html](http://www.nature.com/nature/journal/v474/n7352_sup_p/full/474S015a.html).

#### *Аннотация*

*В статье на основе проведенных исследований представлены данные о формировании и функционировании фитоценозов энергетической вербы в течение первых двух лет выращивания. Сделаны выводы о целесообразности использования селекционных сортов при закладке промышленных плантаций этой культуры.*

#### *Summary*

*On the basis of the researches the data on formation and operation of energy willow plant communities during the first two years of cultivation are given. The conclusions on the feasibility of breeding varieties using when laying industrial plantations of this crop are made.*