
КЛІМАТИЧНО ОРІЄНТОВАНА СЕЛЕКЦІЯ ПРОМИСЛОВИХ КОНОПЕЛЬ

Мищенко С. В.

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-389-7-22>

ВСТУП

Сучасний український агропромисловий комплекс, не зважаючи на весь свій масштабний потенціал, 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 модернізації підприємств на засадах інноваційного провайдингу¹.

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: 1) селекційно-генетичні; 2) екологічні та виробничо-технологічні; 3) організаційно-управлінські².

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) тощо³.

¹ Акуленко К. В. Формування моделі модернізації вітчизняних агропромислових підприємств на засадах інноваційного провайдингу. *Соціальна економіка*. 2018. Вип. 56. С. 9–17.

² Ibid.

³ Ibid.

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 виробництва⁴. 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 напрямів⁵.

1. Селекційно-генетичні інновації у коноплярстві

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. 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 напрямами господарського використання, що сприяє створенню сировинної бази для ефективно організації різновекторних виробництв, зокрема, біоенергетичних і текстильних виробів, продуктів збалансованого харчування, гігієнічних та косметичних засобів, ліків тощо. Коноплі – культура безвідходного виробництва, бо виключно усі частини рослин придатні для переробки і виготовлення широкого асортименту продукції. Водночас виникає необхідність розробки нової методології

⁴ Васильківський С. П., Кочмарський В. С. Селекція і насінництво польових культур. Миронівка, 2016. 376 с.

⁵ Ibid.

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 України⁶, 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 земель⁷ 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)⁸. 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 складові⁹, наприклад, кострицю, яка утворюється в процесі переробки, чи рослинні рештки, що залишаються після збирання насінневих посівів (це є більш економічно вигідно). Останнім часом у світі дискутується 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

⁶ 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)

⁷ Ibid.

⁸ Коноплі / за ред. М. Д. Мигаля, В. М. Кабанця. Суми, 2011. 384 с.

⁹ Ibid.

погодних умов 2,0–2,4 т, тоді як окремі сорти конопель мають урожайність сухих стебел вище 14 т¹⁰.

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 добрива¹¹.

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^{12, 13, 14, 15, 16}. 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 паливо¹⁷. 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⁻¹

¹⁰ Коноплі / за ред. М. Д. Мигаля, В. М. Кабанця. Суми, 2011. 384 с.

¹¹ Ibid.

¹² 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

¹³ 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

¹⁴ Kraszkiewicz 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

¹⁵ 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

¹⁶ Prade T. Industrial hemp (*Cannabis sativa* L.) – a high-yielding energy crop: doctoral thesis. Alnarp, 2011. 93 p.

¹⁷ Ibid.

118, 19, 20, 21, перевищуючи аналогічні показники топінамбура (16,5) і незначним чином поступаючись міскантусу (19,8 МДж · кг⁻¹)²².

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, сприяють зменшенню хімічного навантаження на доквілля, 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 N₉₀₋₁₂₀P₆₀₋₉₀K₆₀₋₉₀, на чорноземах – N₄₅₋₆₀P₄₅₋₆₀K₄₅₋₆₀), але їх післядія добре помітна на наступний рік.

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 дощу²³. 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 зерновим²⁴, 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

¹⁸ Prade T. Industrial hemp (*Cannabis sativa* L.) – a high-yielding energy crop: doctoral thesis. Alnarp, 2011. 93 p.

¹⁹ 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

²⁰ 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

²¹ 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

²² 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.

²³ Наукові основи агропромислового виробництва в зоні Степу України / редкол.: М. В. Зубець та ін. Київ, 2010. 986 с.

²⁴ Ibid.

напрямом в науці та виробництві, що динамічно розвивається²⁵. Активно досліджуються фітомеліоративні властивості рослин конопель – їх здатність до накопичення важких металів^{26, 27}. 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 ґрунті²⁸, інших важких металів (As, Pb, Ni, Hg)²⁹, внаслідок чого можуть бути використані як потенційна культура для очищення від них ґрунту³⁰.

Також обґрунтовано доцільність вирощування конопель на радіоактивно забруднених ґрунтах як один з методів відновлення цих територій і з точки зору можливостей їх раціонального сільськогосподарського використання^{31, 32}. Встановлено, що коефіцієнт накопичення ¹³⁷Cs в рослинах зменшується зі збільшенням вмісту радіонуклідів у ґрунті, причому протягом всього вегетаційного періоду. Винесення радіоактивного забруднення при вирощуванні даної культури

²⁵ Самохвалова В. Л. Біологічні методи ремедіації ґрунтів, забруднених важкими металами. *Біологічні Студії*. 2014. Т. 8, № 1. С. 217–236.

²⁶ Кабанець В. М., Рудник-Іващенко О. І. Коноплі посівні – фітомеліоративна культура. *Агробіологія*. 2017. № 2. С. 141–148.

²⁷ 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

²⁸ 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

²⁹ 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

³⁰ 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

³¹ 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.

³² 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

незначне – коефіцієнт виносу К становив 0,0430–0,2477 %. Відносний розподіл ^{137}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 урожаю³³, що є дуже важливим.

Порівняно з насінням і зеленою масою сої й амаранту, виявлено найнижчі показники питомої активності ^{137}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}Cs зменшується³⁴.

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 рослин³⁵. 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, середньоевропейського – 9,7 і південного – 11,5–13,2 %.

Інша селекційно-генетична інновація – це розробка технології вирощування сільськогосподарських культур в умовах в умовах органічного землеробства. Для конопель даний напрям є відносно новим, але вже поряд з технологіями культивування³⁶ розробляються прийоми селекції,

³³ 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.

³⁴ 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

³⁵ 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.

³⁶ Пісковий М. Б., Пилипенко 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

спрямовані на створення сортів, більшою мірою придатних до органічного землеробства³⁷.

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^{38, 39, 40}.

У зв'язку з глобальними та зональними змінами клімату, які, перш за все, проявляються у глобальному потеплінні та перерозподілі забезпеченості вологою у ґрунті й у вигляді опадів, коноплі зазнають негативного впливу посушливих умов середовища та підвищеної температури. Спостерігається зниження інтенсивності росту та розвитку рослин, фертильності пилку та здатності жіночих квіток до запліднення, а також частки життєздатних зародків. У зв'язку з цим наявність толерантності до вказаних чинників середовища є невід'ємною складовою реалізації потенційної продуктивності сучасних генотипів конопель. Відтак селекція промислових конопель також повинна бути кліматично орієнтованою. Актуальними залишаються як традиційні методи селекції, так і нові способи, які повинні забезпечити подолання негативного впливу абіотичних стресів та створення на цій основі стабільних і пластичних сортів.

2. Новітня методологія селекції промислових 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

³⁷ 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

³⁸ 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.

³⁹ 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, плодоовочівництво і зберігання»*. 2015. Вип. 2. С. 210–220.

⁴⁰ 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, плодоовочівництво і зберігання»*. 2018. Вип. 1. С. 126–134.

вегетаційного періоду і створення стійкого до шкідників і хвороб вихідного матеріалу. При цьому 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 та гібридизації в селекції однодомних конопель⁴¹.

Обґрунтована наступна теоретична модель самозапиленої лінії як компонента схрещувань: 1) повна відсутність канабіноїдних сполук у родоводі сім'ї, що стабільно проявляється протягом декількох інбредних поколінь, тобто відсутність мутаційного тиску за цією ознакою; 2) відсутність у статевій структурі плосконі однодомних конопель, перезапилення з яким веде до дводомності; 3) 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 %; 4) висока продуктивність за однією чи комплексом ознак; 5) низький ступінь прояву інбредної депресії; 6) добра комбінаційна здатність⁴².

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

⁴¹ 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.

⁴² Ibid.

урізноманітнення вихідного матеріалу, розширення його генетичної основи та прискорення селекційного процесу^{43, 44, 45, 46, 47}.

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 %. Основні селекційні ознаки у переважній більшості гібридів успадковувались за типом наддомінування (табл. 1)⁴⁸.

Результативність селекційних доборів у гібридних поколіннях залежала від ступеня індивідуальної мінливості кількісних ознак конкретної сім'ї гібриду, наприклад встановлено, що міжлінійний гібрид I₃ Глесія / I₃–I₅ Золотоніські 15 менш продуктивний, але ліпше піддавався індивідуальному добору, а гібрид I₃–I₅ Золотоніські 15 / I₃ Глесія більш продуктивний, але меншою мірою піддавався добору, незначним чином знижував показники ознак волокнистості і характеризувався від'ємним ексцесом, що свідчить про розщеплення кількісних ознак у потомстві. Загалом створення цінного вихідного селекційного матеріалу за однією чи комплексом ознак і різних напрямів використання (волокнистого, біоенергетичного, насінневого тощо) можливе з використанням в межах одного еколого-географічного типу або різних трьох типів простих гібридів: сортолінійних, лінійносортових і міжлінійних. 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

⁴³ 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.

⁴⁴ Мигаль М. Д., Міщенко С. В., Лайко І. М. Інцухт і гетерозис конопель. Суми, 2020. 146 с.

⁴⁵ 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

⁴⁶ 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.

⁴⁷ 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.

⁴⁸ 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.

доцільно використовувати сорт середньоевропейського еколого-географічного типу, а самозапилену лінію – південного типу⁴⁹.

Таблиця 1

Коефіцієнти домінування (hp) селекційних ознак у сортолінійних, лінійносортових і міжлінійних гібридів F₁ (середнє, 2013–2015 рр.)⁵⁰

Гібриди	Ознаки							
	загальна довжина, см	технічна довжина, см	діаметр стебла, мм	маса стебла, г	маса волокна, г	вміст волокна, %	маса насіння, г	маса 1000 насіння, 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

При цьому явища гетерозису за вмістом канабіноїдів у досліджуваних гібридів не встановлено. Кількість рослин у потомстві створених сортолінійних, лінійносортових та міжлінійних гібридів F₁ з відсутністю канабідіолу становило у середньому за три роки 93,3–100,0, з відсутністю тетрагідроканабінолу – 98,8–100,0 і з відсутністю канабінолу – 95,0–100,0%, що вказує на дуже високу однорідність отриманого гібридного матеріалу. Ознаки статі у досліджуваних гібридів зміщувалися у бік жіночої. Селекційна цінність різних типів гібридів конопель з точки зору збільшення частки однодомної фемінізованої матірki у співвідношенні статевих типів зростала у послідовності: сортолінійні, лінійносортові, міжлінійні. Статева структура була кращою у гібридів, створених шляхом оптимального добору форм для схрещування віддалених середньоевропейського і

⁴⁹ 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.

⁵⁰ Ibid.

південного еколого-географічних типів⁵¹. Проведення селекційного добору з метою закріплення і стабілізації бажаного рівня прояву ознак у потомстві гібридів (до F₃) є обов'язковим заходом, що передує кінцевому результату – створенню сорту.

При доборі батьківських пар для отримання продуктивних гібридів необхідно не лише передбачити можливість прояву гетерозису, але і забезпечити бажане успадкування гібридом важливих господарських ознак і властивостей. Головна вимога для батьківських форм – це їх висока комбінаційна здатність. Комбінаційна цінність будь-якої батьківської форми може бути виражена двома способами: середньою величиною гетерозису за всіма гібридними комбінаціями і значенням цієї величини у тому чи іншому конкретному схрещуванні. Перша характеризує загальну комбінаційну здатність (ЗКЗ) даної батьківської форми, а друга – специфічну комбінаційну здатність (СКЗ). Комбінаційна селекція у процесі створення вітчизняних сортів конопель не проводилася, оскільки вона включає трудомісткий процес гібридизації великої кількості рослин, проведення складної статистичної обробки даних тощо. Нами вперше було доведено можливість і ефективність комбінаційної селекції виключно у однодомних форм конопель середньоєвропейського еколого-географічного типу^{52, 53}.

Дослідження різних самозапилених ліній і сімей сортів конопель Глухівські 58, Глесія та Золотоніські 15 за параметрами комбінаційної здатності у системі повних топкросів (тестери – сорти Гляна та Глухівські 51) показало значну їх диференціацію за ефектами ЗКЗ і варіансами СКЗ. 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 міжсорткових схрещуваннях та у варіантах із залученням сорту Глесія та його самозапилених ліній, у свою чергу адитивні ефекти у значній мірі властиві гібридним комбінаціям з участю самозапилених ліній I₆Глухівські 58 й I₆ Золотоніські 15. Для комбінаційної селекції на підвищення

⁵¹ 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.

⁵² Ibid.

⁵³ 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/FEEO.v21.808

продуктивності доцільно використовувати саме лінійносортові схрещування середньоєвропейського і південного типів (табл. 2)^{54, 55}.

Таблиця 2

Переважаання адитивних або неадитивних ефектів генів, встановлене шляхом порівняння варіанс ЗКЗ (g_i) з варіансами СКЗ (σ_i^2) (середнє, 2015–2016 рр.)⁵⁶

Сорт, лінія	Ознаки							
	загальна довжина	технічна довжина	діаметр стебла	маса стебла	маса волокна	вміст волокна	маса насіння	маса 1000 насінин
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. ЗКЗ – загальна комбінаційна здатність; СКЗ – специфічна комбінаційна здатність; Л – лінії; а – адитивні ефекти генів; н – неадитивні ефекти генів.

Ученими висунута гіпотеза про те, що формотворчі процеси в селекції починаються з кросбридингу (простого або складного), як джерела високої гетерозиготності, з переходом на інбридинг (жорсткий, помірний або м'який), як засобу підвищення гомеостатичності вихідного матеріалу, і завершується третім видом формотворення – конвергенцією (вертикальною, горизонтальною і змішаною), бо проводять складні схрещування різного ступеня спорідненості⁵⁷. Ми вважаємо, що в селекції рослин після кросбридингу фактично

⁵⁴ 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.

⁵⁵ 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/FEEO.v21.808

⁵⁶ Ibid.

⁵⁷ Поліщук І. Б., Поліщук В. Д. Формотворчі процеси у спадкових перетвореннях. *Вісник аграрної науки*. 2007. № 2. С. 45–49.

відбуваються два явища – дивергенція («розходження» ознак при інбридингу, внаслідок чого утворюється багато досить відмінного селекційного матеріалу від вихідних форм) і конвергенція («сходження» ознак внаслідок гібридизації різного ступеня спорідненості).

Конвергенція різних напрямів є джерелом позитивних і негативних трансгресій за найважливішими ознаками, які цікавлять селекціонера, і рушійним фактором експериментальної еволюції організмів (культурних рослин)⁵⁸.

Вертикальна конвергенція: 1) сходження різних поколінь бекросів (помірний інбридинг) при внутрішньосімейному схрещуванні, де за батьківську беруть форми з ранніх, більш гетерозиготних поколінь, а за материнську – форми з більш пізніх гомозиготних поколінь; 2) сходження різних інбредних поколінь з однієї сім'ї (м'який інбридинг → помірний інбридинг), добір і пересіви в поколіннях та об'єднання кращих доборів в єдину субпопуляцію⁵⁹.

Горизонтальна конвергенція: 1) сходження простих гібридів одного покоління, споріднених за однією з батьківських форм, – напівсисбів; 2) сходження бекросів одного покоління від різних батьківських пар, споріднених за рекурентним сортом⁶⁰.

Експериментально встановлено, що в 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 (F_1 // F_3); 2) схрещування простих міжлінійних гібридів різних еколого-географічних типів з інбредною лінією середньоєвропейського типу більш пізнього покоління від самозапилення (міжлінійний гібрид // самозапилена лінія); 3) реципрокні схрещування простих міжлінійних гібридів різних еколого-географічних типів з вихідним сортом самозапиленої лінії середньоєвропейського типу (міжлінійний гібрид // сорт і сорт // міжлінійний гібрид);

⁵⁸ Поліщук І. Б., Поліщук В. Д. Формотворчі процеси у спадкових перетвореннях. *Вісник аграрної науки*. 2007. № 2. С. 45–49.

⁵⁹ Ibid.

⁶⁰ Ibid.

4) схрещування простих лінійносортових і міжсортових гібридів першого покоління, споріднених за однією з батьківських форм^{61, 62, 63}.

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

3. Окремі методичні прийоми і способи кліматично орієнтованої селекції промислових конопель

Також розроблено низку допоміжних методичних прийомів і способів, які сприяють інтенсифікації селекційного процесу, доповнюючи описану вище методологію.

По-перше, при проведенні гібридизації зразків, представлених однодомною фемінізованою матіркою 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 чоловічочфертильних рослин протягом усього періоду цвітіння є обов'язковим заходом)⁶⁴. На відміну від попередніх досліджень і рекомендацій 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-хлоретилфосфонової кислоти (1440–2880 мг/л і дозою 30 мл робочого розчину на 1 м²), у фазі від п'яти пар листків до початку бутонізації, тобто до диференціації тканин статевих органів у

⁶¹ 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.

⁶² 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.

⁶³ Міщенко С. В. Статеві структури конвергентних гібридів конопель. *Агробіологія*. 2021. № 1. С. 93–103. DOI: 10.33245/2310-9270-2021-163-1-93-103

⁶⁴ 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

меристематичних зонах (при цьому коноплі формують достатню кількість гібридного насіння на одній рослині для подальшого вивчення і розмноження)⁶⁵.

По-друге з метою створення високогетерозиготного продуктивного вихідного матеріалу, прискорення селекційного процесу і уникнення трудомісткої кастрації чоловічих квіток був розроблений «Спосіб створення синтетичних популяцій конопель»⁶⁶, згідно якого для схрещування рослин самозапилених ліній в умовах штучної ізоляції у вегетаційному будинку відбирають 5 рівних кількостей насіння, що отримані від рослин 5-ти самозапилених ліній I₄–I₆, 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 самозаплення (тобто рослини якої в результаті самозаплення утворюють найменшу кількість насіння, а за даними розсадника оцінки за умови відсутності просторової ізоляції і вільного запилення пилком різного походження характеризуються високою насінневою продуктивністю). Потім проводять сівбу відбраного насіння під груповий тканинно-плівковий ізолятор, за результатами оцінки отриманого sup-1 добирають потомство 1–3 кращик ліній, змішують їх насіння у рівній кількості і розмножують до sup-3, проводячи дворазову обробку рослин у фазу бутонізації і цвітіння водним розчином аскорбінової кислоти як антистресовим агентом у дозі 400 мг/м². Оскільки селекційний матеріал створюється в умовах підвищеної температури, то вже на рівні мікрогаметофіту здійснюється добір жаростійких генотипів.

По-третє, розроблено «Спосіб селекції сортів однодомних конопель на скоростиглість»^{67, 68, 69}, який полягає у дотриманні визначеної площі

⁶⁵ 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

⁶⁶ 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.

⁶⁷ Спосіб селекції сортів однодомних конопель на скоростиглість: пат. 58355 UA / Лайко І. М., Кириченко Г. І., Вировець В. Г., Онупрієнко Л. Г. № у 2010 11234; заявл. 20.09.2010; опубл. 11.04.2011, Бюл. № 7.

⁶⁸ Лайко І. М. Перспективність створення скоростиглих високопродуктивних сортів однодомних конопель. *Селекція і насінництво*. 2012. Вип. 101. С. 168–172.

⁶⁹ 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.

живлення рослин у селекційному розсаднику, що зменшує вплив зовнішніх факторів на реалізацію у фенотипі ознаки тривалості вегетаційного періоду, доборі скоростиглих елітних рослин із сімей, які мали найменший вегетаційний період в умовах розсадника оцінки, і доборі насіння із найбільш ранньостиглої частини суцвіття.

По-четверте, розроблено спосіб добору конопель на жаростійкість⁷⁰. Створення високопродуктивних сортів агрокультур, стійких до стресових факторів середовища, зазвичай здійснюють протягом вегетаційного періоду традиційними методами селекції – гібридизації, добору тощо. У той же час існує можливість проведення добору цінних генотипів на рівні гаметофіту (мікрогаметофіту). Внутрішній гаметофітний добір відбувається уже в періоді утворення пилку, а зовнішній – при переносі гамет, їх проростанні та рості пилкових трубок. Установлено, що переважна більшість генів, експресія яких проходить в пилку, експресується також і в спорофіті, що й дозволяє проводити добір на рівні гамет. Необхідною умовою також є наявність різноякісного пилку за ступенем жаростійкості. Наразі сформувався низка напрямів добору пилку: селекція екотипів на стійкість до абіотичних факторів навколишнього середовища та фітопатогенів, використання пилкових зерен як тест-системи для дослідження адаптивності до екологічної ніші вирощування, обробка пилкових зерен перед запиленням фрагментами ДНК з метою розширення фонду добору за міжвидовою гібридизації, корекція проходження мейозу за допомогою впливу на пилки біологічно активних речовин для збереження цінних рекомбінантних гамет на постмейотичних етапах комбінаційної селекції тощо.

За аналогією з дослідженнями, проведеними з соняшником⁷¹, у конопель також доведена ефективність добору цінних жаростійких генотипів на рівні гаметофіту та зародка насінини; для селекційної практики запропоновано спосіб створення гібридного селекційного матеріалу конопель, який включає вирощування материнських рослин у вегетаційному будинку і запилення їх в умовах підвищеної температури прогрітим пилком у сухожаровій шафі за певного температурного режиму, добір стійких генотипів на рівні зародка насінини до підвищеної температури шляхом прогрівання насіння (F_1 і F_2) на водяній бані за температури за визначених температури і експозиції,

⁷⁰ Міщенко С. Селекція конопель на стійкість до стресових абіотичних чинників. *Технічні культури для цілей сталого розвитку: пріоритетні напрями наукових досліджень в умовах сучасних викликів і загроз*: матеріали міжнар. наук.-практ. конф. (Глухів, 22–23 березня 2023 р.). Глухів, 2023. С. 15–17.

⁷¹ Тоцький І. В., Лях В. А. Гаметофітний добір на жаростійкість у соняшника культурного. *Вісник Донецького національного університету. Серія А: Природничі науки*. 2014. № 2. С. 156–160.

індивідуальний добір у гібридних поколіннях за цінними господарськими ознаками. Передбачається, що створений вихідний селекційний матеріал (сортозразки Афродіта і Patriot) стане основою сортів конопель, які стабільно реалізовуватимуть свій продуктивний потенціал в умовах підвищеної температури, що збільшить економічну ефективність вирощування даної культури на 15–20 % і значно знизить ризики у даному сегменті економіки⁷².

По-п'яте, 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)⁷³, досліджено особливості динаміки накопичення канабіноїдних сполук у промислових сортів конопель та сімей з підвищеним умістом канабідіолу⁷⁴, 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. 1)⁷⁵.

⁷² Міщенко С. Селекція конопель на стійкість до стресових абіотичних чинників. *Технічні культури для цілей сталого розвитку: пріоритетні напрями наукових досліджень в умовах сучасних викликів і загроз*: матеріали міжнар. наук.-практ. конф. (Глухів, 22–23 березня 2023 р.). Глухів, 2023. С. 15–17.

⁷³ 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.

⁷⁴ 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

⁷⁵ 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.

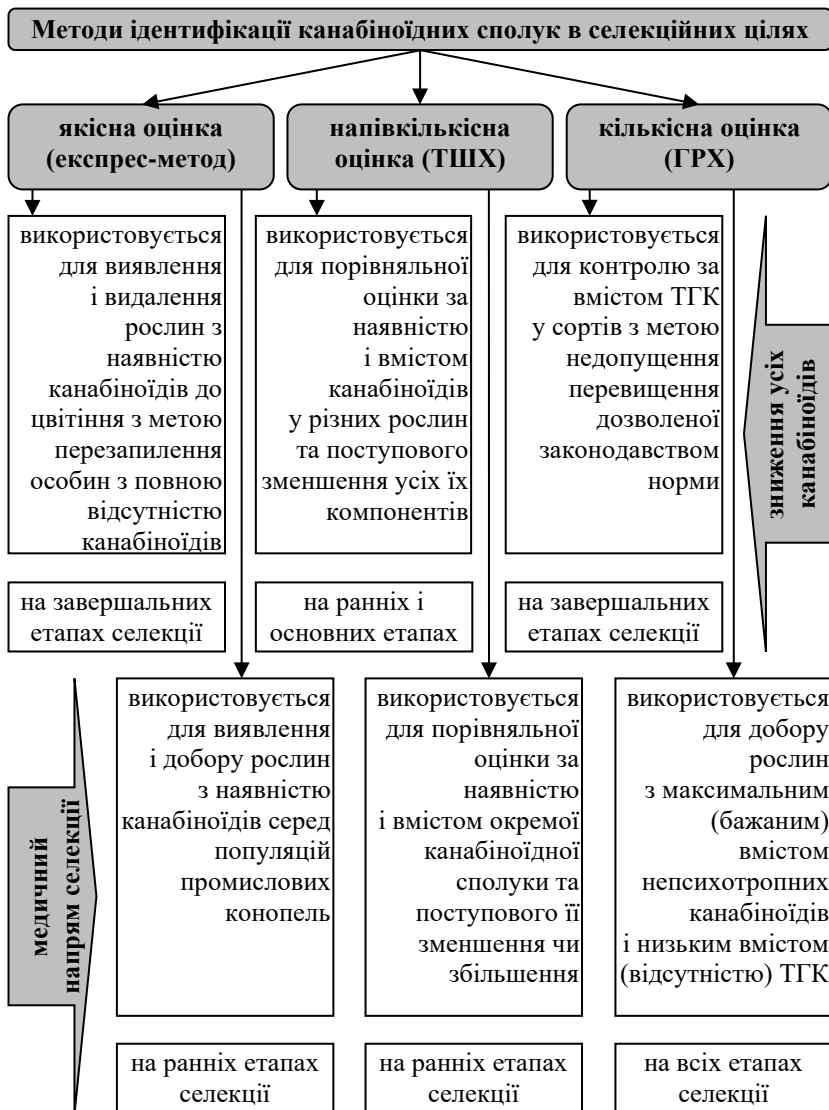


Рис. 1. Методи ідентифікації канабіноїдних сполук в селекційних цілях⁷⁶

⁷⁶ 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.

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 стабілізації ознаки відсутності канабіноїдних речовин на більш високому рівні⁷⁷.

Кількісна оцінка методом газорідної 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 %⁷⁸.

У процесі створення сортів медичного напрямку використання з підвищеним вмістом непсихотропних 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 непсихотропні 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 газорідної 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 непсихотропних канабіноїдів і зниженим вмістом тетрагідроканабінолу⁷⁹.

У зв'язку з розвитком нового напрямку селекції конопель удосконалено «Спосіб оцінки рослин конопель на наявність канабіноїдних сполук»⁸⁰. Він включає проведення якісної реакції зі спиртовим

⁷⁷ 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.

⁷⁸ Ibid.

⁷⁹ Ibid.

⁸⁰ 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.

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 канабіноїдів на пластини з фільтрувального паперу без просочування натрій карбонатом.

4. Промислові коноплі в культурі *in vitro*

Розвиток біотехнологій є важливим фактором еколого-економічного розвитку суспільства, який обумовлений вирішенням значної кількості економічних проблем, забезпеченням сталого розвитку природи і гарантуванням продовольчої та енергетичної безпеки. Біотехнологія у сільському господарстві доповнює традиційні методи селекції рослин (включаючи кліматично орієнтовані) та розробляє нові технології, що дозволяють підвищити ефективність виробництва загалом. При цьому клітинна і тканинна біотехнологія базується на можливості клітин існувати і розмножуватись на живильному середовищі в умовах *in vitro*, здатності до тотипотентності і регенерації (органогенезу), спадкових змінах, які можна використати в селекції.

Можливі напрями використання культури ізольованих клітин і тканин конопель в селекції: 1) відновлення колекційних зразків з насіння з низькою схожістю і життєздатністю, мікроклональне розмноження рослин (цінних генотипів) шляхом використання культури ізольованих тканин; 2) оздоровлення посадкового матеріалу (добір стійких генотипів до хвороб); 3) використання ізольованих клітин, що дає можливість отримувати рослини зі стійкістю до стресових чинників середовища (посухи, засолення, низьких і високих температур, важких металів тощо), створення нових генотипів на основі соматклональної мінливості, шляхом злиття ізольованих протопластів та отримання нестатевих (соматичних) гібридів, культивування ізольованих пиляків та отримання гаплоїдів, вирощування незрілих зародків насінин тощо; 4) отримання вторинних метаболітів з калусної тканини, вирощеної на твердому (агаризованому) або рідкому (суспензійна культура) живильному середовищі; 5) використання культур рослинних клітин та тканин для створення нових форм методами генетичної інженерії.

Останнім часом розроблено окремі способи і прийоми культивування промислових непсихотропних 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)^{81, 82};

– спосіб індукції каллусогенезу (сегменти гіпокотилу 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-дихлорофеноксоцтової кислоти, 0,3 мг/л кінетину, 0,5 мг/л гіберелової кислоти, 30,0 г/л сахарози і яке не містить нікотинової кислоти)^{83, 84};

– спосіб добору *in vitro* толерантних до сольового стресу генотипів^{85, 86};

– додавання до середовища аскорбінової кислоти як антиоксиданта, що поліпшує виживання та ріст експлантів^{87, 88};

⁸¹ 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.

⁸² 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.

⁸³ 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.

⁸⁴ 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

⁸⁵ Спосіб добору *in vitro* толерантних до сольового стресу генотипів конопель посівних: пат. 151514 UA / Міщенко С. В., Лайко І. М., Ткаченко С. М. № у 2022 01227; заявл. 14.04.2022; опубл. 03.08.2022, Бюл. № 31.

⁸⁶ Міщенко С. В. Тестування стійкості *Cannabis sativa* L. до сольового стресу в культурі *in vitro*. *Стрес і адаптація рослин*: тези доп. II міжнар. наук. конф., присвяч. 125-річчю від дня народження проф. Ф. П. Мацкова (Харків, 7–8 червня 2023 р.). Харків, 2023. С. 142–143.

⁸⁷ 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.

⁸⁸ Живильне середовище для культивування однодомних ненаркотичних конопель (*Cannabis sativa* L.) середньоросійського еколого-географічного типу в умовах *in vitro*: пат.

– модифіковане живильне середовище для культивування^{89, 90}.

Як засвідчила практика, подальших досліджень потребує питання мікроклонального розмноження конопель *in vitro*, індукції калюсогенезу, органогенезу і соматональної мінливості саме волокнистого (з відсутністю психотропних властивостей) типу, оскільки під час його здійснення виникають певні складнощі. У селекційно-генетичній роботі все більш затребуваним стає застосування біотехнологічних методів для отримання принципово нового селекційного матеріалу, однак рослини цього типу є недостатньо чутливими до культивування *in vitro* загалом та культури ізольованих клітин і тканин зокрема, хоча й реагують на обробку фітогормонами *in vivo*⁹¹. Вони слабо піддаються впливу фотоперіоду і здатні до цвітіння при значному розмаху варіації тривалості світлового дня (фенологічні фази лише незначним чином подовжуються чи скорочуються), а тому швидко закінчують свій розвиток і відмирають, що унеможливило їх подальше використання *in vitro*, характеризуються сильним апікальним домінуванням. Зважаючи на вищевикладені аргументи, актуальною є розробка такого живильного середовища для культивування однодомних непсихотропних конопель середньоевропейського еколого-географічного типу в умовах *in vitro*, яке б покращувало цей процес і результат за рахунок інтенсифікації росту пагонів і поліпшення їх життєздатності, сприяло подовженню тривалості вегетативної стадії розвитку і онтогенезу загалом, гальмувало настання генеративної стадії, виступало інгібітором накопичення фенольних сполук.

Експериментально було встановлено оптимальний варіант модифікації середовища Мурасіге і Скуга, до якого внесено наступні зміни складових: 2400 мг/л (30 мМ) NH_4NO_3 , 1768 мг/л (17,5 мМ) KNO_3 , 136 мг/л (1 мМ) KH_2PO_4 , 34,72 мг/л (125 мкМ) $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, комплексованого (хелатованого) EDTA-Na_2 , 12,36 мг/л (200 мкМ) H_3BO_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

139471 UA / Міщенко С. В. № у 2019 06014; заявл. 31.05.2019; опубл. 10.01.2020, Бюл. № 1.

⁸⁹ Ibid.

⁹⁰ 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

⁹¹ Mishchenko S. V., Laiko I. M., Tkachenko S. M., Lavrynenko Y. O., Marchenko T. Y., Piliarska O. O. The influence of exogenous growth regulators on the cannabinoid content and the main selection traits of hemp (*Cannabis sativa* L. SSP. *sativa*). *Journal of Agricultural Sciences (Belgrade)*. 2022. Vol. 67, No. 3. P. 237–251. DOI: 10.2298/JAS2203237M

кислоти (вітамін С), 1 г/л активованого вугілля, 10–30 г/л глюкози, 8 г/л агару і вилучено нікотинову кислоту (вітамін РР) (табл. 3)⁹².

Нітроген є одним із надзвичайно важливих біогенних макроелементів для рослин, оскільки він входить до складу молекул амінокислот і відповідно білків, фітогормонів, ДНК, РНК, хлорофілу тощо⁹³.

Сучасні сорти промислових конопель середньоевропейського еколого-географічного типу є досить вимогливими до забезпеченості доступними для живлення сполуками даного елемента. Наявність Нітрогену у складі середовища головним чином забезпечується присутністю йонів NH_4^+ та NO_3^- . Саме підвищена, у порівнянні із живильним середовищем Мурасіге і Скуга, концентрація NH_4NO_3 (2400 мг/л) інтенсифікує ріст експлантів та калюсів конопель досліджуваного типу, сприяє кращому розвитку вегетативних органів, водночас гальмує розвиток генеративних органів, подовжуючи тривалість їх онтогенезу *in vitro* загалом.

Фізіологічна роль Калію визначається тим, що він не є конституційним елементом і в рослинах здебільшого залишається в йонній формі, яка підтримує на оптимальному рівні фізико-хімічні властивості протопласта, активує роботу численних ферментів, сприяє синтезу АТФ, підтримує водного балансу рослин на оптимальному рівні шляхом підвищення осмотичного потенціалу клітин і здатності білків до гідратації, у підсумку підвищуючи надходження води в клітини і збільшуючи посухостійкість рослин; сприятливо діє на білковий, ліпідний і вуглеводний обмін, активізує фотосинтетичне й окисне фосфорилування тощо⁹⁴.

Потреба конопель у Калію дещо менша, порівняно з іншими культурами. Знижена, у порівнянні із живильним середовищем Мурасіге і Скуга, концентрація йонів K^+ , джерелом яких є солі KNO_3 (1768 мг/л) і KH_2PO_4 (136 мг/л), гармонізує інтенсивний ріст рослин, що спостерігається внаслідок підвищеної концентрації Нітрогену, попереджує надмірне витягування стебла і міжвузлів, викликає формування додаткових вузлів, що важливо для збільшення коефіцієнта розмноження мікроклонів. Разом з тим, через достатню кількість вуглеводу глюкози (яка за нашими даними дає кращі результати, порівняно з сахарозою), порушення водного балансу (осмотичного тиску) нівелюється.

⁹² 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

⁹³ Злобін Ю. А. Курс фізіології і біохімії рослин. Суми, 2004. 464 с.

⁹⁴ Там само.

Таблиця 3

**Концентрація компонентів живильного середовища для
культивування промислових конопель середньоевропейського
еколого-географічного типу в умовах *in vitro*⁹⁵**

Компонент середовища	Масова концентрація, мг/л	Молярна концентрація	Масова концентрація маточного розчину, мг/л	Об'єм маточного розчину для приготування 1 л середовища, мл
Макроелементи				
NH ₄ NO ₃ *	2400	30 мМ	48000	50
KNO ₃ *	1768	17,5 мМ	35360	
CaCl ₂ · 2H ₂ O	440	3 мМ	8800	
MgSO ₄ · 7H ₂ O	370	1,5 мМ	7400	
KH ₂ PO ₄ *	136	1 мМ	2720	
FeSO ₄ · 7H ₂ O *	34,75	0,125 мМ	6950	5
EDTA-Na ₂ *	46,62	0,125 мМ	9320	
Мікроелементи				
H ₃ BO ₃ *	12,36	100 мкМ	12360	1
C ₃ H ₅ (OH) ₃ *	36,8	200 мкМ	36800	
MnSO ₄ · 4H ₂ O	22,3	100 мкМ	22300	1
ZnSO ₄ · 4H ₂ O	8,6	30 мкМ	8600	
KJ	0,83	5 мкМ	830	
Na ₂ MoO ₄ · 2H ₂ O	0,25	1 мкМ	250	
CuSO ₄ · 5H ₂ O *	0,05	0,2 мкМ	50	
CoCl ₂ · 6H ₂ O *	0,05	0,2 мкМ	50	
Органічні складові				
Гліцин	2		2000	1
Мезо-інозит	100		20000	5
Нікотинова кислота *				
Піридоксин	0,5		500	1
Тіамін	0,1		100	1
Аскорбінова кислота *	5		5000	1
Активоване вугілля *	1000			
Глюкоза *	10000–30000			
Агар *	8000			

Примітка. * – складові, концентрацію яких було змінено (або додано), решта – за прописом Мурасіге і Скуга; фітогормони додають залежно від потреби; для мікронального розмноження масова концентрація глюкози становить 10000 мг/л, для індукції калюсогенезу – 30000 мг/л.

⁹⁵ Міщенко С. В. Модифікація живильного середовища для культивування неспихотропних 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/bsc.2019.7(12).15-23

Фосфор – це конституційний елемент рослин, що входить до складу молекули багатьох органічних сполук, зокрема вуглеводів, РНК і ДНК, білків, ферментів (НАДФ), АДФ і АТФ, тому відіграє важливу роль в енергетичному обміні, сприяє прискоренню біохімічних процесів; завдяки буферним властивостям фосфоровмісних солей підтримується на оптимальному рівні рН протопласта, прискорюється розвиток рослин і їх перехід у генеративний стан, необхідний для доброго засвоєння Нітрогену тощо⁹⁶.

Знижена, у порівнянні із живильним середовищем Мурасіге і Скуга, до 136 мг/л концентрація Фосфору у вигляді йонів ортофосфорної кислоти PO_4^{3-} (136 мг/л KH_2PO_4) у певній мірі гальмує розвиток рослин (але не ріст), їх перехід у генеративний стан і відмирання, а також попереджає появу некротичних плям на листках за інтенсивного освітлення.

Ферум входить до складу окисно-відновних ферментів, забезпечуючи перенесення електронів або Гідрогену як відновника та синтез хлорофілу⁹⁷. Для конопель властивий постійний ріст молодих пагонів із вузлів як при штучному видаленні апікальних меристем, так і без них. Підвищена, у порівнянні із живильним середовищем Мурасіге і Скуга, до 34,72 мг/л концентрація $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, комплексованого (хелатованого) EDTA-Na_2 , необхідна для попередження розвитку хлорозів у молодих листків конопель, які інтенсивно ростуть *in vitro*.

Бор – важливий мікроелемент для росту і розвитку рослин, він не входить до складу ферментів, але впливає на значну кількість фізіолого-біохімічних процесів, зокрема на вуглеводний обмін і транспорт вуглеводів, від нього залежить активність оксиредуктаз, шляхи окиснення вуглеводів (при його нестачі вони окислюються тільки до фенолу, який для клітин є отруйним), при дефіциті Бору в першу чергу страждають меристематичні тканини⁹⁸. Значення Купруму насамперед визначається його участю в побудові молекул окремих окисно-відновних ферментів, він позитивно впливає на фотосинтез, синтез білка⁹⁹. Фізіологічна роль Кобальту різнобічна: він активізує роботу багатьох ферментів, зокрема нітратредуктази, підвищує посухостійкість рослин тощо¹⁰⁰. Експериментально було встановлено, що культивування конопель досліджуваного типу в умовах *in vitro* дає кращі результати при збільшеній масовій частці у середовищі таких мікроелементів, як Бор,

⁹⁶ Злобін Ю. А. Курс фізіології і біохімії рослин. Суми, 2004. 464 с.

⁹⁷ Ibid.

⁹⁸ Ibid.

⁹⁹ Ibid.

¹⁰⁰ Ibid.

Купрум і Кобальт, тому їх концентрацію подвоєно, а H_3BO_3 , комплексовано (хелатовано) гліцеролом – $\text{C}_3\text{H}_5(\text{OH})_3$, що сприяє кращому засвоєнню Бору.

Включення до середовища 5 мг/л аскорбінової кислоти, яка є антиоксидантом, й 1 г/л активованого вугілля також попереджують утворення фенольних сполук, які спричиняють пригнічення росту і розвитку або ж ведуть до загибелі експлантів. Нікотинову кислоту виключено зі складу середовища, оскільки вона у конопель даного типу негативно впливала на ріст і розвиток пагонів, соматичний і генеративний калюсогенез і органогенез.

Вирощені на пропонованому середовищі для культивування конопель *in vitro* пагони характеризувались більш інтенсивним ростом, а відтак – вищими показниками ознак висоти, кількості міжвузлів, маси калюсу, утвореного на гіпокотильних сегментах, здатності до органогенезу, порівняно тривалим вегетаційним періодом тощо¹⁰¹.

Багато проблемних питань введення промислових конопель в культуру *in vitro* залишаються ще не вирішеними і потребують розширення біотехнологічних досліджень.

ВИСНОВКИ

Селекція промислових конопель динамічно розвивається, удосконалюються та розробляються методи та способи створення вихідного матеріалу, поліпшуються чи з'являються нові генотипи, сорти. Все більше уваги приділяється кліматично орієнтованій селекції.

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 різних напрямів господарського використання – Глесія, Миколайчик, Артеміда, Лірина, Афіна (насінневий напрям), Вік 2020, Медана (промислові коноплі з підвищеним вмістом непсихотропних канабіноїдів – відповідно канабігеролу та канабідіолу) Глухівські 51, Глухівські 85

¹⁰¹ 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

(волокнистий та енергетичний напрям)^{102, 103, 104}. Сорти Глесія, Артеміда та Гармонія можуть використовуватися як універсальні сорти, що здатні формувати високий урожай стебел, волокна і насіння. Сучасні сорти конопель характеризуються мінорними кількостями тетрагідроканабінолу або повною його відсутністю, що 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.

Селекція – це водночас наука, мистецтво, обмежений в просторово-часових вимірах еволюційний процес створення нових генотипів, галузь сільськогосподарського виробництва. Селекція за великим рахунком не має кордонів – ані географічних, ані біологічних, тому що вона має місце у будь-якій країні і відносно кожного виду рослин, окультуреного людиною. 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 сільськогосподарської культури; це пов'язано з тим, що робляться нові відкриття в біології загалом та генетиці зокрема.

АНОТАЦІЯ

Розглянуто методологічні питання кліматично орієнтованої селекції промислових конопель, розроблені в Інституті луб'яних культур НААН (м. Глухів Сумської обл.) впродовж останніх років. Окреслено коло селекційно-генетичних інновацій в коноплярстві. На основі аналізу літературних джерел описано окремі методичні прийоми і способи інтенсифікації селекції даної культури, що стосуються хімічної стерилізації чоловічих квіток однодомних статевих типів при гібридизації,

¹⁰² 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

¹⁰³ 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

¹⁰⁴ 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

створення скоростиглого селекційного матеріалу, синтетиків, добору на жаростійкість, визначення вмісту канабіноїдів. Розкрито досягнення і проблеми введення промислових конопель в культуру *in vitro*. Підсумком роботи стало створення низки конкурентоздатних сортів.

Література

1. Акуленко К. В. Формування моделі модернізації вітчизняних агропромислових підприємств на засадах інноваційного провайдингу. *Соціальна економіка*. 2018. Вип. 56. С. 9–17.
2. Васильківський С. П., Кочмарський В. С. Селекція і насінництво польових культур. Миронівка, 2016. 376 с.
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., Wladyka-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 – фіто-меліоративна 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 : 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. 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

24. 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

25. 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.
26. 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, плодоовочівництво і зберігання»*. 2015. Вип. 2. С. 210–220.
27. 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, плодоовочівництво і зберігання»*. 2018. Вип. 1. С. 126–134.
28. 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.
29. Мигаль М. Д., Міщенко С. В., Лайко І. М. Інцухт і гетерозис конопель. Суми, 2020. 146 с.
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. 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.
32. 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.
33. 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/FEEO.v21.808
34. Поліщук І. Б., Поліщук В. Д. Формотворчі процеси у спадкових перетвореннях. *Вісник аграрної науки*. 2007. № 2. С. 45–49.
35. 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.

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

37. 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

38. 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.

39. Спосіб селекції сортів однодомних конопель на скоростиглість: пат. 58355 UA / Лайко І. М., Кириченко Г. І., Вировець В. Г., Онупрієнко Л. Г. № u 2010 11234; заявл. 20.09.2010; опубл. 11.04.2011, Бюл. № 7.

40. Лайко І. М. Перспективність створення скоростиглих високо-продуктивних сортів однодомних конопель. *Селекція і насінництво*. 2012. Вип. 101. С. 168–172.

41. 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.

42. Міщенко С. Селекція конопель на стійкість до стресових абіотичних чинників. *Технічні культури для цілей сталого розвитку: пріоритетні напрями наукових досліджень в умовах сучасних викликів і загроз*: матеріали міжнар. наук.-практ. конф. (Глухів, 22–23 березня 2023 р.). Глухів, 2023. С. 15–17.

43. Тоцький І. В., Лях В. А. Гаметофітний добір на жаростійкість у соняшника культурного. *Вісник Донецького національного університету. Серія А: Природничі науки*. 2014. № 2. С. 156–160.

44. 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

45. 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.

46. 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.

47. 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.

48. Спосіб одержання калусної тканини однодомних ненаркотичних конопель посівних (*Cannabis sativa* L.) середньоросійського еколого-географічного типу в культурі *in vitro* : пат. 132944 UA / С. В. Міщенко. № у 2018 05574 ; заявл. 21.05.2018 ; опубл. 25.03.2019. Бюл. № 6.

49. 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

50. Спосіб добору *in vitro* толерантних до сольового стресу генотипів конопель посівних: пат. 151514 UA / Міщенко С. В., Лайко І. М., Ткаченко С. М. № у 2022 01227 ; заявл. 14.04.2022 ; опубл. 03.08.2022. Бюл. № 31.

51. Міщенко С. В. Тестування стійкості *Cannabis sativa* L. до сольового стресу в культурі *in vitro*. *Стрес і адаптація рослин*: тези доп. II міжнар. наук. конф., присвяч. 125-річчю від дня народження проф. Ф. П. Мацкова (Харків, 7–8 червня 2023 р.). Харків, 2023. С. 142–143.

52. 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.

53. 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.

54. 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

55. Mishchenko S. V., Laiko I. M., Tkachenko S. M., Lavrynenko Y. O., Marchenko T. Y., Piliarska O. O. The influence of exogenous growth regulators on the cannabinoid content and the main selection traits of hemp (*Cannabis sativa* L. SSP. *sativa*). *Journal of Agricultural Sciences (Belgrade)*. 2022. Vol. 67. № 3. P. 237–251. DOI: 10.2298/JAS2203237M

56. Злобін Ю. А. Курс фізіології і біохімії рослин. Суми, 2004. 464 с.

57. 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

58. Міщенко С. В., Кириченко Г. І., Лайко І. М. Новий сорт промислових конопель 'Артеміда' універсального напряму господарського використання з підвищеним вмістом 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

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. № 2. P. 105–112. DOI: 10.21498/2518-1017.17.2.2021.236514

Information about the author:

Mishchenko Serhii Volodymyrovych,

Doctor of Agricultural Sciences,

Associate Professor at the Department of Biology, Human Health
and Teaching Methods,

Oleksandr Dovzhenko Hlukhiv National Pedagogical University,
24, Kyivska Str., Hlukhiv, Sumy region, 41400, Ukraine