

DOI <https://doi.org/10.36059/978-966-397-240-4-2>

**Мищенко С. В.**

*доктор сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, провідний науковий співробітник відділу селекції і насінництва конопель  
Інститут луб'яних культур  
Національної академії аграрних наук України  
м. Глухів, Сумська область*

## **НАПРЯМИ СЕЛЕКЦІЙНО-ГЕНЕТИЧНИХ ІННОВАЦІЙ У КОНОПЛЯРСТВІ, ПРИНЦИПИ ЇХ ФОРМУВАННЯ ТА ВПРОВАДЖЕННЯ В АГРОПРОМИСЛОВУ ДІЯЛЬНІСТЬ**

**Анотація.** *Формування нової парадигми розвитку агропромислового комплексу в 20 ст. можливе лише за умови активного та виваженого впровадження інновацій. Найбільш важливими з них є селекційно-генетичні. Разом з тим визначено наступні пріоритети сучасної селекції промислових конопель: волокнистий, енергетичний, насінневий, медичний і універсальний. Для створення сортів, спеціалізованих за напрямками господарського використання, розроблено методологію використання самозапилених ліній при отриманні гетерозисних гібридів і синтетичних популяцій. Запропоновано додаткові методи селекції: використання гаметоцидів, способи оцінки рослинних зразків за канабіноїдами, прийоми роботи в культурі *in vitro*. За останнє десятиріччя створено конкурентоздатні сорти промислових конопель як селекційно-генетичні інновації та складові моделі інноваційного провайдингу в агропромисловій сфері. До них належать сорти Вікторія, Глесія, Миколайчик, Артеміда, Гармонія, Вік 2020, Глухівські 51, Глухівські 85.*

### **Вступ**

Значні зрушення в аграрному секторі економіки, зміна економічно-маркетингового, правового та інформаційного середовища на фоні процесів глобалізації на сучасному рівні вже вимагають реального та практичного впровадження інноваційних напрямів [1]. Не зважаючи на весь свій масштабний потенціал, сучасний український агропромисловий комплекс зможе ефективно розвиватися лише за умов активного інноваційного розвитку підприємств, що його формують. Для ефективного

інноваційно-інвестиційного існування агропромислового сектору України необхідним є впровадження такої моделі інноваційного розвитку, яка б забезпечувала баланс між модернізацію виробництва і впровадженням результатів наукових розробок, нових продуктів і технологій виробництва. Для підвищення рівня інноваційної діяльності та інвестиційної привабливості вітчизняних агропромислових підприємств запропоновано модель їх модернізації на засадах інноваційного провайдингу [2].

Сфері аграрної науки у моделі інноваційного провайдингу належить важливе місце, адже вона є генератором наукових ідей та інноваційних розробок. Разом з тим, у сфері підприємницького середовища агропромислового комплексу, згідно з запропонованою моделлю, існує три напрями впровадження інновацій:

- селекційно-генетичні;
- екологічні та виробничо-технологічні;
- організаційно-управлінські [2].

Основними напрямками селекційно-генетичних інновацій за сучасних умов у аграрному секторі є наступні: нові сорти культур з високою потенційною продуктивністю; відновлювана та екологічно безпечна біопродукція; нові сорти і гібриди культур з покращеними якісними параметрами; адаптаційні культури (створення сортів, що більш пристосовані до несприятливих погодних умов) тощо [2].

Особливості й етапність формування селекційно-генетичних інновацій на прикладі створення нових сортів рослин наступна. На основі потреб ринку визначають напрями і теоретичні моделі сортів, потім йде розробка інноваційних методів, прийомів і способів селекції, в результаті застосування яких створюються нові сорти із заданим рівнем продуктивності, принципово відмінними ознаками і властивостями. Перед впровадженням сорту в агропромислове виробництво обов'язково розробляють сортову технологію вирощування або хоча б її елементи. У разі виникнення нових потреб ринку описаний цикл повторюється (рис. 1).

Зазначені напрями інновацій характерні й для селекції промислових конопель (*Cannabis sativa* L.). Процес створення нових сортів з високою потенційною продуктивністю, кращими якісними показниками продукції, стійкістю до абіо- та біотичних чинників носить перманентний характер, оскільки всім сортам властива генетично обумовлена здатність до виродження (наприклад, через накопичення у генофонді популяції негативних мутацій, кліматичні флуктуації

тощо). Потреба у нових сортах конопель посівних викликана і змінними потребами виробництва та ринку коноплепродукції.



**Рис. 1. Циклічність формування селекційно-генетичних інновацій на прикладі сорту рослин**

### **1. Напрями селекційно-генетичних інновацій у коноплярстві**

Традиційно коноплі – це волокниста культура універсального використання (для отримання стебел, волокна чи насіння), але останнім часом вона стає затребуваною як харчова й олійна, біоенергетична й лікарська рослина. Спостерігається спеціалізація у створенні і впровадженні сортів за напрямками господарського використання, що сприяє створенню сировинної бази для ефективної організації різновекторних виробництв, зокрема, біоенергетичних і текстильних виробів, продуктів збалансованого харчування, гігієнічних та косметичних засобів, ліків тощо. Водночас виникає необхідність розробки нової методології селекції конопель, яка б прискорювала процес формотворення нових генотипів.

У результаті вирощування даної культури (хоча б як нішевої) отримують відновлювальну екологічно-безпечну біопродукцію (ще один напрям селекційно-генетичних інновацій). Саме в умовах раціонального природокористування культивування промислових конопель потенційно сприятиме розвитку сільських територій на засадах екологічності, енергонезалежності й енергоефективності. Актуальність, соціальна та економічна значимість створення і впровадження у сільськогосподарське виробництво конкурентоздатних сортів конопель також визначається задекларованими цілями сталого розвитку України [3], зокрема в частині досягнення продовольчої безпеки, поліпшення харчування і сприяння розвитку

сільського господарства та інновацій, забезпечення здорового способу життя, доступу до недорогих, надійних, стійких і сучасних джерел енергії, забезпечення екологічної стійкості населених пунктів, забезпечення переходу до раціональних моделей споживання і виробництва, вжиття невідкладних заходів щодо боротьби зі зміною клімату та її наслідками, захисту та відновлення екосистем і сприяння їх раціональному використанню, припинення і повернення назад процесу деградації земель [3] тощо.

У зв'язку з глобальною енергетичною кризою, потребою у збереженні частки лісів у структурі екологічно стабільних територій і оптимізації відношення екологічно нестабільних земель до площ стабільних сільськогосподарських угідь перспективним став напрям використання біомаси конопель як енергетичної сировини, оскільки за теплотворною здатністю стебла конопель (3760) дещо поступається кам'яному вугіллю (4800), але перевищують аналогічний показник для м'яких порід дерев (2700) і торфу (2030 ккал/кг) [4]. Використання стебел конопель на енергетичні цілі є перспективним напрямом ще й тому, що існує можливість використовувати на паливо як усе стебло (але це є менш рентабельним), так і його окремі складові [4], наприклад, кострицю, яка утворюється в процесі переробки, чи рослинні рештки, що залишаються після збирання насінневих посівів (це є більш економічно вигідно). Останнім часом виникло питання про заміну целюлози, одержаної з деревини лісових порід, на конопляну, адже 1 га лісу в Україні дає річний приріст деревини в залежності від породи та погодних умов 2,0–2,4 т, тоді як окремі сорти конопель мають урожайність сухих стебел вище 14 т [4].

Коноплі здатні накопичувати загальну біомасу до 20 т і більше, яка може бути використаною для виробництва енергії у таких напрямках:

- спалювання для обігрівання приміщень чи вироблення електричної енергії;
- виробництво з біомаси синтетичного газу, що має вміст енергії біля 40 % від дизельного пального і може бути використаним для вироблення тепла або електричної енергії;
- отримання з олії конопель дизельного пального;
- виробництво гідролізного (ферментного) спирту з целюлози;
- отримання біогазу (під час анаеробних процесів виділяється метан, який використовують для вироблення тепла і електроенергії) та збагаченого Нітрогеном органічного добрива [4].

Коноплі є конкурентоздатними, порівняно з іншими біоенергетичними культурами, наприклад кукурудзою і цукровими буряками саме при виробництві біогазу і багаторічними рослинами при виробництві твердого біопалива, оскільки дають високі урожаї біомаси і добрий питомий вихід метану з потенціалом збільшення за умови попередньої обробки сировини [5–9]. Найбільше метану з гектара посіву можна отримати при збиранні конопель восени, коли найбільший урожай біомаси. Виробництво біогазу з конопель більш витратне, але в результаті можна отримати більш якісне паливо [9]. Вихід енергії з одиниці площі конопель при використанні на тверде біопаливо також найбільший восени, але біомаса даної культури демонструє відмінності у властивостях палива (теплотворна здатність, теплота згорання, зольність тощо) залежно від сезону: ліпшими вони є при збиранні взимку і весною. Наприклад, теплота згорання біомаси конопель, зібраної у серпні – грудні складала 18,4, а у січні – квітні – 19,1 МДж · кг<sup>-1</sup> [9–12], перевищуючи аналогічні показники топінамбура (16,5) і незначним чином поступаючись міскантусу (19,8 МДж · кг<sup>-1</sup>) [13].

Можна виділити наступні агроекологічні переваги культивування конопель на енергетичні цілі в умовах раціонального природокористування:

- коноплі – добрий попередник для інших культур у сівозмінах, вони здатні зменшувати забур'яненість полів, а відтак – хімічне навантаження на довкілля;
- мають високу ґрунтозахисну здатність від водної ерозії;
- біоремедіаційна культура (придатні для вирощування на забруднених землях важкими металами і радіонуклідами);
- культура безвідходного виробництва, бо виключно усі частини рослин придатні для переробки і виготовлення широкого асортименту продукції (рис. 2).

У конопель відсутня несумісність з іншими сільськогосподарськими культурами, майже немає спільних шкідників та хвороб, тому вони можуть входити до будь-яких сівозмін і значно урізноманітнювати їх. Крім того, вони є добрим попередником для багатьох культур в ланках сівозмін, оскільки поліпшують структуру ґрунту, не знижують вміст гумусу, і значно зменшують забур'яненість полів – під пологом густого стеблостою до кінця вегетаційного періоду бур'яни гинуть, а відтак – сприяють зменшенню хімічного навантаження на довкілля, тому що в наступній ланці сівозміни часто відпадає потреба у застосуванні

засобів захисту від бур'янів, шкідників чи хвороб. Коноплі потребують внесення порівняно високих доз добрив (відповідно на сірих лісових і темно-сірих опідзолених ґрунтах вносять  $N_{90-120} P_{60-90} K_{60-90}$ , на чорноземах –  $N_{45-60} P_{45-60} K_{45-60}$ ), але їх післядія добре помітна на наступний рік.



**Рис. 2. Позитивні аспекти культивування конопель в умовах раціонального природокористування**

Практичні заходи щодо захисту ґрунтів від ерозії полягають у зменшенні або ж повному припиненні поверхневого стоку збільшенням водопроникності ґрунтів, створенням штучного мікрорельєфу, поліпшенням структурного стану, безпечним відведенням стікаючих вод, зменшенням концентрації водних потоків та їхньої швидкості, захистом поверхні ґрунтів від руйнівної енергії крапель дощу [14]. Коноплі мають ґрунтозахисну здатність 50, 46 і 41 % за крутизни схилу 3, 6 і 9° відповідно, яка знаходиться приблизно на одному рівні зі стернею озимих культур, ячменем, просом і вівсом, поступаючись лише багаторічним травам і озимим зерновим [14], тобто включення конопель у сівозміни досить позитивно сприяє охороні ґрунтів і від водної ерозії.

Відновлення техногенно забруднених важкими металами ґрунтів за використання біологічних методів (біоремедіації) є перспективним

напрямом в науці та виробництві, що динамічно розвивається [15]. Активно досліджуються фітомеліоративні властивості рослин конопель – їх здатність до накопичення важких металів [16; 17]. При розробці заходів відновлення забруднених радіонуклідами і/або важкими металами ґрунтів актуальною постає проблема вибору серед великого біорізноманіття виду дикорослих чи культурних рослин, які можна запропонувати для вирощування на таких площах (насамперед вони повинні в процесі росту і розвитку мати низький рівень накопичення радіонуклідів). Саме коноплі є одним з небагатьох видів рослин, що здатні рекультивувати забруднені та виведені з обороту землі і таким чином поліпшувати екологічний стан довкілля, зокрема встановлено, що саме коноплі досить толерантні до токсичності Cd і придатні для вирощування на Cd-забрудненому ґрунті [18], інших важких металів (As, Pb, Ni, Hg) [19], внаслідок чого можуть бути використані як потенційна культура для очищення від них ґрунту [20].

Також обґрунтовано доцільність вирощування конопель на радіоактивно забруднених ґрунтах як один з методів відновлення цих територій і з точки зору можливостей їх раціонального сільсько-господарського використання [21; 22]. Встановлено, що коефіцієнт накопичення  $^{137}\text{Cs}$  в рослинах зменшується зі збільшенням вмісту радіонуклідів у ґрунті, причому протягом всього вегетаційного періоду. Винесення радіоактивного забруднення при вирощуванні даної культури незначне – коефіцієнт виносу  $K$  становив 0,0430–0,2477 %. Відносний розподіл  $^{137}\text{Cs}$  (вміст від загального) у рослинах конопель наступний: у листках і суцвітті – 32,7–54,2, коренях – 16,2–38,6, стеблах, які, власне, і мають технічне значення, – 26,3–35,4 % (у середньому близько 30 %). Після переробки стебел забруднення приблизно порівну розподіляється між волокном і кострицею. Незначні рівні забруднення рослин конопель обумовлюють невеликі рівні радіоактивного забруднення у повітрі та на поверхні машин в процесі збирання урожаю [21], що є дуже важливим.

Порівняно з насінням і зеленою масою сої й амаранту, виявлено найнижчі показники питомої активності  $^{137}\text{Cs}$  саме у волокні конопель – 155 Бк/кг сорту ЮСО 11 і 107 Бк/кг сорту ЮСО 31, це свідчить про можливість вирощування цієї культури на радіоактивно забруднених територіях і використання в технічних цілях. Результати проведених досліджень свідчать, що внаслідок внесення неорганічних добрив підвищується урожайність конопель, а питома активність  $^{137}\text{Cs}$  зменшується [22].

Коефіцієнт накопичення радіонуклідів у рослинах обернено пропорційний величині повної біомаси рослин, тобто на радіоактивно забруднених територіях з метою їх реабілітації доцільно вирощувати культури із малим співвідношенням біомаси кореневої системи до повної біомаси рослин [21]. До таких рослин і належать коноплі, у яких маса кореневої системи відносно маси надземної частини у період стиглості жіночих рослин складає для північного еколого-географічного типу 8,0, середньоєвропейського – 9,7 і південного – 11,5–13,2 % [23].

Інша селекційно-генетична інновація – розробка технології вирощування сільськогосподарських культур в умовах органічного землеробства. Для конопель даний напрям є відносно новим, тому поряд з технологіями культивування [24] розробляються прийоми селекції, спрямовані на створення сортів, більшою мірою придатних до органічного землеробства [25].

Невпинно підвищується інтерес до переорієнтації промислових конопель як культури медичного напрямку використання, оскільки неспсихотропні канабіноїди мають низку лікувальних властивостей проти тяжких хвороб чи подолання їх симптомів. Сорти такого типу повинні мати високий уміст канабідіолу, канабігеролу, канабіхромену чи інших неспсихотропних канабіноїдів, і одночасно не містити (чи містити не вище 0,08 %) тетрагідроканабінолу. Відповідно з цим у вітчизняній науці уточнюються методи селекції [26–28].

Таким чином, у сучасній селекції промислових конопель можна виділити наступні напрями: 1) волокнистий; 2) енергетичний; 3) насіннєвий; 4) медичний; 5) універсальний.

## **2. Нові методи, прийоми і способи селекції промислових однодомних конопель**

У світовій селекційній практиці сформувались наступні мета й основні завдання сучасної селекції конопель: підвищення урожайності волокна і його якості, стебел, насіння, контроль за ознаками однодомності і вмістом канабіноїдних сполук, стабілізація тривалості вегетаційного періоду і створення стійкого до шкідників і хвороб вихідного матеріалу. Основними класичними методами селекції даної культури є масовий та індивідуальний добір, кросбридинг, інбридинг і гібридизація, штучно індукований мутагенез. Додатково розробляються біотехнологічні методи селекції і молекулярні технології, зокрема використання генетичних маркерів для маркування селекційних ознак і добору,



однак розробка останніх ще розвивається і знаходиться на початкових етапах впровадження. Зважаючи на окреслені напрями селекційно-генетичних інновацій та виділені напрями селекції, перед вченими постає важливе завдання розширення сортової різноманітності культури конопель, оптимізуючи та прискорюючи при цьому селекційний процес. За останнє десятиріччя розроблено методологію використання самозапилених ліній в селекції однодомних конопель [29].

Обґрунтована наступна теоретична модель самозапиленої лінії як компонента схрещувань:

- повна відсутність канабіноїдних сполук у родоводі сім'ї, що стабільно проявляється протягом декількох інбредних поколінь, тобто відсутність мутаційного тиску за цією ознакою;
- відсутність у статевій структурі плосконі однодомних конопель, перезаплення з яким веде до дводомності;
- статева структура, яка майже на 100 % складається з однодомної фемінізованої матірки – основного статевого типу сучасних конопель, частка чоловічих квіток у суцвітті якого не перевищує 30 %;
- висока продуктивність за однією чи комплексом ознак;
- низький ступінь прояву інбредної депресії;
- добра комбінаційна здатність [29].

У результаті багаторічних досліджень доведено ефективність створення сортолінійних, лінійносортових і міжлінійних гібридів конопель, компонентами яких були самозапилені лінії сортів Глухівські 58, Глесія і Золотоніські 15, з наявністю гетерозисного ефекту при одночасній відсутності канабіноїдів і стабільній однодомності для урізноманітнення вихідного матеріалу, розширення його генетичної основи та прискорення селекційного процесу [29–34; 35]. При цьому серед схрещувань в межах середньоевропейського еколого-географічного типу найбільшу цінність мали 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 [29].

Експериментально встановлено, що в селекції конопель доцільним є використання конвергентних схрещувань, особливо для отримання вихідного матеріалу з високими показниками біомаси рослин, волокнистості і насінневої продуктивності, зокрема:

- 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 самозапилення (міжлінійний гібрид // самозапилена лінія);
- реципрокні схрещування простих міжлінійних гібридів різних еколого-географічних типів з вихідним сортом самозапиленої лінії середньоєвропейського типу (міжлінійний гібрид // сорт і сорт // міжлінійний гібрид);
- схрещування простих лінійносортових і міжсорткових гібридів першого покоління, споріднених за однією з батьківських форм [29; 36; 37].

При проведенні гібридизації зразків, представлених однодомною фемінізованою матір'ю з малою часткою чоловічих квіток у суцвітті і середньоєвропейським еколого-географічним типом, крім ручної кастрації чоловічих квіток, запропоновано використання в ролі гаметоциду дибутилфталату у концентрації 2,0 (або 1,0 % за умови двохразової обробки) у фазу 5 пар листків і початку цвітіння (видалення чоловічох фертильних рослин протягом усього періоду цвітіння є обов'язковим заходом) [38]. На відміну від попередніх досліджень і рекомендацій [39] доведено, що майже для 100,0 % хімічної кастрації чоловічих квіток достатньо використовувати одноразову обробку конопель 0,3–0,6 % розчином етефону (етрелу), тобто зі зниженою концентрацією 2-хлоретилфосфонові кислоти (1440–2880 мг/л і дозою 30 мл робочого розчину на 1 м<sup>2</sup>), у фазі від п'яти пар листків до початку бутонізації, тобто до диференціації тканин статевих органів у меристематичних зонах (при цьому коноплі формують достатню кількість гібридного насіння на одній рослині для подальшого вивчення і розмноження) [38].

З метою створення високогетерозиготного продуктивного вихідного матеріалу, прискорення селекційного процесу і уникнення трудомісткої кастрації чоловічих квіток [29; 40–42] самозапилені лінії однодомних конопель успішно використані як компоненти синтетичних популяцій. Можна виділити два напрями їх створення: 1) об'єднання в єдину синтетичну популяцію однорідних самозапилених 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 перезаплення з метою створення селекційного матеріалу, який завдяки високому ступеню гетерозиготності зберігатиме високу продуктивність у низці послідовних генерацій (принаймі до  $s_{n-3}$ ) при стабільній однодомності і відсутності канабіноїдів [29]. Слід зазначити, що як компонент різних синтетичних популяцій одна і та ж самозапелена лінія у потомстві проявляла різний рівень продуктивності [29].

На основі проведених селекційних досліджень був розроблений «Спосіб створення синтетичних популяцій конопель» [43], згідно якого для схрещування рослин самозапелених ліній в умовах штучної ізоляції у вегетаційному будинку відбирають 5 рівних кількостей насіння, що отримані від рослин 5-ти самозапелених ліній  $I_4 - I_6$ , кожна з яких відповідає наступним вимогам: належить до насінневого, універсального та волокнистого напряму господарського використання; характеризується відсутністю канабіноїдних сполук за результатами тонкошарової хроматографії (за умови екстрагування хлороформом, хроматографування у системі розчинників «циклогексан – хлороформ» (20 : 15) і застосування барвника тривкого синього Б); характеризується бажаним рівнем прояву селекційних і біологічних ознак та меншою мірою здатна до самозапелення (тобто рослини якої в результаті самозапелення утворюють найменшу кількість насіння, а за даними розсадника оцінки за умови відсутності просторової ізоляції і вільного запилення пилом різного походження характеризуються високою насінневою продуктивністю). Потім проводять сівбу відібраного насіння під груповий тканинно-плівковий ізолятор, за результатами оцінки отриманого  $s_{n-1}$  добирають потомство 1–3 кращих ліній, змішують їх насіння у рівній кількості і розмножують до  $s_{n-3}$ , проводячи дворазову обробку рослин у фазу бутонізації і цвітіння водним розчином аскорбінової кислоти як антистресовим агентом у дозі 400 мг/м<sup>2</sup> (рис. 3) [29; 43].

Наведена методологія селекції промислових конопель однодомної форми на основі самозапелених ліній прогнозовано забезпечує створення стабільного матеріалу (сорту) за більш короткий проміжок часу, порівняно з використанням міжсорткових схрещувань за типом дводомні коноплі / однодомні й однодомні коноплі / однодомні, строкатість потомства яких за переважною більшістю цінних господарських і біологічних ознак вимагає проведення багаторазових поліпшувачих чи стабілізуючих доборів.

Також розроблено низку допоміжних методичних прийомів і способів, які сприяють інтенсифікації селекційного процесу,

доповнюючи описану вище методологію, зокрема проведено методичні розробки щодо зниження рівня психотропного тетрагідроканабінолу і підвищення вмісту непсихотропних канабіноїдів, які характеризуються лікувальними властивостями. Теоретично обґрунтована і доведена практикою значна ефективність зниження і стабілізації ознаки вмісту канабіноїдних сполук у послідовності «окрема рослина → селекційна сім'я → популяція сорту» (а не у зворотному напрямі як при стабілізації ознаки однодомності) [44].

Досліджено особливості динаміки накопичення канабіноїдних сполук у промислових сортів конопель [44] та сімей з підвищеним вмістом канабідіолу [45], у результаті чого встановлено, що оптимальним періодом для збирання біомаси конопель медичного напрямку використання з подальшим виділенням з неї канабідіолу та відбору зразків для аналізу вмісту канабіноїдних сполук є період від повного цвітіння до фази біологічної стиглості.

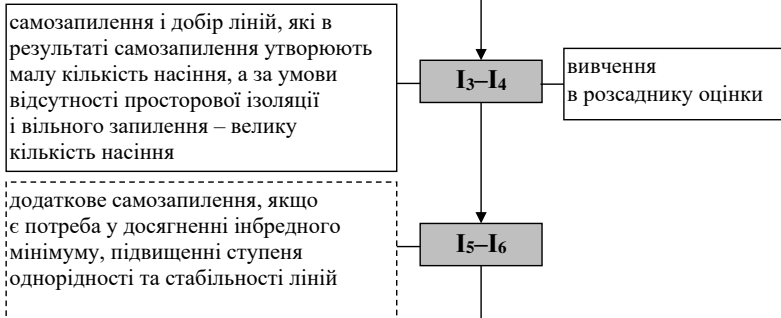
При цьому визначено, що якісну, напівкількісну і кількісну оцінку канабіноїдів за діаметрально протилежних напрямів селекції – першого на зниження до повної елімінації цих речовин і другого на підвищення вмісту непсихотропних канабіноїдів при одночасному зниженні тетрагідроканабінолу – доцільно використовувати на різних етапах селекційного процесу (рис. 4) [29].

У процесі створення сортів конопель з відсутністю усіх компонентів канабіноїдних сполук на початкових етапах селекції використовують тонкошарову хроматографію, яка дає змогу зробити напівкількісну оцінку (в балах) селекційного матеріалу загалом і окремих рослин, порівняти їх між собою за принципом «більше» чи «менше» та здійснити добір генотипів з бажаним, тобто меншим проявом канабіноїдних сполук, особливо тетрагідроканабінолу (до повної відсутності). На завершальних етапах селекції, коли вміст канабіноїдів знизиться до повної або майже повної відсутності, селекційний матеріал аналізується експрес-методом (якісна оцінка), який дозволяє у польових умовах у фазі бутонізації (до цвітіння) здійснити аналіз великої кількості (десятки тисяч) рослин і видалити нетипові особини з наявністю канабіноїдів, що сприяє як підвищенню ступеня непсихотропності, так і стабілізації ознаки відсутності канабіноїдних речовин на більш високому рівні. Кількісна оцінка методом газорідинної хроматографії потрібна на завершальних етапах селекції лише для контролю за вмістом тетрагідроканабінолу, щоб він не перевищував дозволеної законодавством норми, яка на даний час становить 0,08 % [29].

**1-й етап**



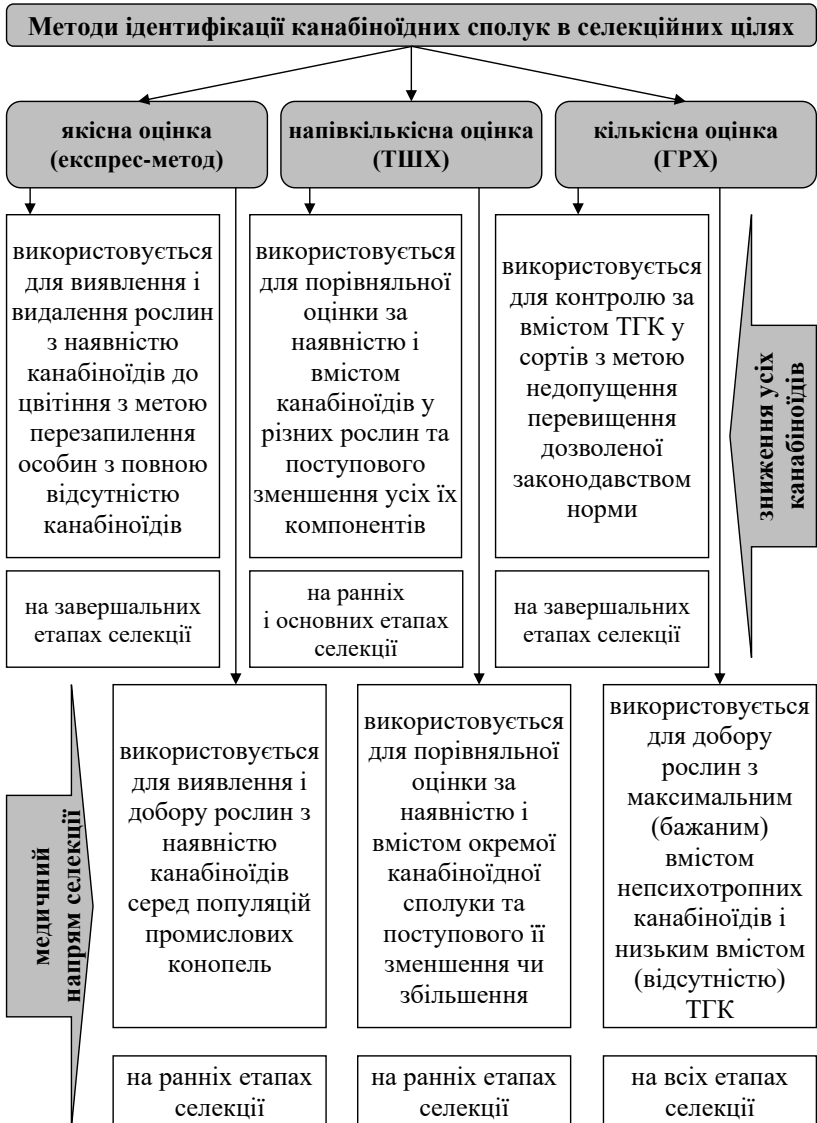
**2-й етап**



**3-й етап**



**Рис. 3 Селекційна схема створення синтетичних популяцій конопель [29; 43]**



**Рис. 4. Порівняльна характеристика методів ідентифікації канабіноїдних сполук за метою використання при різних напрямках селекції [29]**

У процесі створення сортів медичного напрямку використання з підвищеним вмістом неспсихотропних канабіноїдів експрес-метод використовують виключно на початкових етапах селекційного процесу з метою виявлення рослин з позитивною реакцією на канабіноїди. У подальшому серед відібраних за результатами експрес-методу рослин залишають лише ті, які за даними тонкошарової хроматографії містять потрібні неспсихотропні канабіноїди за принципом «більше» і тетрагідроканабінол за принципом «менше» аж до повної відсутності. Таким способом проводять 1–3 добори, а у подальшому використовують кількісну оцінку методом газорідинної хроматографії. Не зважаючи на витратність її проведення і можливості аналізу порівняно обмеженої кількості зразків, на сьогодні це єдиний метод, який є найбільш ефективним для добору генотипів з підвищеним вмістом неспсихотропних канабіноїдів і зниженим вмістом тетрагідроканабінолу [29].

У зв'язку з розвитком нового напрямку селекції конопель – медичного – удосконалено «Спосіб оцінки рослин конопель на наявність канабіноїдних сполук» [46]. Він 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, при цьому використовують 5 мл 0,04 % розчину барвника тривкого синього Б в етанолі (чітко визначеної концентрації), для приготування якого наважки заздалегідь готують в лабораторії з використання аналітичних ваг, і порівняння з попередньо нанесеними екстрактами етанолу-свідка із заданим вмістом канабіноїдних сполук на пластини з фільтрувального паперу без просочування натрій карбонатом.

Також останнім часом розроблено окремі способи і прийоми культивування промислових неспсихотропних конопель середньоєвропейського еколого-географічного типу в культурі *in vitro*, зокрема:

– спосіб розмноження рослин з насіння з низькою схожістю та життєздатністю (для стерилізації насіння застосовують розчин гіпохлориту натрію у зниженій концентрації до 1,5 % з експозицією 12,5 хв, насіння висаджують на живильне середовище Мурасіге і Скуга з макро- і мікроелементами у повній дозі, до складу якого входить 5,0 мг/л тіаміну, 1,0 мг/л піридоксину, 5,0 мг/л аскорбінової кислоти, 0,4 мг/л гіберелової кислоти, 4,0 мг/л бурштинової

кислоти, 15,0 г/л сахарози і яке не містить нікотинової кислоти, культивують за замінної температури: 3–4 доби при температурі 20–22 °С і надалі при температурі 24–26 °С [47; 48];

– спосіб індукції калюсогенезу (сегменти гіпокотила довжиною 4–8 мм зі стерильних пагонів віком 7–14 діб культивують на середовищі Мурасіге і Скуга з макро- і мікроелементами у повній дозі, до складу якого входять 5,0 мг/л тіаміну, 1,0 мг/л піридоксину, 7,5 мг/л аскорбінової кислоти, 2,0 мг/л гліцину, 100,0 мг/л мезоінозиту, 0,5 мг/л 2,4-дихлорофеноксіоцтової кислоти, 0,3 мг/л кінетину, 0,5 мг/л гібереллової кислоти, 30,0 г/л сахарози і яке не містить нікотинової кислоти) [49; 50];

– додавання до середовища аскорбінової кислоти як антиоксиданта, що поліпшує виживання та ріст експлантів [51; 52];

– модифіковане живильне середовище для культивування Мурасіге і Скуга, до якого внесено наступні зміни складових: 2400 мг/л (30 мМ)  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ , 1768 мг/л (17,5 мМ)  $\text{KNO}_3$ , 136 мг/л (1 мМ)  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ , 34,72 мг/л (125 мкМ)  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ , комплексованого (хелатованого)  $\text{EDTA-Na}_2$ , 12,36 мг/л (200 мкМ)  $\text{H}_3\text{BO}_3$ , комплексованого (хелатованого)  $\text{C}_3\text{H}_5(\text{OH})_3$ , 0,05 мг/л (0,2 мкМ)  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ , 0,05 мг/л (0,2 мкМ)  $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ , 5 мг/л аскорбінової кислоти (вітамін С), 1 г/л активованого вугілля, 10–30 г/л глюкози, 8 г/л агару і вилучено нікотиніву кислоту (вітамін РР) [52; 53].

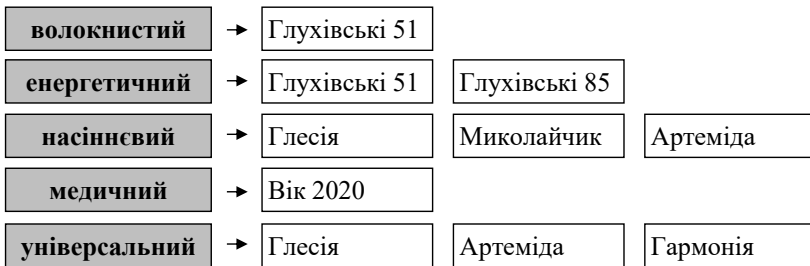
### **3. Сорти промислових конопель як селекційно-генетичні інновації та складові моделі інноваційного провайдингу в агропромисловій сфері**

Селекція відіграє визначальну роль у забезпеченні людства продуктами харчування і промисловості сільськогосподарською сировиною. Специфічною функцією селекції є створення нових сортів і гібридів сільськогосподарських культур для збільшення обсягів виробництва та поліпшення якості продукції. Впливаючи безпосередньо на підвищення рівня продуктивності та рентабельності сільського господарства, селекція перетворюється в ефективний засіб виробництва [54]. У сучасних умовах селекційні дослідження спрямовані на поглиблення генетичних знань про успадкування кількісних і якісних ознак, про стійкість до стресових факторів довкілля і використання цих знань для створення вихідного матеріалу, для селекції високопродуктивних сортів рослин, адаптованих до зональних умов вирощування. Все більшого значення набуває впровадження досягнень



біотехнології в генетико-селекційний процес, що сприяє пошуку нових перспективних напрямів [54].

У результаті впровадження як класичних схем селекційного процесу, так і описаної новітньої методології разом з додатковими способами і прийомами, за останнє десятиріччя в Інституті луб'яних культур НААН створено низку перспективних сортів промислових конопель універсального та спеціалізованого напрямів господарського використання – Вікторія, Глесія, Миколайчик, Артеміда, Гармонія, Вік 2020, Глухівські 51, Глухівські 85 (рис. 5) [55–60].



**Рис. 5. Розподіл сучасних сортів конопель за напрямками господарського використання**

Сорт Вікторія (автори – Лайко І. М., Вировець В. Г., Кириченко Г. І., Щербань І. І.) – перший стабільний сорт з відсутністю канабіноїдних сполук, який одночасно поєднує урожайність на рівні сорту-стандарту. Отриманий методом добору із сорту ЮСО 31 на зниження вмісту тетрагідрокабінолу та зближення початку цвітіння чоловічих і жіночих квіток у суцвітті. Урожайність стебел – 7,9 т/га, загального волокна – 2,7 т/га (за умови вирощування на зеленець), вихід загального волокна 34,9 %, урожайність насіння – 1,2 т/га (за умови вирощування на двобічне використання) [44]. З 2011 р. занесений до Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні.

Сорт Глесія (автори – Лайко І. М., Вировець В. Г., Кириченко Г. І., Щербань І. І., Міщенко С. В., Мигаль М. Д.) отримано методом сімейно-групового добору із сорту конопель Глера у напрямках підвищення насіннєвої продуктивності, зближення строків початку цвітіння чоловічих і жіночих квіток, повної відсутності канабіноїдних сполук. Належить до середньостиглої групи.

Тривалість вегетаційного періоду до технічної стиглості становить 87–95, до біологічної стиглості – 119–125 діб. За даними конкурсного сортовипробування при вирощуванні з метою отримання волокна (на зеленець) урожай стебел становить 7,5–9,0 т/га, волокна – 2,0–2,9 т/га (зокрема довгого 2,1–2,8 т/га), вихід волокна – 29,3–33,3 % (зокрема довгого 27,0–31,4 %). Сорт Глесія – чемпіон серед однодомних промислових конопель за насінневою продуктивністю. При вирощуванні з метою отримання волокна і насіння (на двобічне використання) урожай насіння становить 1,6–2,2 т/га, що на 49,1 % вище за сорт-стандарт Гляна, урожай стебел – 6,5–8,5 т/га, волокна – 2,2–3,1 т/га (зокрема довгого 2,0–3,0 т/га), вихід волокна – 31,0–34,5 % (зокрема довгого 29,0–32,8 %). Статеві структура популяції сорту Глесія складається з 91,0–98,0 % рослин однодомної фемінізованої матірки, яка має компактне суцвіття (здебільшого ромбоподібне) і переважну більшість жіночих квіток. Рослини плосконі однодомних конопель (дестабілізатора однодомності) відсутні. Має середню стійкість до пошкодження шкідниками і ураження хворобами [61]. З 2016 р. занесений до Державного реєстру сортів, придатних для поширення в Україні.

Сорт Миколайчик (автори – Лайко І. М., Вировець В. Г., Кириченко Г. І., Міщенко С. В., Кмець І. Л.) отримано методом складної гібридизації (ЮСО 31 // Глера / Fasamo /// Глухівські 18) з наступним сімейно-груповим добором у напрямках скоростиглості, підвищення насінневої продуктивності, стабілізації однодомності та зниження вмісту канабіноїдних сполук. Сорт Миколайчик – сорт нового покоління насінневого напрямку використання, характеризується високою урожайністю насіння, підвищеним вмістом олії, поліпшеним її жирнокислотним складом шляхом збалансування оптимального співвідношення  $\omega$ -3 і  $\omega$ -6, нижчою висотою рослин на 10–15 см, порівняно з іншими сортами, поширеними у виробництві, що полегшує процес збирання насінневих посівів конопель зернозбиральним комбайном. Чудово реагує на збільшення площі живлення рослин формуванням ромбоподібних фемінізованих суцвіть, які більш продуктивні за масою насіння. Належить до середньостиглої групи. Тривалість вегетаційного періоду до технічної стиглості у середньому становить 94, до біологічної стиглості – 124 доби. За даними конкурсного сортовипробування з метою отримання волокна урожай стебел у середньому становить 8,7 т/га, волокна – 2,6 т/га,

вміст волокна – 29,3 %; з метою отримання волокна і насіння урожай насіння у середньому становить 1,45 т/га, що істотно перевищує сорт-стандарт Гляна (за інтенсивної технології вирощування і сприятливих агрокліматичних умов потенційні можливості сорту у формуванні насінневої продуктивності ще вищі), вміст олії в насінні – 35,2 %. Статева структура популяції сорту Миколайчик складається більш ніж з 95,0 % рослин однодомної фемінізованої матірки, яка має компактне суцвіття (здебільшого ромбоподібне) і переважну більшість жіночих квіток (близько 70 %). Рослини плосконі однодомних конопель, яка є дестабілізатором ознаки однодомності, відсутні. Має середню стійкість до пошкодження шкідниками і ураження хворобами [62]. З 2019 р. занесений до Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні.

Сорт Артеміда (автори – Лайко І. М., Міщенко С. В., Вировець В. Г., Кириченко Г. І.) маючи проміжне успадкування ознаки тривалості вегетаційного періоду батьківських форм, що належать до різних еколого-географічних типів – середньоевропейського і південного (94 доби до технологічної стиглості і 118 діб до біологічної), вдало поєднав рівень вираження цінних господарських ознак більш ранньостиглого сорту і більш пізньостиглого: при вирощуванні на зеленець дає істотно вищий урожай волокна – 2,56 т/га, вихід всього волокна – 30,4 %, зокрема довгого волокна – 27,6 %. При вирощуванні на волокно і насіння, поступаючись за висотою рослин, що позитивно для збирання насіння зернозбиральним комбайном, має істотно вищий урожай насіння (1,29 т/га), вміст олії (36,8 %) та урожай волокна (2,01 т/га) за сорт-стандарт. Примітною ознакою сорту є здатність давати дружні сходи та інтенсивний ріст на початку вегетації, що сприяє зменшенню забур'яненості посіву [63]. З 2020 р. занесений до Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні.

Сорт Гармонія (автори – Міщенко С. В., Лайко І. М., Вировець В. Г., Кириченко Г. І., Лайко Г. М.) створений за інноваційною методикою на основі самозапилених ліній і гетерозисної селекції. При вирощуванні для отримання волокна суттєво перевищує сорт-стандарт за виходом волокна (30,9 %), зокрема і довгого волокна (27,8 %), від якого безпосередньо залежить його висока якість. При вирощуванні для отримання волокна і насіння суттєво перевищує 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 використання [60]. З 2021 р. занесений до Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні.

Сорт Вік 2020 (автори – Лайко І. М., Міщенко С. В., Кириченко Г. І., Вировець В. Г.) – перший на теренах України сорт з підвищеним вмістом канабігеролу (близько 1%), який не належить до психотропних сполук і характеризується низкою лікувальних властивостей. Характеризується урожайністю за основними господарськими показниками не нижче сорту-стандарту Гляна [60]. З 2021 р. занесений до Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні.

Сорт Глухівські 51 (автори – Лайко І. М., Вировець В. Г., Кириченко Г. І., Міщенко С. В.) отримано методом гібридизації дводомних і однодомних конопель (ЮС 8 / ЮСО 46 // ЮС 22 / ЮСО 45) з наступним сімейно-груповим добором у напрямках підвищення вмісту волокна в стеблах та формування біомаси, стабілізації однодомності та повної відсутності канабіноїдних сполук. Сорт є унікальним і неперевершеним у світовій селекції конопель за вмістом волокна при добрій його якості. Належить до середньостиглої групи. Тривалість вегетаційного періоду до технічної стиглості становить 95–100, до біологічної стиглості – 120–125 діб. За даними конкурсного селекційного сортовипробування при вирощуванні на зеленець урожай стебел становить 9,5–10,5 т/га (за інтенсивної технології вирощування сорт здатен формувати ще вищий урожай стебел), волокна – 3,3–3,6 т/га (зокрема довгого 2,8–3,1 т/га), вміст волокна – до 38,9%, вихід довгого волокна – до 35,8%, що суттєво перевищує сорт-стандарт Гляна. Якісні показники волокна наступні: середній номер довгого волокна – 6,3, розривне навантаження – 38,0 даН, лінійна щільність – 37 текс. При вирощуванні на двобічне використання урожай насіння становить 0,9–1,0 т/га. Статева структура популяції сорту Глухівські 51 складається з 90,0–95,0% рослин однодомної фемінізованої матірки, яка має компактне суцвіття і переважну більшість жіночих квіток. Рослини плосконі однодомних конопель (дестабілізатора однодомності) відсутні. Має середню стійкість до пошкодження шкідниками і ураження хворобами. Стійкий до осипання насіння [64]. З 2018 року занесений до Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні.

Сорт Глухівські 85 (автори Лайко І. М., Вировець В. Г., Кириченко Г. І., Міщенко С. В., Щербань І. І., Кмець І. Л.) – яскраво

виражений сорт біоенергетичного і волокнистого напрямів господарського використання. Порівняно з сортом-стандартом він має більш тривалий період вегетації, а саме – 104 доби до технічної стиглості 127 діб до настання фази біологічної стиглості. Сорт має нижчу насінневу продуктивність і вміст олії, але за ознаками волокнистості істотно перевищує сорт Гляна та переважну більшість поширених у виробництві сортів конопель, зокрема висота рослин складає за середніми багаторічними даними 235,3 см, урожайність стебел – 9,41 т/га (за інтенсивної технології вирощування – 10,5–12,5 т/га), урожайність всього волокна – 3,05 т/га, зокрема довгого волокна – 2,67 т/га, вихід всього волокна – 32,4 %, зокрема довгого волокна – 29,3 % при вирощуванні на зеленець; висота стебел – 275,6 см, урожайність всього волокна – 3,12 т/га, зокрема довгого волокна – 2,50 т/га, вихід всього волокна – 33,0 %, зокрема довгого волокна – 27,9 % при вирощуванні на двобічне використання. Відмінною рисою сорту є досягнення елітними рослинами на селекційному розсаднику висоти 4–5 м [65]. З 2019 р. занесений до Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні.

Сучасні сорти конопель характеризуються мінорними кількостями тетрагідроканабінолу, які межують з повною відсутністю (від 0 до 0,0073 %, тобто в десятки разів менше дозволеної чинним законодавством норми). Такий вміст тетрагідроканабінолу забезпечує відсутність психотропності у низці послідовних генерацій в процесі репродукування (системі насінництва).

Спеціалізація окремих сортів промислових конопель за основними господарськими показниками з одного боку та універсальність використання з другого боку цілком здатні задовольняти вимоги виробництва, які ставляться до них.

### **Висновки**

Формування нової парадигми розвитку агропромислового комплексу в 20 ст. можливе лише за умови активного та виваженого впровадження інновацій, зокрема селекційно-генетичних. Для створення сортів промислових конопель розроблено методологію використання самозапилених ліній при отриманні гетерозисних гібридів і синтетичних популяцій. Запропоновано додаткові методи селекції: використання гаметоцидів, способи оцінки рослинних зразків за канабіноїдами, прийоми роботи в культурі *in vitro*. Створено конкурентоздатні сорти промислових конопель як

селекційно-генетичні інновації та складові моделі інноваційного провайдингу в агропромисловій сфері: Вікторія, Глесія, Миколайчик, Артеміда, Гармонія, Вік 2020, Глухівські 51, Глухівські 85.

Селекція динамічно розвивається, створюються нові сорти та розробляються нові методології. Це пов'язано з тим, що сорт не може існувати вічно, він вироджується через появу мутацій, втрачає адаптацію до умов довкілля через кліматичні зміни, поширення нових шкідників та появи нових штамів збудників хвороб, стає незатребуваним через зміну вимог виробництва до сільсько-господарської культури; це пов'язано з тим, що робляться нові відкриття в біології загалом та генетиці зокрема.

Наразі вітчизняні досягнення в селекції конопель досить вагомі, але вже через деякий час можуть виникнути зовсім інші проблемні моменти і задачі, постати нові вимоги виробництва, як, наприклад, сталося з напрямом селекції на зниження вмісту канабіноїдів. Спочатку дану ознаку взагалі не враховували, починаючи з 80-х рр. 20 ст. було докладено надзвичайно багато зусиль на зниження усіх компонентів канабіноїдів, а зараз є необхідність підвищення вмісту неспсихотропних сполук і одночасне зниження вмісту тетрагідро-канабінолу, що пов'язано з розвитком нового напрямку в селекції промислових конопель – медичного. Згодом виникнуть інші селекційно-генетичні інновації у коноплярстві.

#### Список використаних джерел:

1. Кириченко В. В., Тимчук В. М. Методологія трансферу інновацій в агропромислове виробництво. Харків, 2009. 230 с.
2. Акуленко К. В. Формування моделі модернізації вітчизняних агропромислових підприємств на засадах інноваційного провайдингу. *Соціальна економіка*. 2018. Вип. 56. С. 9–17.
3. Указ Президента України № 722/2019 від 30.09.2019 «Про Цілі сталого розвитку України на період до 2030 року». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/722/2019#Text> (дата звернення: 21.07.2021)
4. Коноплі / за ред. М. Д. Мигаля, В. М. Кабанця. Суми, 2011. 384 с.
5. Adamovics A. M., Ivanovs S. A., Dubrovskis V. S. Methane production from industrial hemp. *Agricultural Machinery and Technologies*. 2019. Vol. 13, Iss. 2. P. 20–26. DOI: 10.22314/2073-7599-2018-13-2-20-26
6. Asquer C., Melis E., Scano E.A. et al. Opportunities for green energy through emerging crops: biogas valorization of *Cannabis sativa* L.

residues. *Climate*. 2019. Vol. 7, Iss. 12, 142. P. 1–20. DOI: 10.3390/cli7120142

7. Kraszkievicz A., Kachel M., Parafiniuk S. et al. Assessment of the possibility of using hemp biomass (*Cannabis sativa* L.) for energy purposes: a case study. *Applied Sciences*. 2019, Vol. 9, 4437. P. 1–12. DOI: 10.3390/app9204437

8. Rehman M. S. U., Saif A., Mahmood T. et al. Potential of bioenergy production from industrial hemp (*Cannabis sativa*): Pakistan perspective. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2013. Vol. 18. P. 154–164. DOI: 10.1016/j.rser.2012.10.019

9. Prade T. Industrial hemp (*Cannabis sativa* L.) – a high-yielding energy crop: doctoral thesis. Alnarp, 2011. 93 p.

10. Prade T., Svensson S. E., Andersson A. et al. Biomass and energy yield of industrial hemp for biogas and solid fuel. *Biomass and Bioenergy*. 2011. Vol. 35, Iss. 7. P. 3040–3049. DOI: 10.1016/j.biombioe.2011.04.006

11. Prade T., Finell M., Svensson S. E. et al. Effect of harvest date on combustion related fuel properties of industrial hemp (*Cannabis sativa* L.). *Fuel*. 2012. Vol. 102. P. 592–604. DOI: 10.1016/j.fuel.2012.05.045

12. Prade T., Svensson S. E., Mattsson J. E. Energy balances for biogas and solid biofuel production from industrial hemp. *Biomass and Bioenergy*. 2012. Vol. 40. P. 36–52. DOI: 10.1016/j.biombioe.2012.01.045

13. Kołodziej J., Władyka-Przybylak M., Mankowski J. et al. Heat of combustion of hemp and briquettes made of hemp shives. *Renewable Energy and Energy Efficiency: proceedings of the international scientific conference (Jelgava, May 28th–30th, 2012)*. Jelgava, 2012. P. 163–166.

14. Наукові основи агропромислового виробництва в зоні Степу України / редкол.: М. В. Зубець та ін. Київ, 2010. 986 с.

15. Самохвалова В. Л. Біологічні методи ремедіації ґрунтів, забруднених важкими металами. *Біологічні Студії*. 2014. Т. 8, № 1. С. 217–236.

16. Кабанець В. М., Рудник-Іващенко О. І. Коноплі посівні – фітомеліоративна культура. *Агробіологія*. 2017. № 2. С. 141–148.

17. Кабанець В. М., Михальська Л. М., Швартау В. В. та ін. Фітомеліоративні властивості рослин *Cannabis sativa* L. залежно від сортових особливостей культури. *Plant Varieties Studying and Protection*. 2017. Vol. 13, No 4. P. 423–428. DOI: 10.21498/2518-1017.13.4.2017.117752

18. Shi G., Cai Q. Cadmium tolerance and accumulation in eight potential energy crops. *Biotechnology Advances*. 2009. Vol. 27 Iss. 5. P. 555–561. DOI: 10.1016/j.biotechadv.2009.04.006

19. Husain R., Weeden H., Bogush D. et al. Enhanced tolerance of industrial hemp (*Cannabis sativa* L.) plants on abandoned mine land soil leads to overexpression of cannabinoids. *PLoS ONE*. 2019. Vol. 14, Iss. 8, e0221570. P. 1–14. DOI: 10.1371/journal.pone.0221570

20. Angelova V., Ivanova R., Delibaltova V. et al. Bio-accumulation and distribution of heavy metals in fibre crops (flax, cotton and hemp). *Industrial Crops and Products*. 2004. Vol. 19, Iss. 3. P. 197–205. DOI: 10.1016/j.indcrop.2003.10.001

21. Протас Н. М. Моделювання міграції мікроелементів в системі ґрунт–рослина: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. с.-г. наук: спец. 03.00.16 «Екологія». Київ, 2004. 20 с.

22. Тетерук О. О., Ковальов В. Б., Ландін В. П. та ін. Перспективи вирощування конопель, сої та амаранту на радіоактивно забруднених територіях. *Збалансоване природокористування*. 2018. № 4. С. 37–45. DOI: 10.33730/2310-4678.4.2018.166428

23. Конопля / под ред. Г. И. Сенченко, М. А. Тимонина. Москва, 1978. С. 9–27.

24. Пісковий М. Б., Пилипченко А. В. Особливості розвитку біоти ґрунту в посівах конопель за технологіями органічного землеробства та її вплив на продуктивність. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2019. № 3. С. 35–42. DOI: 10.31210/visnyk2019.03.04

25. Пилипченко А. В., Пісковий М. Б. Особливості селекції нових сортів конопель посівних у ТОВ «Інститут органічного землеробства». *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2020. № 1. С. 13–24. DOI: 10.31210/visnyk2020.01.01

26. Лайко І. М., Міщенко С. В., Орлов М. М. та ін. Перспективи переорієнтації селекції конопель для створення сортів медичного напрямку використання. *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2015. Вип. 23. С. 107–111.

27. Шкурдода С. В., Пасічник В. В., Орлов М. М. та ін. Селекція конопель для створення сортів з підвищеним вмістом канабідіолу. *Вісник ХНАУ. Серія «Рослинництво, селекція і насінництво, плодово-овочівництво і зберігання»*. 2015. Вип. 2. С. 210–220.

28. Пилипченко А. В., Орлов М. М., Шкурдода С. В. та ін. Результати селекції технічних конопель щодо збільшення вмісту канабігеролу. *Вісник ХНАУ. Серія «Рослинництво, селекція і насінництво, плодово-овочівництво і зберігання»*. 2018. Вип. 1. С. 126–134.

29. Міщенко С. В. Теоретичні і практичні основи використання інбридингу і гібридизації в селекції конопель : дис. ... докт. с.-г. наук : 06.01.05. Харків, 2020. 525 с.



30. Мигаль М. Д., Міщенко С. В., Лайко І. М. Індукт і гетерозис конопель. Суми, 2020. 146 с.

31. 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.

32. Міщенко С. В. Рівень прояву та успадкування селекційних ознак у сортолінійних, лінійносортових і міжлінійних гібридів F<sub>1</sub> різних еколого-географічних типів. *Селекція і насінництво*. 2016. Вип. 109. С. 101–110. DOI: 10.30835/2413-7510.2016.74205

33. 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.

34. Міщенко С. В. Вміст канабіноїдів у сортолінійних, лінійносортових і міжлінійних гібридів конопель F<sub>1</sub>–F<sub>3</sub> та методичні аспекти їх створення. *Вісник Центру наукового забезпечення АПВ Харківської області*. 2016. Вип. 21. С. 186–194.

35. 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. DOI: 10.7124/FEE0.v21.808

36. Міщенко С. В., Лайко І. М., Ткаченко С. М. Перспективи створення і впровадження сортів промислових конопель на основі конвергентних схрещувань в аспекті сталого розвитку сільських територій. *Стійкий розвиток сільських територій у контексті реалізації державної екологічної політики та енергозбереження / за заг. ред. Т. О. Чайки*. Полтава, 2021. С. 78–89.

37. Міщенко С. В. Статеві структура конвергентних гібридів конопель. *Агробіологія*. 2021. № 1. С. 93–103. DOI: 10.33245/2310-9270-2021-163-1-93-103

38. 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

39. Орлов Н. М. Использование этрела для получения исходного селекционного материала конопли. *Методические указания по качественной оценке конопли на содержание каннабиноидов, получению тетраплоидных форм и использованию этрела*. Москва, 1985. С. 12–15.

40. 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. DOI: 10.48096/btc.2018.6(11).38–46

41. Міщенко С. В. Інбредні лінії конопель як компоненти синтетичних популяцій. *Вісник Степу* : матеріали XVII всеукр. наук.-практ. конф. молодих вчених і спеціалістів «Стан та перспективи розвитку агропромислового виробництва України» (Созонівка, 25 березня 2021 р.). Вінниця, 2021. Вип. 18. С. 95–108.

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

43. Спосіб створення синтетичних популяцій конопель: пат 141089 UA / Міщенко С. В., Лайко І. М. № u 2019 08216; заявл. 15.07.2019; опубл. 25.03.2020, Бюл. № 6.

44. Лайко І. М. Теоретичні і практичні основи селекції закріплення однодомності, елімінації канабіноїдів та підвищення продуктивності конопель : дис. ... доктора с.-г. наук : 06.01.05. Глухів, 2012. 423 с.

45. 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

46. 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. № u 2015 10707 ; заявл. 03.11.15; опубл. 10.06.16, Бюл. № 11.

47. Спосіб розмноження рослин конопель з насіння з низькою схожістю та життєздатністю : пат. 120489 UA / Міщенко С. В., Лайко І. М. № u 2017 02849; заявл. 27.03.2017 ; опубл. 10.11.2017, Бюл. № 21.

48. 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.

49. Спосіб одержання калусної тканини однодомних ненаркотичних конопель посівних (*Cannabis sativa* L.) середньоросійського еколого-географічного типу в культурі *in vitro*: пат. 132944 UA /

Міщенко С. В. № у 2018 05574 ; заявл. 21.05.2018 ; опубл. 25.03.2019, Бюл. № 6.

50. Міщенко С. В. Індукція калусогенезу в технічних (промислових) конопель в умовах *in vitro*. *Луб'яні та технічні культури*. 2018. Вип. 6 (11). С. 21–28. DOI: 10.48096/btc.2018.6(11).21–28.

51. 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.

52. 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.

53. Міщенко С. В. Модифікація живильного середовища для культивування непсихотропних конопель (*Cannabis sativa* L.) середньоевропейського еколого-географічного типу *in vitro*. *Луб'яні та технічні культури*. 2019. Вип. 7 (12). С. 15–23. DOI: 10.48096/btc.2019.7(12).15–23

54. Васильківський С. П., Кочмарський В. С. Селекція і насінництво польових культур. Миронівка, 2016. 376 с.

55. 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. DOI: 10.48096/btc.2018.6(11).14–20

56. Міщенко С. В., Кириченко Г. І., Лайко І. М. Новий сорт промислових конопель 'Артеміда' універсального напрямку господарського використання з підвищеним умістом олії та поліпшеною якістю волокна. *Plant Varieties Studying and Protection*. 2021. Т. 17, № 1. С. 43–50. DOI: 10.21498/2518-1017.17.1.2021.228208

57. Міщенко С. В., Кириченко Г. І. Створення нових сортів промислових конопель для розвитку сільських територій на засадах раціонального використання природноресурсного потенціалу. *Розвиток сільських територій на засадах екологічності, енерго-незалежності й енергоефективності* : матеріали І міжнар. наук.-практ. конф. (Полтава, 5 травня 2021 р.). Полтава, 2021. С. 38–41.

58. Міщенко С. В. Сорт промислових конопель Гармонія як приклад ефективного використання лінійносортової гібридизації в селекції. *Проблеми аграрного виробництва на сучасному етапі і шляхи їх вирішення* : матеріали міжнар. наук.-практ. конф.,

присвяченій ювілейним датам від дня народження видатних вчених-рослинників Л. М. Делоне, С. М. Фріденталь (Харків, 1–2 липня 2021 р.). Харків, 2021. С. 218–222.

59. Mishchenko S. V., Laiko I. M., Kyrychenko H. I. Breeding of industrial hemp with a high content of cannabigerol by the case of 'Vik 2020' cultivar. *Plant Varieties Studying and Protection*. 2021. Vol. 17, No 2. P. 105–112. DOI: 10.21498/2518-1017.17.2.2021.236514

60. Лайко І. М., Кириченко Г. І., Ткаченко С. М., Міщенко С. В., Лайко Г. М., Срібний М. В. Створення і впровадження нових сортів промислових конопель як складова провайдингу екоінновацій в аграрній і суміжній сферах. *Наукове забезпечення соціально-економічних і управлінських засад розвитку, правового регулювання, провайдингу екоінновацій та енергоефективних технологій в умовах глобалізації в аграрній і суміжній сферах* / за ред. Ю. В. Самойлик. Полтава, 2021. С. 142–151.

61. Глесія – сорт промислових конопель насінневого напрямку використання. *Аграрна наука – виробництво*. Київ, 2016. № 3 (77). С. 18.

62. Миколайчик – перспективний сорт конопель насінневого напрямку використання. *Аграрна наука – виробництво*. Київ, 2020. № 3 (93). С. 23.

63. Новий сорт промислових конопель Артеміда. *Аграрна наука – виробництво*. Київ, 2021. № 2 (96). С. 17.

64. Глухівські 51 – сорт промислових конопель волокнистого і біоенергетичного напрямку використання. *Аграрна наука – виробництво*. Київ, 2019. № 1 (87). С. 12.

65. Сорт промислових конопель біоенергетичного напрямку використання Глухівські 85. *Аграрна наука – виробництво*. Київ, 2020. № 1 (91). С. 19.