

ПОЛЯКОВА А.С.

Глухівський національний педагогічний університет імені Олександра Довженка,  
Україна, 41400, м. Глухів, Сумська обл., вул. Києво-Московська, 24, e-mail: kafbiol@i.ua,  
(050) 589-70-64

## БІОХІМІЧНИЙ АНАЛІЗ І ОЦІНКА СУЧАСНИХ ОДНОДОМНИХ СОРТІВ КОНОПЕЛЬ *CANNABIS SATIVA L.* ЗА ВМІСТОМ КАНАБІНОЇДНИХ РЕЧОВИН

**Мета.** Визначення особливостей формування канабіноїдних сполук у сучасних однодомних сортах конопель має як теоретичне, так і практичне значення. **Методи.** Для хроматографічного аналізу використали зразки рослин сучасних однодомних сортів конопель, вирощених у Глухові (Сумська область), Золотоноші (Черкаська область), а також зразки отримані з Франції; як сирі, так і висушені в затінку. **Результати.** Встановлено, що на початковому етапі росту та розвитку українські сорти конопель із практичною відсутністю нейтральних сполук та французькі сорти з достатнім вмістом цих речовин утворювали лише природні кислоти. Під час генеративної фази росту та розвитку сортів із Франції утворюються не лише природні кислоти, але й нейтральні сполуки. Українські сорти продемонстрували лише незначне збільшення природних кислот. **Висновки.** На початковому етапі росту та розвитку досліджуваних сортів конопель, що містять як велику, так і незначну кількість канабіноїдних сполук, утворюються лише природні кислоти. Окремі рослини продемонстрували зниження природних кислот до їх повної відсутності, що підтверджує їх біологічні взаємозв'язки з нейтральними сполуками та можливе утворення канабідіолу, тетрагідроканабінолу та канабінолу шляхом ферментативного декарбоксілювання відповідних кислот.

**Ключові слова:** канабінол (КБН), канабідіол (КБД), тетрагідроканабінол (ТГК), канабідіолова кислота (КБДК), тетрагідроканабіолова кислота (ТГКК).

Сучасні однодомні сорти конопель із незначним вмістом психотоміметично-активного ТГК та інших споріднених сполук представляють нові форми рослин. Навіть у порівнянні з дикими рослинами конопель і сортами, які використовувалися у виробництві 70–80-х рр ХХ століття, вони розрізняються за морфологічними, біологічними, генетичними та іншими ознаками, а найголовніше – за вмістом тетрагідрока-

набінолу (ТГК). Незважаючи на значний прогрес у вивченні канабіноїдних сполук, на жаль, вивчення біохімічної природи та біологічного шляху їх утворення та фізіологічних властивостей розкрито недостатньо. Тому вивчення особливостей утворення канабіноїдних сполук у сучасних сортів конопель і взаємозалежності між нейтральними сполуками – тетрагідроканабінолом (ТГК), канабідіолом (КБД) і канабінолом (КБН) та природними кислотами – тетрагідроканабіоловою (ТГКК) і канабідіоловою (КБДК), а також їх мінливості в онтогенезі має як теоретичне, так і практичне значення.

### Матеріали і методи

Для проведення досліджень використовували сучасні однодомні сорти конопель Інституту луб'яних культур НААН України, у яких практично були відсутні нейтральні речовини: КБД, ТГК і КБН – Гляна, Глесія, Вікторія, Глухівські 46, Глухівські 51; сорти конопель із незначною кількістю нейтральних речовин: ЮСО 31 і Золотоніські 15 та однодомні сорти конопель із Франції – Федора 17, Футура 77 і Феліна 32 зі значним вмістом нейтральних речовин: КБД, ТГК, КБН і природних кислот.

Хроматографічний аналіз «сирих» і висушених у затінку рослинних зразків проводився методом ТШХ на пластинках типу Sorbfil ПГСХ-П-А-УФ за методами [1, 2]. Для хроматографічного аналізу відбирали зразки з типових рослин сорту, які попередньо були проетиковані у 10–15 повторностях.

### Результати та обговорення

Відомо, що канабіноїди є лабільними сполуками і за відповідних умов може відбуватися їх ізомеризація, а також карбоксілювання, тому визначення їх наявності, без порушення природного співвідношення між ними методом ТШХ є доцільним. Зразки конопель підготовлювалися різними методами – висушеними у затінку і у формі «сирої» рослинної маси (табл. 1).

Таблиця 1. Біосинтез канабіноїдних сполук у сучасних однодомних сортів конопель *Cannabis sativa* L. вітчизняної і зарубіжної селекції, три пари листків, «сира» рослинна маса, ТШХ

Сорт	Ділянка №	Канабіноїди (бали)				
		КБД	ТГК	КБН	ТГКК	КБДК
ЮСО 31	610	0	0	0	0	0-сл. сліди-0,160
Вікторія	612	0	0	0	0	0-сл. сліди-0,055
Глесія	613	0	0	0	0	0
Глухівські 46	614	0	0	0	0	0-сл. сліди-0,100
Глухівські 51	615	0	0	0	0	0-сл. сліди-0,050
Золотоніські 15	616	0	0	0	0	0-слабі сліди-0,050
Федора 17	617	0	0	0	0	0-слабі сліди-0,250
Феліна 32	618	0	0	0	0	0-слабі сліди-0,250
Футура 77	619	0	0	0	0,600	0,975

У таблиці представлені результати хроматографічного аналізу сучасних вітчизняних і зарубіжних сортів із різним вмістом канабіноїдних речовин. У фазі трьох пар листків виявлено наявність лише сполуки, що була розташована поряд зі стартовою плямою за фронтом руху фази на хроматограмах. Перша речовина від старту мала жовто-оранжевий колір зі значенням  $R_f$  0,059–0,060. Поряд із цією сполукою лише у французького сорту конопель Футура 77 визначена речовина, що була пофарбована у світло-малиновий колір та  $R_f$  якої складав 0,131. Вважаємо, що за значенням  $R_f$  і кольору першою синтезувалася КБДК, поряд із нею у сорту конопель Футура 77 була синтезована ТГКК (табл. 1).

Результати хроматографічного аналізу «сирих» зразків однодомних сортів конопель вітчизняної та зарубіжної селекції, які розрізнялися за вмістом канабіноїдних речовин, показали, що у початковій фазі росту і розвитку рослин – три пари листків – першою утворювалася КБДК. Нейтральні сполуки, зокрема такі, як КБД, ТГК і КБН, були відсутні. Лише у французького сорту конопель Футура 77 відбувся біосинтез двох кислот (КБДК і ТГКК) у значно більшій кількості порівняно з іншими сортами. Важливо відмітити, що у сорту конопель Глесія у цей період росту і розвитку рослин біосинтез канабіноїдних речовин не відбувся. Нейтральні сполуки КБД, ТГК, КБН і визначені вище кислоти на хроматограмах були відсутні. Паралельно зразки кожного сорту конопель висушували у затінку. Отримані дані наведені в

таблиці 2.

У фазу трьох пар листків у зразках висушених у затінку сортів конопель Гляна, Глухівські 51, Вікторія, Глесія та Глухівські 46 біосинтез КБД, ТГК і КБН також не відбувся. Встановлено, що поряд із наявністю природної КБДК визначено ТГКК (табл. 2).

Хроматографічний аналіз одиничних рослин кожного сорту довів, що у сортів конопель Гляна та Глухівські 51 встановлено наявність ТГКК у 80% та 46% відповідно. Інші рослини цієї кислоти не синтезували. У сортів конопель Вікторія, Глесія та Глухівські 46, навпаки, у 85–87% рослин не відбувся біосинтез ТГКК та у 94–100% рослин іншої кислоти – КБДК. Кількість синтезованих кислот в інших проаналізованих рослинах названих сортів була незначною – «слабкі сліди» – 1 бал. Спостерігалася тенденція до більш активного біосинтезу ТГКК за відношенням до КБДК.

Отже, аналіз отриманих результатів, представлених у таблиці 2, довів, що біосинтез нейтральних речовин – КБД, ТГК і КБН – у відібраних зразках сортів конопель «сирих» і висушених у затінку не відбувся. Відмічався біосинтез кислот ТГКК і КБДК, але у незначній кількості. Спостерігалася наявність більшої кількості вмісту ТГКК за відношенням до КБДК у зразках, висушених у затінку.

Більш поглиблені результати біохімічного аналізу сортів конопель із різним вмістом канабіноїдних речовин в онтогенезі представлені в таблиці 3.

Таблиця 2. Біосинтез канабіноїдних сполук у сучасних однодомних сортів конопель *Cannabis sativa* L., фаза трьох пар листків, підготовлених різними способами

Сорт	Канабіноїди	Зразки – «сирі»	Зразки, висушені у затінку
Гляна	КБД	0,000	0,000
	ТГК	0,000	0,000
	КБН	0,000	0,000
	<b>ТГКК</b>	0,000	<b>0,42</b>
	<b>КБДК</b>	<b>0,225</b>	<b>0,083</b>
Вікторія	КБД	0,000	0,000
	ТГК	0,000	0,000
	КБН	0,000	0,000
	<b>ТГКК</b>	<b>0,000</b>	<b>0,183</b>
	<b>КБДК</b>	<b>0,055</b>	<b>0,100</b>
Глесія	КБД	0,000	0,000
	ТГК	0,000	0,000
	КБН	0,000	0,000
	<b>ТГКК</b>	<b>0,000</b>	<b>0,033</b>
	<b>КБДК</b>	<b>0,000</b>	<b>0,017</b>
Глухівські 46	КБД	0,000	0,000
	ТГК	0,000	0,000
	КБН	0,000	0,000
	<b>ТГКК</b>	<b>0,000</b>	<b>0,150</b>
	<b>КБДК</b>	<b>0,100</b>	<b>0,000</b>
Глухівські 51	КБД	0,000	0,000
	ТГК	0,000	0,000
	КБН	0,000	0,000
	<b>ТГКК</b>	<b>0,000</b>	<b>0,217</b>
	<b>КБДК</b>	<b>0,050</b>	<b>0,088</b>

Таблиця 3. Біосинтез канабіноїдних сполук в однодомних сортів конопель *Cannabis sativa* L. в онтогенезі (висушених у затінку)

Сорт	Канабіноїди	Вміст канабіноїдних речовин, бали				
		Фази росту і розвитку				
		Три пари листків	Початок бутонізації, крупні листки	Масова бутонізація, крупні листки	Масове цвітіння, крупні листки	Біологічна стиглість насіння (дрібні листки, оцвітіння)
1	2	3	4	5	6	7
Гляна	КБД	0,00	0,00	0,05	0,00	0,02
	ТГК	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00
	КБН	0,00	0,00	0,05	0,00	0,02
	<b>ТГКК</b>	<b>0,42</b>	<b>0,00</b>	<b>0,08</b>	<b>0,42</b>	<b>5,55</b>
	<b>КБДК</b>	<b>0,83</b>	<b>0,00</b>	<b>0,05</b>	<b>0,00</b>	<b>4,42</b>
Вікторія	КБД	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00
	ТГК	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	КБН	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	<b>ТГКК</b>	<b>0,18</b>	<b>0,00</b>	<b>0,04</b>	<b>0,18</b>	<b>0,00</b>
	<b>КБДК</b>	<b>0,10</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,10</b>	<b>0,00</b>

Продовження табл. 3.

1	2	3	4	5	6	7
Гляня	КБД	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	ТГК	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	КБН	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	ТГКК	<b>0,03</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,33</b>	<b>0,93</b>
	КБДК	<b>0,02</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,17</b>	<b>0,67</b>
Глухівські 46	КБД	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	ТГК	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	КБН	0,00	0,00	0,00	0,00	0,40
	ТГКК	<b>0,15</b>	<b>0,00</b>	<b>0,94</b>	<b>0,15</b>	<b>1,68</b>
	КБДК	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,33</b>	<b>0,00</b>	<b>1,33</b>
Глухівські 51	КБД	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	ТГК	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	КБН	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	ТГКК	<b>0,22</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,22</b>	<b>5,07</b>
	КБДК	<b>0,09</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,08</b>	<b>4,73</b>
ЮСО 31	КБД	0,00	0,08	0,28	0,00	0,68
	ТГК	0,00	0,22	0,20	0,00	0,67
	КБН	0,00	0,05	0,07	0,00	0,82
	ТГКК	<b>0,00</b>	<b>0,18</b>	<b>0,03</b>	<b>0,00</b>	<b>4,53</b>
	КБДК	<b>0 – сл., 0,160</b>	<b>0,10</b>	<b>0,17</b>	<b>0,00</b>	<b>2,18</b>
Зотоніські 15	КБД	0,00	0,43	0,00	0,00	0,83
	ТГК	0,00	0,27	0,00	0,00	0,67
	КБН	0,00	0,20	0,00	0,00	0,88
	ТГКК	<b>0,00</b>	<b>0,38</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,20</b>
	КБДК	<b>0,050, сл</b>	<b>1,20</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,13</b>
Федора 17	КБД	0,00	2,00	0,00	0,82	8,88
	ТГК	0,00	2,87	0,00	0,73	9,00
	КБН	0,00	2,36	0,00	0,40	7,47
	ТГКК	<b>0,00</b>	<b>0,05</b>	<b>0,00</b>	<b>1,77</b>	<b>9,60</b>
	КБДК	<b>0 – сл., 0,250</b>	<b>5,00</b>	<b>0,00</b>	<b>2,55</b>	<b>9,00</b>
Феліна 32	КБД	0,00	2,00	0,00	2,33	8,93
	ТГК	0,00	2,60	0,00	2,93	9,57
	КБН	0,00	1,58	0,00	2,50	7,00
	ТГКК	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>4,50</b>	<b>9,43</b>
	КБДК	<b>0 – сл., 0,250</b>	<b>2,12</b>	<b>0,00</b>	<b>4,75</b>	<b>3,43</b>
Фугура 77	КБД	0,00	1,87	0,00	1,68	7,67
	ТГК	0,00	2,87	0,00	2,35	9,13
	КБН	0,00	1,63	0,00	1,30	8,53
	ТГКК	<b>0,60</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>5,40</b>	<b>9,27</b>
	КБДК	<b>0,975</b>	<b>1,47</b>	<b>0,00</b>	<b>4,22</b>	<b>9,27</b>

У фазу масової бутонізації та масового цвітіння у проаналізованих сортах конопель нейтральні сполуки КБД, ТГК та КБН також були відсутні. Виявлено поодинокі рослини, що синтезували названі речовини у кількості «сліди», 1 бал. Вміст ТГКК і КБДК кислот в означених сортах складав незначну кількість. Лише у сорту конопель Глухівські 46 вміст ТГКК та КБДК досягав більших величин – 0,938 і 0,33

балів.

У фазу формування трьох пар листків, бутонізації та цвітіння у крупних листках стебла в одиничних рослин названих сортів значного збільшення вмісту як нейтральних сполук КБД, ТГК, КБН, так і кислот КБДК, ТГКК не відбувалося. Спостерігали тенденцію до незначного збільшення вмісту КБД у сортів конопель Гляня і Вікторія та зменшення вмісту кислот, особли-

во канабідіолової кислоти (КБДК), у сортів Гляна, Вікторія і Глухівські 46.

У фазу біологічної стиглості насіння у сортів конопель Гляна, Вікторія, Глесія, Глухівські 46 і Глухівські 51 біосинтез нейтральних канабіноїдних сполук КБД, ТГК, КБН, визначених методом тонкошарової хроматографії, також не відбувався. Біосинтез канабіноїдних кислот ТГКК та КБДК посилювався, особливо у сортів конопель Гляна, ЮСО 31 і Глухівські 51. Більш поглиблене уявлення про накопичення цих кислот у визначених сортах дає хроматографічний аналіз одиничних рослин кожного сорту. Аналіз окремих рослин сортів конопель Гляна і Глухівські 51 довів, що у сорту конопель Гляна 13% рослин не містили ТГКК та 20% рослин – КБДК. Подібні результати отримали за сортом Глухівські 51–13% і 20%. У сорту конопель Глухівські 46, 67% окремих рослин не містили цих кислот. Інші результати простежувалися за сортами Глесія і Вікторія, у яких 80% і 100% рослин відповідно не синтезували кислот ТГКК та КБДК. Наявність у вище означених сортів індивідуальних рослин із повною відсутністю канабіноїдних сполук, у тому числі і природних кислот, свідчить про зменшення і відсутність вмісту кислот під впливом добору на зменшення вмісту лише нейтральних речовин – КБД, ТГК і КБН. Спостерігалася залежність між нейтральними сполуками і природними кислотами. Вважаємо, що багаторічний добір на зменшення вмісту ТГК і КБД супроводжувався зменшенням і відсутністю вмісту природних кислот. Наявність у вище означених сортах рослин із різною кількістю канабіноїдних сполук свідчить про неповну вирівнюваність сортів за цими ознаками. Як ми відзначали вище, канабіноїди є домінантними ознаками, тому порівняння кількісного утворення як нейтральних канабіноїдів, так і кислот є важливим питанням для подальшої селекційної роботи. Наявність рослин із відсутністю нейтральних речовин КБД, ТГК та КБН, що пов'язане з багаторічним доббором на зменшення цих речовин та з одночасним зменшенням природних кислот, вказує на біологічний зв'язок між ними. Визначено, що у процесі практичної селекційної роботи проводилися багаторічні добори елітних рослин із відсутністю лише нейтральних речовин, але наявність серед них рослин із відсутністю природних кислот підкреслює їх біологічну взаємозалежність.

У період біологічної стиглості насіння відбувався найбільш активний біосинтез канабі-

ноїдних сполук. Спостерігалася тенденція у всіх аналізованих сортів конопель (Гляна, Глухівські 51, Глесія та Глухівські 46) до більш активного синтезу кислот та у деякій мірі до більш активного утворення КБДК порівняно з ТГКК. Крупні листки стебла рослин містили меншу кількість феноловмісних сполук – канабіноїдів – порівняно з верхньою частиною суцвіття, що складалася з дрібних листків та оцвітин.

У порівнянні з сортами конопель українських селекціонерів сорти конопель французької селекції за вмістом канабіноїдів набагато їх перевищували. Аналізи одиничних рослин показали, що протягом періоду вегетації, починаючи з трьох пар листків і закінчуючи біологічною стиглістю насіння, біосинтез визначених канабіноїдних сполук підвищувався. Активний біосинтез канабіноїдних речовин помічали також у фазу біологічної стиглості насіння. Вміст нейтральних речовин КБД, ТГК, КБН та природних кислот у середньому складав 7 – 8 – 9 і більше балів. Хроматографічним аналізом одиничних рослин встановлено, що більша їх кількість (70–80% рослин) отримала найвищу оцінку у 10 балів. Порівнюючи сорти конопель Федора 17, Феліна 32 і Футура 77 за вмістом канабіноїдних речовин, можна відзначити значно менший вміст цих сполук у сорту конопель Феліна 32.

Сорти конопель ЮСО 31 та Золотоніські 15 віднесено до сортів, які займають проміжне місце між сортами Гляна, Вікторія, Глесія, Глухівські 46 і Глухівські 51, що майже не синтезують нейтральні сполуки КБД, ТГК, КБН, і французькими сортами конопель Федора 17, Феліна 32 і Футура 77, у яких виділена значна кількість як нейтральних сполук КБД, ТГК, КБН, так і кислот ТГКК і КБДК.

Отже, наші результати свідчать, що першими утворювалися природні канабіноїдні кислоти. У сортів конопель із відсутністю ТГК і незначним вмістом КБД першою утворювалася канабідіолова кислота КБДК. У французьких сортів, що мали велику кількість канабіноїдних сполук, особливо у сорту конопель Футура 77, утворювалося дві кислоти – КБДК і ТГКК і в більшій мірі ТГКК. За відношенням до біосинтезу кислот ТГКК і КБДК можна зауважити, що в онтогенезі спостерігалася тенденція до накопичення більшої кількості ТГКК відносно вмісту КБДК. Визначена закономірність, на наш погляд, є генетично зумовленою, вона пов'язана з наркотичними південними коноплями, які були вихідними – предковими формами цих сортів.

Представлені результати хроматографічного аналізу дають підставу вважати, що у селекційних сортах конопель практично з відсутністю нейтральних сполук КБД, ТГК і КБН відбувався біосинтез лише природних кислот. У порівнянні з сортами, які були отримані на початку селекційної роботи (70–80-х рр. ХХ ст.), їх кількість була незначною, незважаючи на той факт, що селекційна робота авторами сортів була спрямована на зменшення вмісту лише нейтральних сполук, в основному ТГК. Добір на зменшення вмісту кислот не відбувався, але в сучасних сортах деяка частина рослин не містила як нейтральних речовин, так і кислот. Доведені результати можуть вказувати на факт, що добір у сортах на відсутність нейтральних сполук призводив до зменшення або повної відсутності кислот, що в свою чергу свідчить про біологічні зв'язки між ними. Припускаємо, що утворення нейтральних сполук відбувається шляхом ферментативного декарбоксілювання відповідних кислот. Важливе припущення висловив R. Mechoulam [4] за відношенням до утворення нейтральних канабіноїдів. Автор припускав декілька біогенетичних можливостей: нейтральні компоненти утворюються шляхом декарбоксілювання відповідних кислот, або паралельні біогенетичні послідовності існують для обох рядів.

Відносно біосинтезу природних кислот ТГКК і КБДК можна зауважити, що в онтогенезі спостерігалася тенденція до накопичення більшої кількості ТГКК за відношенням до вмісту КБДК. Визначена закономірність, на наш погляд, є генетично зумовленою і пов'язана з більш наркотичними південними коноплями, які були вихідними, предковими формами цих сортів.

Важливою перевагою ТШХ є відсутність впливу зовнішніх факторів на вміст і перетворення канабіноїдних сполук, які були природно синтезовані. Відомий хімік R. Mechoulam [3] встановив, що необхідно враховувати нестійкість  $\Delta^1$  – ТГК кислоти, яка може перетворюватися у потенційно активний матеріал під час паління.

У роботі А.С. Богданової та Л.М. Горшкової [5] на основі отриманих результатів дослідження канабіноїдів різними методами ТШХ і ГРХ зазначено, що ці сполуки лабільні. Використання методу ТШХ дозволяє без впливу на зразки, насамперед високої температури, в оптимальних умовах середовища визначити як природні кислоти, так і нейтральні сполуки, які утво-

рювалися у процесі їх біосинтезу.

Методом доборів у сучасних селекційних сортах конопель (І.М. Лайко, В.Г. Вировець, А.І. Кириченко, С.В. Міщенко, І.І. Щербань) [6] доведено до повної відсутності або незначної кількості вміст нейтральних канабіноїдів КБД, ТГК і КБН протягом усього періоду вегетації. Всі органи рослин – крупні листки стебла, дрібні листки суцвіття та оцвіттини – також не містили цих речовин. Нашими дослідженнями доведено, що вміст кислот також зменшувався, але вони були присутні у незначній кількості. Отже, проведений добір у сортах на зменшення вмісту в основному ТГК та споріднених речовин супроводжувався зменшенням вмісту кислот, що вказує на їх взаємозалежність. Порівняння отриманих результатів із дослідженнями, проведеними Горшковою Л.М. [7], показало, що в однодомних і дводомних сортах конопель (70 – 80-х рр. ХХ ст.) у «сирих» зразках у початковій фазі росту і розвитку нейтральні сполуки КБД, ТГК та КБН були відсутні, а вміст кислот порівняно з сучасними сортами був значним.

На основі аналізів «сирих» рослинних та висушених у затінку зразків, проведених методом ТШХ у сортів конопель ЮСО 31, Глесія, Гляна, Вікторія, Глухівські 46, Глухівські 51 та сортів, отриманих із Франції (Федора 17, Феліна 32 і Футура 77), встановлено, що у початковій фазі росту і розвитку рослин нейтральні сполуки КБД, ТГК і КБН не синтезувалися. На хроматографічних пластинах у незначній кількості були визначені лише природні кислоти, що вказує на факт їх першого утворення.

Відомо, що протягом багатьох років селекціонерами Інституту луб'яних культур із визначеними сортами проводилася селекційна робота на зменшення вмісту ТГК та близьких до нього сполук. Однак селекція на зменшення вмісту природних кислот не здійснювалася. У результаті проведених доборів за зменшенням вмісту нейтральних речовин нами спостерігалася зменшення вмісту природних кислот. Вважаємо, що зменшення та відсутність нейтральних сполук КБД, ТГК і КБН за впливу добору в кінцевому результаті супроводжувалося зменшенням вмісту кислот. Підтвердженням цього є наявність серед визначених сортів конопель рослин із повною відсутністю як нейтральних сполук, так і кислот. Вважаємо, що подальша селекційна робота з використанням доборів на зменшення вмісту нейтральних речовин є позитивною, але більш довготривалою. На наш погляд,

одночасно з проведенням доборів на відсутність нейтральних речовин важливо проводити добори на зменшення або відсутність природних кислот.

За останні роки у літературі викладено експериментальні роботи, що доводять природне утворення канабіноїдних кислот за допомогою відповідних ферментів. Японські дослідники Futoshi Taura, Satoshi Morimoto і Yukihiro Shoyama [8] ідентифікували унікальний фермент, який каталізував оксидициклізацію канабігеролової кислоти у канабідіолову кислоту. Автори встановили, що канабідіолова кислота в основному біосинтезується із канабігероловою кислотою. Отримані результати дають явне уявлення про біосинтез у природі канабідіолової кислоти.

Sirikantaramas S., Taura F., Tanaka Y., Ishikawa Y., Morimoto S, Shoyama Y. [9] довели, що синтетаза тетрагідроканабінолової кислоти – ТГКК є ферментом, відповідальним за синтез тетрагідроканабінолу. Експериментально отримані результати робіт представлених авторів вказують на природний біосинтез кислот і ферментативний вплив на їх перетворення у нейтральні сполуки, зокрема, синтетаза тетрагідроканабінолової кислоти ТГКК є ферментом, відповідальним за ферментативне утворення ТГК.

### Література

1. Вировец В.Г., Горшкова Л.М., Сенченко Г.И., Сажко М.М. Методические указания по селекции конопли на снижение содержания каннабиноидов. М., 1985. 14 с.
2. Лазурьевский Г.В., Николаева Л.А. Каннабиноиды. Кишинев. Штиинца, 1972. 68 с.
3. Mechoulam R. Gaoni G. Fortschritte. Chem.organ. Naturstoffe. Wien. New York, 1967. P. 25.
4. Mechoulam R. Marichuana chemistry Science. 1970. 3936. P. 1156–1166.
5. Богданова А.С., Горшкова Л.М. Кількісний і якісний склад канабіноїдних сполук та їх співвідношення у сортах конопель *Cannabis sativa* L. *Фактори експериментальної еволюції організмів*. К., 2016. Т. 18. С. 72–76.
6. Лайко И.М., Вировец В.Г., Кириченко А.И., Міщенко С.В., Щербань І.І. Снижение наркотической активности растений конопли селекционным путем. *Селекция против наркотиков: II Междунар. научн. конф.* (Пенза, 4–6 июля). Пенза, 2007. С. 21–28.
7. Горшкова Л.М. Канабіс: монографія. Частина I. Глухів, 2007. С. 41–51.
8. Futoshi Taura, Satoshi Morimoto, Yukihiro Shoyama Purification and Characterization of Cannabidiolic-acid Synthase from *Cannabis sativa* L.: biochemical analysis of a novel enzyme that catalyzes the oxidocyclization ofcannabigerolic acid to cannabidiolic acid. *J. Biol. Chem.* 1996. Vol. 271, No. 29, Issue of July 19. P. 17411–17416.
9. Sirikantaramas S., Taura F., Tanaka Y., Ishikawa Y., Morimoto S., Shoyama Y. *Plant Cell Physiol.* 2005. 46 (9). P. 1578–1582.

### References

1. Virovets V.G., Gorshkova L.M., Senchenko G.I., Sazhko M.M. Metodicheskiye ukazaniya po seleksii konopli na snizheniye sodержaniya kannabinoidov. M., 1985. 14 s.
2. Lazuryevskiy G.V., Nikolayeva L.A. Kannabinoidy. Kishinev. Shtiintsya, 1972. 68 s.
3. Mechoulam R. Gaoni G. Fortschritte. Chem.organ. Naturstoffe. Wien. New York, 1967. P. 25.
4. Mechoulam R. Marichuana chemistry Science. 1970. 3936. P. 1156–1166.
5. Bohdanova A.S., Horshkova L.M. Kil'kisny I yakisny sklad kanabinoidnykh spulok ta yikh spivvidnoshennya u sotakh konopel' *Cannabis sativa* L. *Faktery eksperymental'noyi evolyutsiyi orhanizmv.* K., 2016. T. 18. S. 72–76.

### Висновки

Хроматографічний аналіз одиничних рослин сучасних вітчизняних однодомних сортів конопель із повною або незначною відсутністю нейтральних сполук психотоміметичноактивного ТГК і споріднених до нього КБД КБН та сортів конопель із Франції зі значним вмістом цих речовин показав, що в початковій фазі росту і розвитку рослин утворювалися лише природні кислоти.

В онтогенезі у сортів конопель із Франції зі значним вмістом канабіноїдних сполук утворювалися на рівні з природними кислотами також нейтральні сполуки – ТГК, КБД і КБН. У вітчизняних сортів відбувалося незначне збільшення наявності кислот та в окремих рослин незначна кількість нейтральних речовин. Деякі частини рослин названих сортів не містили як природних кислот, так і нейтральних речовин. Припускаємо, що природно відбувався біосинтез лише кислот. Нейтральні сполуки КБД, ТГК і КБН утворювалися шляхом ферментативного декарбоксилювання відповідних кислот.

У рослинних зразках різних сортів конопель, висушених у затінку, відбувалося утворення, порівняно з «сирими» зразками, як КБДК, так і ТГКК.

6. Layko I.M., Virovets V.G., Kirichenko A.I., Mishchenko S.V., Shcherban' I.I. Snizheniye narkoticheskoy aktivnosti rasteniy konopli selektsionnym putem. *Selektsiya protiv narkotikov: II Mezhdunar. nauchn. konf.* (Penza, 4–6 iyulya). Penza, 2007. S. 21–28.
7. Horshkova L.M. Kanabis: monohrafiya. Chastyna 1. Hlukhiv, 2007. S. 41–51.
8. Futoshi Taura, Satoshi Morimoto, Yukihiro Shoyama Purification and Characterization of Cannabidiolic-acid Synthase from *Cannabis sativa* L.: biochemical analysis of a novel enzyme that catalyzes the oxidocyclization ofcannabigerolic acid to cannabidiolic acid. *J. Biol. Chem.* 1996. Vol. 271, No. 29, Issue of July 19. P. 17411–17416.
9. Sirikantaramas S., Taura F., Tanaka Y., Ishikawa Y., Morimoto S., Shoyama Y. *Plant Cell Physiol.* 2005. 46 (9). P. 1578–1582.

**POLYAKOVA A.**

*Oleksandr Dovzhenko Hlukhiv national pedagogical university,  
Ukraine, 41400, Hlukhiv, Sumy region, Kyiivo-Moscovs'ka str., 24, e-mail: kafbiol@i.ua*

**BIOCHEMICAL ANALYSIS AND ASSESSMENT OF MODERN MONOGAMOUS VARIETIES OF HEMP *CANNABIS SATIVA* L. BY THE CONTENT OF CANNABINOID SUBSTANCES**

**Aim.** Defining the peculiarities of forming the cannabinoid substances in modern monogamous varieties of hemp is of both theoretical and practical importance. **Methods.** Modern monogamous varieties of hemp bred in Hlukhiv, Zolotonosha and specimens receive from France; were used for the chromatographically analysis of «damp» and dried in the shadow plant samples was conducted by the method of thin layer chromatography (TLC). **Results.** It was founding, that in the initial phase of growth and development the Ukrainian hemp varieties with the practical absence of neutral compounds and the French varieties with the sufficient content of these substances formed only natural acids. During the generative phase of growth and development, the varieties from France formed not only natural acids but also neutral compounds. The Ukrainian varieties demonstrated only insufficient increase of natural acids. **Conclusions.** In the initial phase of growth and development, the investigated hemp varieties containing both large and insignificant amount of cannabinoid substances formed only natural acids. Separate plants demonstrated the decrease of natural acids up to their total absence, which proves their biological interconnections and possible forming cannabidiol, tetrahydrocannabinol and cannabinol by way of fermentative decarboxylation the respective acids.

**Keywords:** Cannabinol (CBN), cannabidiol (CBD), tetrahydrocannabinol (THC), cannabidiolic acid (CBDA), tetrahydrocannabinolic acid (THCA).