

Селекційні основи виведення нових сортів родини Вербові (*Salicaceae* Mirb.) для створення енергетичних плантацій

Я. Д. Фучило¹, О. О. Афонін², М. В. Сбитна³

¹Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН, вул. Клінічна, 25, м. Київ, 03141, Україна, e-mail: fuchylo_yar@ukr.net

²Брянський державний університет імені академіка І. Г. Петровського, вул. Бежицька, 14, м. Брянськ, 241036, Російська Федерація, e-mail: afonin.salix@gmail.com

³Відокремлений підрозділ Національного університету біоресурсів і природокористування України «Боярська лісова дослідна станція», вул. Лісодослідна, 12, м. Боярка, Київська обл., 08150, Україна, e-mail: boyarka_nauka@ukr.net

Мета. Розробити алгоритм створення нових високопродуктивних сортів-клонів представників родини *Salicaceae* з поліпшеними господарсько-цінними ознаками для їх використання під час створення енергетичних плантацій. **Методи.** Польовий, лабораторний, аналітичний, селекційний. **Результати.** Схема організації селекційного процесу з представниками родини Вербові включала такі етапи: I етап – створення первинних родин (F_0); II етап – створення вторинних родин, або відгалужень; III етап – міжродинний (індивідуально-родинний) добір; IV етап – родинно-груповий добір; V етап – клоновий добір (добір рамет). **Висновки.** Селекційний процес із застосуванням комплексу прогресивних методів добору (індивідуального, родинного, групового і клонового) дає можливість отримувати модельні популяції з високою частотою цінних алелів і генотипів та високим рівнем генетичного різноманіття. За рахунок негативного багатоступінчастого індивідуального внутрішньородинного й міжродинного добору відбувається очищення штучних популяцій від небажаних форм без істотного зниження рівня генетичного різноманіття.

Ключові слова: селекційний процес, рід *Salix* L., рід *Populus* L. сортовиведення, алгоритм добору перспективних форм.

Вступ

В Україні обсяги використання нетрадиційних відновлюваних видів енергії, які включають і енергію з біомаси, становлять всього 0,5% кількості споживаних паливно-енергетичних ресурсів [3], хоч сприятливі кліматичні та ґрунтові умови дають змогу отримувати значні обсяги енергетичної біомаси, зокрема на спеціальних енергетичних плантаціях деревних рослин.

Для створення енергетичних плантацій використовують швидкорослі листяні деревні види з високою порослевою здатністю. Найперспективнішими для цього є представники родини Вербові – верби (*Salix* L.) [1, 4–6, 11] і тополі (*Populus* L.) [2, 7, 8, 12]. Це дводомні листопадні деревні рослини, які широко використовують у лісовому господарстві, особливо для захисту ґрунтів від ерозії, в озелененні міст і промислових територій. Більшість з них добре розмножуються вегетатив-

ним шляхом, що сприяє відносно легкому створенню їхніх насаджень і отриманню ряду поколінь на одній площі, завдяки періодичному зрізанню надземної маси рослин. У зв'язку із зазначеними особливостями та швидким ростом верби й тополі здавна є об'єктом селекційних досліджень [5, 7, 9, 12], але широке їх використання протягом останніх десятиріч для створення енергетичних плантацій зумовлює необхідність проведення спеціальних досліджень для виведення форм, які здатні продукувати велику кількість деревної маси за дуже короткий період її заготівлі (1–5 років). Важливе значення має також добір певних форм для різних ґрунтово-кліматичних умов і на різних категоріях земель. Це зумовлює необхідність вирощування видів родів *Populus* і *Salix* на селекційно-сортівній основі [5, 7, 10].

Як відомо, метою селекційного процесу є створення сорту. Сортами верб і тополь є клони, здатні зберігати свої господарсько-цінні ознаки під час розмноження живцями, щепленням або шляхом мікроклонування. Стабільність нового сорту перевіряється за допомогою клонового добору в 2–3-х поколіннях [5, 7, 12]. Отримана система клонів, що потенційно схрещуються, є генетичним банком, який зберігається в живому вигляді

Yaroslav Fuchylo

<http://orcid.org/0000-0002-2669-5176>

Aleksey Afonin

<http://orcid.org/0000-0002-9392-2527>

Marharyta Sbytna

<http://orcid.org/0000-0002-9622-7909>

у складі колекційних, захисних, рекреаційних насаджень, маточних і виробничих плантацій [2, 4, 9, 10].

Мета досліджень – розробити алгоритм створення нових високопродуктивних сортів-клонів представників родини Salicaceae з поліпшеними господарсько-цінними ознаками з метою використання їх для створення енергетичних плантацій.

Матеріали та методика досліджень

Матеріалом досліджень були літературні джерела [2, 5, 7–12] та результати багаторічних досліджень, проведених на Поліссі та в Лісостепу України [4, 6], а також на території Брянського лісового масиву (Росія) [1], щодо особливостей селекційного процесу. Об'єктами досліджень були рослини з родів Верба (зокрема верба прутувидна *Salix viminalis*, в. тритичинкова *S. triandra*, в. шерстистопагінцева *S. dasyclados*, в. гостролиста *S. acutifolia*) та Тополя (види й гібриди із секцій чорних *Aigeiros* Duby і бальзамічних *Takamahaka* Shpach.). Методика досліджень передбачала аналіз матеріалів, що стосуються добору первинного селекційного матеріалу, організації селекційного процесу, випробування та добору перспективних сортів представників родини Вербові [1, 5, 7, 12]. Були використані польові, лабораторні, аналітичні та селекційні методи досліджень.

Результати досліджень

Селекцію вербових традиційно проводять на продуктивність деревної маси, її якісні характеристики, стійкість до несприятливих чинників середовища, хвороб і шкідників [1, 2, 6, 12].

Організуючи селекційний процес у представників родини Вербові, необхідно враховувати такі особливості цих рослин: дводомність, що автоматично робить їх облігатно ксеногамними (перехреснозапильними); ймовірними наслідками ксеногамії є високий рівень гетерозиготності й небезпека інбредної депресії під час гомозиготизації; раннє плодоношення (цвітіння настає у 2–5-річному віці); можливість віддаленої (міжвидової, міжсекційної, міжпідродової) гібридизації з отриманням гібридів, здатних до насінневого розмноження; можливість клонування шляхом живцювання, щеплення чи мікроклонування.

Н. В. Старова [5] описує дві основні схеми організації селекційного процесу в тополь. У процесі клонової селекції здійснюють добір плюсових особин у природі, їх вегетативно розмножують, створюють селекційні

культури і проводять клоновий добір. За другою схемою початкові особини використовують для гібридизації. Ці схеми рекомендують і для селекції верб.

Створення поліклональних насаджень різного призначення, особливо енергетичних, потребує отримання цілої лінії взаємодоповнюючих клонів з високими господарсько-цінними показниками [1, 10]. З урахуванням змін клімату, а також еволюції шкідників і збудників хвороб, необхідно прагнути до створення нових клонів.

Початковим матеріалом у селекції Вербових є все генетичне різноманіття дикорослих і культивованих рослин, зокрема:

1. Природні популяції аборигенних видів (особини з типовими видовими ознаками; особини з окремими винятковими ознаками – плакучі, вузьколисті, яскраво забарвлені; особини, що значно відрізняються від типових представників виду за сукупністю ознак, у т. ч. і ймовірні міжвидові гібриди.

2. Культивовані клони (культівари), які вирощують на цей час, а також ті, що вилучені з виробництва, але мають генетичну й селекційну цінність за окремими параметрами. Включають клони аборигенних видів, індукованих видів та культівари гібридного походження.

Гібридизація, як спосіб отримання принципово нового початкового матеріалу, посідає одне з основних місць у селекції верб і тополь [1, 4, 5, 7, 11]. Як відомо, гібриди мають деякі господарсько-цінні ознаки, зокрема високу продуктивність, проте часто конкурентоспроможність їх є низькою [1]. Крім того, низький рівень генетичної різноманітності серед культивованих гібридних форм і високий відсоток безпліддя не завжди дають змогу використовувати їх як матеріал для подальшої селекції (виняток становлять деякі складні фертильні гібриди, здатні схрещуватися між собою і з чистими видами). Найчастіше у селекції Вербових на високу продуктивність, генетичну різноманітність і стійкість насаджень перевагу має генетичний матеріал, отриманий з природних насаджень [1].

Необхідно розрізнити первинний і вторинний початковий матеріал: первинний – це матеріал, практично не зачеплений селекційним процесом; вторинний – той, що пройшов через кілька етапів селекції [5, 7]. Основою первинного і вторинного матеріалу є генети й рамети. Перші з них – це сіянці, вирощені з насіння, зібраного в природі та колекційних насадженнях.

Сукупність сіянців, вирощених з насіння однієї материнської особини, утворює пер-

винну родину. Відмінності між одновіковими особинами однієї родини, які вирощені в однакових умовах, зумовлені, насамперед, генетичними чинниками. При цьому вони можуть істотно відрізнятися як за розмірами, так і за морфологічними ознаками.

Таким чином, родина має власний генофонд, тобто високу генетичну різноманітність. Водночас, члени родини характеризуються високими коефіцієнтами спорідненості $K_{сп}$ (середньою ймовірністю виявлення однакових генів (алелів), супергенів, хромосом (гаплотипів) у двох довільно взятих особин). Якщо донор пилку – одна чоловіча особина, то два довільно взяті члени сім'ї є сибсами: $K_{сп} = 0,5$. Проте, донори пилку, якщо насіння зібране в природі, генетично відрізняються один від одного і від материнської особи, тому $K_{сп} < 0,5$. У разі інбредного розмноження родини «в собі» кожна жіноча особина може стати родоначальницею родини другого порядку – відгалуження (і далі – відгалужень другого і вищих порядків). Відгалуження родин – це вже вторинний матеріал; у кожному відгалуженні $K_{сп}$ є вищим, ніж у первинній родині. Сукупність усіх первинних і вторинних родин одного виду утворює штучну популяцію, в якій рівень різноманітності перебуває під контролем селекціонера.

Рамети – це саджанці, вирощені з укоріненних живців, узятих з однієї особи. Сукупність рамет, отриманих від однієї особи, утворює первинний клон – множину генетично однорідних особин (див. рисунок). За повторного живцювання створюється вторинний матеріал – клони другого, третього й вищих порядків, генетично ідентичні стосовно один одного і первинного клону (за відсутності соматичних мутацій). Однак, використання рамет як вихідного матеріалу є недоцільним, оскільки відмінності (або схожість) між саджанцями, вирощеними з живців, узятих від різних особин, можуть бути зумовлені парагенетичними чинниками. У цьому випадку для відсіву тривалих модифікацій буде потрібно 2–3 покоління клонового добору. Водночас, живці, отримані від виняткових особин (плакучих, вузьколистих, яскраво забарвлених), можуть бути використані як родоначальники декоративних клонів [1, 2, 4].

До початкового матеріалу ставлять дві основні вимоги: високі господарсько-цінні показники материнських особин (наприклад, висока продуктивність) і різноманітність. Різноманітність визначається його видовою і внутрішньовидовою різноманітністю, а також різноманітністю гібридів.



Рис. Первинний клон верби тритичинкової (*Salix triandra* L.) (квартал 123 Боярського лісництва Боярської лісової дослідної станції)

Видове різноманіття визначається кількістю видів, рекомендованих для культивування; внутрішньовидове – морфологічними відмінностями материнських особин зі схожих і різних місцезростань; різноманітність гібридів – збиранням насіння в змішаних насадженнях у різних місцезростаннях і в різний час, що забезпечує різноманітність донорів пилку.

Основним об'єктом добору у селекції верб і тополь є родина, другорядними – окремі особи і клони, тому переважними методами добору є індивідуальний внутрішньородинний, індивідуально-родинний, індивідуальний внутрішньоклоновий та індивідуально-клоновий.

Для отримання колекцій клонів і їх розмноження необхідні спеціальні лісові розсадники, що включають традиційні відділи: посівне відділення, шкільне відділення для вирощування саджанців насінневого і живцевого походження, селекційний розсадник, маточна плантація для отримання насіння й живців [1, 5, 7]. Однак, стосовно верб і тополь структура розсадника може бути змінена з урахуванням специфіки цих рослин. Наприклад, якщо пророщувати насіння на фільтрувальному папері в чашках Петрі або в контрольованих

ґрунтових умовах і вирощувати сіянці першого року в контейнерах, то відповідає необхідність у спеціальному посівному відділенні, а безперервне оцінювання й добір сіянців на всіх стадіях онтогенезу та етапах існування штучних популяцій автоматично перетворюють будь-яке насадження на селекційне.

Схема організації селекційного процесу з представниками родини Вербові включає такі етапи.

I етап. Створення первинних родин (F_0). У первинних родинях проводять багатоступінчастий (постадійний) індивідуальний добір, який починається з вибору маточно-насіньових особин у природі або колекціях. При цьому вибирають добре розвинені рослини без явних пошкоджень або типові для конкретного місцезростання (позитивний добір), чи, навпаки, – з винятковими ознаками. Другу стадію добору здійснюють за насінням – відбраковують невиповнене і виродливе (негативний добір). Якщо насіння, зібране з однієї рослини, візуально можна підрозділити на 2–3 розмірні фракції, то добір проводять у кожній з фракцій і кожену фракцію висівають окремо. В процесі проростання насіння відбувається природна загибель частини рослин. Проростки пікірують у контейнери, при цьому здійснюють позитивний добір найрозвиненіших сіянців.

Восени відбраковують слабкі, виродливі й пошкоджені сіянці (негативний добір). Водночас, сіянці з винятковими ознаками зберігають для подальшого вивчення. Взимку відбувається природна загибель частини сіянців.

На другому році життя (навесні або в першій половині літа) сіянці висаджують у відкритий ґрунт, де допустиме спільне висаджування кількох родин одного виду за умови чіткого їх відмежування одна від одної. При цьому доцільно відбраковувати сіянці, в яких верхівка пагона відмирає більше ніж на третину висоти. У відкритому ґрунті відбувається природна загибель частини сіянців. На початку, всередині та наприкінці літа проводять комплексну оцінку, при цьому сіянці, що помітно відстають у рості, відбраковують.

Для остаточного формування сімей необхідне пересаджування сіянців на постійне місце. Чагарникові верби пересаджують у віці три роки (після двох років вирощування у відкритому ґрунті), а деревоподібні верби й тополі – у віці два роки.

Після досягнення генеративної зрілості проводять негативний добір у родинях. Підставою для остаточного відбраковування, незалежно від напрямку селекції, є чітко вира-

жена схильність до утворення розеток, схильність пагонів до вилягання та їхня невіривняність за висотою, помітна пошкоджуваність грибковими захворюваннями або підозра на ураженість вірусами. Водночас, не потрібно поспішати з відбраковуванням особин, ослаблених листогризучими шкідниками.

Насамперед відбраковують слабкі чоловічі особини. Виняткові жіночі особини маркують і залишають для подальших досліджень.

Після відбраковування на ділянці залишається лише одна родина одного виду з найменшими втратами у процесі багатоступінчастого добору. Решту родин або знищують або архівують шляхом живцювання. Вкорінені живці висаджують на ділянках, віддалених від основного розсадника. Як відомо, для запобігання перезапиленню між родинами перехреснозапильних рослин рекомендується просторова ізоляція на один або кілька кілометрів. Проте, стосовно представників родини Вербові ця вимога практично не може бути реалізована внаслідок повсюдного поширення дикорослих верб і тополь. Тому, вибираючи нові ділянки, потрібно враховувати захищеність їх деревами й чагарниками, хоч повний захист від перезапилення може гарантувати лише примусове запилення в межах родини з використанням ізоляторів.

II етап. Створення вторинних родин, або відгалужень. Після досягнення генеративної зрілості із залишених жіночих особин збирають насіння, яке використовують для створення родин другого порядку (відгалужень первинних родин). У відгалуженнях підвищується вірогідність гомозиготності – об'єднання однакових алелів (варіантів генів, супергенів, гаплотипів) і, як наслідок, – вищеплення рецесивних ознак (за повного домінування) або посилення напівдомінантних ознак (за неповного домінування). При цьому можливе вищеплення гомозигот з бажаними або небажаними ознаками, що робить можливим як позитивний, так і негативний добір.

Добір у відгалуженнях здійснюють так само, як і в первинній родині. Порівняльний аналіз розвитку сіянців у первинній родині і в родинях другого порядку дає змогу виявити закономірності успадкування окремих ознак і комплексів ознак: пряме успадкування (для домінантних моногенних ознак) і складне успадкування (для напівдомінантних, рецесивних і полігенних ознак). Крім того, оцінюють первинну родину за потомством (виключається материнський ефект, можливий в родинях першого порядку).

На I і II етапах рівень генетичної різноманітності в родині знижується за рахунок ба-

гатоступінчастого штучного й природного добору. При цьому, завдяки інбридингу та усуненню дії стабілізуючого добору, можна виявити форми й біотики, яких немає в природі. За рахунок багатоступінчастого добору в двох поколіннях відбувається очищення родини від небажаного генетичного матеріалу, проте виняткові материнські особини, що не мають цінних ознак, зберігають і використовують для подальшого вивчення мінливості. Таким чином, добір на продуктивність поєднується з доббором на різноманітність.

III етап. Міжродинний (індивідуально-родинний) добір. Сукупність родин одного виду утворює модельну популяцію з високим рівнем генетичного розмаїття. Структуру генофонду модельної популяції контролює селекціонер. Роздільне вирощування родин (відповідно до принципу диспергованих насаджень) підвищує надійність збереження початкового матеріалу й знижує ймовірність ураження генотипів різними патогенами. Під час вирощування різних родин в однорідних едафофітоценотичних умовах їх можна порівнювати й використовувати модифікований метод «педігрі», оснований на доборі кращих родин з оцінкою їхнього потомства.

Таким чином, індивідуально-родинний добір дає змогу оцінити й відбракувати не окремі особини, а цілі родини, у відгалуженнях яких значна частка рослин має небажані ознаки. Відбракування родини за початковими особинами (F_0) означає її повне знищення, якщо за потомством, то це не виключає збереження окремих початкових особин з господарсько-цінними ознаками. Ці особини можуть бути використані як родоначальники виробничих клонів, необхідно лише ретельно маркувати такі особини з тим, щоб не допустити їх використання як маточно-насіньових. Виявлені особини з винятковими ознаками також залишаються для подальшого вивчення.

За позитивного індивідуально-родинного добору виникає проблема контролю. Якщо у розпорядженні селекціонера є стандартний районований сорт (клон), то збережені родини повинні мати не гірші за нього показники.

Якщо такого сорту немає, неминучим буде введення плаваючого, чи умовного, контролю, для чого можуть бути використані кращі наявні родини або ідеальні сорти (віртуальні моделі, розроблені за літературними даними).

Родини, що успішно пройшли перевірку за потомством, можуть бути використані для отримання живців і клонування. У цьому разі маточно-насіньову плантацію пере-

водять у категорію маточно-живцевої, але кращі сіянці (або їхні рамети) потрібно використовувати і як матеріал для подальшого родинно-групового добору.

Проте описана схема використання плаваючого контролю є малоприматною в селекції на різноманітність і стійкість; крім того, реальні родини, через постійне розщеплення у разі насінневого розмноження, є далекими від віртуального ідеалу. Акцент на негативний добір дає змогу усунути цю суперечність: кращі родини виділяють внаслідок відбракування гірших.

Розглянуті етапи оснований на аналітичних методах селекції. Подальші етапи – це об'єднання родин, біотипів, клонів у реальні штучні клонально-амфіміктичні популяції.

IV етап. Родинно-груповий добір. За результатами індивідуально-родинного добору кращі сіянці (або їхні рамети) з родин, що успішно пройшли перевірку за потомством, об'єднуються у групи – маточно-насіньові колекції, кожна з яких культивується на власній просторово ізольованій ділянці. У таких синтезованих насадженнях рівень генетичної різноманітності є вищим, порівняно з однородинними колекціями, а частка небажаних генів – меншою, ніж у природних насадженнях.

Можливі два крайні варіанти формування гетерогенних маточно-насіньових колекцій. У першому випадку в групу об'єднують особини, фенотипово схожі за селектованими ознаками, але походять з різних родин. Це типовий родинно-груповий добір, спрямований на запобігання інбредній депресії та одночасне збереження комплексу селектованих ознак. У другому випадку в групу об'єднують кращі особини з різних родин з різними ознаками (наприклад, з різними ритмами розвитку пагонів, з різним габітусом тощо). У селекції верб і тополь другий варіант є перспективнішим, оскільки дає змогу не тільки зберегти досягнутий рівень різноманітності, а й відкриває можливості для отримання нових комплексів ознак. Насадження такого типу – це ретельно відселектований і в той же час генетично різноманітний вторинний матеріал для подальшої селекції.

V етап. Клоновий добір (добір рамет). Це завершальний етап добору, який має дві мети: відсів модифікацій і виявлення соматичних мутацій. Водночас, клоновий добір тісно пов'язаний з попередніми випробуваннями сорту, насамперед на стійкість у різних умовах, тому рамети одного клону мають бути розділені на групи, кожен з яких протягом трьох поколінь вирощують у пев-

них едафо-фітоценотичних умовах. При цьому, в одному місцезростанні (в одному селекційному розсаднику) висаджують клоносуміш з комплементарних клонів.

Підготовка маточно-живцевих особин до клонування включає стандартні процедури: садіння «на пень» і коротке обрізування річних пагонів протягом 1–2 років для отримання пруту. Для збереження здатності сіянців до насінневого розмноження можна рекомендувати обрізання в куці лише частини пагонів.

Для отримання кожного клону використовують живці, нарізані з однорічних (зимових) пагонів однієї маточно-живцевої особини. Живці укорінюють навесні у відкритому ґрунті або в контейнерах. Після повного укорінення (на початку липня) живці висаджують у шкільку живцевих саджанців (за контейнерного вирощування – їх вилучають з контейнерів).

Наступного року відібрані саджанці висаджують у селекційні розсадники, які, за низького відсотка відбраковування (менше ніж 25%), у подальшому можуть бути перетворені на селекційні розсадники. Селекційні розсадники для клонового добору можна одночасно використовувати і як захисні (протиерозійні, водозахисні) насадження, і як енергетичні плантації, а також для архівації клонів.

Під час створення первинних клонів для отримання живців використовують пагони кращих сіянців F_0 , F_1 і наступних поколінь (не обов'язково з кращих родин), тобто проводять позитивний добір. На подальших етапах відбувається негативний добір: частина саджанців гине або відбраковується з різних причин. Для створення клонів другого і третього порядку проводять і позитивний добір: для клонування відбирають кращі саджанці, а для живцювання – кращі пагони (позитивний соматичний добір).

За традиційних конкурсних випробувань з кількох представлених клонів зберігається той, який систематично демонструє найвищі результати, решту клонів відбраковують. Такий підхід призводить до різкого зниження рівня генетичної різноманітності цього виду, тому в селекції на різноманітність необхідно залишати не один найкращий клон, а кілька клонів з різною генетичною основою, які показують високі результати в клоносуміші.

Випробування на стійкість і високу продуктивність поєднується з випробуваннями на відмінність і стабільність: у кожного клону має бути комплекс генетично обумовлених ознак, який дає можливість відрізнити його від інших подібних клонів. Такими ознаками

можуть бути: ритм розвитку пагонів, морфологічні особливості листя (в т. ч. прилистків), забарвлення однорічних пагонів тощо.

Таким чином, селекція Вербових – це тривалий і трудомісткий процес. Отримані родини й клони, що потенційно схрещуються, слід вважати цінним відселектованим матеріалом, генетичним банком, який потрібно зберігати у живому вигляді. Цей матеріал знову може бути використаний для отримання нових родин і клонів.

Усі перераховані методи, типи, форми, стадії та етапи добору мають бути пов'язані шляхом повторюваного добору, за якого в кожному поколінні з кращих особин (зокрема перевірених за потомством) добирають матеріал для клонування й попереднього сортовипробування. Паралельно в кожній родині продовжується і насінневе відновлення, зокрема робота зі створення колекції родин з використанням генетичного потенціалу організмів, що зростають в інших едафо-фітоценотичних умовах, а також генетичного потенціалу інтродуцентів і гібридів.

Насінневе і вегетативне розмноження верб і тополь, а також багаторазове пересаджування молодих рослин дає можливість створювати модельні дисперговані клонально-амфіміктичні популяції з високою частотою цінних алелів і генотипів з високим рівнем генетичної різноманітності. До складу таких популяцій входять родини вищих порядків і клони на всіх етапах клонового добору та експлуатації клоносумішей.

Висновки

Автохтонні популяції верб і тополь мають високий генетичний потенціал і можуть бути використані як початковий матеріал для селекції за широким спектром напрямів. Поліпшений селекційний матеріал є основою для створення стійких високопродуктивних насаджень. Екологічна пластичність верб і тополь дає змогу створювати багатоцільові насадження, в тому числі енергетичні плантації в найрізноманітніших ґрунтових умовах.

Селекційний процес із застосуванням комплексу прогресивних методів добору (індивідуального, родинного, групового і клонового) сприяє отриманню модельних популяцій з високою частотою цінних алелів і генотипів з високим рівнем генетичного різноманіття. За рахунок негативного багату-ступінчастого індивідуального внутрішньородинного й міжродинного добору відбувається очищення штучних популяцій від небажаних генів без істотного зменшення рівня генетичного різноманіття.

Використана література

1. Афонин А. А. Методологические принципы создания устойчивых высокопродуктивных насаждений ив (на примере автохтонных видов Брянского лесного массива) / А. А. Афонин. – Брянск : РИО Брянского гос. ун-та, 2005. – 146 с.
2. Барна М. М. Репродуктивна біологія видів і гібридів родини Вербових (*Salicaceae* Mirb.) : автореф. дис. ... доктора біол. наук : спец. 03.00.05 «Ботаніка» / Барна Микола Миколайович ; Інститут ботаніки ім. М. Г. Холодного НАН України. – К., 2002. – 40 с.
3. Гелетуша Г. Г. Энергетический потенциал биомассы в Украине / Г. Г. Гелетуша, З. А. Марценюк // Промышленная теплотехника. – 1998. – Т. 20, № 4. – С. 52–55.
4. Гібридизація та селекція верб як перспективний напрям отримання високопродуктивних клонів / О. М. Горелов, Я. Д. Фучило, Ю. М. Кругляк [та ін.] // Лісівництво і агролісомеліорація : зб. наук. пр. – Х. : УкрНДІЛГА, 2014. – Вип. 125. – С. 108–114.
5. Старова Н. В. Селекция ивовых / Н. В. Старова. – М. : Лесная промышленность, 1980. – 206 с.
6. Фучило Я. Д. Вербі України (біологія, екологія, використання) / Я. Д. Фучило, М. В. Сбитна. – К. : Логос, 2009. – 200 с.
7. Царев А. П. Селекция и репродукция лесных древесных пород / А. П. Царев, С. П. Погиба, В. В. Тренин. – М. : Логос, 2003. – 503 с.
8. El Bassam N. Handbook of Bioenergy Crops: A Complete Reference to Species, Development and Applications / N. El Bassam. – London; Washington, DC : Earthscan, 2010. – 544 p.
9. Chmelar J. Die Weiden Europas / J. Chmelar, W. Meusel. – Wittenberg-Lutherstadt : Ziemsen, 1976. – 143 s.
10. McCracken A. R. Interaction of willow (*Salix*) clones growing in mixtures / A. R. McCracken, W. M. Dawson // Tests of Agrochemicals and Cultivars. – 1998. – No. 14. – P. 54–55.
11. Willow Varietal Identification Guide / B. Caslin, J. Finnan, A. McCracken (eds) / Crops Research Centre, Carlow & Agri-Food Bioscience Institute. – Carlow, Ireland : Teagasc, 2012. – 64 p.
12. Wright J. W. Introduction to Forest Genetics / J. W. Wright. – New York, USA : Academic Press, 1976. – 463 pp.

References

1. Afonin, A. A. (2005). *Metodologicheskie printsipy sozdaniya ustoychivyykh vysokoproduktivnykh nasazhdeniy iv (na primere*

УДК 630* 238:662.63

Фучило Я. Д.¹, Афонин А. А.², Сбитная М. В.³ Селекционные основы выведения новых сортов семейства Ивовые (*Salicaceae* Mirb.) для создания энергетических плантаций // Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин. – 2016. – № 4. – С. 18–25. [http://dx.doi.org/10.21498/2518-1017.4\(33\).2016.88607](http://dx.doi.org/10.21498/2518-1017.4(33).2016.88607)

¹Институт биоэнергетических культур и сахарной свеклы НААН, ул. Клиническая, 25, г. Киев, 03141, Украина, e-mail: fuchylo_yar@ukr.net

²Брянский государственный университет имени академика И. Г. Петровского, ул. Бежицкая, 14, г. Брянск, 241036, Российская Федерация, e-mail: afonin.salix@gmail.com

³Обособленное подразделение Национального университета биоресурсов и природопользования Украины «Боярская лесная опытная станция», ул. Лесоопытная, 12, г. Боярка, Киевская обл., 08150, Украина, e-mail: boyarka_nauka@ukr.net

Цель. Разработать алгоритм создания новых высокопродуктивных сортов-клонов представителей семейства *Salicaceae* с улучшенными хозяйственно-ценными признаками для их использования при создании энергетических плантаций. **Методы.** Полевой, лабораторный, аналитический, селекционный. **Результаты.** Схема организации селекционного процесса с представителями семейства Ивовые включала следующие этапы: I этап – создание первичных семей (F_0); II этап – создание вторичных семей, или ответвлений; III этап – межсемейный (индивидуально-семейный) отбор; IV этап – семейно-групповой отбор; V этап – клоновый отбор (отбор рамет). **Выводы.** Селекционный процесс

avtokhtonnykh vidov Bryanskogo lesnogo massiva) [Methodological principles of creation of the steady highly productive plantations of willows (a study of autochthonic species of the Bryansk forest area)]. Bryansk: RIO Bryanskogo gosudarstvennogo universiteta. [in Russian]

2. Barna, M. M. (2002). *Reproduktyvna biolohiia vydiv i hibrydiv rodyny Verbovykh (Salicaceae Mirb.)* [Reproductive biology of species and hybrids of the family *Salicaceae* Mirb.] (Extended Abstract of Dr. Biol. Sci. Diss.). M. H. Kholodny Institute of Botany, NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine. [in Ukrainian]
3. Heletukha, H. H., & Martsenyuk, Z. A. (1998). *Energeticheskiy potentsial biomassy v Ukraine* [Energy potential of biomass in Ukraine]. *Promyshlennaya teplotekhnika* [Industrial Heat Engineering], 20(4), 52–55. [in Russian]
4. Gorelov, A. M., Fuchylo, Ya. D., Krugliak, Yu. M., Viriova, V. M., & Gorelov, A. A. (2014). *Hibrydyzatsiya ta selektsiya verb yak perspektyvnyi napriam otrymannia vysokoproduktyvnykh kloniv* [Willows hybridization and breeding as a promising trend of highly productive clones obtaining]. *Lisivnytstvo i agrolisomeliatsiya* [Forestry & Forest Melioration], 125, 108–114. [in Ukrainian]
5. Starova, N. V. (1980). *Selektsiya ivovykh* [Breeding of *Salicaceae*]. Moscow: Lesnaya promyshlennost. [in Russian]
6. Fuchylo, Ya. D., & Sbytna, M. V. (2009). *Verby Ukrainy (biolohiia, ekolohiia, vykorystannia)* [Willows of Ukraine (biology, ecology, use)]. Kyiv: Lohos. [in Ukrainian]
7. Tsarev, A. P., Pogiba, S. P., & Trenin, V. V. (2003). *Selektsiya i reproduktsiya lesnykh drevestnykh porod* [Breeding and reproduction of forest timber species]. Moscow: Logos. [in Russian]
8. El Bassam, N. (2012). *Handbook of Bioenergy Crops: A Complete Reference to Species, Development and Applications*. London/Washington, DC: Earthscan.
9. Chmelar, J., & Meusel, W. (1976). *Die Weiden Europas*. Wittenberg-Lutherstadt: Ziemsen.
10. McCracken, A. R., & Dawson, W. M. (1998). Interaction of willow (*Salix*) clones growing in mixtures. *Tests of Agrochemicals and Cultivars*, 19, 54–55.
11. Caslin, B., Finnan, J., & McCracken, A. (Eds.). (2012). *Willow Varietal Identification Guide*. Carlow, Ireland : Teagasc.
12. Wright, J. W. (1976). *Introduction to Forest Genetics*. New York, USA: Academic Press.

с применением комплекса прогрессивных методов отбора (индивидуального, семейного, группового и клонового) позволяет получать модельные популяции с высокой частотой ценных аллелей и генотипов и высоким уровнем генетического многообразия. За счет негативного многоступенчатого индивидуального внутрисемейного и межсемейного отбора происходит очистка искусственных популяций от нежелательных форм без существенного снижения уровня генетического многообразия.

Ключевые слова: селекционный процесс, род *Salix* L., род *Populus* L., сортовыведение, алгоритм отбора перспективных форм.

UDC 630* 238:662.63

Fuchylo, Ya. D.¹, Afonin, A. A.², & Sbytna, M. V.³ Selection bases of developing new varieties of willow family (Salicaceae Mirb.) to create energy plantations. *Sortovivčennâ ohor. prav sorti roslin* [Plant Varieties Studying and Protection], 4, 18–25. [http://dx.doi.org/10.21498/2518-1017.4\(33\).2016.88607](http://dx.doi.org/10.21498/2518-1017.4(33).2016.88607)

¹*Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine, 25 Klinichna Str., Kyiv, 03141, Ukraine, e-mail: Fuchylo_yar@ukr.net*

²*Bryansk State University nd. a. academician I. G. Petrovsky, 14 Bezhitskaya Str., Bryansk, 241036, Russian Federation, e-mail: Afonin.salix@gmail.com*

³*Separated subdivision of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine "Boyarka Forestry Research Station", 12 Lisodoslidna Str., Boyarka, Kyiv region, 08150, Ukraine, e-mail: Boyarka_nauka@ukr.net*

Purpose. To develop an algorithm of creation of new highly productive clonal varieties of Salicaceae family representatives with improved agronomic characters that can be used at energy plantations **Methods.** Field investigations, laboratory analysis, analytical approach, selection method. **Results.** Flow chart of selection process with representatives of Salicaceae family included the following stages: the Ist stage – creation of primary families (F_0); the IInd stage – creation of the second families, or branches; the IIIrd stage – interfamily (individually-familial) selection; IVth stage – familial-group selection; the Vth stage – clonal selection (selection of ramets). **Conclusions.** Breed-

ing process with the use of complex of advanced methods of selection (individual, familial, group and clonal ones) allows to get model populations with high-frequency of valuable alleles and genotypes and with the high level of genetic variety. Due to a negative multi-stage individual intrafamilial and interfamily selection, cleaning of artificial populations from undesirable forms takes place without the substantial decrease of genetic variety level.

Keywords: selection process, genus *Salix* L., genus *Populus* L., varietal plant breeding, algorithm of perspective form selection.

Надійшла 3.10.2016