

## ОСНОВНІ ЕЛЕМЕНТИ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ДЕЯКІ РЕЗУЛЬТАТИ ГІБРИДИЗАЦІЇ ВЕРБ

Розглянуто основні тренди використання верб для енергетичних потреб при плантаційному вирощуванні, у фітомеліорації, озелененні та інших галузях. Зростання інтересу до цих рослин робить актуальними дослідженнями з розширення їх асортименту. Ефективним напрямком вирішення цієї проблеми є гібридизація. Отримання штучних гібридів верб при контрольованому схрещуванні дозволяє одержати рослини з необхідними властивостями та значно підвищити ефективність селекційної роботи.

У статті розглянуто основні елементи технології гібридизації верб з урахуванням їх біологічних та екологічних особливостей. До таких елементів віднесено підбір батьківських рослин, отримання пилку, запилення, ізоляція суцвіть, збір насіння, особливості та послідовність технологічних прийомів вирощування гібридних рослин.

Зазначена перспективність як міжвидової, так і міжсекційної гібридизації. Така багатоступінчаста гібридизація дозволяє отримати складні гібриди, які поєднують декілька корисних ознак (швидкорослість, невибагливість до ґрунтових умов, посухостійкість, стійкість до антропогенного забруднення, декоративність тощо). Наведено морфометричні параметри раніше отриманих гібридних рослин, які вказують на їх потенційну високу продуктивність. Обґрунтовано доцільність подальших робіт з отримання міжвидових гібридів *Salix viminalis* L., *S. purpurea* L., *S. caprea* L., *S. caspica* Pall., *S. acutifolia* Willd. та інших. Вказано, що отримані гібридні верби є швидкорослими, технологічними для плантаційного вирощування і можуть використовуватись як джерело біопалива, для потреб фітомеліорації та озеленення.

**Ключові слова:** верба, гібридизація, елементи технології, морфометричні параметри, перспективи використання.

**Постановка проблеми.** На сьогодні особливої актуальності набуває проблема мобілізації генофонду корисних рослин в умовах кліматичних змін. Серед деревних рослин у цьому аспекті значний інтерес представляють верби. Ці рослини мають низку біологічних та екологічних особливостей, які роблять їх винятково привабливими для практичного використання. Особливе значення набуває їх здатність швидко накопичувати значні об'єми біомаси [1–3], фітомеліоративні, декоративні, лікувальні та інші властивості. Одним з

---

<sup>1</sup>Горєлов Олександр Михайлович, доктор біол. наук, с.н.с. E-mail: [forestgorelov@gmail.com](mailto:forestgorelov@gmail.com); <https://orcid.org/0000-0001-8902-8875>.

пріоритетних напрямків збільшення асортименту верб є штучне створення гібридів з покращеними корисними якостями [4–7].

**Метою досліджень** є розробка адаптованої для умов Лісостепу України технології отримання гібридних рослин роду *Salix* L.

**Постановка завдання.** Для досягнення поставленої мети необхідно розробити основні елементи створення гібридів верб (розробка схем схрещування, підбір батьківських рослин, терміни проведення етапів гібридизації, технологія вирощування посадкового матеріалу тощо).

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Враховуючи зростаючий попит на відновлювальні джерела енергії, цей напрямок гібридизації та селекції верб набуває все більшої актуальності. Значна увага приділяється міжвидовій гібридизації та створенню на цій основі триплоїдних гібридів [8]. Об'єктом таких досліджень є як чагарникові, так і деревні верби [9, 10]. Серед чагарникових верб при гібридизації значний інтерес приділяється вербі *S. viminalis* L., в результаті чого створено низку високопродуктивних клонів шведської ('Tora', 'Bjorn', 'Torchild', 'Tordis', 'Inger'), великобританської ('Endeavour', 'Discovery', Ashton Stott') та американської ('Owasco') селекції. Також перспективним напрямком є створення складних гібридів, отриманих шляхом багатоступінчастих схрещувань. Таким чином створено перспективні клони 'Sven', 'Olof', 'Asgerd' (*S. viminalis* × (*S. schwerinni* × *S. viminalis*)), 'Discovery' (*S. viminalis* × (*S. schwerinni* × *S. viminalis*)), 'Tera Nova' ((*S. trianda* × *S. viminalis*) × *S. linderstipularis*), 'Nimrod' ((*S. schwerinni* × *S. viminalis*) × *S. linderstipularis*), 'Quest' (*S. viminalis* × (*S. schwerinni* × *S. viminalis*)), 'Resolution' (*S. viminalis* × (*S. schwerinni* × *S. viminalis*)) × (*S. viminalis* × (*S. schwerinni* × *S. viminalis*)) та інші [11].

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Роботи з гібридизації і селекції верб, які ведуться у Національному ботанічному саду ім. М. М. Гришка НАН України з 1990-х років, показали, що деякі отримані гібридні рослини цього роду за швидкістю росту і накопиченню біомаси не поступаються зарубіжним сортам, цілком адаптовані до місцевих умов і можуть стати основою високопродуктивних плантацій в Україні. Селекційні роботи проводяться на базі колекції верб, створеній к.с.-г.н. Мінченко Н. Ф., яка сьогодні налічує понад 50 видів, форм, міжвидових, міжсекційних складних гібридів [1 – 3].

Попередні дослідження показали, що перспективними донорами пилку в умовах Північного Лісостепу є рослини видів *Salix acutifolia* Willd., *S. caprea* L., *S. cinerea* L., *S. viminalis* L., *S. purpurea* L. та деякі гібридні верби.

В залежності від погодно-кліматичних умов, заготівля пагонів проводиться у березні або у першій половині квітня (за винятком верби гостролистої, для якої цей термін може бути більш раннім) на стадії закінчення бутонізації та початку цвітіння (рис. 1).

Пилок отримували шляхом вигонки з гілок, заготовлених на початку розкривання пиляків і залишених у воді при кімнатній температурі (20 – 22°C) і відносній вологості повітря 40 – 50 % [6]. За таких умов пилок масово дозріває протягом 2–3 днів. Пилок струшувався з гілок на гладкий папір (кальку), а потім збирався у пробірки і зберігався у холодильнику. Достатня для запліднення фертильність пилку при температурі близько 0°С зберігається не більше 5-ти діб. Для запобігання перемішування пилку окремого виду з пилом інших видів, його заготівлю слід проводити в різних приміщеннях.



Рис. 1. Початок цвітінні верби пурпурової

Час запилення жіночих квіток визначався станом приймочок. Запилення попередньо ізольованих суцвіть здійснювали безпосередньо до початку їх розпускання, коли лопаті приймочки маточки майже набули властивих їм розмірів, форми і забарвлення. Запилення проводили м'яким пензликом, на який набирали пилок і рівномірно розподіляли по суцвіттю (рис. 2) і одразу знову надягали паперовий ізолятор (рис. 3).



Рис. 2. Запилення жіночих квіток верб

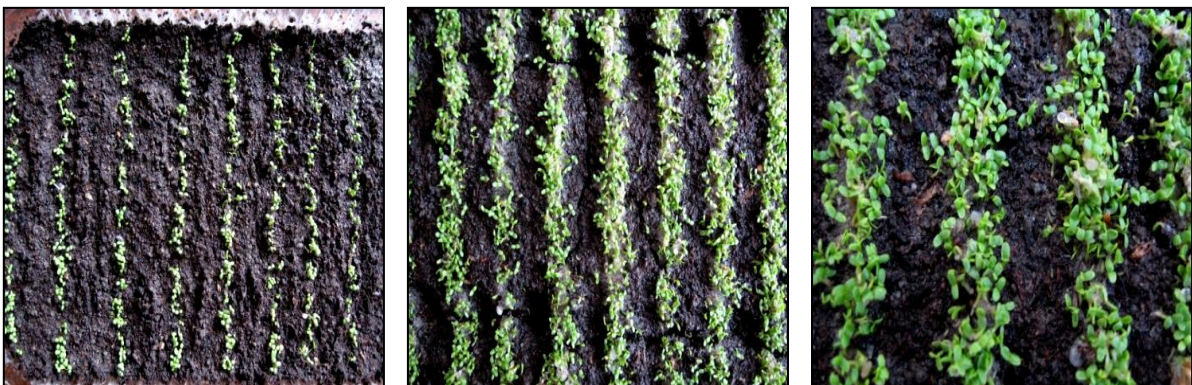
Рясне нанесення пилку навіть на неповністю розкриті приймочки та підвищений температурний фон в середині ізолятора дозволяє збільшити вірогідність запилення. Проведення цієї процедури на цілих рослинах на відміну від зрізаних гілок, на нашу думку, дозволяє підвищити її ефективність.

Після дозрівання гілки зрізалися, а насіння відокремлювалося від пуху м'яким перетиранням через сито з розміром чарунку 2 мм. Враховуючи невеликі терміни збереження життєздатності (навіть в умовах зниженої температури не більше 2 – 3 тижнів), насіння треба якомога швидше висіяти в посадкові контейнери. Для цього зручно використовувати блістери з кришкою, що дозволяє зберігати підвищене зволоження субстрату, який готується з суміші дернового ґрунту, торфу та піску у рівних пропорціях.



Рис. 3. Ізолювання гілок із запиленими квітками

Насіння верб не має періоду спокою та проростає вже за кілька годин (рис. 4). На цьому та наступному етапі профілактично рослини доцільно обробити фунгіцидними засобами, що дозволяє значно підвищити їх виживання та стійкість.



А

Б

В

Рис. 4. Проростки на ґрунтовій суміші на другий (А), третій (Б) та четвертий (В) день

При досягненні рослинами стадії 3 – 4 справжніх листочків (середина червня) їх пересаджували у пластикові стаканчики і залишали на відкритому повітрі, за потреби притінюючи та регулярно зволожуючи (рис. 5).



Рис. 5. Ювенільні рослини верб після пікірування

При цьому відбираються найбільш розвинені рослини, або ті, що мають певні цікаві особливості (наприклад, форма або колір листків).

На початку липня рослини висаджували у відкритий ґрунт (рис. 6).



Рис. 6. Сіянци гібридних верб у відкритому ґрунті

На всіх стадіях вирощування, а особливо на початкових (насіння – сходи) важливо не допускати навіть незначного підсихання ґрунту, оскільки це призводить до загибелі рослин. Це пов'язано з вологолюбністю верб, насіння яких і в природних умовах проростає тільки у вологих місцях. Сходи та проростки також розвиваються за наявності у достатній кількості доступної вологи. Таким чином нам вдалося отримати насіння та рослини більш ніж 30-ти гібридних комбінацій, серед яких відібрано рослини з інтенсивним ростом, стійких до хвороб і шкідників та достатньо адаптованих до місцевих кліматичних умов (рис. 7, 8).

Проведені дослідження показали, що отримання складних (між рослинами трьох і більше видів) гібридів дозволяє значною мірою прогнозувати потрібні

комбінації ознак і властивостей гібридних рослин. Таким чином, зокрема,



А

Б

Рис. 7. Однорічні сіянці верб: А -  $[(S. \textit{purpurea} \times S. \textit{viminalis}) \times S. \textit{cinerea}] \times S. \textit{caprea}$ ; Б -  $(S. \textit{viminalis} \times S. \textit{caprea}) \times S. \textit{caprea}$

вдається подолати низку приживлювальність живців верб, генотип яких включає гени *S. caprea*, *S. cinerea*, які живцями практично не розмножуються.



А

Б

В

Рис. 8. Гібридні сіянці другого року: А  $(S. \textit{caspiaca} \times S. \textit{caprea}) \times S. \textit{acutifolia}$ ; Б  $[(S. \textit{purpurea} \times S. \textit{viminalis}) \times S. \textit{caprea}] \times S. \textit{acutifolia}$ ; В  $[(S. \textit{purpurea} \times S. \textit{viminalis}) \times S. \textit{caprea}] \times S. \textit{caprea}$

Так, гібриди на основі *S. viminalis*, *S. caprea*, *S. cinerea*, і *S. purpurea*, як правило, володіють підвищеною швидкістю росту (табл. 1). Річний приріст пагонів саджанців таких верб, отриманих із живців, перевищує 2 м, а у дворічному віці висота окремих екземплярів може досягати 4 м. Ці верби легко розмножуються здерев'янілими живцями, витримують пересадку та інтенсивну обрізку, що робить їх високотехнологічними для плантаційного вирощування.

**Морфометричні показники 2-річних саджанців верб  
в умовах Київського Полісся**

| Гібридна<br>комбінація або<br>батьківський вид  | Висота, м   |             | Діаметр<br>річного<br>пагона біля<br>основи, см |
|---|-------------|-------------|---|
|   | максимальна | середня     |   |
| [( <i>S. purpurea</i> × <i>S. viminalis</i> )<br>× <i>S. cinerea</i> ] × <i>S. caprea</i> | 3,60        | 3,1 ± 0,38  | 2,8 ± 0,3                                       |
| ( <i>S. caspica</i> × <i>S. caprea</i> ) ×<br><i>S. caprea</i>                            | 3,10        | 2,30 ± 0,74 | 2,5 ± 0,4                                       |
| [( <i>S. purpurea</i> × <i>S. viminalis</i> )<br>× <i>S. caprea</i> ] × <i>S. caprea</i>  | 3,25        | 2,60 ± 0,65 | 2,7 ± 0,3                                       |
| ( <i>S. purpurea</i> × <i>S. viminalis</i> )<br>× <i>S. caprea</i>                        | 3,35        | 2,82 ± 0,45 | 2,5 ± 0,3                                       |
| <i>S. caspica</i>   | 2,0         | 1,85 ± 0,35 | 2,2 ± 0,3                                       |
| <i>S. viminalis</i> 'Ternopil'ska'  | 2,15        | 1,90 ± 0,15 | 2,4 ± 0,4                                       |

Окремим перспективним напрямком селекційних робіт є створення гібридів, здатних зростати в несприятливих екологічних умовах. Низкою таких цінних властивостей вирізняються штучні гібриди верб, створені за участю верби каспійської *S. caspica* Pall. яка у природі зростає в умовах піщаних засоленних ґрунтів, дозволяє отримувати рослини, невибагливі до родючості і зволоженості ґрунтів. Отримані нами гібриди цієї верби з вербою пурпуровою володіють окрім того ще й підвищеною декоративністю і стійкістю до умов техногенного і урбанізованого середовища, дають чудовий тонкий та гнучкий прут для плетіння, можуть знайти застосування у фітомеліорації (закріплення пісків, крутосхилів та балок). Висаджені в умовах супіщаних ґрунтів на схилах південної експозиції та за відсутності штучного поливу та підживлення, ці рослини відзначаються досить доброю приживлюваністю та задовільним життєвим станом, що свідчить про їхній високий адаптивний потенціал. Чоловічі екземпляри гібридних верб, отримані при схрещування верб каспійської та козячої, вирізняються високою декоративністю під час цвітіння. Це робить їх перспективними для використання в озелененні.

Цікаві результати отримані при міжвидовій гібридизації верб за участю *S. acutifolia* Willd. Як правило, отримані гібриди успадковують червоно-коричневий або темно-бордовий колір пагонів, стійкі до посухи, а в окремих випадках мають компакту пірамідальну крону і крупні чоловічі суцвіття зі світло-жовтими пиляками, що робить їх перспективними і для озеленення.

**Висновки.** Запропонована технологія дає змогу оптимізувати отримання гібридних верб, що має наукову та практичну цінність. Це суттєво підвищує ефективність селекційних робіт та отримувати рослини з прогнозованими корисними ознаками. Вже на сьогодні отримані шляхом контрольованого схрещування гібриди р. *Salix* вирізняються інтенсивним ростом, стійкістю до місцевих кліматичних та едафічних умов, легкістю вегетативного розмноження, що робить їх перспективними для плантаційного вирощування, фітомеліоративних культур та озеленення в умовах Північного Лісостепу України. Випробування цих рослин в інших кліматичних зонах та екологічних умовах є подальшим науковим та практичним завданням. Перспективними для отримання швидкорослих рослин вважаємо гібридизацію між вербами прутувидною, пурпуровою та козячою, стійких до несприятливих умов (зокрема посухи та засолення ґрунтів) гібриди за участю верб каспійської та гостролистої. Важливим напрямком досліджень є отримання складних, багатоступінчастих і між секційних схрещувань. Вважаємо, що гібридизація верб, поряд з пошуком їхніх нових форм у природі, дозволять повніше розкрити потенціал цих цінних рослин.

#### References

1. Bioresource Technology. 2004. Vol. 94 (3). P. 321–329.
2. Nordborg, M., Berndes, G., Dimitriou, I., Henriksson, A., Mola-Yudego, B., Rosenqvist, H. Energy analysis of willow production for bioenergy in Sweden. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 2018, 93, 473–482.
3. Sinchenko, V.M., Fuchylo, Y.D., Hanzhenko, O.M., Humentyk, M.Ya., Gnap, I.V., Ivanyuk, I.D. Introduction of high-yielding varieties of energy willow and technological aspects of its cultivation. K.: Comprint, 2022. 206 p.
4. Fabio E., Komanian A., Montes F., Miller R., Smart L. A mixed model approach for evaluating yield improvements in interspecific hybrids of shrub willow, a dedicated bioenergy crop // *Industrial Crops and Products* V. February 2017, P. 57–70.
5. Horielov A. M. Osnovnye napravleniya selekcii iv v Nacionalnom botanicheskom sadu im. N.N. Grishko NAN Ukrainy // *Agrobiodiversity for improving nutrition, health and life quality.* Nitra, November, 2016. P. 83–86.
6. Horielov O. M., Fuchylo Ya. D., Kruglyak Yu. M., Virovka V. M., Horielov O. O. Gibridizaciya ta selekciya verb yak perspektivnij napryam otrimannya visokoproduktivnih kloniv // *Lisivnictvo i agrolisomelioraciya.* 2014. № 125. S. 107 – 114.
7. Kruglyak Yu. M. Mizhvidova gibridizaciya verb (*Salix L.*) pidrodu *Vetrix* // *Aktualni problemi botaniki ta ekologiyi. Materiali mizhnarodnoyi konferenciyi*



molodih uchenih (11 – 15 serpnya 2009 r., m. Kremenec). Ternopil. 2009. S. 188 – 189.

8. Dudits D., Cseri A., Török K., Sass L., Zombori Z. et al Tripliod Hybrid Vigor in Above-Ground Growth and Methane Fermentation Efficiency of Energy Willow //Front. Plant Sci., 23 February 2022. Sec. Plant Biotechnology. Vol. 13. 2022. | <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.770284>.

9. Kajba D., Andric I. Selection of Willows (*Salix* sp.) for Biomass Production. South-east Eur for 20145 (2): 145-151. DOI: <http://dx.doi.org/10.15177/seefor.14-14>.

10. Fuchylo, Y.D., Sbytna, M.V. Willows of Ukraine: biology, ecology, use: monograph. The second edition, corrected and supplemented. K.: CPU "Comprint", 2017. 259 p.

11. Melezhyk L. Features of breeding new willow varieties for creation of energy plantations /Forestry ideas, 2020. Vol. 26, No 2 (60): 426–434.

**O. M. Horielov<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*M. M. Grishko national botanical garden, NASU, Kyiv*

## **MAIN ELEMENTS OF TECHNOLOGY AND SOME RESULTS OF WILLOWS HYBRIDIZATION**

**Abstract.** *The main trends in the use of willows for energy needs in plantation cultivation, in phytomelioration, landscaping and other industries are considered. The growing interest in these plants makes research on expanding their range relevant. An effective direction for solving this problem is hybridization. Obtaining artificial hybrids of willows by controlled crossing allows you to obtain plants with the necessary properties and significantly increase the efficiency of breeding work.*

*The article considers the main elements of the technology of hybridization of willows, taking into account their biological and ecological features. These elements include the selection of parental plants, pollen collection, pollination, inflorescence isolation, seed collection, features and sequence of technological methods for growing hybrid plants.*

*The prospects of between species and intersectional hybridization are indicated. Such multi-stage hybridization allows obtaining complex hybrids that combine several useful traits (fast growth, unpretentiousness to soil conditions, drought resistance, resistance to anthropogenic pollution, decorativeness, etc.). Morphometric parameters of previously obtained hybrid plants are given, which indicate its potential high productivity. The feasibility of further work on obtaining interspecific hybrids of *Salix viminalis* L., *S. purpurea* L., *S. caprea* L., *S. caspica* Pall., *S. acutifolia* Willd. and others is substantiated. It is indicated that the obtained hybrid willows are fast-growing, technological for plantation cultivation and can be used as a source of biofuel, for the needs of phytomelioration and landscaping.*

**Keywords:** *willow, hybridization, elements of technology, morphometric parameters, prospects of use.*