

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ АГРАРНИХ НАУК УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ РОСЛИННИЦТВА ІМ. В. Я. ЮР'ЄВА

МІЩЕНКО СЕРГІЙ ВОЛОДИМИРОВИЧ

УДК 633.522: 631.527: 575

**ТЕОРЕТИЧНІ І ПРАКТИЧНІ ОСНОВИ ВИКОРИСТАННЯ
ІНБРИДИНГУ ТА ГІБРИДИЗАЦІЇ В СЕЛЕКЦІЇ КОНОПЕЛЬ**

06.01.05 – селекція і насінництво

АВТОРЕФЕРАТ
дисертації на здобуття наукового ступеня
доктора сільськогосподарських наук

Харків – 2020

Дисертацією є рукопис

Робота виконана в Інституті луб'яних культур НААН впродовж 2008–2019 рр.

Науковий консультант: доктор сільськогосподарських наук,
професор, академік НААН
Кириченко Віктор Васильович,
Інститут рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН,
керівник відділу новітніх селекційно-
насінницьких технологій та сортовивчення

Офіційні опоненти: доктор сільськогосподарських наук,
професор, академік НААН
Лавриненко Юрій Олександрович,
Інститут зрошуваного землеробства НААН,
головний науковий співробітник відділу селекції

доктор сільськогосподарських наук,
професор
Ващенко Володимир Васильович,
Дніпровський державний аграрно-економічний
університет Міністерства освіти і науки України,
завідувач кафедри селекції і насінництва

доктор сільськогосподарських наук,
старший науковий співробітник
Сергієнко Оксана Володимирівна,
Інститут овочівництва і баштанництва НААН,
завідувач відділу селекції та насінництва
овочевих і баштанних культур

Захист відбудеться « 15 » _____ грудня _____ 2020 року о 10 годині
на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 64.366.01 при Інституті
рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН за адресою: 61060, м. Харків,
пр. Московський, 142; тел.: (057) 392-23-78; e-mail: yuriev1908@gmail.com

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Інституту рослинництва
ім. В. Я. Юр'єва НААН за адресою: 61060, м. Харків, пр. Московський, 142

Автореферат розіслано « 10 » _____ листопада _____ 2020 року

Учений секретар
спеціалізованої вченої ради

Ю. Є. Огурцов

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Сучасні вимоги до норм просторової ізоляції, рівня ознаки однодомності і стабільної відсутності тетрагідроканабінолу у процесі репродукування привели до обмеження різноманіття вихідного матеріалу, який залучається для створення нових сортів. Останнім часом спостерігається тенденція, яка полягає у відмові від сортів універсального напрямку використання. Залишаючись цінною волокнистою культурою, промислові коноплі все більше використовують у насінневному, олійному, целюлозному, біоенергетичному і медичному напрямках. Особливий попит виник на медичні коноплі, тобто сорти з підвищеним вмістом несихотропних канабіноїдів – канабідіолу (КБД), канабігеролу (КБГ), канабінолу (КБН), канабіхромену тощо за одночасної відсутності чи мінімальних кількостях тетрагідроканабінолу (ТГК), вміст якого згідно чинного законодавства України не повинен перевищувати 0,08%. У зв'язку з цим виникла проблема пошуку нової методології створення вихідного селекційного матеріалу однодомних конопель як основи майбутніх сортів та розробки ефективної ідентифікації канабіноїдних сполук. Останнє пов'язано з тим, що існуючі методики оцінки даних речовин у селекційних цілях не в повній мірі є ефективними при доборах на збільшення вмісту окремої сполуки, здебільшого вони дієві при елімінації усіх компонентів канабіноїдів.

У розвиток наукової селекції і біології конопель значний внесок зробили вітчизняні вчені М. М. Гришко, Г. Й. Аринштейн, Є. С. Гуржій, Г. І. Сенченко, Г. А. Хреннікова, Р. І. Каплунова, О. Г. Жатов, М. Д. Мигаль, В. Г. Вировець, Л. М. Горшкова, І. І. Щербань, М. М. Орлов, В. П. Ситник, І. М. Лайко, Г. І. Кириченко та ін., однак у зв'язку з вищезазначеними новими вимогами науки і виробництва актуальним є обґрунтування теоретичних основ і практичного використання інбридингу та гібридизації в селекції сучасних сортів конопель. Самозапилення дозволяє диференціювати популяцію однодомних конопель на ряд гомозиготних ліній, які є основою для створення гібридів з ефектом гетерозису і в подальшому – сортів. Залучення самозапилених ліній у схрещуваннях сприяє формотворенню унікальних генотипів, дозволяє прискорювати селекційний процес.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дослідження за темою дисертаційної роботи проведені в Інституті луб'яних культур НААН впродовж 2008–2019 рр. згідно пріоритетних завдань: ПНД НААН «Луб'яні культури» – 19.01/015 «Розробити та удосконалити методи створення генетично стабільних ліній конопель для селекції за ознакою відсутності наркотичних властивостей, високих показників однодомності, вмісту волокна і насінневої продуктивності» (2006–2010 рр., номер державної реєстрації 0106U008789), 19.00.01.04.Ф «Встановити особливості генетичного контролю ознак відсутності канабіноїдних сполук та стабільності однодомності з метою створення гетерозисних гібридів конопель» (2011–2015 рр., 0111U004052), 19.00.01.07.П «Розробити методи збільшення генетичного потенціалу ознаки насінневої продуктивності сортів однодомних конопель з

відсутністю наркотично активного тетрагідроканабінолу» (2011–2013 рр., 0111U004055), 20.00.01.03.Ф «Розробити теоретичні основи створення безнаркотичних конопель медичного напрямку використання з підвищеним вмістом канабідіолу на основі встановлення генетичних і фізіологічних механізмів його формування (синтезу)» (2016–2020 рр., 0116U000372), 20.00.01.06.Ф «Встановити генотипову мінливість ознак жирнокислотного складу олії в насінні ненаркотичних конопель з метою його поліпшення» (2016–2020 рр., 0116U000374), 20.00.02.10.ПШ «Розробити спосіб розмноження *Cannabis sativa* L. і *Linum usitatissimum* L. з насіння з низькою схожістю та життєздатністю в умовах *in vitro*» (2019 р., 0119U100897); ПНД НААН «Генетичні ресурси рослин» – 09.01.01.17.Ф «Розробити методологію формування та ведення генетичного банку льону та конопель, розширити їх генетичне різноманіття для ефективного використання в наукових, селекційних та навчальних програмах» (2011–2015 рр., 0111U004054), 24.01.01.11.Ф «Встановити генотипові мінливості інтродукованих зразків льону та конопель за адаптивною здатністю, сформувати та поповнити ознакові та генетичні колекції» (2016–2020 рр., 0116U004145).

Мета і завдання дослідження. *Мета дослідження* – обґрунтувати теоретичні і практичні основи використання інбридингу та гібридизації в селекції конопель, розробити та удосконалити методичні підходи до ефективної ідентифікації канабіноїдних сполук, створення самозапиленних ліній і на їх основі отримання різних типів гібридів для підвищення продуктивності, стабілізації ознак однодомності та відсутності ТГК, збільшення вмісту непсихотропних канабіноїдів, створення вихідного селекційного матеріалу і конкурентоздатних сортів однодомних конопель.

Основні завдання дослідження:

- удосконалити методи ефективної ідентифікації канабіноїдних сполук (якісної, напівкількісної і кількісної оцінки) в селекційних цілях;
- установити закономірності прояву ознак наявності та вмісту канабіноїдів і їх використання в селекції конопель, розкрити роль внутрішніх та зовнішніх факторів, які детермінують рівень вираження цих сполук;
- установити особливості накопичення канабіноїдних сполук в онтогенезі рослин конопель з підвищеним вмістом непсихотропних канабіноїдів та успадкування ознаки відсутності ТГК;
- установити кореляційно-регресійні залежності між основними канабіноїдними сполуками рослин сучасних сортів, можливості добору, самозапилення і гібридизації у напрямі зміни їх вмісту;
- виділити цінні колекційні зразки конопель за високим вмістом непсихотропних канабіноїдів і хемотипом;
- виявити особливості зміни біологічних і селекційних ознак рослин конопель від впливом інбридингу;
- створити самозапилені лінії за окремими цінними ознаками і їх комплексом;
- розробити окремі методичні прийоми створення синтетичних популяцій конопель;

- установити рівень прояву, ефект гетерозису та успадкування цінних господарських ознак у гібридів різних типів, створених із залученням самозапиленних ліній і двох еколого-географічних типів конопель;
- виявити ефекти загальної та варіанси специфічної комбінаційної здатності самозапиленних ліній і сортів конопель у системі топкросів;
- провести компаративний аналіз селекційної цінності гібридів, отриманих від конвергентних схрещувань;
- обґрунтувати методичні основи селекції промислових конопель з використанням інбридингу та гібридизації;
- створити вихідний селекційний матеріал та конкурентоздатні сорти конопель різних напрямів господарського використання, розробити рекомендації для селекційної практики і виробництва.

Об'єкт дослідження – селекційний процес створення сортів однодомних несихотропних конопель різних напрямів господарського використання з бажаними цінними господарськими ознаками і властивостями.

Предмет дослідження – теоретичні і практичні основи використання інбридингу та гібридизації в селекції конопель.

Методи дослідження: загальнонаукові – аналіз, синтез, індукція, дедукція, узагальнення, порівняння, класифікація, ранжирування; спеціальні селекційні – самозапилення, гібридизація, добір; польові – визначення статевого складу популяцій, спостереження (фенологічні, за динамікою цвітіння чоловічих і жіночих квіток, розвитком аномальних ознак), гібридологічний аналіз; біометричні – оцінка рослин за морфологічними та технологічними ознаками, насінневою продуктивністю, вмістом олії, розмірами клітин і шарів елементарних луб'яних волокон тощо; біохімічний – ідентифікація канабіноїдних сполук (експрес-аналіз, тонкошарова та газорідна хроматографія); математичної статистики – характеристика вибірки за середнім арифметичним, похибкою вибіркової середньої, коефіцієнтом варіації, встановлення кореляційно-регресійних залежностей та достовірності різниці за t-критерієм Стюдента, χ^2 -критерію К. Пірсона тощо.

Наукова новизна одержаних результатів полягає в теоретичному узагальненні та новому вирішенні важливої наукової проблеми використання інбридингу та гібридизації в селекції конопель шляхом удосконалення методичних підходів до ефективної ідентифікації канабіноїдних сполук, визначення закономірностей впливу внутрішніх й зовнішніх факторів на формування канабіноїдів в онтогенезі та взаємозв'язків між ними, комплексного використання інбридингу в селекції культури, зокрема створення самозапиленних ліній і на їх основі отримання різних типів гібридів для формотворення унікальних генотипів, підвищення продуктивності, стабілізації ознак однодомності і відсутності канабіноїдних сполук, збільшення вмісту несихотропних канабіноїдів, створення вихідного селекційного матеріалу і конкурентоздатних сортів однодомних конопель різних напрямів господарського використання.

Вперше в світі:

- встановлено досить низький рівень інбредної депресії у окремих

самозапилених ліній конопель, що є наслідком високої гомозиготності сучасних вітчизняних сортів конопель та особливостей ведення селекції, встановлено покоління від самозапилення, у якому настає інбредний мінімум за основними селекційними ознаками і, починаючи з якого самозапилені лінії доцільно включати у схрещування, доведено ефективність близькоспорідного розмноження для стабілізації ознак вмісту канабіноїдів і однодомності;

– розроблено теоретичні та методичні основи використання самозапилених ліній однодомних конопель як компонентів різних типів схрещувань, що дало досить позитивний ефект, який полягає у підвищенні продуктивності конопель за окремими ознаками і їх комплексом, формотворенні унікальних генотипів, що проявляються у фенотипах з принципово новими ознаками.

Вперше в Україні:

– встановлено закономірності прояву ознак наявності та вмісту канабіноїдних сполук у сортів та зразків з підвищеним вмістом непсихотропних канабіноїдів і відсутністю чи мінімальним вмістом ТГК;

– виявлено особливості накопичення канабіноїдних сполук в онтогенезі не за максимальним їх виразом у верхівках суцвіть, а у середньозваженому зразку вегетативних і генеративних органів, придатних для виділення канабіноїдів;

– встановлено позитивний вплив окремих фітогормонів та антиоксидантів екзогенного походження на накопичення канабіноїдних сполук, кореляційні зв'язки між ними та доведено можливість виявлення рослин з перерваним процесом біосинтезу канабіноїдів;

– у кліматичних умовах північного сходу України здійснено системний підхід до створення самозапилених ліній двох різних еколого-географічних типів конопель за багатьма селекційними ознаками.

Удосконалено методи ефективною ідентифікації канабіноїдних сполук у селекційних цілях (якісна оцінка та тонкошарова хроматографія).

Набула подальшого розвитку розробка схем селекційного процесу і прийомів гібридизації конопель.

Практичне значення одержаних результатів. Проведені експериментальні дослідження дозволили удосконалити методи ефективною ідентифікації канабіноїдних сполук, розробити «Методику визначення вмісту канабіноїдних сполук у рослинах конопель методом тонкошарової хроматографії для селекційних цілей» (2015 р.), «Спосіб оцінки рослин конопель на наявність канабіноїдних сполук» (патент на корисну модель № 107426 UA, 2016 р.), «Спосіб створення гібридного селекційного матеріалу однодомних конопель без психотропних властивостей» (№ 107427 UA, 2016 р.), «Спосіб створення синтетичних популяцій конопель» (№ 141089 UA, 2020 р.), «Спосіб розмноження рослин конопель з насіння з низькою схожістю та життєздатністю» (№ 120489 UA, 2017 р.), «Живильне середовище для культивування однодомних ненаркотичних конопель (*Cannabis sativa* L.) середньоросійського еколого-географічного типу в умовах *in vitro*» (№ 139471 UA, 2020 р.) та впровадити їх у селекційний процес. Також

запропоновано та успішно використано на практиці схеми селекції конопель із залученням самозапилених ліній (прості сортолінійні, лінійносортові і міжлінійні гібриди), схрещування у напрямках вертикальної і горизонтальної конвергенції для отримання вихідного матеріалу конопель з високими показниками біомаси рослин, волокнистості і насінневої продуктивності.

Для залучення у селекційний процес створення сортів конопель медичного напрямку використання виділено цінні колекційні зразки за високим вмістом КБД (32), КБГ (4), повною відсутністю ТГК (11 зразків) і хемотипом; для створення вихідного матеріалу і сортів універсального та спеціалізованих напрямів господарського використання отримано цінні самозапилені лінії сортів Глухівські 58, Гляна, Глесія, Миколайчик, Іоніно, Глухівські 51, Глухівські 46, Золотоніські 15, Ніка, гібриди і синтетичні популяції різних поколінь за окремими ознаками і їх комплексом; отримано зразки Глухівські 58 ЛК (№ національного каталогу UF0600693), СЛП 407 (UF0600694), СЛП 470 (UF0600695), Грація (UF0600706), Іріда (UF0600713), Аврора (UF0600717), VIK CBN (UF0600718), Деметра (UF0600720), Енергетик (UF0600729), колекції генофонду рослин в Україні (за урожайністю волокна та насіння, за вмістом олії).

Створено і запропоновано коноплесіючим господарствам конкурентоздатні сорти конопель: Глесія (з високою насінневою продуктивністю, авторське свідоцтво № 160007), Глухівські 51 (з високим вмістом волокна, № 170990), Миколайчик (з високим вмістом олії в насінні й низькорослістю, № 190608), Глухівські 85 (енергетичного напрямку використання з високим урожаєм біомаси, № 190609), Артеміда (універсального напрямку використання, але з високим вмістом олії), Гармонія (універсального напрямку використання, але з високим виходом волокна і вмістом олії, сорт знаходиться на реєстрації), Вік 2020 (медичного напрямку використання з підвищеним вмістом КБГ, сорт знаходиться на реєстрації). Сорти Глесія і Глухівські 51 займають більше половини посівних площ в Україні і проходять реєстрацію за кордоном.

Особистий внесок здобувача полягає в узагальненні наукових розробок, висвітлених у вітчизняній і зарубіжній літературі, за темою дисертації, висуненні ідей, робочих гіпотез, постановці завдань, розробці програми, плануванні й особистому проведенні польових і лабораторних досліджень, детальному аналізу, описі та узагальненні експериментальних даних, удосконаленні методів ідентифікації канабіноїдних сполук, обґрунтуванні нової концепції та методичних основ селекції конопель з використанням інбридингу і гібридизації, формулюванні висновків і рекомендацій для селекційної практики і виробництва. Результати конкурсного сортовипробування отримані спільно з Г. І. Кириченко. Частка авторства в опублікованих зі співавторами працях і патентах на корисні моделі складає 15–90%, у створених сортах – 5–30%, зареєстрованих зразках і колекціях генофонду рослин в Україні – 20–40%.

Апробація результатів дослідження. Основні положення дисертаційної роботи оприлюднені на засіданнях відділу селекції і насінництва конопель, вченої ради Інституту луб'яних культур НААН, координаційно-методичної

ради з ПНД НААН «Луб'яні культури» у 2009–2020 рр., робочих семінарах Українсько-китайського спільного дослідницького центру з луб'яних культур у 2015–2019 рр., майстер-класах і конференціях молодих вчених, проведених в Інституті луб'яних культур НААН у 2010–2018 рр. Матеріали дисертації представлені на всеукраїнських, міжнародних і закордонних наукових конференціях: «Агропромислове виробництво України – стан та перспективи розвитку» (Созонівка, 2012–2020 рр.), «Фактори експериментальної еволюції організмів» (м. Алушта, Одеса, Умань, Яремче, 2010, 2016–2018 рр.), «Молодежь и инновации – 2013» (г. Горки, Республика Беларусь, 2013 г.), «Гончарівські читання» (м. Суми, 2013 р.), «Нетрадиционные, новые и забытые виды растений: научные и практические аспекты культивирования» (г. Киев, 2013 р.), «Перспективні напрямки наукових досліджень лікарських та технічних культур» (Березоточа, 2013 р.). «Інноваційні технології і напрями наукових досліджень у льонарстві та коноплярстві» (м. Глухів, 2013 р.), «Генетика і селекція: досягнення та проблеми» (м. Умань, 2014 р.), «Роль науки у підвищенні технологічного рівня і ефективності АПК України» (м. Тернопіль, 2014, 2015 рр.), «Онтогенез – стан, проблеми та перспективи вивчення рослин в культурних та природних ценозах» (м. Херсон, 2014, 2016 рр.), «Плодові, лікарські, технічні, декоративні рослини: актуальні питання інтродукції, біології, селекції, технології культивування» (м. Київ, 2014 р.), «Ресурсосберегающие экологически безопасные технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции» (г. Саранск, Российская Федерация, 2014, 2016, 2018 гг.), «Конкурентная способность отечественных гибридов, сортов и технологии возделывания масличных культур» (г. Краснодар, Российская Федерация, 2015 г.), «Гетерозис: досягнення та проблеми» (м. Умань, 2015 р.), «Інновації у льонарстві та коноплярстві – 2015» (м. Глухів, 2016 р.), «Селекційно-генетична освіта і наука» (м. Умань, 2016–2018 рр.), «Новітні агротехнології» (м. Київ, 2016, 2017 рр.), «Biodiversity after the Chernobyl Accident» (Nitra, Slovakia, 2016), «Agrobiodiversity for Improving Nutrition, Health and Life Quality» (Nitra, Slovakia, 2016), «Актуальные вопросы биологии, селекции, технологии возделывания и переработки масличных и других технических культур» (г. Краснодар, Российская Федерация, 2017 г.).

Публікації. За темою дисертаційних досліджень опубліковано 106 наукових праць, з яких 3 розділи у колективних монографіях, 37 статей у фахових наукових виданнях України, 8 статей у наукових періодичних виданнях інших держав, 37 матеріалів конференцій, 4 авторські свідоцтва на сорти конопель, 5 патентів на корисні моделі. Також отримано 7 свідоцтв про реєстрацію зразків та 2 свідоцтва про реєстрацію колекцій генофонду рослин у Національному центрі генетичних ресурсів рослин України.

Структура та обсяг дисертації. Дисертаційна робота викладена на 525 сторінках комп'ютерного набору, у т. ч. 312 сторінок основного тексту. Містить анотацію, вступ, сім розділів, висновки, рекомендації для селекційної практики і виробництва, десять додатків, ілюстрована 110 таблицями та 112 рисунками. Список використаних джерел включає 519 найменувань, з них 145 латиницею.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

ОБҐРУНТУВАННЯ ВИКОРИСТАННЯ ІНБРИДИНГУ ТА ГІБРИДИЗАЦІЇ В СУЧАСНІЙ СЕЛЕКЦІЇ КОНОПЕЛЬ (ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ)

Аналіз наукових літературних джерел свідчить про накопичений значний теоретичний і практичний досвід селекції промислових конопель, однак останнім часом культура спеціалізується за напрямками господарського використання, тому виникає потреба у новому селекційному матеріалі та сортах для задоволення сучасних вимог виробництва. Дієвим методом створення й урізноманітнення вихідного селекційного матеріалу однодомних конопель може стати використання самозапилених ліній, які в процесі інбридингу диференціюються за рядом цінних ознак, з подальшою їх гібридизацією, у результаті чого відбувається формотворення унікальних генотипів. Проблемним є питання експериментального удосконалення методів ідентифікації канабіноїдних сполук у селекційних цілях, виявлення закономірностей прояву ознак наявності та вмісту канабіноїдів, розробки теоретичних і практичних основ використання інбридингу та гібридизації при створенні сортів без психотропних властивостей, що не стало предметом окремого наукового дослідження. Окремої уваги заслуговує започаткування нового напрямку в селекції конопель – медичного, обґрунтування методичних основ селекції конопель з підвищеним вмістом непсихотропних канабіноїдів і відсутністю (низьким вмістом) ТГК на основі встановлення факторів детермінації зміни вмісту канабіноїдів, кореляційних зв'язків між ними, успадкування тощо. З урахуванням проведеного аналізу вибрані та обґрунтовані основні напрями науково-дослідної роботи за темою дисертації.

УМОВИ, МАТЕРІАЛ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

Польові дослідження проведено на експериментальній базі Інституту луб'яних культур НААН, яка знаходиться у м. Глухів Сумської обл., розташованому у північно-східній частині України в межах найбільш низинної ділянки Українського Полісся на південній межі зони мішаних лісів. Ґрунти темно- і світло-сірі лісові, слабко опідзолені суглинки, утворені на моренній глині. Роки досліджень (2009–2019) характеризувались різноманітними погодними умовами, зокрема відхиленнями середньомісячних показників, що дозволило провести всебічну оцінку селекційного матеріалу. За комплексом абіотичних чинників середовища (температури повітря і кількості опадів) для нормального росту, розвитку рослин і формування урожайності конопель, прояву потенційних можливостей сортів сприятливими були 2011–2014, 2016 і 2017 рр.

У дослідженнях використано низку сортів конопель однодомної форми, зокрема ЮСО 14, ЮСО 31, Гляна, Глухівські 58 (Вікторія), Миколайчик, Глесія, Глухівські 51, Глухівські 46, які належать до середньоєвропейського еколого-географічного типу; Золотоніські ЮСО 11, Золотоніські 15, Ніка південного типу; сорт конопель дводомної форми Єрмаківські місцеві, який належить до північного типу; а також колекційні зразки різного генетичного і

територіального походження. У всіх досліджуваних сортів і зразків вміст ТГК був нижче дозволеної законодавством норми, яка згідно з «Переліком наркотичних засобів, психотропних речовин і прекурсорів», затвердженим постановою Кабінету Міністрів України від 06.05.2000 р. № 770 з наступними змінами, становить 0,08%.

Якісну оцінку канабіноїдних сполук (експрес-аналізи) здійснювали за методикою М. М. Сажко и др. (1985 р.), напівкількісну (тонкошарову хроматографію – ТШХ) – за методикою В. Г. Вировца и др. (1985 р.), а також проводили експериментальне удосконалення відомих методик ідентифікації канабіноїдних сполук у селекційних цілях. Кількісну оцінку вмісту канабіноїдних сполук робили наступним чином. Перед проведенням аналізу зразки висушували до постійної маси за температури 105°C у сухожаровій шафі, подрібнювали до порошкоподібного стану з використанням лабораторних каліброваних сит та ретельно перемішували. Проби відбирали у 2-х повтореннях масою 0,5 г і додавали 5 мл метанолу (співвідношення рослинний зразок : екстрагент становило 1 : 10), тривалість екстракції – 24 год, після чого екстракт фільтрували з використанням паперового фільтра. У отриманих в результаті пробопідготовки метанольних екстрактах рослинних зразків конопель визначали кількісний вміст 3-х канабіноїдних сполук – КБД, ТГК і КБГ. Досліджували методом газорідинної хроматографії (ГРХ) на хроматографі з детектуванням. Умови хроматографування: прилад – HP 6890 Series GC System, serial № US00008158; капілярна колонка – Agilent Technologies 19091J-413 (HP-5), довжина – 30 м, діаметр – 0,320 мм, фаза – 0,25 мкм, SN: USN493366H, постійний потік – 1,5 мл/хв, газ-носії – гелій; інжектор – автоінжектор 7683, Split 20 : 1, температура випарника – T = 250 °C; піч – T_{поч} = 100 °C, тримати 2 хв, нагрівання – 15 °C/хв, T_{кін} = 280°C, тримати 11 хв; детектор – полум'яно-іонізаційний; проба – 1,0 мкл. Ідентифікацію сполук здійснювали за часом утримання. Концентрацію канабіноїдів визначали методом внутрішнього стандарту, яким слугував метиловий ефір стеаринової кислоти (розчин в етилацетаті, концентрація – 0,392 % проби), на основі обробки програмою даних Chemstation співвідношення площі хроматографічних піків внутрішнього стандарту і сполук, що ідентифікуються.

Обробку рослин конопель водними розчинами фітогормонів, вітамінів та інших фізіологічно активних речовин проводили у фазу масової появи бутонів чоловічих квіток та в окремих варіантів ще й у фазу повного цвітіння за схемою: 1) контроль; 2) аскорбінова кислота (С) 80 мг/м², двократна обробка; 3) нікотинова кислота (РР) 40 мг/м², двократна обробка; 4) бурштинова кислота (БК) 40 мг/м², двократна обробка; 5) 1-нафтилоцтова кислота (НОК) 2 мг/м²; 6) індол-3-оцтова кислота (ІОК) 20 мг/м²; 7) 2,4-дихлорфеноксоцтова кислота (2,4-Д) 2 мг/м²; 8) кінетин (КІН) 1 мг/м²; 9) 6-бензиламінопурин (БАП) 4 мг/м²; 11) гіберелова кислота (ГК₃) 10 мг/м².

Гібридизацію рослин і створення синтетичних популяцій проводили в умовах вегетаційного будинку з використанням групових тканинно-плівкових ізоляторів, самозапилення рослин – з використанням індивідуальних ізоляторів з агроволокна або тканино-плівкових. Вивчення основних селекційних ознак

вихідного матеріалу проводили у розсаднику оцінки при площі живлення 30 x 5 см (розмір ділянки 1,5 x 0,6 м) у порівнянні з сортом-стандартом, батьківськими чи вихідними формами за загальноприйнятими «Методическими указаниями по селекции конопли на снижение содержания каннабиноидов» В. Г. Вировца и др. (1985 р.) та «Методическими указаниями по селекции конопли и производственной проверке законченных научно-исследовательских работ» Г. И. Сенченка и др. (1980 р.). Фенологічні спостереження проводили за шкалою ВВСН, яка, власне, і була розроблена (адаптована до культури конопель) в ході проведення досліджень (S. Mishchenko et al., 2017 р.).

Облік статевих типів проводили у фазу ВВСН 67-71. Рослини збирали у фазу ВВСН 87, висушували і обмолочували, визначали загальну довжину стебла (або висоту рослин), технічну довжину стебла (довжина від кореневої шийки до першої гілки суцвіття), довжину і форму суцвіття, діаметр стебла (на середині технічної довжини стебла), масу стебла, масу волокна, вміст волокна, масу насіння, масу 1000 насінин, ступінь пошкодження шкідниками і ураження хворобами, вміст канабіноїдів та ін.

У дослідженнях була використана відома методика досліджень анатомічних структур стебел Н. С. Воронина (1985 р.). Вміст олії в насінні визначали з використанням екстрактора Сокслета (органічний розчинник – диетиловий ефір) за масою знежиреного залишку за модифікованою методикою С. В. Рушковского (1957 р.). Конкурсне сортовипробування проводили за «Методикой государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур» (1972 р.) та «Методикою проведення експертизи сортів рослин групи технічних та кормових на придатність до поширення в Україні» (2017 р.). Гібридологічний аналіз здійснювали за методикою М. М. Тихомировой (1990 р.), коефіцієнт домінування ознак у гібридів F_1 визначали за формулою G. M. Veil, R. E. Atkins (1965 р.), домінування вважали частковим, якщо коефіцієнт менше 0,5, напівдомінуванням – дорівнює 0,5, неповним – близький до 1, але менший, повним – дорівнює 1, наддомінуванням – більше 1. Величину гіпотетичного та істинного гетерозису розраховували за практикумом З. В. Абрамовой, О. А. Карлинского (1979 р.). Комбінаційну здатність визначали за посібником П. П. Литуна, Н. В. Проскурнина (1992 р.), ефекти загальної комбінаційної здатності (ЗКЗ) і варіанси специфічної комбінаційної здатності (СКЗ) встановлювали в системі повних топкросів.

Статистичну обробку даних проводили згідно методики польового досліду Б. А. Доспехова (1973 р.) та із застосуванням ППП “ОСГЭ” (П. Литуна, А. Белкина, А. Бемянского, 1992, 1993 рр.).

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДІВ ІДЕНТИФІКАЦІЇ КАНАБІНОЇДНИХ СПОЛУК КОНОПЕЛЬ У СЕЛЕКЦІЙНИХ ЦІЛЯХ

Удосконалення якісної оцінки канабіноїдних сполук. Наявність канабіноїдних речовин – важлива біологічна ознака конопель, необхідність врахування якої постійно супроводжує процес створення сортів, зокрема і з використанням явища інбридингу та гетерозису. У зв'язку з виникненням

нового медичного напрямку в селекції конопель з'явилась потреба в удосконаленні методів ефективної ідентифікації канабіноїдних сполук у селекційних цілях, оскільки існуючі методи оцінки здебільшого дієві при зниженні вмісту усіх компонентів канабіноїдів і не в повній мірі є ефективними при доборах на збільшення вмісту окремої неспсихотропної сполуки при одночасній відсутності ТГК.

Удосконалений експрес-метод включає проведення якісної реакції зі спиртовим розчином барвника тривкого синього Б і оцінку рослин конопель на наявність канабіноїдів за зміною інтенсивності забарвлення в зоні дифузії екстракту, відмінними рисами якого є використання 5 мл 0,04% розчину барвника тривкого синього Б в етанолі, приготованого із заздалегідь зроблених наважок реактиву в лабораторії, і проведення порівняння з попередньо нанесеними екстрактами еталон-свідка із заданим вмістом канабіноїдних сполук на пластини з фільтрувального паперу.

Достовірність і точність даного способу сильно корелює ($r > 0,7$) з результатами ТШХ і ГРХ. Рослини конопель, які дали негативну кольорову реакцію на наявність канабіноїдних сполук, характеризуються їх відсутністю при напівкількісному і кількісному аналізі. Відповідно особини з меншою інтенсивністю забарвлення містять меншу кількість канабіноїдів, а з більшою – вищий вміст цих речовин.

Удосконалення напівкількісної оцінки канабіноїдних сполук. Результати ТШХ залежать від способів екстракції конопель, а чіткий розподіл канабіноїдів на хроматографічних пластинках – у значній мірі від систем органічних розчинників. Найбільш яскраві і насичені кольором плями й відповідно найбільший вміст канабіноїдів спостерігався при екстрагуванні в етанолі 1 добу та при нагріванні до початку кипіння протягом 5 хв, найменший – за умови тривалості екстракції 15 хв. Загалом для точного напівкількісного аналізу досліджуваних сполук достатньою є тривалість екстракції 30 хв – 1 год.

Найбільш повно ідентифікували канабіноїди при використанні хлороформу як екстрагента. Добрі результати одержано за умови екстрагування канабіноїдів саме неполярними розчинниками – хлороформом, н-гексаном, у меншій мірі – петролійним ефіром, і сумішшю неполярних (хлороформу) й полярних (метанолу) розчинників у співвідношенні 1 : 9 й 1 : 1. Менш яскраві плями з розмитими межами виявлені у варіанті з полярними розчинниками – метанолом і етанолом, але вони є більш зручні у використанні при проведенні масових аналізів.

Для більш повного напівкількісного визначення канабіноїдів краще використовувати прогріті рослинні зразки протягом 30 хв при 120°C, ніж непрогріті, а також прогрівання пластин з нанесеною пробою. Установлено тенденцію, що прогрівання зразка сприяло істотному підвищенню вмісту КБН і лише в окремих випадках несуттєво сприяло підвищенню вмісту КБД і ТГК.

Система розчинників «петролійний ефір (60–95°C) – диетиловий ефір» (40 : 10), яка зараз найчастіше використовується для визначення канабіноїдних сполук з метою селекційної оцінки, не в повній мірі задовольняє вимоги при селекції на збільшення неспсихотропних речовин щодо розділення канабіноїдів

в суміші, оскільки в одній плямі їх може міститися декілька, а краї плям є розмитими. Дослідження елюючої здатності 40 систем розчинників дозволило виокремити найкращі варіанти.

Системи розчинників «хлороформ – н-гексан – диетиламін» (28 : 5 : 1), «хлороформ – н-гексан – диеталамін» (28 : 10 : 1) і «хлороформ – петролійний ефір (60–95°C) – диетиламін» (28 : 5 : 1), основним компонентом яких є хлороформ, забезпечують якісний поділ канабіноїдів щонайменше на 7–10 сполук, однак для точної ідентифікації певної сполуки необхідне нанесення на хроматографічну пластину відповідних аналітичних стандартних розчинів.

Одним з найкращих варіантів для ідентифікації трьох основних канабіноїдних сполук (КБД, ТГК і КБН) з метою селекційної оцінки є використання однокомпонентної системи «бензол» (100), двокомпонентних систем «петролійний ефір (60–95°C) – хлороформ» (20–30 : 10) і «н-гексан – хлороформ» (20 : 10). У останньому випадку спостерігається розмежування плям КБГ і КБН, що важливо при селекції на збільшення вмісту непсихотропних канабіноїдів. Додавання хлороформу може цілком замінити у загальнозживаній системі диетиловий ефір, який є прекурсором. Циклогексан за елюючою здатністю також може використовуватися як основний компонент три- або двокомпонентної системи розчинників. Двокомпонентна система «циклогексан – хлороформ» (20 : 15) дає чіткий поділ основних канабіноїдів, дозволяє ідентифікувати КБГ, вона є стійкою у часі (рис. 1).

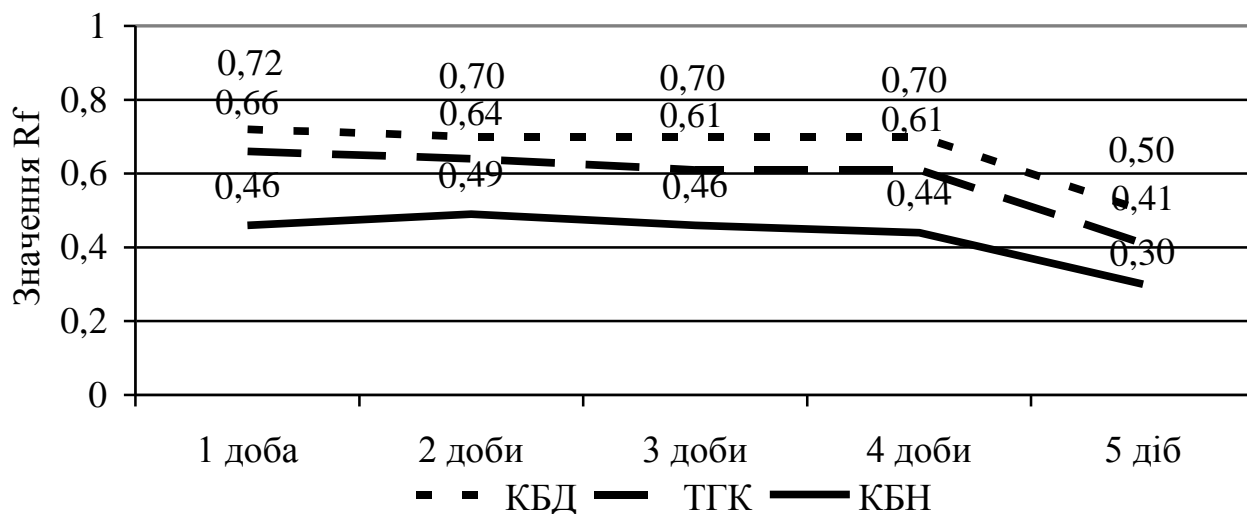


Рисунок 1 – Залежність R_f КБД, ТГК і КБН (відношення «відстань від лінії старту до центру плями : відстань від лінії старту до фронту розчинника») від тривалості зберігання системи розчинників «циклогексан – хлороформ» (20 : 15)

Удосконалені прийоми проведення ТШХ прискорюють її процес і підвищують достовірності оцінки. Згідно з ними тривалість екстракції зразка скорочено до 20 хв, прогрівання рослинних зразків конопель замінено на прогрівання пластини з нанесеною пробою (експозиція – 7,5 хв, температура – 120°C), експериментально встановлена оптимальна концентрація барвника для фарбування пластин (0,045 г барвника тривкого синього Б розчиняють у 75 мл дистильованої води), фарбування пластин замінено на занурювання пластин на

1 с у розчин барвника, при перевищенні інтенсивності і розмірів плям аналізованого зразка за відповідні параметри у еталон-свідка кратно розбавлення екстракту і повторне проведення ТШХ з відповідним перерахунком балів визначено як обов'язковий захід, встановлена чітка відповідність бальної оцінки канабіноїдів їх кількісному вмісту у сорту ЮС 9.

Особливості пробопідготовки при кількісній оцінці канабіноїдних сполук. При проведенні ГРХ у процесі пробопідготовки рослинні зразки рекомендовано не прогрівати, оскільки зі збільшенням температури вміст канабіноїдів зменшувався внаслідок випаровування (рис. 2), екстрагувати метанолом з експозицією від 30 хв і більше.

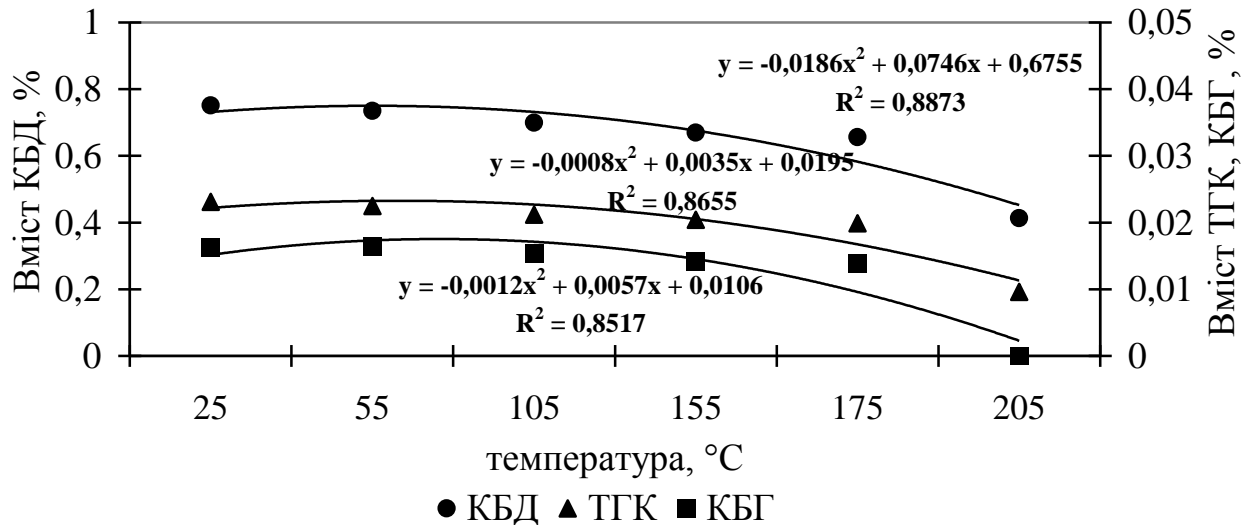


Рисунок 2 – Залежність вмісту КБД, ТГК і КБГ від температури прогрівання зразка (ГРХ)

Ефективність удосконалених методів оцінки канабіноїдних сполук. Ефективність застосування удосконалених методів визначення канабіноїдних сполук на різних етапах селекції у поєднанні з суворим індивідуальним і сімейно-груповим добором за ознаками їх наявності та вмісту доведено практикою, зокрема підтверджено низкою створених чи поліпшених сортів конопель з відсутністю канабіноїдів у 100% елітних рослин (табл. 1) та створеними зразком VIK CBN і сортом Вік 2020 з підвищеним вмістом КБГ.

ЗАКОНОМІРНОСТІ ПРОЯВУ ОЗНАК НАЯВНОСТІ ТА ВМІСТУ КАНАБІНОЇДНИХ СПОЛУК І ЇХ ВИКОРИСТАННЯ В СЕЛЕКЦІЇ КОНОПЕЛЬ

Фактори детермінації зміни вмісту канабіноїдів у конопель. Контроль за вмістом канабіноїдних речовин здійснюється протягом всього селекційного процесу, починаючи з вихідних форм для добору чи гібридизації і продовжуючи в ланках первинного насінництва та виробництва сертифікованого насіння. Їх фенотиповий прояв залежить від багатьох факторів, які можна об'єднати у дві групи – спадкові (реалізація генотипу) та чинники середовища.

Досліджені колекційні зразки конопель різного генетичного і еколого-географічного походження характеризувались мінливістю ознак ідентифікованих канабіноїдних сполук – КБД, ТГК і КБГ. Вміст КБД знаходився в межах від 0,0052 до 2,2747, ТГК – від 0,0000 (повної відсутності) до 0,0775, КБГ – від 0,0000 (повної відсутності) до 0,8892%.

Таблиця 1 – Характеристика елітних рослин селекційних сортів конопель за ознакою відсутності канабіноїдів

Сорт	Загальна вибірка, шт.	Кількість елітних рослин з відсутністю канабіноїдів по роках, %					
		2013	2014	2015	2016	2017	2018
Глесія	2710	<u>98,6</u> 99,9	<u>99,2</u> 100	<u>99,7</u> 100	<u>99,7</u> 100	<u>99,5</u> 99,8	<u>97,6</u> 100
Миколайчик	1256	<u>66,0</u> 91,3	<u>81,3</u> 95,3	<u>73,4</u> 93,4	<u>80,8</u> 97,6	<u>84,0</u> 98,7	<u>94,5</u> 100
Глухівські 51	885	<u>89,1</u> 96,1	<u>98,8</u> 100	<u>97,1</u> 98,3	<u>100</u> 100	<u>98,6</u> 100	— —
Глухівські 85	1024	<u>58,7</u> 89,8	<u>82,2</u> 97,6	<u>90,3</u> 100	<u>99,7</u> 100	<u>98,9</u> 100	— —
Артеміда	390	— —	— —	<u>100</u> 100	<u>100</u> 100	— —	<u>100</u> 100
Гармонія	301	— —	— —	<u>100</u> 100	<u>100</u> 100	— —	<u>100</u> 100

Примітка. Чисельник – кількість рослин з відсутністю КБД, ТГК і КБН; знаменник – кількість рослин з відсутністю ТГК.

За ознакою високого вмісту КБД виділено 32 зразки (40% від загальної кількості проаналізованих методом ГРХ): ВО203327, Южная брюховецкая, ЮСО 1, ЮС 12, зразок UF0600047, Однодомні 8, ВО78142, ВО5799, зразок UF0600145, зразок UF0600146, ВО2539, зразок UF0600183, ЮС 58, Мало-перевозская, Гібрид 3, Южная большеписаревская, Тогучинская 2, Краснодарская 14, Альметьевская, зразок UF0600253, Santika, Fedrina 74, Дніпровські однодомні 14, Ferimon 12, Fedora 19, Futura 77, Славянка, Lipko, Silvana, Fedora 17, Вера і зразок UF0600719. За ознакою повної відсутності ТГК виділено 11 зразків (близько 14% від загальної кількості): ЮСО 31, зразок UF0600253, Глухівські 51, Гляна, Кировская К-314, Миколайчик, Артеміда, Гармонія, Міг 2, Глухівські 85 і Деметра. За ознакою високого вмісту КБГ виділено 4 зразки (або 5% від загальної кількості): зразок UF0600253, Моздокская, Синельниківські однодомні 3 і VIK CBN. Їх рекомендовано використовувати у практичній селекції, зокрема для створення сортів медичного напрямку з підвищеним вмістом КБД і/або КБГ при відсутності ТГК.

Проаналізовані зразки віднесено до 3-х хемотипів конопель – III (52 зразки, або 65%), IV (2 зразки, або 2,5%) і V (26 зразків, або 32,5 % від загальної кількості). Установлено сильні позитивні кореляційні зв'язки між

вмістом КБД і ТГК і фактично відсутність взаємозв'язку КБГ з іншими канабіноїдними сполуками, причому у зразків хемотипу III зв'язки слабші, порівняно з хемотипом V. Дану закономірність доцільно враховувати при доборі вихідних форм для селекції.

Виявлено, що оптимальним періодом для збирання біомаси конопель медичного напрямку використання з подальшим виділенням з неї КБД та ідентифікації канабіноїдів є період від повного цвітіння до фази біологічної стиглості конопель. Динаміку накопичення біомаси в онтогенезі рослин конопель, придатної для використання як фармацевтичної сировини, а також динаміку прояву КБД, ТГК і КБН встановлено середньозваженому зразку вегетативної маси усіх живих листків і суцвіття (без стебла) певного етапу розвитку. При цьому у середині вересня після фази біологічної стиглості вона склала 615,4, 714,2 і 666,2 г/м² абсолютно сухої речовини відповідно у сортів Гляна, ЮСО 31 і Золотоніські 15 (рис. 3).

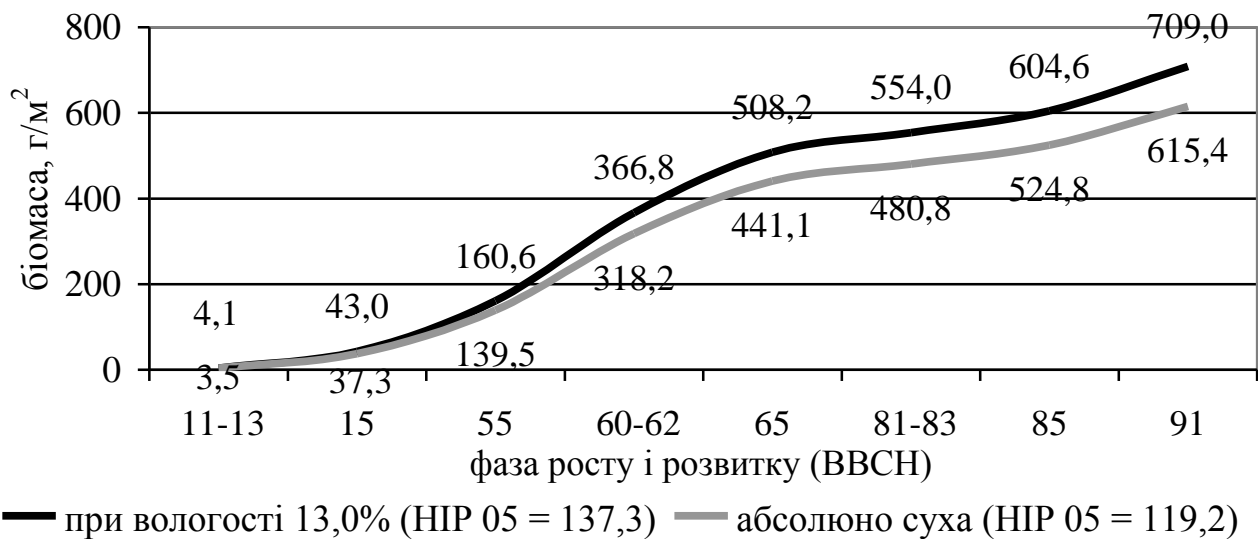


Рисунок 3 – Динаміка накопичення рослинами конопель сорту Гляна біомаси, придатної для використання як джерела КБД (середнє, 2016–2018 рр.)

Результати досліджень показали, що суцвіття конопель містило істотно більше канабіноїдних сполук, порівняно з листками (відповідно 4,25 і 2,00 балу КБД у сімей сорту Гляна), але, зважаючи на його частку в загальній біомасі рослин, і суцвіття, і листки однаковою мірою придатні для використання їх як сировини КБД, оскільки можна отримати майже однакову кількість КБД – 2,351 і 2,063 г/м² відповідно. Систематичне видалення точок росту сприяло синтезу КБД. У штучно створених умовах для вирощування культури – вегетаційному будинку – накопичення цих речовин відбувалося інтенсивніше, порівняно з польовими умовами. У рослин сорту Глухівські 58, вирощених у природних умовах, вміст КБД зріс з фази бутонізації до біологічної стиглості у 1,2 разу з 0,62 до 0,74 балу, ТГК – у 1,5 разу з 0,35 до 0,54 балу, КБН – у 1,3 разу з 0,72 до 0,96 балу, у рослин, вирощених у вегетаційному будинку, вміст КБД збільшився у 1,8 разу з 0,64 до 1,14 балу, ТГК – у 4,9 разу з 0,27 до 1,32 балу, КБН – у 2,8 разу з 0,54 до 1,50 балу.

У окремих сімей сорту Гляна, з якими проводилась селекційна робота у напрямі підвищення КБД, можна отримати близько $5,808 \text{ г/м}^2$ даної речовини (рис. 4). Отже, використання технічних (промислових) конопель у медичній (фармацевтичній) галузях є перспективною, але за умови цілеспрямованої селекційної роботи.

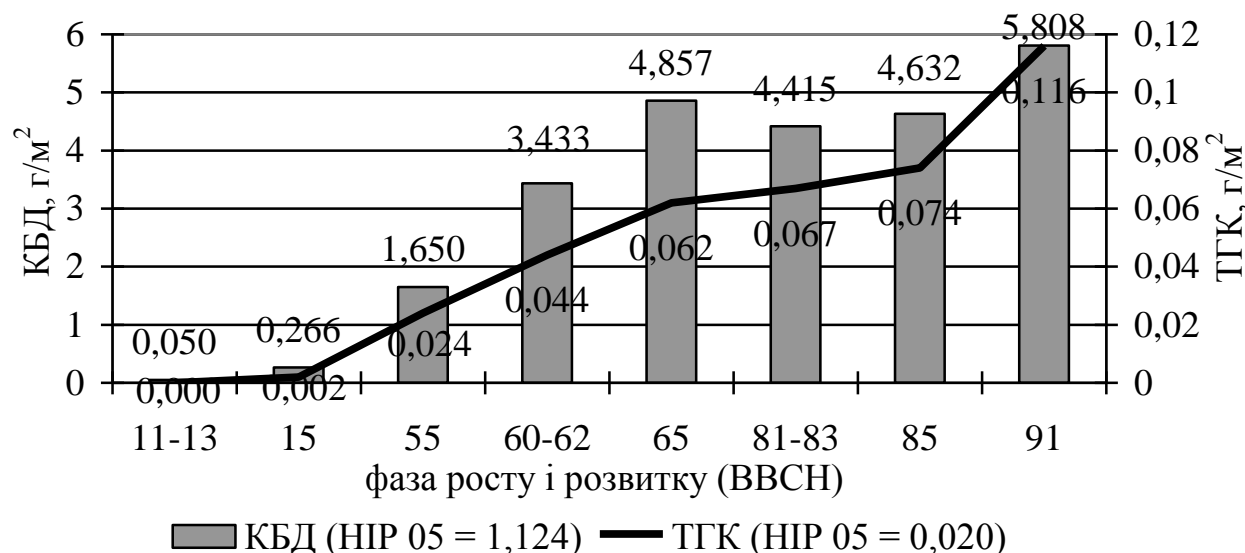


Рисунок 4 – Динаміка накопичення КБД і ТГК рослинами конопель сорту Гляна (середнє, 2016–2018 рр.)

Фітогормони НОК, ІОК, 2,4-Д, КІН, БАП, ГК₃, вітаміни С і РР екзогенного походження викликали зміну вмісту канабіноїдів. Вітамін С як антиоксидант, ауксини і гіберелін істотно зменшували вміст канабіноїдів, а нікотинова кислота та цитокініни – підвищували. У результаті трьохразового впливу РР і БАП прояв змін у потомстві зберігався, тобто проявилися епігенетичні ефекти. Перспективним напрямом для підвищення рівня непсихотропних канабіноїдів є використання обробки вегетуючих рослин цитокініном БАП, який на відміну від високих концентрацій нікотинової кислоти, значно збільшував вміст КБД (0,1323 у контролі, 0,2540% у варіанті з обробкою) і меншою мірою – ТГК (0 у контролі, 0,0035% у варіанті з обробкою). Даний прийом рекомендуємо використовувати як додатковий при вирощуванні сортів медичного напрямку використання, однак слід зауважити, що для різних генотипів конопель можлива неоднакова реакція на фітогормони та їх концентрацію, що треба встановлювати у кожному конкретному випадку.

Розщеплення самозапилених ліній конопель I₁–I₁₀ за ознаками вмісту канабіноїдів. Самозапилення є ефективним прийомом визначення стабільності популяції сорту конопель за ознаками наявності і вмісту канабіноїдних сполук і селекційним методом створення вихідного матеріалу зі стабільною ознакою їх відсутності чи наявності, що доведено на прикладі кількарічного інбридингу неспоріднених сортів Глухівські 58, Глесія, Миколайчик, Глухівські 46 і Золотоніські 15. За умови цілеспрямованого добору вихідних рослин з відсутністю КБД, ТГК і КБН в процесі самозапилення їх вміст зменшувався до повної відсутності. Стабільність (гомозиготація) ліній наступала у I₂–I₆ і

залежала від генотипу конкретного сорту (табл. 2, 3). Самозапилені лінії саме цих поколінь доцільно залучати як батьківські компоненти у схрещуваннях. Також характерною особливістю досліджуваних сучасних сортів конопель була здатність вищеплювати вже у I_1 сім'ї з повною відсутністю КБД, ТГК і КБН.

Таблиця 2 – Успадкування ознаки повної відсутності канабіноїдних сполук у рослин самозапиленних ліній сорту Глесія в результаті цілеспрямованого добору (середнє, 2011–2019 рр.)

Сполука	Кількість рослин (%) з відсутністю канабіноїдної сполуки у поколіннях								
	I_0	I_1	I_2	I_3	I_4	I_5	I_6	I_7	I_8
КБД	100	97,4	96,2	98,0	100	100	100	100	100
ТГК	100	99,7	100	100	100	100	100	100	100
КБН	100	99,7	100	99,0	100	100	100	100	100

Таблиця 3 – Успадкування ознаки повної відсутності канабіноїдних сполук у рослин самозапиленних ліній сорту Золотоніські 15 в результаті цілеспрямованого добору (середнє, 2009–2018 рр.)

Сполука	Кількість рослин (%) з відсутністю канабіноїдної сполуки у поколіннях										
	I_0	I_1	I_2	I_3	I_4	I_5	I_6	I_7	I_8	I_9	I_{10}
КБД	83,6	81,1	81,2	96,7	96,7	92,5	100	100	100	100	100
ТГК	93,9	93,6	93,8	98,3	100	98,3	100	100	100	100	100
КБН	91,1	93,6	93,1	98,3	100	98,3	100	100	100	100	100

Кореляція між ознаками вмісту основних канабіноїдних сполук у самозапиленних ліній сучасних сортів конопель. Між ознаками вмісту канабіноїдних сполук встановлено сильні позитивні кореляційні зв'язки, що спрощує добір на зниження вмісту усіх компонентів канабіноїдів і значно ускладнює селекцію у напрямі підвищення КБД і одночасного зниження вмісту ТГК. КБН найменше пов'язаний з рештою досліджуваних компонентів канабіноїдів. У південного сорту Золотоніські ЮСО 11 взаємозв'язки між трьома канабіноїдами слабші, порівняно з середньоєвропейським ЮСО 14.

У I_1 – I_3 Глухівські 58 та I_1 – I_3 Золотоніські 15 виявлено сильний позитивний кореляційний зв'язок між ознаками вмісту КБД і ТГК (r від 0,72 до 0,79 і від 0,71 до 0,90 відповідно), сильний або середній позитивний зв'язок між ознаками вмісту КБД і КБН (0,68–0,80 і 0,67–0,82) і сильний позитивний зв'язок між ТГК і КБН (0,71–0,83 і 0,80–0,85). У той же час у порівнянні з вихідними формами (I_0) даний зв'язок був дещо слабшим, коефіцієнти, як правило, зменшувалися до I_3 , і, що важливо для селекції конопель медичного напрямку використання, в результаті самозапилення різко підвищувався розмах варіації граничних значень коефіцієнтів кореляції, особливо в I_1 , що й дозволяє використовувати близькоспоріднене розмноження в селекції на елімінацію ТГК або підвищення вмісту непсихотропних канабіноїдів (рис. 5).



Рисунок 5 – Середні та граничні значення коефіцієнтів парної кореляції між ознаками вмісту канабіноїдів у вихідних форм та самоzapиленних ліній сортів Глухівські 58 та Золотоніські 15 (2009–2012 рр., значення істотні на рівні значущості 0,05)

Успадкування ознаки вмісту канабіноїдів реципрокними гібридами конопель. Установлено, що у селекційному плані простіше і швидше проводити добір у гібридів F_1 типу відсутність / відсутність, відсутність / мінімум і відсутність / максимум, тобто за материнську форму добирати матеріал з нульовими показниками канабіноїдних сполук. У таких гібридів не лише менший вміст даних речовин, а й у F_2 не з'являються рослини з їх високим вмістом. У гібриду F_1 відсутність / мінімум встановили негативне неповне домінування ознаки високого вмісту КБД ($h_p = -0,82$), негативне часткове домінування, близьке до негативного напівдомінування, ознаки високого вмісту ТГК ($-0,45$) і негативне неповне, також близьке до негативного напівдомінування, ознаки високого вмісту КБН ($-0,52$). У реципрокного гібриду F_1 мінімум / відсутність встановлено факт наддомінування ознак високого вмісту КБД, ТГК і КБН, коефіцієнти h_p відповідно становили 1,75, 5,14 і 2,82.

ОСОБЛИВОСТІ ЗМІНИ БІОЛОГІЧНИХ І СЕЛЕКЦІЙНИХ ОЗНАК РОСЛИН КОНОПЕЛЬ ПІД ВПЛИВОМ ІНБРИДИНГУ

Прояв ознак при близькоспорідненому розмноженні та його використання в селекції конопель. У результаті самоzapилення одностомних конопель спостерігалася генетична стабілізація ознак, диференціація інбредних

ліній за окремими і комплексом ознак, формування унікальних генотипів із характеристиками, які не були властиві вихідним формам, та явище інбредної депресії, що полягало у зниженні загальної довжини і діаметру стебла, маси стебла і волокна, вмісту волокна, маси насіння з рослини, розмірів листків (площі фотосинтезуючої поверхні) тощо.

У I₁₁ Глухівські 58, порівняно з вихідною формою, майже вдвічі зменшилася маса стебла і волокна (-46,6 і -54,6% відповідно), на 75,0% – маса насіння з рослини (рис. 6). У I₁₁ Золотоніські 15 приблизно на третину зменшилася маса стебла і волокна (-31,0 і -36,1%), а також удвічі – маса насіння (-50,3%) (рис. 7). Загалом для різних селекційних ознак характерний неоднаковий ступінь інбредної депресії, у свою чергу різні сорти специфічно реагують на близькоспоріднене розмноження (самозапилені лінії сорту Глухівські 58 мали вищий рівень депресії, ніж сорту Золотоніські 15).

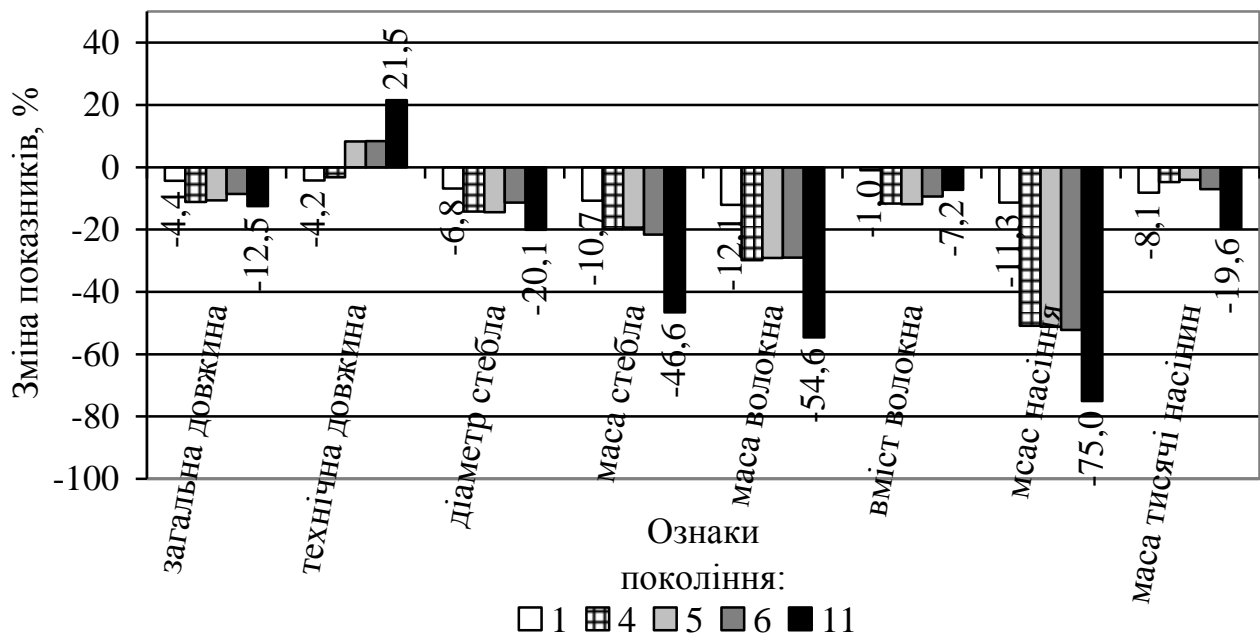


Рисунок 6 – Динаміка зміни показників основних селекційних ознак сорту конопель Глухівські 58 в процесі близькоспорідненого розмноження (2009, 2015, 2016 та 2019 рр.)

Аналіз перших поколінь від самозапилення довів можливість виявлення ліній з низьким проявом інбредної депресії чи майже її відсутністю, що дає змогу створювати цінні самозапилені лінії як компоненти схрещувань. Їх добір краще починати з I₁ й проводити до I₄, у схрещування доцільно залучати з I₄–I₆, коли здебільшого настає інбредний мінімум.

Інбредна депресія репродуктивних органів конопель і зміна статевої структури в результаті самозапилення. Репродуктивна інбредна депресія у в онтогенезі проявлялася у зниженні енергії проростання і схожості насіння, розвитку різного роду аномалій генеративних органів – жіночої та чоловічої стерильності, появі рослин з інтерсексуальними квітками та безстатевих форм, зміні статевої структури популяції, зниженні кількості сформованого насіння у різних поколінь вихідних для самозапилення форм тощо.

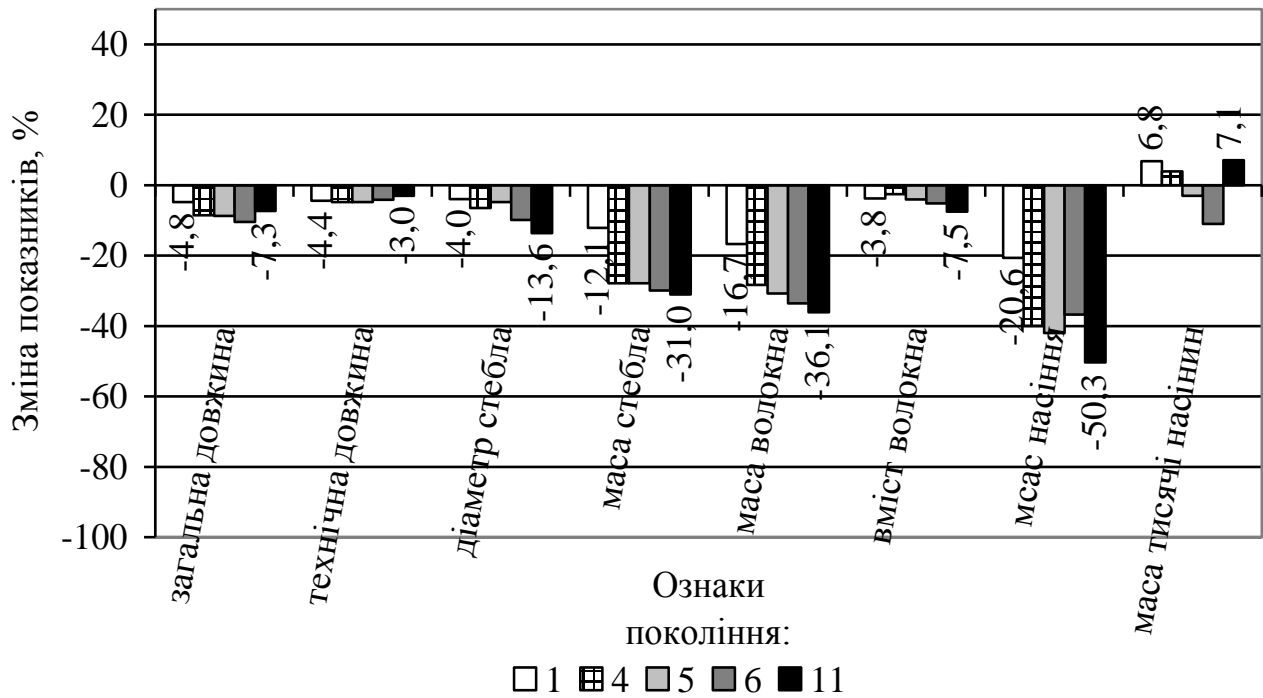


Рисунок 7 – Динаміка зміни показників основних селекційних ознак сорту конопель Золотоніські 15 в процесі близькоспорідненого розмноження (2009, 2015, 2016 та 2019 рр.)

Самозапилення є важливим методом стабілізації ознаки однодомності, воно дозволяє елімінувати у генофонді популяції плоскінь однодомних конопель (ПОК) – прямий дестабілізатор однодомності, кількарязове перезапилення з яким може розмити межу між однодомною і дводомною формою конопель, та непродуктивні статеві типи, принаймі, вже до четвертого покоління. Сумарна кількість найважливіших статевих типів – однодомної фемінізованої матірки (ОФМ) і справжніх однодомних фемінізованих рослин (СОФР) – становила у самозапилених ліній ранніх поколінь більше 90%. Серед самозапилених ліній переважної більшості досліджуваних сортів вже у I_1 виявлені такі, що не містять ПОК і представлені виключно ОФМ, їх рекомендовано добирати для подальшого включення в селекційний процес.

У самозапилених ліній більш ранніх поколінь (I_1 – I_5) успадкування ознак статі зміщувалося у бік жіночої. З I_6 – I_8 спостерігалась різка зміна статевої структури, успадкування ознак статі зміщувалося у бік чоловічої – зростала кількість однодомної фемінізованої плосконі (ОФП), що є еволюційно сформованою адаптацією до збалансування генетичних факторів обох статей в межах популяції однодомної форми конопель. У I_{11} Глухівські 58 виявлено 40,4 ОФМ, 40,4 СОФР і 19,2% ОФП, у I_{11} Золотоніські 15 – 48,2 ОФМ, 41,0 СОФР і 10,8% ОФП.

Для розмноження цінних генотипів самозапилених ліній, які зазнали суттєвого впливу репродуктивної депресії, рекомендовано застосовувати «Спосіб розмноження рослин конопель з насіння з низькою схожістю та життєздатністю» в умовах *in vitro* (за умови підвищення в живильному

середовищі концентрації вітамінів, додавання аскорбінової кислоти, 0,4 мг/л ГК₃ і 4 мг/л БК, змінної температури культивування та ін.).

Вищеплення рослин конопель з аномальними ознаками внаслідок самозапилення. У результаті інбридингу у самозапиленних ліній конопель проявилися змінені аномальні ознаки, які були як спадковими (мутації), так і не спадковими (морфози, модифікації та фенкопії). Спектр прояву змінених ознак нараховував 20 форм, із середньою частотою прояву від 0,00 до 0,24%. Лише невелика частина із них становила практичне значення, решта мала теоретичний інтерес. У процесі самозапилення кількість рослин зі зміненими ознаками зменшувався, а повністю вони елімінувалися у I₄–I₅.

Уперше у самозапиленних ліній сорту Глухівські 58 виявлено нову спадкову (мутантну) форму пізньостиглих карликових рослин, не пов'язану з плейотропною дією гена чоловічої стерильності, та описано її біологічні особливості. Дана ознака карликовості контролюється рецесивним геном та геном-супресором, які взаємодіють за типом рецесивного епістазу, однак ця генетична схема успадкування є формальною, оскільки біохімічний механізм прояву карликовості у конопель не відомий. Ознака може бути використана для збагачення колекції генетичних ресурсів конопель та створення низькорослих (карликових) насінневих сортів.

Потенційні можливості створення самозапиленних ліній конопель за окремими цінними господарськими ознаками та їх комплексом. Доведено можливість створення цінних самозапиленних ліній за окремими селекційними ознаками та їх комплексом, зокрема з високими показниками (мінімальним ступенем інбредної депресії) загальної і технічної довжини стебла, діаметру стебла, маси стебла і волокна, вмісту волокна, маси насіння з рослини, вмісту олії, ромбоподібною формою суцвіття, зі стійкістю до шкідників і хвороб, з однорідним статевим складом, зближеними строками початку цвітіння чоловічих і жіночих квіток тощо.

Інбредні лінії конопель як компоненти синтетичних популяцій. Самозапилені лінії однодомних конопель успішно використані як компоненти синтетичних популяцій у двох напрямках: 1) об'єднання в єдину синтетичну популяцію однорідних самозапиленних ліній одного і того ж сорту з метою стабілізації (вирівнювання) на цій основі певних селекційних ознак; 2) об'єднання в синтетичну популяцію інбредних ліній (які характеризуються низькою здатністю до самозапилення) різних сортів і їх вільне переапилення з метою створення селекційного матеріалу, який завдяки високому ступеню гетерозиготності зберігатиме високу продуктивність у низці послідовних генерацій (принаймі до sup-3) при стабільній однодомності і відсутності канабіноїдів.

Як компонент різних синтетичних популяцій одна і та ж самозапиленна лінія у потомстві могла проявляти різний рівень продуктивності. Найвищу селекційну цінність за ознаками загальної (у середньому 279,1 см) і технічної довжини стебла (192,5 см), діаметру стебла (10,44 мм), маси тисячі насінини (19,2 г) мали самозапилені лінії сорту Глухівські 58, маси стебла (23,39 г) і волокна (8,60 г) – самозапилені лінії сорту Ніка, вмісту волокна (33,7%) і

переважанням ОФМ (96,2%) – самозапилени лінії сорту Золотоніські 15, маси насіння з рослини (14,57 г) – самозапилени лінії сорту Глесія. Найвищий рівень мінливості ознак властивий інбредним лініям сортів Іоніно, Миколайчик і Глухівські 51, що свідчить про різний характер їх комбінаційної здатності у складі синтетичних популяцій та про можливість цілеспрямованого селекційного добору компонентів синтетиків.

У практичній селекції рекомендовано використовувати «Спосіб створення синтетичних популяцій конопель», згідно з яким визначено оптимальну кількість складових (компонентів) синтетичних популяцій, покоління самозапилених ліній та критерії їх добору, особливості розмноження з використанням штучної ізоляції в умовах вегетаційного будинку тощо.

РІВЕНЬ ПРОЯВУ ТА УСПАДКУВАННЯ СЕЛЕКЦІЙНИХ ОЗНАК У ГІБРИДІВ КОНОПЕЛЬ, СТВОРЕНИХ НА ОСНОВІ САМОЗАПИЛЕНИХ ЛІНІЙ

Компаративний аналіз селекційної цінності сортолінійних, лінійносортових і міжлінійних гібридів конопель F_1 – F_3 різних еколого-географічних типів. Доведено можливість створення гібридів конопель на основі самозапилених ліній з високою продуктивністю (наявністю гетерозисного ефекту) при одночасній відсутності канабіноїдів і стабільній ознаці одностомності для урізноманітнення вихідного матеріалу, розширення його генетичної основи та прискорення селекційного процесу. Основні селекційні ознаки успадковувалися у різних варіантів гібридів від негативного наддомінування до позитивного наддомінування, причому наддомінування превалювало у всіх випадках. У гібридів I_3 – I_4 Глесія / I_3 – I_6 Глухівські 58 та Золотоніські 15 / I_3 – I_4 Глесія за жодною досліджуваною ознакою від'ємного коефіцієнта не було. Найбільше від'ємних коефіцієнтів встановлено для гібридів Глесія / I_5 – I_6 Глухівські 58 і Глухівські 58 / I_3 – I_4 Глесія (табл.4).

За загальною довжиною негативне наддомінування наявне в одного варіанту ($h_p = -3,51$), часткове і неповне домінування – у трьох варіантів (h_p від 0,26 до 0,60), наддомінування – у восьми варіантів (h_p від 1,61 до 17,90). За технічною довжиною у чотирьох варіантів гібридів спостерігається часткове домінування (h_p від 0,12 до 0,39) і наддомінування (h_p від 1,22 до 10,50). Діаметр стебла успадковувався за типом негативного наддомінування ($h_p = -3,95$), негативного неповного домінування ($h_p = -0,55$), часткового домінування ($h_p = 0,30$) і неповного ($h_p = 0,54$) і, нарешті, наддомінування – у восьми гібридів (h_p від 1,37 до 32,03).

Коефіцієнт домінування ознаки високої маси стебла становив $-1,36$ у гібриду Глесія / I_5 – I_6 Глухівські 58, $h_p = -0,36$ у гібриду Глухівські 58 / I_3 – I_4 Глесія, напівдомінування було у варіанта Глесія / I_5 – I_6 Золотоніські 15, $h_p = 0,70$ у I_5 – I_6 Золотоніські 15 / Глесія, у решти гібридів h_p становив від 1,64 до 9,98. Коефіцієнт домінування ознаки високої маси волокна становив $-0,30$ і $-0,28$ у першому поколінні гібридів Глесія / I_5 – I_6 Глухівські 58 і Глухівські 58 / I_3 – I_4 Глесія, $h_p = 0,71$ і $h_p = 0,82$ у I_5 – I_6 Золотоніські 15 / Глесія і I_3 – I_4 Глесія / Глухівські 58 відповідно, у решти варіантів виражене наддомінування – h_p від

2,55 (Золотоніські 15 / I₃–I₄ Глесія) до 9,22 (I₃–I₄ Глесія / I₃–I₆ Глухівські 58). Негативне наддомінування ознаки високого вмісту волокна встановлено у гібридів I₅–I₆ Глухівські 58 / Глесія та I₃–I₄ Глесія / I₃–I₆ Золотоніські 15 (hp становив 2,63 і –2,04 відповідно), часткове – у I₃–I₄ Глесія / Золотоніські 15 (hp = 0,34), наддомінування – у решти дев'яти варіантів (hp від 1,18 до 16,85 у I₃–I₆ Золотоніські 15 / I₃–I₄ Глесія).

Таблиця 4 – Коефіцієнти домінування (hp) селекційних ознак у сортолінійних, лінійносортових і міжлінійних гібридів F₁ (2013–2015 рр.)

Гібриди	Ознаки							
	загальна довжина, см	технічна довжина, см	діаметр стебла, мм	маса стебла, г	маса волокна, г	вміст волокна, %	маса насіння, г	маса 1000 насінин, г
Глесія / I ₅ –I ₆ Глухівські 58	–3,51	0,38	–3,95	–1,36	–0,30	2,90	–0,64	–6,00
I ₅ –I ₆ Глухівські 58 / Глесія	2,36	0,12	32,03	5,75	5,94	–2,63	–0,64	0,94
Глухівські 58 / I ₃ –I ₄ Глесія	0,60	1,53	–0,55	–0,36	–0,28	1,20	–0,73	–0,67
I ₃ –I ₄ Глесія / Глухівські 58	1,61	10,50	0,54	1,64	0,82	1,42	–0,38	–2,18
I ₃ –I ₆ Глухівські 58 / I ₃ –I ₄ Глесія	2,57	9,74	7,77	2,45	7,71	1,18	–0,35	2,22
I ₃ –I ₄ Глесія / I ₃ –I ₆ Глухівські 58	9,67	4,76	7,51	3,42	9,22	1,56	2,14	4,39
Глесія / I ₅ –I ₆ Золотоніські 15	1,98	1,60	0,30	0,50	0,71	3,16	0,12	–1,26
I ₅ –I ₆ Золотоніські 15 / Глесія	0,26	1,22	1,37	0,70	4,18	4,34	–1,06	3,25
Золотоніські 15 / I ₃ –I ₄ Глесія	12,52	3,30	4,12	2,00	2,55	2,50	3,60	4,54
I ₃ –I ₄ Глесія / Золотоніські 15	17,90	2,94	2,98	9,98	4,47	0,34	4,36	–1,75
I ₃ –I ₆ Золотоніські 15 / I ₃ –I ₄ Глесія	3,11	0,32	3,03	2,09	2,77	16,85	2,69	–0,11
I ₃ –I ₄ Глесія / I ₃ –I ₆ Золотоніські 15	0,44	0,39	1,41	2,33	5,15	–2,04	2,50	1,43

Ознака маси насіння могла успадковуватися за типом негативного наддомінування, негативного неповного, негативного часткового домінування і наддомінування, ознака маси 1000 насінин – за типом негативного наддомінування, негативного неповного, негативного часткового, неповного домінування і наддомінування.

Гіпотетичний та істинний гетерозис у досліджуваних лінійносортових, сортолінійних і міжлінійних гібридів за ознаками загальної довжини відповідно становив до 23,7 і 17,4, технічної довжини – 27,0 і 25,8, діаметру стебла – 57,5 і 51,5, маси стебла – 140,8 і 114,9, маси волокна – 159,6 і 146,7, вмісту волокна – 15,1 і 10,5, маси насіння – 220,3 і 155,4, маси 1000 насінин – 18,9 і 17,3%.

Відмічено, що цінні господарські ознаки в межах сімей одного варіанту схрещування характеризувались мінливістю, значним розмахом варіації, тому при створенні вихідного селекційного матеріалу потомство декількох гібридних рослин доцільно аналізувати окремо та проводити поліпшуючий індивідуальний або індивідуально-сімейний добір. Від ступеня індивідуальної мінливості кількісних ознак конкретної сім'ї гібриду і врахування її

статистичних особливостей залежить результативність селекційних доборів, зокрема встановлено, що міжлінійний гібрид I₃ Глесія / I₃–I₅ Золотоніські 15 менш продуктивний, але краще піддавався індивідуальному добору в гібридних поколіннях, гібрид I₃–I₅ Золотоніські 15 / I₃ Глесія більш продуктивний, однак менше піддавався добору, незначним чином знижуючи показники основних селекційних ознак волокнистості, і характеризується від'ємним ексцесом, що свідчить про розщеплення кількісних ознак.

У F₂ зберігалася висока продуктивність рослин, у F₃ рівень вираження селекційних ознак дещо нижчий, але за умови цілеспрямованого поліпшуючого добору високу продуктивність цінних господарських ознак можна закріпити і стабілізувати і зберегти у низці послідовних генерацій, прикладом чого слугують сорти Артеміда, Гармонія і декілька цінних зразків.

Аналіз вмісту олії в міжлінійних, сортолінійних і лінійносортових гібридів F₁ показав, що дана ознака коливалася в межах від 32,0 (I₃–I₄ Глесія / Глухівські 58) до 40,3% (Глесія / I₅–I₆ Золотоніські 15). Високий вміст олії отримали в реципрокних гібридів Глесія / I₅–I₆ Золотоніські 15 та I₅–I₆ Золотоніські 15 / Глесія (у середньому за два роки відповідно 39,90 і 38,60%). У F₂ відбулось розщеплення за досліджуваною ознакою, вміст олії був нижчий, порівняно з відповідними варіантами F₁, зокрема у лінійних гібридів даний показник ідентифіковано на рівні 31,50–34,95%, а у виділених перспективних варіантах – 38,70 і 38,10%. У F₃ дана ознака стабілізувалась і гібриди деяких варіантів схрещування мали вищий вміст олії, порівняно з F₁. Найбільшу цінність мали гібриди F₃ Глесія / I₅–I₆ Золотоніські 15 (42,8%) і I₅–I₆ Золотоніські 15 / Глесія (42,4%) (табл. 5).

Таким чином, створення цінного вихідного селекційного матеріалу за однією чи комплексом ознак і різних напрямів використання (волокнистого, біоенергетичного, насінневого, олійного тощо) можливе з використанням трьох типів простих гібридів: сортолінійних, лінійносортових і міжлінійних в межах одного еколого-географічного типу або різних. Серед схрещувань в межах середньоевропейського еколого-географічного типу найбільшу цінність мають міжлінійні гібриди, а в межах середньоевропейського і південного – сортолінійні і лінійносортові. Зважаючи на встановлені особливості успадкування вмісту канабіноїдів та статі, при гібридизації віддалених генотипів доцільно використовувати сорт середньоевропейського еколого-географічного типу, а самозапилену лінію – південного типу.

Явища гетерозису за вмістом канабіноїдів у досліджуваних гібридів не встановлено. Кількість рослин у потомстві створених сортолінійних, лінійносортових та міжлінійних гібридів F₁ з відсутністю КБД становила 93,3–100,0, з відсутністю ТГК – 98,8–100,0 і з відсутністю КБН – 95,0–100,0%, що вказує на дуже високу однорідність отриманого гібридного матеріалу. Окремих особин зі слідовими кількостями канабіноїдних сполук легко елімінувати селекційним шляхом при подальших доборах в гібридних популяціях, що підтверджено відсутністю психотропних речовин у гібридів F₂ і F₃.

Таблиця 5 – Вміст олії у насінні сортолінійних, лінійносортових і міжлінійних гібридів конопель

Гібрид	Вміст олії у насінні гібридів, %						
	F ₁			F ₂			F ₃
	2014 р.	2015 р.	середнє	2014 р.	2015 р.	середнє	2016 р.
Глесія / I ₅ –I ₆ Глухівські 58	36,0	37,1	36,55	–	–	–	36,1
I ₅ –I ₆ Глухівські 58 / Глесія	32,8	33,3	33,05	–	–	–	34,5
Глухівські 58 / I ₃ –I ₄ Глесія	34,0	35,6	34,80	–	–	–	35,5
I ₃ –I ₄ Глесія / Глухівські 58	32,0	33,3	32,65	–	–	–	33,6
I ₃ –I ₆ Глухівські 58 / I ₃ –I ₄ Глесія	32,2	33,5	32,85	31,7	32,6	32,15	35,1
I ₃ –I ₄ Глесія / I ₃ –I ₆ Глухівські 58	36,0	36,8	36,40	33,0	32,8	32,90	36,3
Глесія / I ₅ –I ₆ Золотоніські 15	39,5	40,3	39,90	39,2	38,2	38,70	42,8
I ₅ –I ₆ Золотоніські 15 / Глесія	39,0	38,2	38,60	38,6	37,6	38,10	42,4
Золотоніські 15 / I ₃ –I ₄ Глесія	36,0	36,9	36,45	–	–	–	34,6
I ₃ –I ₄ Глесія / Золотоніські 15	37,0	37,9	37,45	–	–	–	37,0
I ₃ –I ₆ Золотоніські 15 / I ₃ –I ₄ Глесія	33,5	35,3	34,40	31,0	32,0	31,50	34,7
I ₃ –I ₄ Глесія / I ₃ –I ₆ Золотоніські 15	35,5	36,7	36,10	34,0	35,9	34,95	35,2
НІР ₀₅	2,2	1,9	2,06				2,7

Примітка. Вміст олії в насінні сорту-стандарту Гляна – 33,60%.

У сортолінійних, лінійносортових і міжлінійних гібридів F₁–F₃, отриманих в результаті схрещування ОФМ із однорідних за статевим складом самозапилених ліній чи селекційних сімей, ознаки статі зміщувалися у бік жіночої. Селекційна цінність різних типів гібридів конопель з точки зору збільшення кількості ОФМ у співвідношенні статевих типів зростала у послідовності: сортолінійні (72,6), лінійносортові (78,4), міжлінійні (86,6%). Статева структура була кращою у гібридів, створених шляхом оптимального добору форм для схрещування віддалених середньоевропейського і південного еколого-географічних типів (83,0 порівняно з 75,3%). Окремі сім'ї гібридів склалися виключно з ОФМ.

Компаративний аналіз селекційної цінності лінійносортових, міжсортових і складних гібридів конопель різних еколого-географічних типів. Порівняльний аналіз лінійносортових і міжсортових гібридів, споріднених за батьківської формою (сортом Глухівські 51), показав, що перші мають вищу селекційну цінність за основними господарськими ознаками. Доведено можливість і ефективність комбінаційної селекції у одностомних форм конопель. Дослідження самозапилених ліній і сортів конопель за параметрами комбінаційної здатності показало значну їх диференціацію за ефектами ЗКЗ і варіансами СКЗ (табл. 6, 7).

Порівнявши варіанси ЗКЗ і варіанси СКЗ, виявили, що адитивні ефекти генів переважали за ознаками технічної довжини, маси стебла і вмісту волокна

(це свідчить про доцільність проведення доборів за фенотипом), а неадитивні – за масою насіння з рослини і тисячі насінин (це свідчить про необхідність доборів за генотипом). Неадитивні ефекти генів здебільшого виявлені у міжсортних схрещуваннях, у свою чергу адитивні ефекти у значній мірі властиві гібридним комбінаціям з участю I₆ Золотоніської 15 (табл. 8.).

Таблиця 6 – Оцінка ефектів ЗКЗ (g) материнських компонентів лінійносортових і міжсортних гібридів за основними селекційними ознаками (2015–2016 рр.)

Сорт, лінія	Ознаки							
	Загальна довжина, см	Технічна довжина, см	Діаметр стебла, мм	Маса стебла, г	Маса волокна, г	Вміст волокна, %	Маса насіння, г	Маса 1000 насінин, г
I ₆ Глухівські 58 Л1	-43,51*	-19,94*	-3,13*	-14,16*	-4,29*	-1,47*	-8,07*	0,85*
I ₆ Глухівські 58 Л2	-51,51*	-19,74*	-2,74*	-14,10*	-4,28*	-1,76*	-8,60*	0,60*
I ₄ Глесія Л1	21,39*	21,75*	0,14	-2,18	-0,99*	-1,26*	-2,53*	1,65*
I ₄ Глесія Л2	-0,86	-8,54*	-0,07	-3,64*	-1,36*	-1,15*	-0,60	3,85*
I ₆ Золотоніські 15 Л1	28,19*	18,25*	4,13*	20,84*	6,98*	2,36*	10,72*	-1,10*
I ₆ Золотоніські 15 Л2	33,99*	19,45*	4,54*	26,23*	8,45*	2,11*	8,31*	-0,65*
Глухівські 58 Л1	-28,26*	-11,80*	-2,27*	-11,90*	-3,10*	2,29*	-2,14*	0,15
Глухівські 58 Л2	-7,06*	-7,84*	-1,94*	-10,15*	-2,32*	3,68*	-1,27	-0,35
Глесія Л1	7,09*	-15,20*	-0,02	-0,93	0,04	1,60*	-0,29	0,15
Глесія Л2	10,09*	-9,70*	-0,15	1,41	0,49	0,48	5,07*	-1,25*
Золотоніські 15 Л1	27,14*	27,50*	0,94*	4,74*	0,19	-3,44*	0,33	-0,85*
Золотоніські 15 Л2	3,34	5,80*	0,56*	3,83*	0,19	-3,44*	-0,93	-3,05*
НІР ₀₅	8,43	4,97	0,69	3,61	1,20	0,73	1,90	0,54

Примітка. * – істотно на рівні значущості 0,05.

Також встановлено, що у селекції конопель доцільним є використання схрещувань у напрямках вертикальної і горизонтальної конвергенції, особливо для отримання вихідного матеріалу з високими показниками біомаси рослин, волокнистості і насінневої продуктивності, зокрема: 1) першого і третього поколінь простих лінійносортових гібридів різних еколого-географічних типів, споріднених з однією з батьківських форм (F₁ // F₃); 2) схрещування простих міжлінійних гібридів різних еколого-географічних типів з інбредною лінією середньоевропейського типу більш пізнього покоління від самоzapилення (міжлінійний гібрид // самоzapилена лінія); 3) реципрокні схрещування простих міжлінійних гібридів різних еколого-географічних типів з вихідним сортом самоzapиленої лінії середньоевропейського типу (міжлінійний гібрид // сорт і сорт // міжлінійний гібрид); 4) схрещування простих лінійносортових і міжсортних гібридів першого покоління, споріднених за однією з батьківських форм.

Таблиця 7 – СКЗ (варіанси σ_{i^2}) материнських компонентів лінійносортових і міжсортових гібридів конопель за основними селекційними ознаками (2015–2016 рр.)

Сорт, лінія	Ознаки							
	Загальна довжина, см	Технічна довжина, см	Діаметр стебла, мм	Маса стебла, г	Маса волокна, г	Вміст волокна %	Маса насіння, г	Маса 1000 насінин, г
I ₆ Глухівські 58 Л1	13,00	3,86	0,01	0,60	0,02	1,51	5,78	0,32
I ₆ Глухівські 58 Л2	57,03	3,86	0,02	0,70	0,02	1,12	2,55	0,04
I ₄ Глесія Л1	122,93	0,16	0,06	1,25	0,02	0,67	0,52	2,88
I ₄ Глесія Л2	115,52	0,17	0,01	0,77	0,18	0,95	4,15	0,72
I ₆ Золотоніські 15 Л1	18,48	3,33	0,18	3,86	0,46	0,23	39,60	0,04
I ₆ Золотоніські 15 Л2	122,93	3,33	0,95	12,30	1,77	1,04	10,49	2,42
Глухівські 58 Л1	112,50	3,08	0,02	0,58	0,00	2,88	125,14	0,02
Глухівські 58 Л2	95,22	1,01	0,32	0,56	0,00	1,22	4,20	2,88
Глесія Л1	11,04	22,58	0,79	0,00	0,04	0,79	6,62	1,62
Глесія Л2	39,43	68,68	0,56	0,02	0,26	1,58	21,65	0,18
Золотоніські 15 Л1	162,00	37,67	0,06	1,51	0,00	1,25	0,08	2,42
Золотоніські 15 Л2	109,52	4,87	0,27	9,16	0,72	1,06	2,25	3,38
Середнє	81,63	12,72	0,27	2,61	0,29	1,19	18,58	1,41

Таблиця 8 – Переважання адитивних (а) або неадитивних (н) ефектів генів, встановлене шляхом порівняння варіанс ЗКЗ з варіансами СКЗ (2015–2016 рр.)

Сорт, лінія	Ознаки							
	1	2	3	4	5	6	7	8
I ₆ Глухівські 58 Л1	а	а	а	а	а	а	а	а
I ₆ Глухівські 58 Л2	а	а	а	а	а	а	а	а
I ₄ Глесія Л1	а	а	н	а	а	а	а	н
I ₄ Глесія Л2	н	а	н	а	а	а	н	а
I ₆ Золотоніські 15 Л1	а	а	а	а	а	а	а	а
I ₆ Золотоніські 15 Л2	а	а	а	а	а	а	а	н
Глухівські 58 Л1	а	а	а	а	а	а	н	а
Глухівські 58 Л2	н	а	а	а	а	а	н	н
Глесія Л1	а	а	н	а	н	а	н	н
Глесія Л2	а	а	н	а	н	н	а	а
Золотоніські 15 Л1	а	а	а	а	а	а	а	н
Золотоніські 15 Л2	н	а	а	а	н	а	н	а

Примітка. 1 – загальна довжина, 2 – технічна довжина, 3 – діаметр стебла, 4 – маса стебла, 5 – маса волокна, 6 – вміст волокна, 7 – маса насіння, 8 – маса тисячі насінин.

ЕФЕКТИВНІСТЬ СЕЛЕКЦІЇ НЕПСИХОТРОПНИХ КОНОПЕЛЬ З ВИКОРИСТАННЯМ ІНБРИДИНГУ ТА ГІБРИДИЗАЦІЇ

Методичні основи використання інбридингу та гібридизації в селекції конопель У результаті теоретичного узагальнення проведених досліджень й отриманих практичних результатів обґрунтовано методичні основи та побудовано схеми селекції неспсихотропних високопродуктивних конопель на основі використання інбридингу і гібридизації (рис. 8), які включають опис моделі та послідовності створення самозапилених ліній, критерії їх добору як компонентів схрещувань, прийоми ізоляції та гібридизації рослин конопель, особливості оцінки вихідного матеріалу на різних етапах селекційного процесу, створення синтетичних популяцій тощо. Описано особливості розроблених і впроваджених «Способу створення гібридного селекційного матеріалу однодомних конопель без психотропних властивостей» і «Способу створення синтетичних популяцій конопель».

Установлено вплив гаметоцидів 1,3-дибромпропану, дибутилфталату та етефону на формування чоловічої стерильності і селекційних ознак конопель. Доведено ефективність використання на коноплях у ролі гаметоциду дибутилфталату у концентрації 2,0 або 1,0% за умови двохразової обробки у фазу п'ять пар листків і початку цвітіння. Доведено, що майже для 100,0% хімічної кастрації чоловічих квіток достатньо використовувати одноразову обробку конопель 0,3–0,6% розчином етефону (тобто зі зниженою концентрацією до 1440–2880 мг/л 2-хлоретилфосфонової кислоти) і дозою 30 мл робочого розчину на 1 м², у фазу п'ять пар листків, до бутонізації, тобто початку диференціації тканин статевих органів у меристематичних зонах.

Виділено головні переваги створення сортолінійних, лінійносортових і міжлінійних гібридів і у подальшому на їх основі сортів:

- висока продуктивність отриманого селекційного матеріалу;
- скорочення часу, який необхідний для створення сорту (прискорення селекційного процесу), завдяки однорідності і стабільності гібридної популяції за цінними господарськими ознаками, але за умов наявності у життєздатному стані насіння низки самозапилених ліній різного генетичного походження, які відповідають певним визначеним вимогам;
- отримання вже в F₁ і збереження у ряді послідовних генерацій високостабільного за ознакою однодомності і неспсихотропності потомства, чого не спостерігається при міжсортівних схрещуваннях, тобто фактично відсутність потреби у поліпшуючих доборах за цими ознаками;
- поєднання в одному організмі ознак і властивостей, притаманних самозапиленним лініям різного генетичного походження, які в результаті інбридингу диференціюються на низку унікальних генотипів, прояв у фенотипі яких не був властивий вихідним сортам.

Практичні результати використання інбридингу та гібридизації в селекції конопель. Ефективність розроблених методичних основ селекції доведено низкою створених і поліпшених конкурентоздатних сортів Артеміда, Гармонія, Глухівські 85, Миколайчик, Глесія, Глухівські 51, Вік 2020 та зразків конопель Деметра, Аврора, Грація, Іріда.

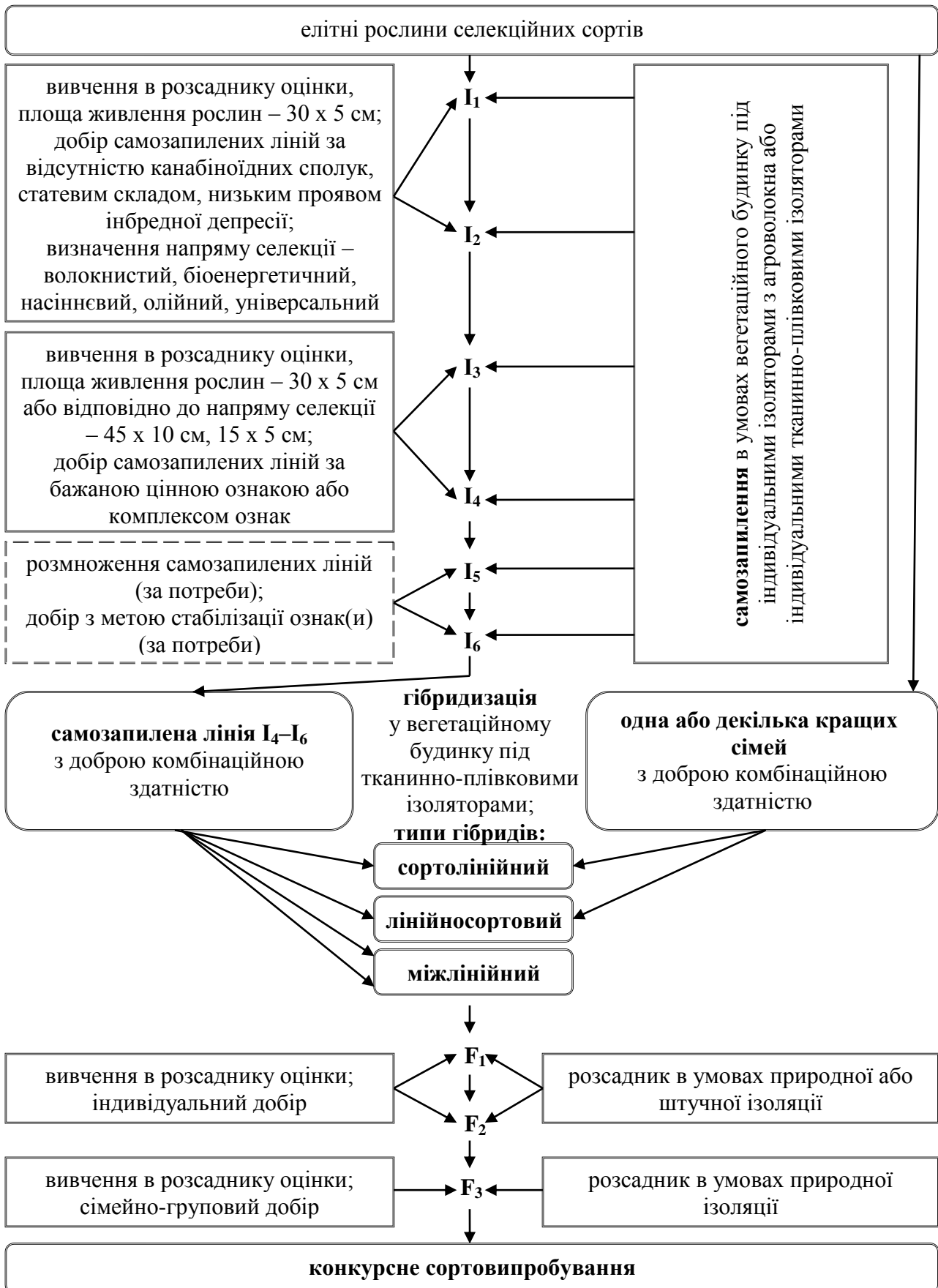


Рисунок 8 – Схема селекції конопель з використанням самозапилених ліній

Сорт Артеміда, маючи проміжне успадкування ознаки тривалості вегетаційного періоду батьківських форм, що належать до різних еколого-географічних типів, вдало поєднав рівень вираження цінних господарських ознак більш ранньостиглого сорту і більш пізньостиглого: при вирощуванні на зеленець давав істотно вищий урожай волокна – 2,56 т/га, вихід всього волокна – 30,4% і у т. ч. довгого волокна – 27,6%. При вирощуванні на волокно і насіння, істотно поступаючись за висотою рослин (до речі, це позитивно для збирання насіння зернозбиральним комбайном), мав істотно вищий урожай насіння (1,29 т/га), вміст олії (36,8%, порівняно з 32,0%) та урожай волокна.

Сорт Гармонія при вирощуванні для отримання волокна суттєво перевищував стандарт за виходом волокна (30,9%) і в т. ч. довгого волокна (27,8%), від якого безпосередньо залежить його висока якість. При вирощуванні для отримання волокна і насіння суттєво перевищував за урожаєм насіння (1,23 т/га), вмістом олії в насінні (36,5%) і виходом всього волокна (32,1 т/га), що також робить його універсального напрямку господарського використання.

Сорт Глухівські 85 – яскраво виражений сорт біоенергетичного і волокнистого напрямів господарського використання. Порівняно з сортом стандартом, він мав більш тривалий період вегетації, а саме – 104 доби до технічної стиглості та 127 діб до настання фази біологічної стиглості. Характерною рисою сорту є досягнення елітними рослинами на селекційному розсаднику висоти 4–5 м (табл. 9, 10).

Поліпшений селекційний матеріал за ознакою відсутності канабіноїдів у результаті застосування удосконалених методик ідентифікації цих сполук впроваджений у виробництво і є конкурентоздатним на ринку технічних конопель, оскільки має високу продуктивність і чітко виражену спеціалізацію використання. До нього належать сорти Глесія (урожайність насіння – 1,42, стебел – 9,19 т/га), Миколайчик (висота рослин 223,3 см, урожайність насіння – 1,29 т/га), Глухівські 51 (урожайність стебел – 9,62, волокна – 3,34, у т. ч. довгого – 2,90 т/га, вихід волокна – 34,7, у т. ч. довгого – 30,1%).

Таблиця 9 – Результати конкурсного сортовипробування конопель при вирощуванні для отримання волокна (на зеленець), середнє за 2016–2019 рр.

Сорт	Період до технічної стиглості, діб	Висота рослин, см	Урожайність стебел, т/га	Урожайність волокна, т/га		Вихід волокна, %	
				всього	у т. ч. довгого	всього	у т. ч. довгого
Гляна, ст.	86	215,7	8,64	2,39	2,24	27,5	25,1
Артеміда	94	214,7	8,40	2,56*	2,29	30,4*	27,6*
Гармонія	94	214,0	7,64	2,36	2,04	30,9*	27,8*
Глухівські 85	104	235,3*	9,41*	3,05*	2,67*	32,4*	29,3*
НІР ₀₅		3,6	0,23	0,11	0,08	0,6	0,5

Примітка. * – різниця істотна на рівні значущості 0,05 (порівняно з сортом-стандартом).

Таблиця 10 – Результати конкурсного сортовипробування конопель при вирощуванні для отримання волокна і насіння (на двобічне використання), середнє за 2016–2019 рр.

Сорт	Вегетаційний період, діб	Висота рослин, см	Урожайність насіння, т/га	Вміст олії, %	Урожайність волокна, т/га		Вихід волокна, %	
					всього	у т. ч. довгого	всього	у т. ч. довгого
Гляна, ст.	114	241,4	1,17	32,0	1,96	1,59	30,0	24,5
Артемiда	118	234,0*	1,29*	36,8	2,01	1,65*	31,8*	26,4*
Гармонiя	117	243,2	1,23*	36,5	1,83	1,26	32,1*	24,6
Глухівські 85	127	275,6*	1,01	31,5	3,12*	2,50*	33,0*	27,9*
НІР ₀₅		4,9	0,05		0,14	0,12	0,6	0,5

Примітка. * – різниця істотна на рівні значущості 0,05 (порівняно з сортом-стандартом).

Найбільш економічно вигідним є вирощування нових створених сортів даної сільськогосподарської культури для отримання волокна і олії. У цьому випадку додатковий прибуток можна одержати у розмірі до 28,8 (сорт – Глухівські 51, продукт первинної переробки – довге волокно) і до 26,2 тис. грн./га (сорт – Артемiда, продукт первинної переробки – олія). Сорти Артемiда, Гармонiя і трохи в меншій мірі Миколайчик доцільно культивувати з метою отримання волокна і насіння (за умови технології збирання, яка передбачає зрізування і обмолот суцвіть зернозбиральним комбайном і збирання решток стебел для отримання короткого волокна), а також для отримання олії. Сорти Глухівські 85 і Глухівські 51 можна рекомендувати для вирощування на зеленець, оскільки вони дадуть найбільший прибуток від продажу волокнистої продукції. Сорт Глесiя доцільно вирощувати для отримання короткого (однотипного) волокна (10,3 тис. грн./га), а у разі вирощування у розрідженому посіві – для отримання волокна і насіння (12,2 тис. грн./га) і лише насіння (11,2 тис. грн./га за цінами 2020 р.)

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі наведено теоретичне узагальнення та нове вирішення важливої наукової проблеми використання інбридингу та гібридизації в селекції конопель шляхом удосконалення методичних підходів до ефективної ідентифікації канабіноїдних сполук, визначення закономірностей впливу внутрішніх й зовнішніх факторів на формування канабіноїдів в онтогенезі та взаємозв'язків між ними, комплексного використання інбридингу в селекції культури, зокрема створення самозапилених ліній і на їх основі отримання різних типів гібридів для формотворення унікальних генотипів, підвищення продуктивності, стабілізації ознак однодомності і відсутності канабіноїдних сполук, збільшення вмісту непсихотропних канабіноїдів, створення вихідного селекційного матеріалу і конкурентоздатних сортів

однодомних конопель різних напрямів господарського використання, що має вагоме значення для інтенсифікації селекційного процесу і розвитку галузі коноплярства загалом.

1. Удосконалено експрес-метод якісної реакції на наявність канабіноїдних сполук та прийоми проведення ТШХ в селекційних цілях, які включають підготовку рослинних зразків до досліджень, вибір виду екстрагента, мінімально необхідну тривалість екстракції, систему розчинників, концентрацію барвника і способи фарбування пластин, розробку відповідності бальної оцінки канабіноїдних сполук їх кількісному вмісту, та прискорюють процес проведення аналізів, підвищують достовірність оцінки.

2. Установлено, що при застосуванні ТШХ найбільш повно можна ідентифікувати канабіноїди при використанні хлороформу як екстрагента. Загалом добрі результати одержано за умови екстрагування канабіноїдів саме неполярними розчинниками – хлороформом, н-гексаном, у меншій мірі – петролійним ефіром, і сумішшю неполярних (хлороформу) й полярних (метанолу) розчинників у співвідношенні 1 : 9 й 1 : 1, менш яскраві плями з розмитими межами виявлені у варіанті з полярними розчинниками – метанолом і етанолом, але вони є більш зручні у використанні при проведенні масових аналізів.

3. Система розчинників «петролійний ефір (60–95°C) – диетиловий ефір» (40 : 10), яка зараз найчастіше використовується для визначення канабіноїдних сполук з селекційною метою, не в повній мірі задовольняє вимоги селекції на збільшення неспсихотропних речовин щодо розділення канабіноїдів в суміші, оскільки в одній плямі може міститися декілька компонентів, а краї плям є розмитими.

4. Найкращими варіантами для ідентифікації основних канабіноїдних сполук з селекційною метою є використання однокомпонентної системи «бензол» (100), двокомпонентних систем «петролійний ефір (60–95°C) – хлороформ» (20–30 : 10) і «н-гексан – хлороформ» (20 : 10). У останньому випадку спостерігається розмежування плям КБГ і КБН, що важливо при селекції на збільшення вмісту неспсихотропних канабіноїдів. Додавання хлороформу може цілком замінити у загальноживаній системі диетиловий ефір, який є прекурсором. Циклогексан за елюючою здатністю також може використовуватися як основний компонент три- або двокомпонентної системи розчинників, двокомпонентна система «циклогексан – хлороформ» (20 : 15) дає чіткий поділ основних канабіноїдів, дозволяє ідентифікувати КБГ, вона є стійкою у часі.

5. Ефективність застосування удосконалених методів визначення канабіноїдних сполук на різних етапах селекції у поєднанні з суворим індивідуальним і сімейно-груповим добором за ознаками наявності та вмісту даних речовин доведено практикою, зокрема підтверджено низкою створених чи поліпшених сортів конопель з відсутністю канабіноїдних сполук (до 100% елітних рослин) та створеними зразком VIK CBN і сортом Вік 2020 з підвищеним вмістом КБГ (близько 1%).

6. На формування канабіноїдних сполук конопель в онтогенезі впливають як спадкові, так і фактори середовища. Досліджені колекційні зразки конопель

різного генетичного і еколого-географічного походження характеризувались мінливістю ознак ідентифікованих канабіноїдних сполук – КБД, ТГК і КБГ, вони належали до 3-х хемотипів конопель – III (52 зразки, або 65%), IV (2 зразки, або 2,5%) і V (26 зразків, або 32,5 % від загальної кількості); вміст КБД знаходився в межах від 0,0052 до 2,2747, ТГК – від 0,0000 (повної відсутності) до 0,0775 (що не перевищує дозволеної законодавством норми), КБГ – від 0,0000 (повної відсутності) до 0,8892%; за ознакою високого вмісту КБД виділено 32 (40%), повної відсутності ТГК – 11 (близько 14%), високого вмісту КБГ – 4 зразки (або 5% від загальної кількості), їх рекомендовано використовувати у практичній селекції, зокрема для створення сортів медичного напрямку з підвищеним вмістом КБД і/або КБГ при відсутності ТГК.

7. У результаті вивчення динаміки накопичення канабіноїдних сполук та біомаси в онтогенезі рослин конопель, придатної для використання як фармацевтичної сировини, не за максимальним виразом вмісту (шляхом використання для аналізу верхівкових частин рослин, оцвітини жіночих квіток), а в середньозваженому зразку усіх живих листків і суцвіття, виявлено, що оптимальним періодом для збирання біомаси конопель медичного напрямку використання з подальшим виділенням з неї КБД та ідентифікації канабіноїдів був період від повного цвітіння до фази біологічної стиглості конопель. У окремих сімей сорту Гляна, з якими проводилась селекційна робота у напрямі підвищення КБД, можна отримати близько 5,808 г/м² даної речовини, тому використання технічних (промислових) конопель у медичній (фармацевтичній) галузях є перспективною, але за умови цілеспрямованої селекційної роботи.

8. Суцвіття конопель містили істотно більше канабіноїдних сполук, порівняно з листками, але, зважаючи на їх частку в загальній біомасі рослин, і суцвіття, і листки однаковою мірою придатні для використання їх як сировини КБД; систематичне видалення точок росту сприяло синтезу КБД; у штучно створених умовах для вирощування культури – вегетаційному будинку – накопичення цих речовин відбувається інтенсивніше, порівняно з польовими умовами.

9. Фітогормони НОК, ІОК, 2,4-Д, КІН, БАП, ГК₃, вітаміни С і РР екзогенного походження викликали зміну вмісту канабіноїдів, аскорбінова кислота як антиоксидант, ауксини і гіберелін істотно зменшували вміст канабіноїдів, а нікотинова кислота та цитокініни – підвищували, у результаті трьохразового впливу РР і БАП прояв змін у потомстві зберігався, тобто проявилися епігенетичні ефекти. Перспективним додатковим прийомом для підвищення вмісту неспсихотропних канабіноїдів є використання обробки вегетуючих рослин цитокініном БАП, який, на відміну від високих концентрацій РР, значно збільшував вміст КБД і меншою мірою – ТГК, однак не виключена сортоспецифічна реакція конопель на вплив регуляторів росту.

10. Між ознаками вмісту канабіноїдних сполук існують сильні позитивні кореляційні зв'язки, що спрощує добір на зниження вмісту усіх компонентів канабіноїдів і значно ускладнює селекцію у напрямі підвищення КБД чи інших неспсихотропних канабіноїдних сполук за умови одночасного зниження вмісту ТГК. Найменше пов'язані з рештою досліджуваних компонентів канабіноїдів

КБГ і КБН. Встановлено тенденцію, що у південного еколого-географічного типу, порівняно з середньоєвропейським, і хемотипу IV, порівняно з III, взаємозв'язки між канабіноїдними сполуками слабші.

11. Самозапилення є ефективним прийомом визначення однорідності популяції сорту конопель за ознаками наявності і вмісту канабіноїдних сполук і селекційним методом створення вихідного матеріалу зі стабільною ознакою їх відсутності чи наявності. За умови цілеспрямованого добору вихідних рослин з відсутністю КБД, ТГК і КБН в процесі самозапилення їх вміст зменшувався до повної відсутності, стабільність (гомозиготація) ліній наступала у I_2 – I_6 і залежала від генотипу конкретного сорту. Також характерною особливістю досліджуваних сучасних сортів конопель є здатність вищеплювати вже у I_1 сім'ї з повною відсутністю КБД, ТГК і КБН та більш слабкими кореляційними зв'язками між ними.

12. Генетична детермінація ознак наявності та вмісту канабіноїдів досить складна, успадковуються вони полігенно за ядерно-цитоплазматичним типом, але у селекційному плані простіше і швидше проводити добір у гібридів типу відсутність / відсутність, відсутність / мінімум і відсутність / максимум, тобто за материнську форму добирати матеріал з нульовими значеннями канабіноїдних сполук, у таких гібридів не лише менший вміст даних речовин, а й у F_2 не з'являються рослини з їх високим вмістом.

13. У результаті самозапилення однодомних конопель спостерігалася генетична стабілізація ознак, диференціація інбредних ліній за окремими і комплексом ознак, формування унікальних генотипів із характеристиками, які не були властиві вихідним формам, та явище інбредної депресії, що полягало у зниженні загальної довжини і діаметру стебла, ознак волокнистості, маси насіння з рослини, розмірів листків (площі фотосинтезуючої поверхні), репродуктивної здатності, появи рослин зі зміненими, або аномальними ознаками (їх спектр нараховував 20 форм, із середньою частотою прояву від 0,00 до 0,24%). Технічна довжина стебла та маса тисячі насінин можуть збільшуватися, але у першому випадку це відбувається одночасно із зменшенням розмірів суцвіття, що у свою чергу є причиною зменшення насінневої продуктивності, а у другому – проходить паралельно зі зменшенням маси насіння з рослини.

14. Установлено, що в I_{11} Глухівські 58, порівняно з вихідною формою, майже вдвічі зменшилася маса стебла і волокна (–46,6 і –54,6% відповідно), на 75,0% – маса насіння з рослини. У I_{11} Золотоніські 15 приблизно на третину зменшилася маса стебла і волокна (–31,0 і –36,1%), удвічі – маса насіння (–50,3%). Загалом для різних селекційних ознак характерний неоднаковий ступінь інбредної депресії, у свою чергу різні сорти специфічно реагували на близькоспоріднене розмноження, зокрема самозапилені лінії сорту Глухівські 58 мають вищий рівень депресії, ніж сорту Золотоніські 15.

15. Уперше у самозапиленних ліній сорту Глухівські 58 виявлено нову спадкову (мутантну) форму пізньостиглих карликових рослин, не пов'язану з плейотропною дією гена чоловічої стерильності. Дана ознака карликовості контролюється рецесивним геном та геном-супресором, які взаємодіють за

типом рецесивного епістазу, і може бути використана для збагачення колекції генетичних ресурсів конопель та створення низькорослих (карликових) насінневих сортів.

16. Самозапилення є важливим методом стабілізації ознаки однодомності, воно дозволяє елімінувати у генофонді популяції непродуктивні статеві типи і прямий дестабілізатор однодомності – ПОК, принаймі вже до четвертого покоління, та провести добір ліній, які складаються виключно з рослин ОФМ. У самозаплених ліній ранніх поколінь успадкування ознак статі зміщувалося у бік жіночої. З I₆–I₈ спостерігалась різка зміна статевої структури, успадкування ознак статі зміщувалося у бік чоловічої – зростала кількість ОФП, що є еволюційно сформованою адаптацією до збалансування генетичних факторів обох статей в межах генофонду популяції однодомної форми конопель.

17. Доведено можливість створення цінних самозаплених ліній за окремими селекційними ознаками та їх комплексом, зокрема з високими показниками (мінімальним ступенем інбредної депресії) загальної і технічної довжини стебла, діаметру стебла, маси стебла і волокна, вмісту волокна, маси насіння з рослини, вмісту олії, ромбоподібною формою суцвіття, зі стійкістю до шкідників і хвороб, з однорідним статевим складом, зближеними строками початку цвітіння чоловічих і жіночих квіток тощо. Їх добір краще починати з I₁ й проводити до I₄, у схрещування доцільно залучати з I₄–I₆, коли здебільшого настає інбредний мінімум.

18. Самозаплені лінії однодомних конопель успішно використані для створення синтетичних популяцій; як компонент різних синтетичних популяцій, одна і та ж самозаплена лінія у потомстві могла проявляти різний рівень продуктивності: найвищу селекційну цінність за ознаками загальної (у середньому 279,1 см) і технічної довжини стебла (192,5 см), діаметру стебла (10,44 мм), маси тисячі насінини (19,2 г) мали самозаплені лінії сорту Глухівські 58, маси стебла (23,39 г) і волокна (8,60 г) – самозаплені лінії сорту Ніка, вмісту волокна (33,7%) і переважання ОФМ (96,2%) – самозаплені лінії сорту Золотоніські 15, маси насіння з рослини (14,57 г) – самозаплені лінії сорту Глесія; найвищий рівень мінливості ознак властивий інбредним лініям сортів Іоніно, Миколайчик і Глухівські 51, що свідчить про різний характер їх комбінаційної здатності у складі синтетичних популяцій та про можливість цілеспрямованого селекційного добору компонентів синтетиків.

19. Доведено можливість створення лінійносортових, сортолінійних і міжлінійних гібридів конопель з наявністю гетерозисного ефекту при одночасній відсутності канабіноїдів і стабільній ознаці однодомності та їх переваги над міжсортними схрещуваннями для урізноманітнення вихідного матеріалу, розширення його генетичної основи та прискорення селекційного процесу. Гіпотетичний та істинний гетерозис досягав за ознаками загальної довжини 23,7 і 17,4, технічної довжини – 27,0 і 25,8, діаметру стебла – 57,5 і 51,5, маси стебла – 140,8 і 114,9, маси волокна – 159,6 і 146,7, вмісту волокна – 15,1 і 10,5, маси насіння – 220,3 і 155,4, маси 1000 насінин – 18,9 і 17,3%, основні селекційні ознаки у переважній більшості гібридів успадковувались за типом наддомінування.

20. Серед схрещувань в межах середньоєвропейського еколого-географічного типу найбільшу цінність мали міжлінійні гібриди, а в межах середньоєвропейського і південного – сортолінійні і лінійносортові. Зважаючи на встановлені особливості успадкування вмісту канабіноїдів та статі, при гібридизації віддалених генотипів доцільно використовувати сорт середньоєвропейського еколого-географічного типу, а самозапилену лінію – південного типу.

21. Явища гетерозису за вмістом канабіноїдів у досліджуваних гібридів не виявлено, кількість рослин у потомстві створених сортолінійних, лінійносортових та міжлінійних гібридів F_1 з відсутністю КБД становила 93,3–100,0, з відсутністю ТГК – 98,8–100,0 і з відсутністю КБН – 95,0–100,0%, що вказує на дуже високу однорідність отриманого гібридного матеріалу. Окремих особин зі слідовими кількостями канабіноїдних сполук легко елімінувати селекційним шляхом при подальших доборах в гібридних популяціях, що підтверджено відсутністю психотропних речовин у гібридів F_2 і F_3 .

22. У гібридів F_1 – F_3 , отриманих в результаті схрещування ОФМ із однорідних за статевим складом самозапилених ліній чи селекційних сімей, ознаки статі зміщувалися у бік жіночої, селекційна цінність різних типів гібридів конопель з точки зору збільшення кількості ОФМ у статевій структурі зростала у послідовності: сортолінійні, лінійносортові, міжлінійні. Співвідношення статевих типів було кращим у гібридів, створених шляхом оптимального добору форм для схрещування віддалених середньоєвропейського і південного еколого-географічних типів, окремі сім'ї таких гібридів можуть складатися виключно з ОФМ.

23. Доведено можливість і ефективність комбінаційної селекції у однодомних форм конопель. Дослідження самозапилених ліній і сортів конопель за параметрами комбінаційної здатності показало значну їх диференціацію за ефектами ЗКЗ і варіансами СКЗ. Для комбінаційної селекції на підвищення продуктивності доцільно використовувати саме лінійносортові схрещування середньоєвропейського і південного еколого-географічних типів. Доцільним є використання схрещувань у напрямках вертикальної і горизонтальної конвергенції, особливо для отримання вихідного матеріалу з високими показниками біомаси рослин, волокнистості і насінневої продуктивності.

24. У результаті теоретичного узагальнення проведених досліджень й отриманих практичних результатів обґрунтовано методичні основи та схеми селекції непсихотропних високопродуктивних конопель на основі використання інбридингу і гібридизації, які включають опис моделі та послідовності створення самозапилених ліній, критерії їх добору як компонентів схрещувань, прийоми ізоляції та гібридизації рослин, особливості оцінки вихідного матеріалу на різних етапах селекційного процесу, створення синтетичних популяцій тощо.

25. Ефективність розроблених методичних основ селекції конопель з використанням інбридингу і гібридизації доведено низкою створених чи поліпшених за ознакою відсутності канабіноїдів конкурентоздатних

спеціалізованих і універсальних за напрямками господарського використання сортів, а саме – Артеміда, Гармонія, Глухівські 85, Миколайчик, Глесія та Глухівські 51 з потенційною урожайністю стебел 7,64–9,62 т/га, волокна 2,36–3,34 т/га, виходом всього волокна 30,4–34,7%, виходом довгого волокна 27,6–30,1% (при вирощуванні на зеленець), висотою рослин 223,0–275,6 см, урожаєм насіння 1,01–1,42 т/га, вмістом олії 31,5–36,8%, вегетаційним періодом 115–127 діб (при вирощуванні на двобічне використання), та зразків Деметра, Аврора, Грація, Іріда.

РЕКОМЕНДАЦІЇ ДЛЯ СЕЛЕКЦІЙНОЇ ПРАКТИКИ І ВИРОБНИЦТВА

1. Селекційним науково-дослідним установам рекомендовано:

- використовувати удосконалені методи ефективної ідентифікації канабіноїдних сполук, «Методику визначення вмісту канабіноїдних сполук у рослинах конопель методом тонкошарової хроматографії для селекційних цілей» (2015 р.), «Спосіб оцінки рослин конопель на наявність канабіноїдних сполук» (патент на корисну модель № 107426 UA, 2016 р.)

- для створення сортів конопель медичного напряму використання залучати до селекційного процесу виділені цінні колекційні зразки за високим вмістом КБД (32), КБГ (4), повною відсутністю ТГК (11 зразків) і хемотипом;

- для створення вихідного матеріалу і сортів універсального та спеціалізованих напрямів господарського використання залучати до селекційного процесу отримані цінні самозапилені лінії сортів Глухівські 58, Гляна, Глесія, Миколайчик, Іоніно, Глухівські 51, Глухівські 46, Золотоніські 15, Ніка, гібриди і синтетичні популяції різних поколінь за окремими ознаками і їх комплексом, створені зразки Глухівські 58 ЛК (№ національного каталогу UF0600693), СЛП 407 (UF0600694), СЛП 470 (UF0600695), Грація (UF0600706), Іріда (UF0600713), Аврора (UF0600717), VIK CBN (UF0600718), Деметра (UF0600720), Енергетик (UF0600729), колекції генофонду рослин в Україні (за урожайністю волокна та насіння, за вмістом олії);

- використовувати «Спосіб створення гібридного селекційного матеріалу однодомних конопель без психотропних властивостей» (патент на корисну модель № 107427 UA, 2016 р.), «Спосіб створення синтетичних популяцій конопель» (№ 141089 UA, 2020 р.), «Спосіб розмноження рослин конопель з насіння з низькою схожістю та життєздатністю» (№ 120489 UA, 2017 р.), «Живильне середовище для культивування однодомних ненаркотичних конопель (*Cannabis sativa* L.) середньоросійського еколого-географічного типу в умовах *in vitro*» (№ 139471 UA, 2020 р.);

- використовувати запропоновані схеми селекції із залученням самозапилених ліній (прості сортолінійні, лінійносортові і міжлінійні гібриди), добір самозапилених ліній розпочинати з I₁ й проводити до I₄, у схрещування залучати з I₄–I₆, конкурсне випробування розпочинати після F₃;

- для отримання вихідного матеріалу конопель з високими показниками біомаси рослин, волокнистості і насінневої продуктивності використовувати схрещування у напрямках вертикальної і горизонтальної

конвергенції: першого і третього поколінь простих лінійносортових гібридів різних еколого-географічних типів, споріднених з однією з батьківських форм (F_1 // F_3); схрещування простих міжлінійних гібридів різних еколого-географічних типів з інбредною лінією середньоєвропейського типу більш пізнього покоління від самоzapилення (міжлінійний гібрид // самоzapилена лінія); реципрокні схрещування простих міжлінійних гібридів різних еколого-географічних типів з вихідним сортом самоzapиленої лінії середньоєвропейського типу (міжлінійний гібрид // сорт і сорт // міжлінійний гібрид); схрещування простих лінійносортових і міжсортних гібридів першого покоління, споріднених за однією з батьківських форм;

– крім ручної, використовувати хімічну кастрацію чоловічих квіток, у ролі гаметоциду застосовувати дибутилфталат у концентрації 2,0 або 1,0% за умови двохразової обробки у фазу п'ять пар листків і початку цвітіння, а також одноразову обробку конопель 0,3–0,6% розчином етефону (тобто зі зниженою концентрацією до 1440–2880 мг/л 2-хлоретилфосфонової кислоти) і дозою 30 мл робочого розчину на 1 м², у фазу п'ять пар листків, до бутонізації, тобто початку диференціації тканин статевих органів у меристематичних зонах.

2. Коноплесіючим господарствам рекомендовано сорти конопель:

– Глесія (з високою насінневою продуктивністю, авторське свідоцтво № 160007);

– Глухівські 51 (з високим вмістом волокна, № 170990);

– Миколайчик (з високим вмістом олії в насінні, нижчою висотою стебел за сорт-стандарт, що полегшує процес збирання насінневих посівів зернозбиральним комбайном, № 190608);

– Глухівські 85 (енергетичного напрямку використання з високим урожаєм біомаси, № 190609);

– Артеміда (універсального напрямку використання, але з високим вмістом олії, інтенсивним і потужним ростом рослин на початку вегетації, сорт знаходиться на реєстрації);

– Гармонія (універсального напрямку використання, але з високим виходом волокна і вмістом олії, сорт знаходиться на реєстрації);

– Вік 2020 (медичного напрямку використання з підвищеним вмістом КБГ, сорт знаходиться на реєстрації).

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Розділи у колективних монографіях

1. Міщенко С. В. Агроекологічні та селекційні основи використання конопель як біоенергетичної культури // Розробка та вдосконалення енергетичних систем з урахуванням наявного потенціалу альтернативних джерел енергії: колективна монографія / за ред. О. О. Горба, Т. О. Чайки, І. О. Яснолоб. Полтава, 2017. С. 266–273.

2. Міщенко С. В. Агроекологічні та селекційні основи культивування конопель в умовах раціонального природокористування // Раціональне використання ресурсів в умовах екологічно стабільних територій: колективна

монографія / за ред. П. В. Писаренка, Т. О. Чайки, І. О. Яснолоб. Полтава, 2018. С. 73–80.

3. Мигаль М. Д., Міщенко С. В. Систематика, ботанічна характеристика і статевий поліморфізм конопель // Коноплярство: наукові здобутки і перспективи: монографія / за ред. І. О. Маринченка, С. Гуо. Суми, 2018. С. 14–34 (25% авторства: аналіз літературних джерел, узагальнення).

Статті у наукових фахових виданнях України

4. Міщенко С. В., Лайко І. М. Особливості накопичення канабіноїдних сполук рослинами конопель за різних умов вирощування на прикладі сучасного безнаркотичного сорту. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2010. № 3. С. 57–61 (60% авторства: планування і проведення досліджень, аналіз і узагальнення експериментальних даних, оформлення статті).

5. Орлов М. М., Лайко І. М., Міщенко С. В. Нові прийоми створення гібридного селекційного матеріалу однодомних конопель для зони південного Лісостепу й Степу України. *Вісник Центру наукового забезпечення АПВ Харківської області*. 2010. Вип. 8. С. 130–137 (30% авторства: аналіз і узагальнення експериментальних даних, формулювання висновків, оформлення статті).

6. Міщенко С. В., Лайко І. М. Успадкування ознак статі в першому поколінні самозапилених рослин середньоросійського і південного сортів однодомних конопель. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія «Агронія і біологія»*. 2011. Вип. 4 (21). С. 161–163 (50% авторства: планування і проведення досліджень, аналіз і узагальнення експериментальних даних, оформлення статті).

7. Міщенко С. В. Зміна ознак рослин конопель у потомстві самозапилених особин сортів середньоросійського і південного типів. *Селекція і насінництво*. 2011. Вип. 100. С. 120–130. DOI: 10.30835/2413-7510.2011.66536

8. Міщенко С. В., Лайко І. М., Вировець В. Г. Особливості морфологічних і технологічних ознак карликових рослин конопель сорту Глухівські 58. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2011. № 3. С. 16–19 (80% авторства: планування і проведення досліджень, аналіз і узагальнення експериментальних даних, оформлення статті).

9. Міщенко С. В., Лайко І. М. Визначення рівня стабільності ознаки відсутності канабіноїдів у конопель шляхом самозаплення. *Новітні технології вирощування сільськогосподарських культур: наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2012. Вип. 14. С. 487–490 (75% авторства: планування і проведення досліджень, аналіз і узагальнення експериментальних даних, оформлення статті).

10. Міщенко С. В. Зміна насінневої продуктивності конопель під впливом самозаплення. *Новітні технології вирощування сільськогосподарських культур: наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2012. Вип. 15. С. 258–260.

11. Міщенко С. В. Особливості цвітіння однодомної фемінізованої матірки самозапилених ліній конопель. *Селекція і насінництво*. 2012. Вип. 101. С. 173–182. DOI: 10.30835/2413-7510.2012.59752
12. Міщенко С. В. Кореляційні зв'язки між основними канабіноїдними сполуками рослин сучасних безнаркотичних сортів конопель. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2012. № 2. С. 65–69. DOI: 10.31210/visnyk2012.02.14
13. Міщенко С. В., Лайко І. М. Зменшення площі фотосинтезуючої поверхні листків конопель різних еколого-географічних типів в результаті самозапилення. *Вісник Центру наукового забезпечення АПВ Харківської області*. 2012. Вип. 12. С. 143–149 (90% авторства: планування і проведення досліджень, аналіз і узагальнення експериментальних даних, оформлення статті).
14. Онупрієнко Л. Г., Лайко І. М., Міщенко С. В. Особливості анатомічної будови поперечного зрізу стебел карликових рослин конопель сорту Глухівські 58. *Луб'яні та технічні культури*. 2012. Вип. 2 (7). С. 39–45 (30% авторства: планування досліджень, аналіз і узагальнення експериментальних даних, формулювання висновків).
15. Міщенко С. В. Особливості ознаки висоти карликових рослин конопель та їх потомства. *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2013. Вип. 17, Т. II. С. 254–258.
16. Лайко І. М., Вировець В. Г., Кириченко Г. І., Міщенко С. В., Кмець І. Л. Нове в прийомах розширення генетичного потенціалу конопель енергетичного напрямку використання. *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2013. Вип. 19. С. 79–82 (20% авторства: проведення досліджень, аналіз і узагальнення експериментальних даних).
17. Міщенко С. В. Залежність прояву ознак статі у самозапилених ліній конопель від статевої структури вихідних форм. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія «Агрономія і біологія»*. 2013. Вип. 3 (25). С. 206–208.
18. Міщенко С. В. Виявлення самозапилених ліній конопель зі стійкістю до шкідників і хвороб. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія «Агрономія і біологія»*. 2013. Вип. 11 (26). С. 173–176.
19. Міщенко С. В. Залежність схожості насіння самозапилених ліній конопель від покоління і тривалості зберігання. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2013. № 2. С. 36–39. DOI: 10.31210/visnyk2013.02.08
20. Міщенко С. В. Особливості розщеплення за висотою у потомстві самозапилених рослин конопель (на прикладі сорту Золотоніські 15). *Агробіологія*. 2013. № 11 (104). С. 171–174.
21. Міщенко С. В. Успадкування ознак статі у самозапилених ліній однодомних конопель та її еволюційні аспекти. *Селекція і насінництво*. 2013. Вип. 103. С. 143–152. DOI: 10.30835/2413-7510.2013.54084
22. Міщенко С. В., Лайко І. М. Зміна ознак волокнистості конопель під впливом самозапилення. *Селекція і насінництво*. 2013. Вип. 104. С. 86–91. DOI:

10.30835/2413-7510.2013.42025 (90% авторства: планування і проведення досліджень, аналіз і узагальнення експериментальних даних, оформлення статті).

23. Міщенко С. В. Прояв репродуктивної депресії у самозапилених ліній *Cannabis sativa* L. в онтогенезі. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія «Агрономія і біологія»*. 2014. Вип. 3 (27). С. 205–208.

24. Міщенко С. В. Особливості онтогенетичного прояву ознак статі у карликових рослин *Cannabis sativa* L. *Таврійський науковий вісник*. 2014. Вип. 88. С. 128–133.

25. Міщенко С. В. Зміна морфологічних ознак конопель під впливом самозапилення. *Луб'яні та технічні культури*. 2014. Вип. 3 (8). С. 48–54.

26. Міщенко С. В. Систематика і філогенез конопель як наукова проблема. *Луб'яні та технічні культури*. 2015. Вип. 4 (9). С. 40–48.

27. Лайко І. М., Міщенко С. В., Орлов М. М., Маринченко І. О., Шкурдода С. В., Пасічник В. В. Перспективи переорієнтації селекції конопель для створення сортів медичного напрямку використання. *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2015. Вип. 23. С. 107–111 (30% авторства: проведення досліджень, аналіз експериментальних даних).

28. Міщенко С. В. Генетичний контроль ознаки карликовості у лінії конопель (*Cannabis sativa* L.) сорту Глухівські 58. *Селекція і насінництво*. 2015. Вип. 107. С. 122–129. DOI: 10.30835/2413-7510.2015.54045

29. Міщенко С. В. Особливості успадкування ознак статі у сортолінійних, лінійносортових та міжлінійних гібридів однодомних конопель. *Селекція і насінництво*. 2015. Вип. 108. С. 122–130. DOI: 10.30835/2413-7510.2015.57382

30. Міщенко С. В. Рівень прояву та успадкування селекційних ознак у сортолінійних, лінійносортових і міжлінійних гібридів F₁ різних еколого-географічних типів. *Селекція і насінництво*. 2016. Вип. 109. С. 101–110. DOI: 10.30835/2413-7510.2016.74205

31. Міщенко С. В. Вміст канабіноїдів у сортолінійних, лінійносортових і міжлінійних гібридів конопель F₁–F₃ та методичні аспекти їх створення. *Вісник Центру наукового забезпечення АПВ Харківської області*. 2016. Вип. 21. С. 186–194.

32. Міщенко С. В. Генетичні детермінанти появи плосконі у статевій структурі популяції однодомних конопель та основні шляхи її подолання. *Луб'яні та технічні культури*. 2017. Вип. 5 (10). С. 76–90.

33. Міщенко С. В., Лайко І. М. Вплив гаметоцидів на формування чоловічої стерильності та селекційних ознак однодомних конопель. *Селекція і насінництво*. 2017. Вип. 111. С. 88–97. DOI: 10.30835/2413-7510.2017.104890 (80% авторства: планування і проведення досліджень, аналіз і узагальнення експериментальних даних, оформлення статті)

34. Міщенко С. В., Кмець І. Л. Мінливість анатомічної будови волокнистих структур на поперечному зрізі стебла різних зразків конопель. *Селекція і насінництво*. 2017. Вип. 112. С. 82–93. DOI:

10.30835/2413-7510.2017.120425 (75% авторства: планування і проведення досліджень, аналіз і узагальнення експериментальних даних, оформлення статті).

35. Міщенко С. В. Епігенетично детермінована зміна статі у одностатевих гібридів конопель під впливом фотоперіоду. *Селекція і насінництво*. 2018. Вип. 113. С. 102–110. DOI: 10.30835/2413-7510.2018.134364

36. Міщенко С. В. Ефективність розмноження *Cannabis sativa* L. з насіння з низькою схожістю та життєздатністю в умовах *in vitro*. *Таврійський науковий вісник*. 2018. Вип. 100. Т. 2. С. 3–8.

37. Міщенко С. В., Лайко І. М. Накопичення канабідіолу в онтогенезі рослин технічних (промислових) конопель. *Plant Varieties Studying and Protection*. 2018. Т. 14, № 4. С. 390–399. DOI: 10.21498/2518-1017.14.4.2018.151902 (90% авторства: планування і проведення досліджень, аналіз і узагальнення експериментальних даних, оформлення статті).

38. Міщенко С. В., Лайко І. М. Можливості використання самозапилених ліній для створення синтетичних популяцій конопель. *Луб'яні та технічні культури*. 2018. Вип. 6 (11). С. 38–46 (90% авторства: планування і проведення досліджень, аналіз і узагальнення експериментальних даних, оформлення статті).

39. Кириченко Г. І., Лайко І. М., Міщенко С. В. Аналіз колекційних зразків *Cannabis sativa* L. за вмістом канабіноїдних сполук і хемотипом. *Генетичні ресурси рослин*. 2019. № 25. С. 115–128. DOI: 10.36814/pgr.2019.25.09 (30% авторства: визначення вмісту канабіноїдів, аналіз і узагальнення експериментальних даних, оформлення статті).

40. Міщенко С. В. Вплив аскорбінової кислоти екзогенного походження на *Cannabis sativa* L. в умовах *in vitro* та *in vivo*. *Вісник Центру наукового забезпечення АПВ Харківської області*. 2019. Вип. 26. С. 67–74.

Статті у наукових періодичних виданнях інших держав

41. Лайко І. М., Мищенко С. В. Методические аспекты повышения семенной продуктивности конопли посевной на основе фенотипических признаков соцветий. *Вестник Алтайского государственного аграрного университета*. 2013. № 7 (105). С. 51–55 (40% авторства: проведення досліджень, аналіз і узагальнення експериментальних даних).

42. Лайко І. М., Вировец В. Г., Мищенко С. В., Верещагин І. В. Обоснование создания самоопыленных линий ненаркотической конопли для селекции на повышение масличности. *Масличные культуры. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур*. 2014. Вып. 1 (157–158). С. 27–31 (30% авторства: планування і проведення досліджень, аналіз і узагальнення експериментальних даних, оформлення статті).

43. Мищенко С. В. Особенности наследования масличности семян у гибридов ненаркотической конопли. *Масличные культуры. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур*. 2014. Вып. 2 (159–160). С. 70–75.

44. Мищенко С. В., Лайко И. М. Изменчивость количественных признаков линейных гибридов конопли F₁–F₃ среднерусского и южного эколого-географических типов. *Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии*. 2016. № 2 (34). С. 30–36. DOI: 10.18286/1816-4501-2016-2-30-36 (90% авторства: планування і проведення досліджень, аналіз і узагальнення експериментальних даних, оформлення статті).

45. Лайко И. М., Кириченко А. И., Мищенко С. В. Зависимость содержания масла от генотипа и количественных признаков семян конопли. *Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии*. 2017. № 1 (37). С. 38–43. DOI: 10.18286/1816-4501-2017-1-38-43 (30% авторства: аналіз і узагальнення експериментальних даних).

46. Mishchenko S., Mokher J., Laiko I., Burbulis N., Kyrychenko H., Dudukova S. Phenological growth stages of hemp (*Cannabis sativa* L.): codification and description according to the BBCH scale. *Žemės ūkio mokslai*. 2017. T. 24. Nr. 2. P. 31–36. DOI: 10.6001/zemesukiomokslai.v24i2.3496 (60% авторства: проведення спостережень, аналіз і узагальнення літературних даних, розробка концепції, оформлення статті).

47. Mishchenko S. Comparative characteristics of line-variety and intervarietal hemp (*Cannabis sativa* L.) hybrids by productivity. *Agrobiodiversity for Improving Nutrition, Health and Life Quality*. 2017. No 1. P. 324–327. DOI: 10.15414/agrobiodiversity.2017.2585-8246.324-327

48. Mishchenko S. Change of cells and layers sizes of hemp (*Cannabis sativa* L.) bast fibers in the synthetic breeding process. *Agrobiodiversity for Improving Nutrition, Health and Life Quality*. 2019. No 3. P. 255–264. DOI: 10.15414/agrobiodiversity.2019.2585-8246.255-264

Статті у наукових виданнях

49. Міщенко С. В. Еволюційний розвиток статі *Cannabis sativa* L.: гермафродитизм – однодомність – дводомність. *Фактори експериментальної еволюції організмів*. 2010. Т. 8. С. 401–406.

50. Кириченко Г. І., Вировець В. Г., Лайко І. М., Міщенко С. В. Кращі зразки колекції генетичних ресурсів конопель як перспективний вихідний матеріал для селекції. *Посібник українського хлібороба*. 2015. Т. 1. С. 198–201 (20% авторства: узагальнення експериментальних даних, оформлення статті).

51. Міщенко С. В., Кмець І. Л., Лайко І. М. Зміна анатомічної будови лубу *Cannabis sativa* L. під впливом інбридингу. *ScienceRise*. 2015. № 11/6 (16). С. 47–50. DOI: 10.15587/2313-8416.2015.54810 (75% авторства: планування і проведення досліджень, аналіз і узагальнення експериментальних даних, оформлення статті).

52. Мигаль М. Д., Лайко І. М., Міщенко С. В. Взаємозв'язок між кількісними і якісними ознаками волокна конопель. *Луб'яні та технічні культури*. 2015. Вип. 4 (9). С. 14–39 (25% авторства: узагальнення експериментальних даних, оформлення статті).

53. Laiko I. M., Vyrovets V. H., Kyrychenko H. I., Mishchenko S. V., Kmets I. L. Contemporary fibre level in non-narcotic varieties of hemp (*Cannabis sativa* L.). *Селекція і насінництво*. 2015. Вип. 107. С. 68–75. DOI: 10.30835/2413-7510.2015.54033 (20% авторства: узагальнення даних, оформлення статті).

54. Mishchenko S. Breeding methods of increasing of *Cannabis sativa* L. biomass as a precondition of it's utilization for the rehabilitation territories contaminated with radionuclides. *Biodiversity after the Chernobyl Accident: the scientific proceedings of the International network AgroBioNet*. Nitra, 2016. Part I. P. 177–180.

55. Mishchenko S. Oil content in the seeds of variety×line, line×variety and interline hemp (*Cannabis sativa* L.) hybrids. *Agrobiodiversity for improving nutrition, health and life quality: the scientific proceedings of the international network AgroBioNet*. Nitra, 2016. P. 325–329.

56. Міщенко С. В., Лайко І. М., Вировець В. Г., Кириченко Г. І., Кмець І. Л., Лайко Г. М. Вчення академіка М. М. Гришка про статевий поліморфізм конопель у світлі сучасної теорії генетичного контролю статі та досягнутого рівня однодомності. *Фактори експериментальної еволюції організмів*. 2016. Т. 18. С. 18–23 (60% авторства: аналіз літературних джерел, проведення досліджень, узагальнення експериментальних даних, оформлення статті).

57. Міщенко С. В. Ефекти загальної та варіанси специфічної комбінаційної здатності самозапилених ліній і сортів конопель у системі топкросів. *Фактори експериментальної еволюції організмів*. 2017. Т. 21. С. 62–67.

58. Мигаль М. Д., Кмець І. Л., Міщенко С. В. Особливості функціонування секреторних структур конопель, пов'язаних з виділенням канабіноїдів. *Луб'яні та технічні культури*. 2017. Вип. 5 (10). С. 91–101 (25% авторства: узагальнення експериментальних даних, оформлення статті).

59. Вировець В. Г., Лайко І. М., Кириченко Г. І., Верещагін І. В., Міщенко С. В., Бірюкова Т. С., Супрун О. Г., Лютенко В. С. Збільшення вмісту олії як невідкладне завдання селекції конопель. *Фактори експериментальної еволюції організмів*. 2018. Т. 23. С. 40–45 (15% авторства: участь у проведенні досліджень, узагальнення експериментальних даних).

60. Кириченко Г. І., Лайко І. М., Вировець В. Г., Міщенко С. В. Результати конкурсного сортовипробування нових сортів конопель. *Луб'яні та технічні культури*. 2018. Вип. 6 (11). С. 14–20 (15% авторства: участь у проведенні досліджень, узагальнення експериментальних даних).

Матеріали наукових конференцій

61. Лайко І. М., Міщенко С. В., Кириченко Г. І., Онупрієнко Л. Г. Перспективи селекції на підвищення біомаси рослин конопель. *Нові наукові дослідження в селекції, технології вирощування та переробки технічних культур: наук.-практ. конф. молодих вчених, 8–10 грудн. 2010 р.* Суми, 2011. С. 3–8 (30% авторства: аналіз і узагальнення експериментальних даних, оформлення статті).

62. Міщенко С. В. Зменшення площі фотосинтезуючої поверхні листків конопель в результаті самозапилення та його зв'язок з продуктивністю. *Вісник Степу: VIII всеукр. наук.-практ. конф. молодих вчених і спеціалістів «Агропромислове виробництво України – стан та перспективи розвитку»*, 31 травн. – 01 червн. 2012 р. Кіровоград, 2012. Ювілейн. вип., Ч. 2. С. 107–113.
63. Міщенко С. В., Лайко І. М., Вировець В. Г. Актуальні напрями дослідження впливу інбридингу на зміну біологічних і селекційних ознак однодомних конопель. *Актуальні питання розвитку технічних та лікарських культур: наук.-практ. конф. молодих вчених, 6–8 грудн. 2011 р.* Суми, 2012. С. 6–12 (80% авторства: аналіз літературних джерел, планування і проведення досліджень, узагальнення експериментальних даних, оформлення статті).
64. Мищенко С. В. Научно-теоретические основы создания самоопыленных линий конопли и их использования в селекции. *Молодежь и инновации – 2013: междунар. научн.-практ. конф. молодых ученых, 29–31 мая 2013 г.* Горки, 2013. Ч. 1. С. 243–246.
65. Вировець В. Г., Лайко І. М., Міщенко С. В., Кириченко Г. І. Основні досягнення в селекції конопель посівних та перспективи подальших досліджень. *Гончарівські читання: міжнар. наук.-практ. конф., 28 травн. 2013 р.* Суми, 2013. С. 23–26 (30% авторства: оформлення тез).
66. Лайко І. М., Міщенко С. В. Відродження культури конопель (*Cannabis sativa* L.) на основі повної нейтралізації її наркотичності. *Нетрадиционные, новые и забытые виды растений: научные и практические аспекты культивирования: I междунар. научн. конф., 10–12 сент. 2013 г.* Київ, 2013. С. 411–414 (50% авторства: аналіз і узагальнення експериментальних даних, оформлення тез).
67. Міщенко С. В. Теоретичні передумови використання інбридингу в селекції конопель та створення гетерозисних гібридів. *Вісник Степу: IX всеукр. наук.-практ. конф. молодих вчених і спеціалістів «Агропромислове виробництво України – стан та перспективи розвитку»*, 28–29 бер. 2013 р. Кіровоград, 2013. Вип. 10. С. 93–97.
68. Міщенко С. В., Кмець І. Л. Періодизація розвитку наукової селекції конопель. *Міжнар. наук.-практ. семінар, присвячений 130-річчю виходу книги професора В. В. Докучаєва «Російський чорнозем» і появі сільськогосподарської дослідної справи як галузі знань, 10 грудн. 2013 р.* Київ, 2013. С. 243–245 (75% авторства: оформлення тез).
69. Міщенко С. В. Вплив інбридингу на зміну біологічних і селекційних ознак однодомних конопель. *Перспективні напрямки наукових досліджень лікарських та технічних культур: I всеукр. наук.-практ. конф. молодих вчених, 5–6 червн. 2013 р.* Лубни, 2013. С. 91–92.
70. Міщенко С. В., Лайко І. М., Вировець В. Г., Кириченко Г. І. Напрями і перспективи дослідження генетичних особливостей успадкування ознаки безнаркотичності у сучасних сортів конопель. *Технічні культури: інноваційні напрями досліджень: наук.-практ. конф. молодих вчених, 17–19 жовтн. 2012 р.* Харків, 2013. С. 3–12 (70% авторства: аналіз літературних джерел, узагальнення, оформлення статті).

71. Міщенко С. В., Лайко І. М., Вировець В. Г., Кириченко Г. І. Новий етап в селекції безнаркотичних конопель з використанням самозапилених ліній. *Генетика і селекція: досягнення та проблеми: міжнар. наук. конф., 18–20 березн. 2014 р.* Умань, 2014. С. 81–82 (70% авторства: узагальнення результатів досліджень, оформлення тез).

72. Міщенко С. Прояв форми суцвіття у самозапилених ліній конопель в результаті цілеспрямованого добору. *Роль науки у підвищенні технологічного рівня і ефективності АПК України: IV всеукр. наук.-практ. конф. з міжнар. участю, 15–16 травн. 2014 р.* Тернопіль, 2014. Ч. 1. С. 122–124.

73. Міщенко С. В. Особливості онтогенетичного прояву інбредної депресії репродуктивних органів *Cannabis sativa* L. *Онтогенез – стан, проблеми та перспективи вивчення рослин в культурних та природних ценозах: міжнар. наук. конф., 20–22 червн. 2014 р.* Херсон, 2014. С. 13–14.

74. Міщенко С. В. Перспективи, напрями і результати використання самозапилених ліній в селекції *Cannabis sativa* L. *Плодові, лікарські, технічні, декоративні рослини: актуальні питання інтродукції, біології, селекції, технології культивування : міжнар. наук.-практ. заочна конф., 4 вер. 2014 р.* Київ, 2014. С. 163–166.

75. Лайко І. М., Вировець В. Г., Кириченко А. І., Мищенко С. В. Возрождение промышленной конопли на основе полной элиминации ее наркотичности. *Ресурсосберегающие экологически безопасные технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции: X междунар. научн.-практ. конф. («Лапшинские чтения»), 17–18 апрел. 2014 г.* Саранск, 2014. Ч. 2. С. 194–200 (25% авторства: узагальнення експериментальних даних, оформлення статті).

76. Міщенко С. В. Створення вихідного селекційного матеріалу однодомних конопель методом міжлінійної гібридизації. *Вісник Степу: X всеукр. наук.-практ. конф. молодих вчених і спеціалістів «Агропромислове виробництво України – стан та перспективи розвитку», 20–21 бер. 2014 р.* Кіровоград, 2014. Вип. 11. С. 97–103.

77. Міщенко С. В., Лайко І. М. Теоретичні аспекти створення самозапилених ліній конопель. *Інноваційні технології і напрями наукових досліджень у льонарстві та коноплярстві: III міжнар. наук.-практ. конф., 12–14 лют. 2013 р.* Суми, 2015. С. 12–16 (75% авторства: узагальнення результатів досліджень, оформлення статті).

78. Мищенко С. В. Наследование признаков эколого-географического типа у реципрочных сортолинейных, линейносортowych и межлинейных гибридов конопли. *Конкурентная способность отечественных гибридов, сортов и технологии возделывания масличных культур: 8-я междунар. конф. молодых учёных и специалистов, 19–20 февр. 2015 г.* Краснодар, 2015. С. 94–98.

79. Міщенко С. В. Концептуальні проблеми створення гетерозисних гібридів конопель як вихідного селекційного матеріалу. *Гетерозис: досягнення та проблеми: міжнар. наук. конф., 18–20 бер. 2015 р.* Умань, 2015. С. 74–75.

80. Міщенко С. В., Лайко І. М. Особливості варіювання ознаки статі у міжлінійних гібридів однодомних конопель. *Вісник Степу: XI всеукр. наук.-*

практ. конф. молодих вчених і спеціалістів «Стан та перспективи розвитку агропромислового виробництва України», 19–20 бер. 2015 р. Кіровоград, 2015. Вип. 12. С. 113–116 (90% авторства: планування і проведення досліджень, аналіз і узагальнення експериментальних даних, оформлення статті).

81. Міщенко С. Можливості створення гетерозисних гібридів конопель з відсутністю канабіноїдних сполук. *Роль науки у підвищенні технологічного рівня і ефективності АПК України: V ювілейна всеукр. наук.-практ. конф. з міжнар. участю, 4 грудн. 2015 р.* Тернопіль, 2015. С. 40–43.

82. Міщенко С. В., Кириченко Г. І. Мобілізація генетичних ресурсів конопель для створення самоzapилених ліній та гетерозисних гібридів. *Селекційно-генетична освіта і наука: міжнар. наук. конф., 16–18 бер. 2016 р.* Умань, 2016. С. 236–239 (75% авторства: аналіз і узагальнення експериментальних даних, оформлення тез).

83. Міщенко С. В. Ефект гетерозису у сортолінійних, лінійносортових і міжлінійних гібридів конопель при одночасній відсутності канабіноїдів та стабільній ознаці однодомності. *Вісник Степу: XII всеукр. наук.-практ. конф. молодих вчених і спеціалістів «Стан та перспективи розвитку агропромислового виробництва України», 24–25 бер. 2016 р.* Кіровоград, 2016. Вип. 13. С. 102–108.

84. Міщенко С. В. Вплив гібереліну на формування ознак статі *Cannabis sativa* L. та його післядія у наступних генераціях. *Онтогенез – стан, проблеми та перспективи вивчення рослин в культурних та природних ценозах: міжнар. конф., 10–11 червн. 2016 р.* Херсон, 2016. С. 43–44.

85. Міщенко С. В., Лайко І. М., Вировець В. Г., Кириченко Г. І. Концептуальні основи створення гетерозисних гібридів однодомних конопель. *Технічні культури в умовах сучасного аграрного виробництва: наук.-практ. конф. молодих вчених, 30–31 жовтн. 2013 р.* Суми, 2016. С. 3–15 (75% авторства: аналіз літературних джерел, планування і проведення досліджень, узагальнення експериментальних даних, оформлення статті).

86. Лайко І. М., Вировець В. Г., Кириченко А. І., Мищенко С. В., Кмец І. Л. Новые перспективы повышения эффективности перерабатывающей промышленности при использовании высоковолокнистых сортов конопли. *Ресурсоберегающие экологически безопасные технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции: XI междунар. научн.-практ. конф. («Лапшинские чтения»), 9–10 апрел. 2015 г.* Саранск, 2016. С. 215–218 (20% авторства: узагальнення експериментальних даних, оформлення тез).

87. Міщенко С. В. Самоzapилення як метод селекції і важливий аналізатор генофонду популяції конопель. *Новітні технології вирощування сільськогосподарських культур: V міжнар. наук.-практ. конф. молодих вчених, 29–30 вер. 2016 р.* Вінниця, 2016. С. 109–110.

88. Лайко І. М., Мищенко С. В., Кмец І. Л., Sun Y., Pan D. Сравнительная характеристика сортов украинской и китайской селекции конопли. *Інновації у льонарстві та коноплярстві – 2015: IV між нар. наук.-практ. конф., 11–15 лют. 2015 р.* Суми, 2016. С. 24–28 (25% авторства: проведення досліджень).

89. Міщенко С. В., Кириченко Г. І. Залучення генетичних ресурсів конопель для створення самозапилених ліній та нового селекційного матеріалу. *Селекційно-генетична наука і освіта (Парієві читання): VI міжнар. наук. конф., 15–17 бер. 2017 р.* Умань, 2017. С. 172–176 (75% авторства: аналіз і узагальнення експериментальних даних, оформлення статті).

90. Мищенко С. В. Наследование признаков пола у линейносортовых и межсортовых гибридов однодомной конопли. *Актуальные вопросы биологии, селекции, технологии возделывания и переработки масличных и других технических культур: 9-й всеросс. конф. с междунар. участием молодых учёных и специалистов, 21–22 февр. 2017 г.* Краснодар, 2017. С. 67–71.

91. Міщенко С. В. Методичні аспекти створення гетерозисних гібридів конопель. *Новітні агротехнології: теорія та практика: міжнар. наук.-практ. конф., присвячена 95-річчю Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН, 11 липн. 2017 р.* Вінниця, 2017. С. 215–216.

92. Міщенко С. В. Закономірності прояву форми суцвіття у гетерозисних гібридів конопель. *Вісник Степу: XIII всеукр. наук.-практ. конф. молодих вчених і спеціалістів «Стан та перспективи розвитку агропромислового виробництва України», 24–25 бер. 2017 р.* Кропивницький, 2017. Вип. 14. С. 123–129.

93. Міщенко С. В. Сучасні напрями вітчизняної селекції конопель. *Селекційно-генетична освіта і наука: VII міжнар. наук. конф., 19–21 бер. 2018 р.* Умань, 2018. С. 172–175.

94. Міщенко С. В. Компаративний аналіз селекційної цінності лінійносортових і міжсортових гібридів конопель. *Новітні технології вирощування сільськогосподарських культур: VI міжнар. наук.-практ. конф. молодих вчених, 29 бер. 2018 р.* Вінниця, 2018. С. 205–207.

95. Лайко І. М., Кириченко А. І., Мищенко С. В. Новые сорта *Cannabis sativa* L. и новые возможности. *Ресурсосберегающие экологически безопасные технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции: XIV междунар. научн.-практ. конф. («Лапшинские чтения»), 18–19 окт. 2018 г.* Саранск, 2018. С. 283–287 (30% авторства: узагальнення даних, оформлення статті).

96. Міщенко С. В. Селекційно-генетична концепція стабілізації однодомності у гібридів, самозапилених ліній і синтетичних популяцій конопель. *Вісник Степу: XVI всеукр. наук.-практ. конф. молодих вчених і спеціалістів «Стан та перспективи розвитку агропромислового виробництва України», 22 бер. 2018 р.* Кропивницький, 2018. Вип. 15. С. 78–86.

97. Міщенко С. В., Лайко І. М., Вировець В. Г., Кириченко Г. І., Лайко Г. М., Бірюкова Т. С. Вирощування конопель в умовах раціонального використання природно-ресурсного потенціалу: агроекологічний та селекційний аспекти. *Вісник Степу: XV всеукр. наук.-практ. конф. молодих вчених і спеціалістів «Стан та перспективи розвитку агропромислового виробництва України», 21 бер. 2019 р.* Кропивницький, 2019. Вип. 16. С. 93–98 (60% авторства: аналіз і узагальнення літературних джерел, оформлення статті).

Авторські свідоцтва, патенти на корисні моделі

98. Сорт конопель посівних Глесія: а. с. 160007 / Лайко І. М., Вировець В. Г., Кириченко Г. І., Щербань І. І., Міщенко С. В., Мигаль М. Д. № 13080001; заявл. 2013 р.; зареєстр. 2016 р. (5% авторства).

99. Сорт конопель посівних Глухівські 51: а. с. 170990 / Лайко І. М., Вировець В. Г., Кириченко Г. І., Міщенко С. В. № 15080001; заявл. 2015 р.; зареєстр. 2017 р. (5% авторства).

100. Сорт конопель посівних Миколайчик: а. с. 190608 / Лайко І. М., Вировець В. Г., Кириченко Г. І., Міщенко С. В., Кмець І. Л. № 17080001; заявл. 2017 р.; зареєстр. 2019 р. (10% авторства).

101. Сорт конопель посівних Глухівські 85: а. с. 190609 / Лайко І. М., Вировець В. Г., Кириченко Г. І., Міщенко С. В., Щербань І. І., Кмець І. Л. № 17080002; заявл. 2017 р.; зареєстр. 2019 р. (10% авторства).

102. Спосіб оцінки рослин конопель на наявність канабіноїдних сполук: пат. 107426 UA / Лайко І. М., Кмець І. Л., Міщенко С. В., Вировець В. Г., Кириченко Г. І. № у 2015 10707; заявл. 03.11.15; опубл. 10.06.16, Бюл. № 11 (25% авторства: проведення досліджень, аналіз і узагальнення даних, формула, оформлення опису заявки).

103. Спосіб створення гібридного селекційного матеріалу однодомних конопель без психотропних властивостей: пат. 107427 UA / Міщенко С. В., Лайко І. М. № у 2015 10708; заявл. 03.11.15; опубл. 10.06.16, Бюл. № 11 (90% авторства: ідея, патентний пошук, планування і проведення досліджень, аналіз і узагальнення експериментальних даних, формула, оформлення опису заявки).

104. Спосіб розмноження рослин конопель з насіння з низькою схожістю та життєздатністю: пат. 120489 UA / Міщенко С. В., Лайко І. М. № у 2017 02849; заявл. 27.03.2017; опубл. 10.11.2017, Бюл. № 21 (75% авторства: патентний пошук, проведення досліджень, аналіз і узагальнення експериментальних даних, формула, оформлення опису заявки).

105. Живильне середовище для культивування однодомних ненаркотичних конопель (*Cannabis sativa* L.) середньоросійського еколого-географічного типу в умовах *in vitro*: пат. 139471 UA / Міщенко С. В. № у 2019 06014; заявл. 31.05.2019; опубл. 10.01.2020, Бюл. № 1.

106. Спосіб створення синтетичних популяцій конопель: пат. 141089 UA / Міщенко С. В., Лайко І. М. № у 2019 08216; заявл. 15.07.2019; опубл. 25.03.2020, Бюл. № 6 (90% авторства: ідея, патентний пошук, планування і проведення досліджень, аналіз і узагальнення експериментальних даних, формула, оформлення опису заявки).

АНОТАЦІЯ

Мищенко С. В. Теоретичні і практичні основи використання інбридингу та гібридизації в селекції конопель. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора сільськогосподарських наук за спеціальністю 06.01.05 «Селекція і насінництво» (201 – Агрономія). – Інститут рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН, Харків, 2020.

Дисертаційна робота присвячена теоретичному узагальненню та новому вирішенню важливої наукової проблеми використання інбридингу та гібридизації в селекції конопель шляхом удосконалення методичних підходів до ефективної ідентифікації канабіноїдних сполук, визначення закономірностей впливу внутрішніх й зовнішніх факторів на формування канабіноїдів в онтогенезі та взаємозв'язків між ними, комплексного використання інбридингу в селекції культури, зокрема створення самозапилених ліній і на їх основі отримання різних типів гібридів, підвищення продуктивності, стабілізації ознак однодомності і відсутності канабіноїдних сполук, збільшення вмісту непсихотропних канабіноїдів, створення вихідного селекційного матеріалу і конкурентоздатних сортів конопель.

Установлено закономірності прояву ознак наявності та вмісту канабіноїдних сполук у сортів та зразків з підвищеним вмістом непсихотропних канабіноїдів і відсутністю чи мінімальним вмістом тетрагідроканабінолу, описано особливості їх накопичення в онтогенезі та кореляційні зв'язки. Самозапилення визначено ефективним методом створення вихідного матеріалу зі стабільною ознакою їх відсутності чи наявності.

Продемонстровано можливість створення цінних самозапилених ліній за окремими селекційними ознаками та їх комплексом, розроблено теоретичні та методичні основи їх використання. Доведено можливість створення лінійносортових, сортолінійних і міжлінійних гібридів конопель з наявністю гетерозисного ефекту при одночасній відсутності канабіноїдів і стабільній ознаці однодомності та їх переваги над міжсортівними схрещуваннями. Зроблено акцент на можливості і ефективності створення синтетичних популяцій конопель, комбінаційної селекції у однодомних форм, конвергентних схрещувань.

Розроблено і впроваджено способи селекції із використанням самозапилених ліній, культури *in vitro*, схеми селекційного процесу, отримано цінні самозапилені лінії і зразки для створення вихідного матеріалу і сортів конопель різних напрямів господарського використання. Виробництву запропоновано конкурентоздатні сорти конопель Глесія, Глухівські 51, Миколайчик, Глухівські 85, Артеміда, Гармонія, Вік 2020. Розроблено рекомендації для селекційної практики і виробництва.

Ключові слова: коноплі посівні, селекція, сорт, інбридинг, інбредна депресія, самозапилена лінія, гібрид, гетерозис, хроматографія, канабіноїди, хемотип, статева структура, продуктивність, кореляція.

АННОТАЦИЯ

Мищенко С. В. Теоретические и практические основы использования инбридинга и гибридизации в селекции конопли. – Квалификационный научный труд на правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени доктора сельскохозяйственных наук по специальности 06.01.05 «Селекция и семеноводство» (201 – Агротомия). – Институт растениеводства им. В. Я. Юрьева НААН, Харьков, 2020.

Диссертация посвящена теоретическому обобщению и новому решению важной научной проблемы использования инбридинга и гибридизации в селекции конопли путем усовершенствования методических подходов к эффективной идентификации каннабиноидных соединений, определения закономерностей влияния внутренних и внешних факторов на формирование каннабиноидов в онтогенезе и взаимосвязей между ними, комплексного использования инбридинга в селекции культуры, в частности создания самоопыленных линий и на их основе получения различных типов гибридов, повышения продуктивности, стабилизации признаков однодомности и отсутствия каннабиноидных соединений, увеличения содержания непсихотропных каннабиноидов, создания исходного селекционного материала и конкурентоспособных сортов конопли.

Установлены закономерности проявления признаков наличия и содержания каннабиноидных соединений у сортов и образцов с повышенным содержанием непсихотропных каннабиноидов и отсутствием или минимальным содержанием тетрагидроканнабинола, описаны особенности их накопления в онтогенезе и корреляционные связи. Самоопыление определено как эффективный метод создания исходного материала со стабильным признаком их отсутствия или наличия.

Продемонстрирована возможность создания ценных самоопыленных линий по отдельным селекционным признакам и их комплексу, разработаны теоретические и методические основы их использования. Доказана возможность создания линейносортных, сортолинейных и межлинейных гибридов конопли с наличием гетерозисного эффекта при одновременном отсутствии каннабиноидов и стабильном признаке однодомности и их преимущества над межсортными скрещиваниями. Сделан акцент на возможности и эффективности создания синтетических популяций конопли, комбинационной селекции однодомных форм, конвергентных скрещиваний.

Разработаны и внедрены способы селекции с использованием самоопыленных линий, культуры *in vitro*, схемы селекционного процесса, получены ценные самоопыленные линии и образцы для создания исходного материала и сортов конопли различных направлений хозяйственного использования. Производству предложено конкурентоспособные сорта конопли Глесия, Глуховские 51, Мыколайчик, Глуховские 85, Артемида, Гармония, Вик 2020. Разработаны рекомендации для селекционной практики и производства.

Ключевые слова: конопля посевная, селекция, сорт, инбридинг, инбредная депрессия, самоопыленная линия, гибрид, гетерозис, хроматография, каннабиноиды, хемотип, половая структура, продуктивность, корреляция.

ABSTRACT

Mishchenko S. V. Theoretical and practical basics of using inbreeding and hybridization in hemp breeding. – Qualification scientific work as the manuscript.

Thesis for a Doctor of Agricultural Science Degree by specialty 06.01.05 – Breeding and Seed Production (201 – Agronomy). – The Plant Production Institute nd. a. V. Ya. Yuryev of NAAS, Kharkiv, 2020.

The thesis focused on generalization and a new solution to an important research problem of using inbreeding in hemp hybridization through improving methodological approaches to effective identification of cannabinoid compounds, determination of the patterns of influence of internal and external factors on the formation of cannabinoids in ontogenesis and relationships between them, integrated use of inbreeding in the process of hemp breeding, including self-pollinated lines, and obtaining different types of hybrids on their basis in order to obtain unique genotypes with high productivity, stabilization of the sign of monoeciousness, absence of cannabinoid compounds, increased content of non-psychoactive cannabinoids, creation breeding genotypes and competitive hemp varieties.

The thesis further develops the improvement of methods for effective identification of cannabinoid compounds for breeding purposes, in particular for the preparation of plant samples for research, choice of extractant type, the minimum required extraction duration, solvent system, dye concentration and methods of plate staining, compliance of scoring with cannabinoid compounds content in thin layer chromatography.

Manifestation patterns of the signs of presence and content of cannabinoid compounds in varieties and accessions with a high content of non-psychoactive cannabinoids and absence or minimum content of tetrahydrocannabinol have been found. Peculiarities of cannabinoid compounds accumulation during ontogenesis have been revealed not by their maximum expression in the tops of inflorescences, but in the weighted average sample of vegetative and generative organs suitable for cannabinoid isolation. The prospects of using industrial hemp in the medical (pharmaceutical) industry have been outlined. The positive effect of certain phytohormones and antioxidants of exogenous origin on the accumulation of cannabinoid compounds, in particular 6-benzylaminopurine, has been established. Correlations between the main cannabinoid compounds have been established and the possibility of detecting plants with interrupted cannabinoid biosynthesis has been proved.

Self-pollination is defined as an effective method of creating source breeding genotypes with a stable sign of their absence or presence. Under the condition of purposeful selection of source plants with the absence of cannabidiol, tetrahydrocannabinol, and cannabinol in the process of self-pollination, their content decreased to complete absence. The stability of the lines occurred in I₂–I₆ and varied by genotypes of a particular variety. A characteristic feature of the studied modern hemp varieties was the ability to segregate in the I₁ families with the complete absence of cannabinoids and weaker correlations between them.

The absence or rather a low level of inbred depression in some self-pollinated lines of hemp as a cross-pollinated crop has been established, which is a consequence

of high homozygosity of modern domestic hemp varieties and specifics of the breeding process. The possibility of creating valuable self-pollinated lines by individual breeding signs and their complex has been demonstrated. Among them lines with high (minimum degree of inbred depression) total and technical stem length, stem diameter, stem and fibre weight, fibre content, seed weight per plant, oil content, diamond-shaped inflorescence shape, resistance to pests and diseases, uniform sex composition, close timing of the beginning of the flowering of male and female flowers, the absence of cannabinoids, etc. It was found that their selection should be started from I_1 and conducted to I_4 , while crosses should involve I_4 to I_6 when for the most part the inbred minimum comes.

The theoretical and methodical bases of using self-pollinated lines of monoecious hemp as components of different types of crosses have been developed, which positively resulted in an increase in hemp productivity by individual signs and their complex, obtaining of unique genotypes that reveal themselves in phenotypes with principally new signs. The possibility of creating linear-varietal, varietal-linear, and interlinear hemp hybrids with an effect of heterosis and the absence of cannabinoids, a stable sign of monoeciousness, and their advantages over the intervarietal crossing to diversify the source breeding genotypes expand the genetic basis and accelerate breeding process. Among crosses within the Central European ecological-geographical type, of the greatest value were interlinear hybrids, while within the Central European and Southern ones, varietal-linear and linear-varietal hybrids. Given the established features of inheritance of cannabinoid content and sex, in the hybridization of distant genotypes, it is advisable to use a variety of Central European ecological and geographical types and a self-pollinated line of the Southern European type. Heterosis by the content of cannabinoids in the studied hybrids has not been detected.

The possibility and efficiency of combination breeding in monoecious forms of hemp have been proved. Investigation of self-pollinated lines and varieties of hemp by parameters of combining ability showed their significant differentiation by the effects of general ability and by variants of specific combining ability, and also use of crossings in directions of vertical and horizontal convergence, especially for the obtaining of breeding genotypes with high plant biomass, fibre, and seed productivity.

The practical value of the obtained results lies in improving methods of effective identification of cannabinoid compounds, development and implementation of breeding methods with the use of self-pollinated lines and *in vitro* culture, breeding process design, obtaining valuable self-pollinated lines and samples to create breeding genotypes of universal and special hemp varieties. Competitive varieties of hemp such as 'Hlesiia', 'Hlukhivski 51', 'Mykolaichyk', 'Hlukhivski 85', 'Artemida', 'Harmoniia', and 'Vik 2020' now are available to hemp-growing farms. Guidelines for breeding practice and production have been developed.

Keywords: common hemp, breeding, variety, inbreeding, inbreeding depression, self-pollinated line, hybrid, heterosis, chromatography, cannabinoids, chemotype, sexual structure, productivity, correlation.