

**Я.Д. ФУЧИЛО<sup>1</sup>, М.В. СБИТНА<sup>1</sup>, Д.Ф. ДЕРКАЧ<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Національний аграрний університет, Київ, 03041 вул. Героїв Оборони, 15  
*forestcrops\_chair@ukr.net*

<sup>2</sup>Інститут ботаніки ім. Холодного НАН України, МСП Київ 01601  
*ecologia@bigmir.net*

## **ПЕРСПЕКТИВА ЗАСТОСУВАННЯ ВИДІВ *SALIX L.* ДЛЯ СТВОРЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ПЛАНТАЦІЙ В УКРАЇНІ**

*Ключові слова: енергія, Salix sp., однорічна деревна маса, продуктивність*

YA.D. FUCHYLO<sup>1</sup>, M.V. SBYTNA<sup>1</sup>, D.F. DERKACH<sup>2</sup>

<sup>1</sup>National agricultural university of Ukraine, Kyiv,  
2M.G.Kholodny Institute of Botany, National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv

### **THE PERSPECTIVE OF USING OF SPECIES OF *SALIX L.* FOR PLANTING ON ENERGY PLANTATIONS IN UKRAINE**

The data of research of selection and cultivation of high-energy kinds of willow (*Salix L.*) species clones are present. It is established, that from investigated by the greatest productivity the *Salix wiminalis* «Ternopil»ska» are differ. For one year a plantation of this clone, at high initial consistency (0,6x0,25 m), capable to produce 47,3 m<sup>3</sup>/ha wood biomass, that is equivalent 415 GJoule/ha. Such quantities of wood biomass can exchange 38 tones of peat 40% of humidity or 14000 m<sup>3</sup> of natural gas.

*Key words: energy, Salix sp., annual wood biomass, productivity*

Я.Д. ФУЧИЛО<sup>1</sup>, М.В. СБИТНАЯ<sup>1</sup>, Д.Ф. ДЕРКАЧ<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Национальный аграрный университет, г. Киев  
<sup>2</sup>Институт ботаники им. М.Холодного НАН Украины, г. Киев

### **ПЕРСПЕКТИВА ПРИМЕНЕНИЯ *SALIX L.* ДЛЯ СОЗДАНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПЛАНТАЦИЙ В УКРАИНЕ**

Приводятся данные исследований по отбору и выращиванию высокоэнергетических видов ив. Установлено, что из исследуемых клонов наиболее продуктивным является *Salix wiminalis* «Тернопольская». За один год его плантация, при высокой начальной густоте (0,6x0,25 м), способна продуцировать 47,3 м<sup>3</sup>/га свежесрезанной массы, что эквивалентно 415 ГДж/га. Такое количество энергетической фитомассы может заменить 38 тонн торфа 40%-й влажности, или 14 тыс. м<sup>3</sup> природного газа.

*Ключевые слова: энергия, Salix sp., однолетняя древесная масса, производительность*

### **Вступ**

Загострення світової енергетичної кризи у 70–80-х рр. минулого століття, пов'язане з політичною нестабільністю на Близькому Сході, змусила більшість країн Західної Європи і Північної Америки вдатися до розробки спеціальних національних енергетичних програм, спрямованих на скорочення споживання мінеральної енергетичної сировини та її заміну іншими джерелами енергії. Одним з елементів таких програм було використання деревини швидкорослих порід (переважно представників родів *Salix L.* та *Populus L.*). Їх вирощують на плантаціях з коротким обігом рубки – від 2 до 10 років і приростом 3–30 м<sup>3</sup>/га на рік [17, 18].

© Я.Д. ФУЧИЛО, М.В. СБИТНА, Д.Ф. ДЕРКАЧ, 2007

У США закладають енергетичні плантації гібридних тополь та верб, які дають приріст за висотою до 5 м/рік. Частка деревини в енергетичному балансі США у 2015 р. може досягти 15%. У безлісих регіонах Росії передбачається створення енергетичних плантацій, для чого виведені швидкорослі сорти цих порід з урожайністю сухої маси 15 т/га, яку можна переробити в 10 т рідкого палива [7].

Для України може бути корисним досвід такого розв'язання енергетичної проблеми, важливим аспектом якого є добір видів і форм деревних порід.

Розглянемо перспективи використання для цих цілей представників роду *Salix* L.

### Об'єкт досліджень

Згідно з останньою обробкою роду *Salix* L., природна дендрофлора України включає 25 видів [11]. Наявність одного з них — *S. hastata* L. — у Карпатах, на що вказують попередні дослідники [1, 5, 9], є сумнівною.

Внаслідок різноманітності кліматичних та едафічних умов, характерної для гірських областей, саме в Карпатах трапляється найбільша кількість видів *Salix* L. (23 види) порівняно з іншими регіонами нашої країни. Вісім з них — *S. eleagnos* Scop. (= *S. incana* Schz.), *S. herbacea* L., *S. reticulata* L., *S. retusa* L. incl. *S. kitaibeliana* Willd., *S. alpina* Scop. (= *S. jacquinii* Host), *S. hastata* L., *S. daphnoides* Vill. та *S. phyllicifolia* L. природно трапляються лише в Карпатах. До цієї групи можна віднести також *S. silesiaca* Willd., окремі місцезнаходження якої знаходяться на рівнині і досягають околиць Львова [1, 10].

*Salix myrsinifolia* Salisb. (= *S. nigricans* Smit.), *S. lapponum* (L.), *S. starkeana* Willd. (= *S. livida* Wahl.) і *S. myrtilloides* L., крім Карпат, зрідка трапляються у Лісостепу і на Поліссі. Останні два види, разом з *S. herbacea* L., *S. reticulata* L. та *S. retusa* L., занесені до Червоної книги України [16].

Звичайною для Полісся рослиною є *S. aurita* L., трохи рідше вона трапляється в Лісостепу, Карпатах і плавнях Дніпра. На заплавах і материкових пісках часто можна побачити зарості *S. acutifolia* Willd. Відсутня вона лише в південно-західній частині України і в Криму. Ареали *S. fragilis* L., *S. caprea* L., *S. pentandra* L., *S. viminalis* L. і *S. rosmarinifolia* L. охоплюють майже всю територію країни, за винятком посушливих степів Причорномор'я і Приазов'я. Перші два види ростуть також у горах Криму. *S. alba* L., *S. triandra* L. і *S. cinerea* L. трапляються по всій території нашої держави. На думку багатьох дослідників [1, 8, 9 та ін.], в Україні розсіяно росте також *S. purpurea* L., але О.К. Скворцов [10, 11] вважає за необхідне виділити східну частину її ареалу (на схід від Кіровограда) у самостійний вид *S. vinogradovii* A. Skv. Оскільки морфологічні відмінності між цими видами незначні, ми вважаємо за доцільне трактувати їх як підвиди [2, 13].

Переважає більшість верб — чагарники. До деревоподібних видів, здатних формувати природні ліси [12], належать *S. alba*, яка за оптимальних умов досягає висоти 30 м і діаметра 1–3 м, та *S. fragilis* – до 25 м. Ще ряд видів ростуть у вигляді куща або дерева третьої величини (*S. caprea* L., *S. pentandra* L., *S. acutifolia* L., *S. viminalis* тощо). Крім названих видів, які досягають великих розмірів, до найбільш придатних для вирощування на енергетичну сировину слід ще додати *S. triandra* L., *S. cinerea* L., *S. purpurea* L. та *S. myrsinifolia* Salisb.

Крім автохтонних видів, можна використовувати також інтродуковані. Серед останніх високу продуктивність мають клони *Salix dasyclados*. Здатність більшості

видів верб легко розмножуватися вегетативним способом сприяє швидкому впровадженню у виробництво нових форм верб з високими технічними якостями деревини.

### Результати досліджень та їх обговорення

Починаючи з 1987 р ми проводимо дослідження з відбору високопродуктивних форм чагарникових верб з метою отримання максимальних обсягів фітомаси для хімічної та енергетичної переробки, а також матеріалу для виготовлення плетених виробів.

Для розрахунку кількості енергії, зв'язаної у біомасі, в наших варіантах дослідів необхідно мати дані про теплоту згоряння рослинної маси. Для загальної орієнтації ми скористалися приблизними розрахунками енергетики фотосинтезу, згідно з якими на синтез 1 г · моль вуглецю витрачається 674 Ккал сонячної енергії, або 3750 Ккал (15690 КДж) на 1 г речовини. П. Дювінью і М. Танг [3] в якості енергетичних еквівалентів пропонують для 1 г сухої стовбурової деревини 18,83 КДж, живого листя — 19,67, сухої лісової підстилки — 18,83.

За даними П.П. Лазарева [6] теплота згоряння 1 г сухої деревини змінюється в межах 17,16–18,42 КДж. А.С. Єнохович [4] наводить такі величини: для дров 30%-ї вологості — 12300 КДж/кг, 40%-ї — 10200. Ми у своїх розрахунках використовуємо останній показник, оскільки масу однорічної лозини визначали у польових умовах і не доводили до повітряно-сухого стану.

У природних популяціях Київського Полісся та інших регіонів України ми відібрали ряд перспективних форм *S. pentandra* L., *S. purpurea* L., *S. triandra* L., та *S. viminalis* L. Дослідження їх продуктивності та енергетичного потенціалу (за щорічного зрізування надземної частини) показало, що найвищими вони є у клону *S. viminalis* L. із Західного Поділля (Тернопільська обл.). За цими характеристиками він також переважає найпродуктивніший місцевий клон цього виду, що був відібраний у заплаві р. Тетерів (табл. 1).

Таблиця 1. Порівняльна характеристика найпродуктивніших клонів *S. viminalis* (кв. 76 Тетерівського л-ва ДП «Тетерівський ДВЛГ», В<sub>2</sub>)

Показник	Одиниця виміру	Клон із Західного Поділля	Найпродуктивніший місцевий клон (заплава р. Тетерів)
Вік плантації	роки	13	13
Вік надземної частини кущів	роки	1	1
Середня висота	м	1,58±0,058	1,24±0,045
Продуктивність свіжозрізаної лозини з одного куща	кг	0,32±0,063	0,12±0,022
Кількість акумульованої енергії	КДж	3264±642	1224±224
Щільність рослин на час створення плантацій	тис. шт./га	167	167
Щільність рослин на час обліку	тис. шт./га	104	118
Продуктивність однорічної лозини	м <sup>3</sup> /га	39,1	15,8
	т/га	33,6	13,6
Кількість акумульованої енергії	ГДж/га	342,7	138,7

Отже, в умовах свіжого субору Київського Полісся високопродуктивний клон *S. viminalis*, материнський кущ якого на добре зволоженому звичайному чорноземі (D<sub>3-4</sub>) має значно вищі показники продуктивності (33,6 т/га) порівняно з місцевим клоном, краще пристосованим до бідніших ґрунтових умов Полісся, що еквівалентно 415 ГДж/га енергії, зв'язаної у біомасі. Така кількість енергії може замінити 38 т торфу 40%-ї вологості, або 17 т біогазу.

У сприятливіших лісорослинних умовах продуктивність клону *S. viminalis* значно збільшується, що засвідчують наші спеціальні дослідження, проведені навесні 2000 р. з використанням клонів п'яти видів верб.

Лісокультурна площа — зруб вільхового насадження — була розкорчована, корені видалені. Поверхня плантації мала незначний (до 3<sup>0</sup>) нахил південної експозиції і займала нижню частину пологого вибалка. Тип умов місцезростання — вологий сугрудок (C<sub>3</sub>), садивний матеріал — здерев'янілі (зимові) однорічні живці *S. viminalis* завдовжки 15–20 см. Схема розміщення садивних місць — 0,60х0,25 м.

Упродовж першого вегетаційного періоду живці добре вкоренилися і досягли значної висоти. Найвищі екземпляри виростили з живців *S. viminalis* сорту «Тернопільська» — їх середня висота становить близько 220 см за 100%-ї приживлюваності. Середню висоту понад 2 м мали також однорічні живцеві саджанці *S. purpurea* L. Середня висота решти видів становила 85,7–144,6 см.

Виявлено також пряму залежність між товщиною живців та їх приживлюваністю, висотою та кількістю пагонів, що відростають від одного живця і в цілому з їх продуктивністю (табл. 2). Зокрема, з найтовщих живців *S. viminalis*, при однаковій (100%-й) приживлюваності з тоншими живцями, відросло на 15,8% більше пагонів, середня висота яких була на 5,2–8,2% більшою, ніж у пагонів з тонших живців. Товщі живці *S. pentandra*, порівняно з тонкими, мали на 34,9% кращу приживлюваність і на 18,7% більшу висоту. Також більшу висоту мають саджанці з товщих живців *S. purpurea* та *S. triandra*. Надземну частину кущів щорічно зрізували. Як показали дослідження згаданих культур у 2003 р., пряма залежність між товщиною живців і продуктивністю кущів, що з них виростили, також мала місце (табл. 2).

Найвищими були показники висоти кущів та продуктивності, а також кількості акумульованої цими рослинами енергії, як і в попередні роки, у клону *S. viminalis* «Тернопільська» (варіанти 8–10). При цьому врожайність свіжозрізаної лозини найгіршого його варіанту (№ 9) становить 40,7 т/га, або 47,3 м<sup>3</sup>/га на рік, що еквівалентно 415 ГДж/га енергії, акумульованої рослинами протягом року. Така кількість енергії може замінити 38 т торфу 40%-ї вологості, або 14 т кам'яного вугілля, чи 10 т природного (ухтинського) газу, що в об'ємному виразі становить 14 тис. м<sup>3</sup>. Даной високої продуктивності та, відповідно, енергоємності не здатна у такому віці досягти жодна інша деревна порода зони помірного клімату, за винятком, можливо, деяких інших форм *Salix* L. та *Populus* L. Цей клон внесено до реєстру сортів рослин України на 2004 рік під назвою верба прутувидна «Тернопільська» [14].

У цілому отримані результати підтверджують висновки, представлені у наших попередніх статтях [2, 15], про доцільність використання для створення плантацій верб, в тому числі енергетичних, однорічних зимових живців завдовжки 20–30 см і завтовшки у верхньому зрізі 4–15 мм. Використання товщих живців небажане через складність швидкого заростання їх зрізів і, як наслідок, — високу ймовірність зараження дереворуйнівними грибами та іншими збудниками хвороб.

Таблиця 2. Показники продуктивності та енергетичного потенціалу плантацій верб залежно від розмірів живців (Боярське л-во, кв. 50, волога судіброва, С<sub>3</sub>)

№	Вид	Довжина живця, см	Діаметр живця, мм	Дворічна плантація			Висота кущів, см		
				збереженість, %	к-сть пагонів у кущі, шт	маса свіжо-зрізаної лозини, т/га	кількість акумульованої енергії, ГДж/га	дворічних	трирічних
1	<i>S. pentandra</i> L.	15	0,98	90,0	3,0			203,7±5,93	249,0±10,28
2		15	0,55	66,7	2,7	9,2±0,76	93,8±7,8	205,6±14,69	249,8±11,87
3	<i>S. purpurea</i> L.	20	0,90	96,7	6,1			305,2±3,56	297,8±7,61
4		20	0,57	100	4,5	18,3±1,06	186,7±10,8	288,5±6,42	259,7±11,21
5		20	0,42	90,0	4,1			286,7±5,82	232,0±9,41
6	<i>S. triandra</i> L.	15	0,80	90,0	3,4			254,8±12,17	243,0±13,86
7		15	0,48	100	2,4	19,3±1,67	196,9±17,0	216,3±14,28	223,6±27,78
8	<i>S. viminalis</i> L.	20	0,88	100	8,8			320,8±4,47	335,3±3,80
9	«Тернопільська»	20	0,66	100	7,3	40,7±2,81	415,1±28,7	281,0±7,73	279,0±14,9
10		20	0,45	100	8,0			280,2±7,14	311,2±6,27

Використовуючи той чи інший вид або форму верб, високої ефективності енергетичних плантацій можна досягти у різних лісорослинних умовах, але найсприятливішими для цього є багаті, добре зволожені і дренажовані ґрунти у заплавах річок.

Закладаючи плантації верб у відносно бідних і сухих екоотопах доцільно обирати *S. acutifolia*, *S. purpurea* і *S. caspica*. У перезволожених умовах успішно ростуть *S. fragilis*, *S. triandra* і *S. pentandra*.

## Висновки

Для вирощування енергетичної сировини з видів роду *Salix* L. в умовах України доцільно використовувати автохтонні види: *S. alba*, *S. fragilis*, *S. viminalis*, *S. triandra*, *S. pentandra*, *S. caprea*, *S. cinerea*, *S. purpurea*, *S. acutifolia*., *S. myrsinifolia*, їхні гібриди та форми.

Продуктивність однорічної свіжозрізаної маси високопродуктивного клону *S. viminalis* «Тернопільської» в умовах свіжого суборудосагає 33,6 т/га, або близько 39 м<sup>3</sup>/га, що еквівалентно 342,7 Гдж/га, а вологості судіброви — 47,3 м<sup>3</sup>/га (415 ГДж/га).

Крім автохтонних, можна використовувати також інтродуковані види верб. Серед них високу продуктивність мають клони *S. dasyclados*.

Використовуючи той чи інший вид чи форму, можна досягти високої ефективності вирощування енергетичних плантацій у різних лісорослинних умовах, але найсприятливішими для цього є багаті, добре зволожені і дренажовані ґрунти у заплавах річок.

1. Бродіс Є.М. *Salix* L. // Визначник рослин України. – К.: Урожай, 1965. – С. 186–193.
2. Гордієнко М.І., Фучило Я.Д., Гойчук А.Ф. Чагарникові верби рівнинної частини України. – К.: ІАЕ УААН, 2002. – 174 с.
3. Дювилью П., Танг М. Биосфера и место в ней человека. – М.: Прогресс, 1968. – 340 с.
4. Енохович А.С. Справочник по физике. – М.: Просвещение, 1990. – 380 с.
5. Крічфалушій В.В. Види роду *Salix* L. в Українських Карпатах // Укр. ботан. журн. – 1982. – 39, № 2. – С.52–56.
6. Лазарев П.П. Энергия, ее источники на Земле и ее происхождение. – М.: Изд-во АН СССР, 1959. – 240 с.

7. Моисеев И.И., Платэ Н.А., Варфоломеев С.Д. Альтернативные источники органических топлив // Вестн. РАН. – 2006. – **76**, № 5. – С. 427–736.
8. Морозов И.Р. Определитель ив и их культура. – М.: Лесн. пр-сть, 1966. – 254 с.
9. Назаров М.И., Котов М.И., Гержедович П.И., Брадис Є.М. та ін. *Salix L.* // Флора УРСР. – К.: Вид. АН УРСР, 1952. – Т.4. – С.17 – 86.
10. Скворцов А.К. Ивы СССР. – М.: Наука, 1968. – 262 с.
11. Скворцов А.К. *Salix L.* // Определ. высш. раст. Украины. – Киев: Наук. думка, 1987. – С. 130–133.
12. Ткаченко В.С. Ліси з верби білої // Рослинність УРСР. Ліси УРСР. – К.: Наук. думка, 1971. – С. 352–357.
13. Фучило Я.Д. Види роду *Salix L.* в Україні та їхнє використання // Наук. вісн. НАУ. – 1999. – Вип. 17. – С. 348–351.
14. Фучило Я.Д. А.с. на сорт рослин № 04194. Назва сорту: Тернопільська. Ботанічний таксон: верба прутовидна (*Salix viminalis L.*) / Україна. Заявка № 03404001. Дата держ. реєстрації: 26.12.2003 р., № 04308.
15. Фучило Я.Д., Ониськів М.І., Сбитна М.В. Біологічні та технологічні основи плантаційного лісовирощування. – К.: ННЦ «Ін. аграр. екон.», 2006. – 394 с.
16. Червона книга України. Рослинний світ. – К.: УЕ, 1996. – С. 105–109.
17. Нутцен J. Suitability of various phosphorus and nitrogen fertilizers for fertilizing willow stands on cut-over peatlands. // Bioenergy 84: Prac. Int. Conf., Goteborg (15–21 June, 1984). – London, 1985. – Vol. 2. – P. 114–118.
18. Weisgerber H. Raschwъchside baumarten in kurzen umtiebszeiten-aktuelle erkenntnisse der zъchtung und production // Schriftenr. Forstniss. Fak. Univ. Mъnchen und Bayer. Forstl. Versuchsun Forschungstalt. – Mъnchen, 1988. – № 90. – S. 1–25.