

## МЕТОДОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СЕЛЕКЦІЇ ПРОМИСЛОВИХ КОНОПЕЛЬ

Міщенко С. В.

### ВСТУП

Сучасний український агропромисловий комплекс має масштабний потенціал, але ефективність його розвитку можлива лише за умов активного інноваційного розвитку підприємств, що його формують. Для ефективного інноваційно-інвестиційного існування агропромислового сектору необхідним є впровадження такої моделі інноваційного розвитку, яка б забезпечувала баланс між модернізацію виробництва і впровадженням результатів наукових розробок, нових продуктів і технологій виробництва. Одним із різновидів аграрних інновацій є селекційно-генетичні, до яких належать:

- 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<sup>1</sup>.

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 спостерігається спеціалізація у створенні і впровадженні сортів за напрямками господарського використання, що сприяє створенню сировинної бази для ефективної організації різновекторних виробництв.

---

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

Розвиваються нові напрями використання промислових конопель, зокрема як біоенергетичної культури<sup>2,3,4,5,6,7</sup>; незамінної ланки у сізвізмінах, оскільки є добрим попередником для інших культур, вони здатні зменшувати забур'яненість полів, а відтак – хімічне навантаження на довкілля, мають високу ґрунтозахисну здатність від водної ерозії<sup>8</sup>; культури безвідходного виробництва, бо виключно усі частини рослин придатні для переробки і виготовлення широкого асортименту продукції; біоремедіаційної культури, бо придатні для вирощування на забруднених землях важкими металами і радіонуклідами<sup>9,10,11,12,13,14</sup>. Активно розробляється технологія

---

<sup>2</sup> Коноплі / за ред. М. Д. Мигалія, В. М. Кабанця. Суми, 2011. 384 с.

<sup>3</sup> 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

<sup>4</sup> 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

<sup>5</sup> 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

<sup>6</sup> 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

<sup>7</sup> 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

<sup>8</sup> Наукові основи агропромислового виробництва в зоні Степу України / редкол.: М. В. Зубець та ін. Київ, 2010. 986 с.

<sup>9</sup> Самохвалова В. Л. Біологічні методи ремедіації ґрунтів, забруднених важкими металами. *Біологічні Студії*. 2014. Т. 8, № 1. С. 217–236.

<sup>10</sup> Кабанець В. М., Рудник-Івашенко О. І. Коноплі посівні – фітомеліоративна культура. *Агробіологія*. 2017. № 2. С. 141–148.

<sup>11</sup> 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

<sup>12</sup> 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

<sup>13</sup> 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.

<sup>14</sup> 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

виращування сільськогосподарських культур в умовах органічного землеробства. Для конопель даний напрям є відносно новим, але вже поряд з технологіями культивування розробляються прийоми селекції, спрямовані на створення сортів, більшою мірою придатних до органічного землеробства<sup>15,16</sup>. Невпинно підвищується інтерес до переорієнтації промислових конопель як культури медичного напрямку використання. Сорти такого типу повинні мати високий уміст канабідіолу, канабігеролу, канабіхромену чи інших непсихотропних канабіоїдів, і одночасно не містити (чи містити не вище 0,08%) тетрагідроканабінолу. Відповідно з цим у вітчизняній науці уточнюються методи селекції<sup>17,18,19</sup>.

Таким чином, у сучасній селекції промислових конопель можна виділити наступні напрями: волокнистий, енергетичний, насіннєвий, медичний і універсальний. Спеціалізація сортів за напрямками господарського використання викликає необхідність розробки нової методології селекції конопель, яка б прискорювала процес формування нових генотипів.

## **1. Сучасна методологія селекції промислових однородних 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 однородності і вмістом канабіоїдних сполук, стабілізація тривалості

---

<sup>15</sup> 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

<sup>16</sup> 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

<sup>17</sup> 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.

<sup>18</sup> 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.

<sup>19</sup> 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.

вегетативного 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 та гібридизації в селекції однодомних конопель<sup>20</sup>.

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, перезапилення з яким веде до дводомності;

- статева структура, яка майже на 100% складається з однодомної фемінізованої матіркі – 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.

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<sup>21,22</sup>.

Гіпотетичний та істинний гетерозис у досліджуваних лінійносортових, сортолінійних і міжлінійних гібридів за ознаками

---

<sup>20</sup> 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.

<sup>21</sup> Там само. 525 с.

<sup>22</sup> Мигаль М. Д., Міщенко С. В., Лайко І. М. Інцухт і гетерозис конопель. Суми, 2020. 146 с.

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)<sup>23</sup>.

Таблиця 1

**Коефіцієнти домінування (hp) селекційних ознак у сортолінійних, лінійносортових і міжлінійних гібридів F<sub>1</sub> (середнє, 2013–2015 рр.)**

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

*Примітка. Глухів. – Глухівські; Золот. – Золотоніські.*

Результативність селекційних доборів у гібридних поколіннях залежала від ступеня індивідуальної мінливості кількісних ознак конкретної сім'ї гібриду, наприклад встановлено, що міжлінійний гібрид I<sub>3</sub> Глесія / I<sub>3</sub>–I<sub>5</sub> Золотоніські 15 менш продуктивний, але ліпше

<sup>23</sup> 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.

піддавався індивідуальному добору, а гібрид I<sub>3</sub>–I<sub>5</sub> Золотоніські 15 / I<sub>3</sub> 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 доцільно використовувати сорт середньоевропейського еколого-географічного типу, а самозапилену лінію – південного типу<sup>24</sup>.

При цьому явища гетерозису за вмістом канабіноїдів у досліджуваних гібридів не встановлено. Кількість рослин у потомстві створених сортолінійних, лінійносортових та міжлінійних гібридів F<sub>1</sub> з відсутністю канабідіолу становило у середньому за три роки 93,3–100,0, з відсутністю тетрагідрока-набінолу – 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 південного еколого-географічних типів. Проведення селекційного добору з метою закріплення і стабілізації бажаного рівня прояву ознак у потомстві гібридів (до F<sub>3</sub>) є обов’язковим заходом, що передує кінцевому результату – створенню сорту.

---

<sup>24</sup> 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.

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, тому основна 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)<sup>25</sup>. 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 середньоевропейського еколого-географічного типу<sup>26,27</sup>.

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 I<sub>6</sub> Глухівські 58 й I<sub>6</sub> Золотоніські 15. Для комбінаційної селекції на підвищення

---

<sup>25</sup> Гуляев Г. В., Гужов Ю. Л. Селекция и семеноводство полевых культур. Москва, 1987. 447 с.

<sup>26</sup> 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.

<sup>27</sup> 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)<sup>28,29</sup>.

Таблиця 2

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

Сорт, лінія	Ознаки							
	загальна довжина	технічна довжина	діаметр стебла	маса стебла	маса волокна	вміст волокна	маса насіння	маса 1000 насінин
I <sub>6</sub> Глухівські 58 Л1	а	а	а	а	а	а	а	а
I <sub>6</sub> Глухівські 58 Л2	а	а	а	а	а	а	а	а
I <sub>4</sub> Глесія Л1	а	а	н	а	а	а	а	н
I <sub>4</sub> Глесія Л2	н	а	н	а	а	а	н	а
I <sub>6</sub> Золотоніські 15 Л1	а	а	а	а	а	а	а	а
I <sub>6</sub> 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.

З іншого боку, 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

<sup>28</sup> 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.

<sup>29</sup> Міщенко С. В. Ефекти загальної та варіанси специфічної комбінаційної здатності самозаплених ліній і сортів конопель у системі топкросів. *Фактори експериментальної еволюції організмів*. 2017. Т. 21. С. 62–67. DOI: 10.7124/FEEO.v21.808



змішаною), бо проводять складні схрещування 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)<sup>30</sup>. Ми вважаємо, що в селекції рослин після кросбридингу фактично 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).

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 субпопуляцію.

Горизонтальна конвергенція:

1) сходження простих гібридів одного покоління, споріднених за однією з батьківських форм, – напівсибсів;

2) сходження бекросів одного покоління від різних батьківських пар, споріднених за рекурентним сортом<sup>31</sup>.

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:

– 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 типів з інбредною лінією середньоевропейського типу більш пізнього покоління від самозапилення (міжлінійний гібрид // самозапилена лінія);

---

<sup>30</sup> Поліщук І. Б., Поліщук В. Д. Формотворчі процеси у спадкових перетвореннях. *Вісник аграрної науки*. 2007. № 2. С. 45–49.

<sup>31</sup> Там само.

– реципрокні схрещування простих міжлінійних гібридів різних 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<sup>32</sup>.

Подана методологія селекції промислових конопель однодомної форми на основі самозаплених ліній прогнозовано забезпечує створення стабільного матеріалу (сортів) 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.

## **2. Додаткові методичні прийоми і способи прискорення селекційного процесу 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 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 чоловічочертильних рослин протягом усього періоду цвітіння є обов'язковим заходом). На відміну від попередніх досліджень і рекомендацій<sup>33</sup> 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 фази від п'яти пар листків до початку бутонізації, тобто до диференціації тканин

---

<sup>32</sup> 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.

<sup>33</sup> 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.

статевих органів у меристематичних зонах (табл. 3)<sup>34,35</sup>, при цьому коноплі формують достатню кількість гібридного насіння на одній рослині для подальшого вивчення і розмноження.

Таблиця 3

**Стерилізуюча дія гаметоцидів на коноплі сорту Гляна  
(середнє, 2014–2016 рр.)**

Варіант обробки (препарат, концентрація, фенологічна фаза за шкалою ВВСН)	Кількість рослин зі стерильними чоловічими квітками, %		
	через 2 тижні після обробки	через 3 тижні після обробки	через 4 тижні після обробки
Без обробки (контроль)	0	0	0
1,3-дибромпропан 2,0%, ВВСН 15	100,0	59,1	25,0
дибутилфталат 2,0%, ВВСН 15 + ВВСН 61	100,0	100,0	86,7
дибутилфталат 2,0%, ВВСН 55	95,8	68,2	3,6
дибутилфталат 2,0%, ВВСН 61	12,5	2,5	0
дибутилфталат 1,0%, ВВСН 15+ ВВСН 61	98,0	78,8	76,7
дибутилфталат 1,0%, ВВСН 55	93,9	65,6	3,4
дибутилфталат 0,5%, ВВСН 55	81,0	75,6	2,6
етефон 0,6%, ВВСН 15	100,0	100,0	100,0
етефон 0,3%, ВВСН 15	100,0	100,0	100,0
етефон 0,6%, ВВСН 61	100,0	100,0	97,1
етефон 0,3%, ВВСН 61	100,0	100,0	97,0

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»<sup>36</sup>, згідно якого для схрещування рослин самоzapилених ліній в умовах

<sup>34</sup> 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.

<sup>35</sup> 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

<sup>36</sup> 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.

штучної ізоляції у вегетаційному будинку відбирають 5 рівних кількостей насіння, що отримані від рослин 5-ти самозапилених ліній І<sub>4</sub>–І<sub>6</sub>, 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 самозапилення (тобто рослини якої в результаті самозапилення утворюють найменшу кількість насіння, а за даними розсадника оцінки за умови відсутності просторової ізоляції і вільного запилення пишком різного походження характеризуються високою насінневою продуктивністю). Потім проводять сівбу відібраного насіння під груповий тканинно-плівковий ізолятор, за результатами оцінки отриманого суп-1 добирають потомство 1–3 кращих ліній, змішують їх насіння у рівній кількості і розмножують до суп-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>.

По-третє, 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»<sup>37</sup>, досліджено особливості динаміки накопичення канабіноїдних сполук у промислових сортів конопель та сімей з підвищеним вмістом канабідіолу<sup>38</sup>, у результаті чого встановлено, що оптимальним періодом для збирання біомаси конопель медичного напряму використання з подальшим виділенням з неї канабідіолу та відбору зразків для аналізу вмісту канабіноїдних сполук є період від повного цвітіння до фази біологічної стиглості. Також удосконалено «Спосіб оцінки рослин конопель на наявність

---

<sup>37</sup> 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.

<sup>38</sup> 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

канабіноїдних сполук»<sup>39</sup>. 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.

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 неспсихотропних канабіноїдів при одночасному зниженні тетрагідроканабінолу – доцільно використовувати на різних етапах селекційного процесу<sup>40</sup>.

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 неспсихотропності, 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

---

<sup>39</sup> 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.

<sup>40</sup> 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.

тетрагідроканабінолу, щоб він не перевищував дозволеної законодавством норми, яка на даний час становить 0,08 %.

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 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 непсихотропних канабіноїдів і зниженим вмістом тетрагідроканабінолу.

Розвиток біотехнологій є важливим фактором еколого-економічного розвитку, який обумовлений вирішенням значної кількості економічних проблем і забезпеченням сталого розвитку природи. Біотехнологія у сільському господарстві доповнює традиційні методи селекції рослин та розробляє нові технології, що дозволяють підвищити ефективність виробництва загалом. Можливі напрями використання культури ізольованих клітин і тканин конопель в селекції:

- відновлення колекційних зразків з насіння з низькою схожістю і життєздатністю, мікроклональне розмноження рослин (цінних генотипів) шляхом використання культури ізольованих тканин;

- добір стійких генотипів до хвороб;

- використання ізольованих клітин, що дає можливість отримувати рослини зі стійкістю до стресових чинників середовища (посухи, засолення, температури, 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;

- отримання вторинних метаболітів з калюсної тканини, вирощеної на твердому (агаризованому) або рідкому (суспензійна культура) середовищі;

– використанням культур рослинних клітин та тканин для створення нових форм методами генетичної інженерії.

Останнім часом розроблено окремі способи і прийоми культивування промислових неспсихотропних конопель середньоевропейського 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°C і надалі при температурі 24–26°C)<sup>41</sup>;

– спосіб індукції калусогенезу (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)<sup>42</sup>;

– додавання до середовища аскорбінової кислоти як антиоксиданта, що поліпшує виживання та ріст експлантів<sup>43</sup>;

– модифіковане живильне середовище для культивування<sup>44</sup>.

Подальших досліджень потребує питання мікроклонального розмноження конопель *in vitro*, індукції калусогенезу, органогенезу

---

<sup>41</sup> 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.

<sup>42</sup> 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

<sup>43</sup> 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.

<sup>44</sup> Міщенко С. В. Модифікація живильного середовища для культивування неспсихотропних 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

і соматональної мінливості саме волокнистого (з відсутністю психотропних властивостей) типу. У селекційно-генетичній роботі все більш затребуваним стає застосування біотехнологічних методів для отримання нового селекційного матеріалу, однак рослини цього типу є недостатньо чутливими до культивування *in vitro* загалом та культури ізольованих клітин і тканин зокрема. 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 унеможлиблює їх подальше використання *in vitro*, характеризуються сильним апікальним домінуванням, тому актуальною є розробка такого живильного середовища для культивування 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)  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ , 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 нікотинову кислоту (вітамін РР) (табл. 4)<sup>45</sup>.

Нітроген є одним із надзвичайно важливих біогенних макроелементів для рослин, оскільки він входить до складу молекул амінокислот і відповідно білків, фітогормонів, ДНК, РНК, хлорофілу тощо<sup>46</sup>. Сучасні сорти промислових конопель середньоевропейського еколого-географічного типу є досить вимогливими до

---

<sup>45</sup> 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

<sup>46</sup> Злобін Ю. А. Курс фізіології і біохімії рослин. Суми, 2004. 464 с.



забезпеченості доступними для живлення сполуками даного елемента. Наявність Нітрогену у складі середовища головним чином забезпечується присутністю йонів  $\text{NH}_4^+$  та  $\text{NO}_3^-$ . Саме підвищена, у порівнянні із живильним середовищем Мурасіге і Скуга, концентрація  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  (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, підтримці водного балансу рослин на оптимальному рівні шляхом підвищення осмотичного потенціалу клітин і здатності білків до гідратації, підвищуючи надходження води в клітини і збільшуючи посухостійкість рослин; сприятливо діє на білковий, ліпідний і вуглеводний обмін, активізує фосфорилування тощо<sup>47</sup>.

Таблиця 3

**Концентрація компонентів живильного середовища для культивування однодомних непсихотропних конопель середньоєвропейського еколого-географічного типу в умовах *in vitro***

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				
$\text{NH}_4\text{NO}_3$ *	2400	30 мМ	48000	50
$\text{KNO}_3$ *	1768	17,5 мМ	35360	
$\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	440	3 мМ	8800	
$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	370	1,5 мМ	7400	
$\text{KH}_2\text{PO}_4$ *	136	1 мМ	2720	5
$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ *	34,75	0,125 мМ	6950	
EDTA- $\text{Na}_2$ *	46,62	0,125 мМ	9320	
Мікроелементи				
$\text{H}_3\text{BO}_3$ *	12,36	100 мкМ	12360	1

<sup>47</sup> Злобін Ю. А. Курс фізіології і біохімії рослин. Суми, 2004. 464 с.

$C_3H_5(OH)_3$ *	36,8	200 мкМ	36800	1
$MnSO_4 \cdot 4H_2O$	22,3	100 мкМ	22300	
$ZnSO_4 \cdot 4H_2O$	8,6	30 мкМ	8600	
KJ	0,83	5 мкМ	830	
$Na_2MoO_4 \cdot 2H_2O$	0,25	1 мкМ	250	
$CuSO_4 \cdot 5H_2O$ *	0,05	0,2 мкМ	50	
$CoCl_2 \cdot 6H_2O$ *	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 мікроклонального розмноження масова концентрація глюкози становить 10000 мг/л, для індукції калусогенезу – 30000 мг/л.

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.

Фосфор – це конституційний елемент рослин, що входить до складу молекул 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 тощо<sup>48</sup>. Знижена, у порівнянні із живильним середовищем Мурасіге і Скуга, до 136 мг/л концентрація Фосфору у вигляді йонів ортофосфорної кислоти  $\text{PO}_4^{3-}$  (136 мг/л  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ ) 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 хлорофілу<sup>49</sup>. 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- $\text{Na}_2$ , 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 тканини. Значення Купруму насамперед визначається його участю в побудові молекул окремих окисно-відновних ферментів, він позитивно впливає на фотосинтез, синтез білка. Фізіологічна роль Кобальту різнобічна: він активізує роботу багатьох ферментів, зокрема нітратредуктази, підвищує посухостійкість рослин тощо<sup>50</sup>. 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, Купрум і Кобальт, тому їх концентрацію подвоєно, а  $\text{H}_3\text{BO}_3$ , 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

---

<sup>48</sup> Злобін Ю. А. Курс фізіології і біохімії рослин. Суми, 2004. 464 с.

<sup>49</sup> Там само.

<sup>50</sup> Там само.

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 тощо.

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

### **3. Практична складова реалізації сучасної методології селекції промислових конопель**

За останнє десятиріччя в Інституті луб'яних культур НААН створено низку перспективних сортів промислових конопель універсального (Глесія, Артеміда, Гармонія) та спеціалізованого напрямів господарського використання (Глухівські 51 – волокнистого, Глухівські 51 та Глухівські 85 – енергетичного, Глесія, Миколайчик, Артеміда – насінневого, Вік 2020 медичного)<sup>51,52,53,54,55</sup>. У результаті впровадження як класичних схем селекційного процесу, так і описаної новітньої методології, що ґрунтується на використанні самозапилених ліній і гібридизації, разом з додатковими способами

---

<sup>51</sup> Глесія – сорт промислових конопель насінневого напрямку використання. *Аграрна наука – виробництво*. Київ, 2016. № 3(77). С. 18.

<sup>52</sup> Миколайчик – перспективний сорт конопель насінневого напрямку використання. *Аграрна наука – виробництво*. Київ, 2020. № 3(93). С. 23.

<sup>53</sup> Глухівські 51 – сорт промислових конопель волокнистого і біоенергетичного напрямку використання. *Аграрна наука – виробництво*. Київ, 2019. № 1(87). С. 12.

<sup>54</sup> Сорт промислових конопель біоенергетичного напрямку використання Глухівські 85. *Аграрна наука – виробництво*. Київ, 2020. № 1(91). С. 19.

<sup>55</sup> Міщенко С. В. Напрями селекційно-генетичних інновацій у коноплярстві, принципи їх формування та впровадження в агропромислову діяльність. *Формування нової парадигми розвитку агропромислового сектору в XXI столітті: колективна монографія: у 2 ч. / ред. колегія: О. В. Аверчев, Н. С. Танклевська, В. І. Пічура. Львів–Торунь, 2021. Ч. 1. С. 30–57. DOI: 10.36059/978-966-397-240-4-2*

і прийомами безпосередньо створені сорти Артеміда, Гармонія та Вік 2020.

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 насінневої 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%). Статева 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. 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 доббором 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 насіннєвої продуктивності ще вищі), вміст олії в насінні – 35,2 %. Статєва 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. 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 – середньоєвропейського і південного (94 доби до технологічної стиглості і 118 діб до настання біологічної стиглості), 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, істотно 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 стандарт. Примітною ознакою сорту є здатність давати дружні сходи та інтенсивний ріст на початку вегетації, що сприяє зменшенню забур'яненості посіву. 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. 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. 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 доббором 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. Статеву структуру 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. 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 мав 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. З 2019 р. занесений до Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні.

Сучасні сорти конопель характеризуються мінорними кількостями тетрагідроканабінолу (межують з повною відсутністю), тобто в десятки разів менше дозволеної чинним законодавством норми 0,08 %. Це забезпечує відсутність психотропності у низці послідовних генерацій в процесі репродукування (системі насінництва).

Методологію використання конвергентних схрещувань практично реалізовано у створених зразках (сортах) Аврора (UF0600717) й Афіна (UF0600728) (табл. 5).



Таблиця 5

**Цінні господарські та біологічні ознаки зразка Аврора й Афіна**

Ознаки	Рівень вираження ознак (середнє, 2018–2020 рр.)		
	стандарту Гляна	зразка Аврора	зразка Афіна
Урожайність: стебел, г/м <sup>2</sup>	659,2	926,7	875,0
довгого волокна, г/м <sup>2</sup>	147,0	265,0	156,6
насіння, г/м <sup>2</sup>	71,5	48,7	114,3
Вегетаційний період, діб	113	116	129
Загальна довжина стебла, см	233,1	245,3	215,1
Технічна довжина стебла, см	168,8	187,6	162,7
Вміст тетрагідроканабінолу, бал	0	0	0
Якісні характеристики волокна:			
вихід всього волокна, %	29,0	33,7	25,0
вихід довгого волокна, %	22,3	28,6	17,9
розривне навантаження, даН	23,6	25,3	30,9
номер волокна	4,1	4,9	6,0
Стійкість до біотичних чинників:			
конопляна блішка, бал	5	5	5
стебловий метелик, бал	7	7	7
фузаріоз, бал	7	7	7
дендрофомоз, бал	5	5	5
Стійкість до абіотичних чинників:			
до осипання насіння	5	7	7
до вилягання	7	7	7
Вміст статевій структурі популяції:			
однодомної фемінізованої матірки, %	77,2	87,8	90,5
плосконі однодомних конопель, %	0	0	0

Аврора – зразок біоенергетичного і волокнистого напрямів господарського використання. Поєднує високі показники загальної довжини стебла 245,3 см, технічної довжини стебла 187,6 см, урожайності стебел 926,7 г/м<sup>2</sup>, довгого волокна 265,0 г/м<sup>2</sup>, високі показники якості волокна і його технологічної цінності при переробці (вихід всього волокна 33,7%, зокрема довгого 28,6%, розривне навантаження волокна 25,3 даН, номер волокна 4,9), відсутність психотропного тетрагідроканабінолу (0 бал), переважання у статевій структурі основного статевого типу однодомної фемінізованої матірки (87,8%), відсутність у статевій структурі плосконі однодомних конопель (0%) і вегетаційний період 116 діб. Відмінними ознаками сорту також є прямокутноподібне щільне

коротке суцвіття, рівне стебло без боріздок і звивин, довгі міжвузля і мала їх кількість.

Афіна – зразок насінневого напрямку господарського використання. Поєднує низькорослість (загальна довжина стебла 215,1 см, технічна довжина стебла 162,7 см), урожайність насіння 114,3 г/м<sup>2</sup>, масу тисячі насінин 17,1 г, стійкість до осипання насіння 7 бал, вміст олії 41,5%, урожайність довгого волокна 156,6 г/м<sup>2</sup>, переважання у статевій структурі основного статевого типу однодомної фемінізованої матірки (90,5%), відсутність у статевій структурі плосконі однодомних конопель (0%) і вегетаційний період 129 діб. Відмінними ознаками сорту є ромбоподібне щільне суцвіття, низькорослість, темно-зелене інтенсивне забарвлення рослин.

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

## **ВИСНОВКИ**

Селекція, як наука, мистецтво, еволюційний процес створення нових генотипів і галузь сільськогосподарського виробництва, відіграє визначальну роль у забезпеченні людства продуктами харчування і промисловості сировиною, при цьому найважливішою функцією селекції є створення нових сортів і гібридів для збільшення обсягів виробництва та поліпшення якості продукції, безпосередньо підвищуючи рівень рентабельності сільського господарства. Сучасні селекційні дослідження спрямовані на поглиблення наукових знань про успадкування кількісних і якісних ознак, про стійкість організмів до стресових абіо- і біотичних чинників і використання цих знань для створення вихідного матеріалу, селекції високопродуктивних сортів, адаптованих до зональних умов вирощування. Все більшого значення набуває впровадження досягнень біотехнології в генетико-селекційний процес.

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.

Використання самозапилених ліній у сортолінійній, лінійно-сортовій та міжлінійній гібридизації, конвергентних схрещуваннях, застосування допоміжних методів і прийомів селекції, таких як хімічна стерилізація чоловічих квіток, створення синтетичних популяцій, спосіб оцінки рослин конопель на наявність канабіноїдних сполук, культура *in vitro* засвідчили свою ефективність. У результаті впровадження як класичних схем селекційного процесу, так і описаної новітньої методології, що ґрунтується на використанні самозапилених ліній і гібридизації, разом з додатковими способами і прийомами безпосередньо створені сорти Артеміда, Гармонія та Вік 2020.

### АНОТАЦІЯ

Розкрито шляхи методологічного забезпечення селекції промислових конопель з відсутністю психотропних властивостей. Описано особливості використання самозапилених ліній у сортолінійній, лінійносортовій та міжлінійній гібридизації, конвергентних схрещуваннях. Ефективним було застосування допоміжних методів і прийомів селекції, таких як хімічна стерилізація чоловічих квіток, створення синтетичних популяцій, спосіб оцінки рослин конопель на наявність канабіноїдних сполук, культура *in vitro*. У результаті впровадження як класичних схем селекційного процесу, так і описаної новітньої методології, що ґрунтується на використанні самозапилених ліній і гібридизації, разом з додатковими способами і прийомами безпосередньо створені сорти Артеміда, Гармонія та Вік 2020.

### Література

1. Акуленко К. В. Формування моделі модернізації вітчизняних агропромислових підприємств на засадах інноваційного провайдингу. *Соціальна економіка*. 2018. Вип. 56. С. 9–17.
2. Коноплі / за ред. М. Д. Мигалья, В. М. Кабанця. Суми, 2011. 384 с.
3. 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
4. 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

5. 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

6. 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

7. 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

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

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

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

11. 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

12. 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

13. 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.

14. 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

15. 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

16. 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

17. 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.

18. 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.

19. 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.

20. 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.

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

22. Гуляев Г. В., Гужов Ю. Л. Селекция и семеноводство полевых культур. Москва, 1987. 447 с.

23. 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

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

25. 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

26. 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.

27. 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.

28. 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.

29. 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

30. 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.

31. 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.

32. 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

33. 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.

34. Міщенко С. В. Модифікація живильного середовища для культивування непсихотропних конопель (*Cannabis sativa* L.) середньоєвропейського 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

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

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

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

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

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

40. Міщенко С. В. Напрями селекційно-генетичних інновацій у коноплярстві, принципи їх формування та впровадження в агропромислову діяльність. *Формування нової парадигми розвитку агропромислового сектору в XXI столітті*: у 2 ч. / ред. колегія: О. В. Аверчев, Н. С. Танклевська, В. І. Пічура. Львів – Торунь, 2021. Ч. 1. С. 30–57. DOI: 10.36059/978-966-397-240-4-2

**Information about the author:**

**Mishchenko Serhii Volodymyrovych,**

Doctor of Agricultural Sciences,

Chief Researcher at the Department of Hemp Breeding

and Seed Growing

Institute of Bast Crops of the National Academy

of Agrarian Sciences of Ukraine

45, Tereshchenkiv Str., Hlukhiv, Sumy region, 41400, Ukraine