

УДК 633.522:631.52+577.17

© 2012

Мищенко С. В., кандидат сільськогосподарських наук

Інститут луб'яних культур та фітофармацевтичної сировини НААН

КОРЕЛЯЦІЙНІ ЗВ'ЯЗКИ МІЖ ОСНОВНИМИ КАНАБІНОЇДНИМИ СПОЛУКАМИ РОСЛИН СУЧАСНИХ БЕЗНАРКОТИЧНИХ СОРТІВ КОНОПЕЛЬ

Рецензент – кандидат сільськогосподарських наук І. М. Лайко

Встановлено, що КБН найменше пов'язаний із рештою досліджуваних компонентів канабіноїдів рослин сорту середньоросійського типу ЮСО-14. Сильна взаємообумовленість КБД і ТГК потребує здійснення добору як за відсутністю КБД, так і ТГК. Хоча КБД і є антагоністом основної психотропної сполуки ТГК, його наявність не бажано, оскільки може викликати й появу ТГК. У південного сорту Золотоніські ЮСО-11 КБН майже зовсім не пов'язаний із рештою досліджуваних компонентів канабіноїдів, а взаємозв'язки між трьома канабіноїдними сполуками слабші, порівняно з сортом ЮСО-14.

Ключові слова: безнаркотичні коноплі, канабідіол, тетрагідроканабінол, канабінол, тонкошарова хроматографія, кореляція.

Постановка проблеми. Важливим на сучасному етапі розвитку селекції безнаркотичних конопель посівних (*Cannabis sativa* L.) є встановлення взаємозв'язків між основними канабіноїдними сполуками: канабідіолом (КБД), тетрагідроканабінолом (ТГК) і канабінолом (КБН) із метою створення матеріалу зі стійкою ознакою повної відсутності всіх компонентів канабіноїдів.

У 30-ті роки минулого століття були описані способи виділення трьох індивідуальних сполук: канабінолу, канабідіолу і тетрагідроканабінолу й вперше наведені їх правильні сумарні формули. Природа цих речовин була встановлена у великій серії робіт таких відомих хіміків, як Адамс (США) і Тодд (Англія). Вони ж здійснили перші синтези канабіноїдів [8]. Згодом у екстрактах конопель було виявлено ще декілька індивідуальних сполук. Усі вони виявилися похідними дифенілу, містившими у одному із циклів два фенольних гідроксила і радикал C_5H_{11} (амілрезорцин) [8]. Так, В. Г. Лазурьевский, Л. А. Николаева наводять формули дев'яти фенольних сполук, виділених із конопель, будова яких доведена з повною достовірністю, а саме: з радикалом $R=H$ і з радикалом $R=COOH$ [8]. Усі канабіноїди з хімічної точки зору мають споріднену будову й належать до однієї групи природних фенолів.

У рослинному матеріалі конопель зазвичай переважають три речовини – КБД, ТГК, КБН та деякі їх кислотні похідні. Решта канабіноїдів міститься в мінорних і слідових кількостях [8].

Із усіх фенольних компонентів конопель лише КБН відрізняється хімічною стійкістю й порівняно легко виділяється у кристалічному стані, що пояснюється його повною ароматичністю і відсутністю ізомерів. Доведено, що за певних фізико-хімічних умов відбувається перехід КБД у ТГК і навпаки [8]. Для ТГК описані також багатоваріантні синтези структурних, геометричних і просторових ізомерів. Із усіх відомих канабіноїдів лише ізомери ТГК відрізняються високою психотоміметичною активністю, – решта компонентів фактично не є наркотиками, хоча розглядаються як біогенні попередники чи як потенційні їх джерела [8]. На противагу ТГК, КБД властиві виражені седативні, психолітичні властивості. Таким чином, КБД є антагоністом психотропності ТГК. Психотипи або хемотипи конопель можна поділяти за домінуючим вмістом у рослині одного із канабіноїдів чи їх співвідношенням – КБД/ТГК. Сорти промислових конопель мають вказане співвідношення від 2 до 17 [2]. Існує думка, що селекція на підвищення числових показників відношення КБД/ТГК є ефективною у зниженні психотропності конопель [2, 13].

Аналіз останніх досліджень і публікацій, у яких започатковано розв'язання проблеми. Із 70-х років ХХ століття селекційно-генетична робота поступово була переорієнтована на створення однодомних високопродуктивних сортів і гібридів із пониженим вмістом канабіноїдів. Приступаючи до такої селекційної роботи, майже не були виявлені сорти й зразки зі світової колекції конопель із повною відсутністю канабіноїдів [1, 3, 6]. Водночас багатьма дослідниками було встановлено, що у співвідношенні їх окремих компонентів немає постійності. Ці величини залежать від генотипу рослин (сорту) та еколого-кліматичних умов зростання, а також строків, способів збору зразків і умов їх зберігання [4, 6–8]. Встановлено також, що в однодомних коно-

пель взаємозв'язок між ознаками продуктивності та вмістом канабіноїдів слабкий, що підтверджує перспективність наряду зі створення високопродуктивних сортів із мінімальною кількістю наркотичних речовин [10].

Завдяки використанню класичних методів селекції (гібридизації й добору), оригінальних прийомів і методик визначення вмісту канабіноїдних сполук у рослинному матеріалі, пошуковим генетичним дослідженням (щодо успадкування вмісту канабіноїдів) науковцями були створені високопродуктивні сорти однодомних конопель без наркотичних властивостей [11]. Даній проблематиці присвятили окремі дисертації й монографії такі вчені, як В. Г. Вировець [1], Л. М. Горшкова [4], Т. И. Сухорада [12]. На сьогодні всі сорти, які вирощуються в Інституті луб'яних культур та фітофармацевтичної сировини НААН, є безнаркотичними або з повною відсутністю тетрагідроканабінолу. До того ж селекційна робота щодо відсутності канабіноїдів не послаблюється.

Мета досліджень – встановити особливості кореляційних зв'язків між основними канабіноїдними сполуками рослин сучасних сортів безнаркотичних конопель.

Матеріали і методи досліджень. Об'єктом

досліджень слугували сучасні безнаркотичні сорти однодомних конопель ЮСО-14, Золотоніські ЮСО-11, вихідні форми та самозапилені лінії сорту Глухівські 58. Визначення вмісту канабіноїдних речовин проводили загальноприйнятим методом тонкошарової хроматографії [9]. Вміст КБД, ТГК, КБН визначали у балах: від 0 до 10, порівнюючи з еталоном-свідком зі встановленим вмістом канабіноїдних сполук на рівні трьох балів. Це є напівкількісним способом визначення канабіноїдів, і навіть 10 балів – це вміст канабіноїдів, який перебуває у межах дозволеної законодавством норми 0,15 % ТГК (фактично, визначали вміст канабіноїдів на рівні тисячних і десяти-тисячних часток відсотка). Статистична обробка даних здійснювалася за методикою польового досліду [5]. Відбирали по 100 зразків рослин сорту ЮСО-14 і Золотоніські ЮСО-11 (у останнього сорту вміст канабіноїдів визначався у Золотоніському відділі селекції і насінництва конопель, показники надані М. М. Орловим) і 20 зразків кожної вихідної форми і лінії сорту Глухівські 58. Дослідження проводили у 2008–2010 роках.

Результати досліджень. Мінливість вмісту канабіноїдів у рослин сортів ЮСО-14 і Золотоніські ЮСО-11 подана в табл. 1.

1. Мінливість вмісту канабіноїдів (балів) у рослин сортів ЮСО-14 і Золотоніські ЮСО-11 (середнє, 2008–2009 рр.)

Сорт	Показник	Канабіноїдна сполука		
		КБД	ТГК	КБН
ЮСО-14	\bar{x}	1,98	1,59	4,05
	$S \bar{x}$	0,176	0,197	0,338
	S^2	3,24	3,98	12,10
Золотоніські ЮСО-11	\bar{x}	0,75	0,41	3,28
	$S \bar{x}$	0,120	0,130	0,103
	S^2	1,46	1,82	1,09

2. Коефіцієнти кореляції між ознаками вмісту канабіноїдів у рослин сортів ЮСО-14 і Золотоніські ЮСО-11 (середнє, 2008–2009 рр.)

Коефіцієнт кореляції	Сорт	
	ЮСО-14	Золотоніські ЮСО-11
Коефіцієнти парної кореляції		
$r_{\text{КБД ТГК}}$	0,90 *	0,86 *
$r_{\text{КБД КБН}}$	0,86 *	-0,005 *
$r_{\text{ТГК КБН}}$	0,78 *	-0,10 *
Коефіцієнти часткової кореляції		
$r_{\text{КБД ТГК} \cdot \text{КБН}}$	0,88 *	–
$r_{\text{КБД КБН} \cdot \text{ТГК}}$	0,58 *	0,17 *
$r_{\text{ТГК КБН} \cdot \text{КБД}}$	0,01	-0,20 *
Множинні коефіцієнти кореляції		
$R_{\text{КБД} \cdot \text{ТГК} \cdot \text{КБН}}$	0,94 *	0,86 *
$R_{\text{ТГК} \cdot \text{КБД} \cdot \text{КБН}}$	0,90 *	0,86 *
$R_{\text{КБН} \cdot \text{КБД} \cdot \text{ТГК}}$	0,86 *	0,22 *

Примітки: 1. Тут і далі: * – значення достовірні на рівні значимості 0,05. 2. Визначення $r_{\text{КБД ТГК} \cdot \text{КБН}}$ не має математичного змісту, оскільки очевидною є відсутність зв'язку КБН з іншими компонентами.

Коефіцієнти парної кореляції такі: між вмістом КБД і ТГК сорту ЮСО-14 – 0,90*; КБД і КБН – 0,86*; ТГК і КБН – 0,78* (тут і далі: * – значення достовірні на п'ятивідсотковому рівні). До того ж ці коефіцієнти досить стабільні у межах років. Так, у 2008 р. $r_{\text{КБД ТГК}} = 0,91^*$; $r_{\text{КБД КБН}} = 0,85^*$; $r_{\text{ТГК КБН}} = 0,78^*$; у 2009 р. – 0,90*; 0,87*; 0,78* відповідно. Вибіркове рівняння лінійної регресії має вигляд: $Y = -0,353 + 1,073X$ (2008 р.) і $Y = -0,447 + 0,970X$ (2009 р.), де: Y – вміст КБД, X – вміст ТГК. Як бачимо, між вказаними компонентами канабіноїдних сполук наявний сильний позитивний кореляційний зв'язок, найвищий – між КБД і ТГК (табл. 2).

Частковий коефіцієнт кореляції – це показник, який вказує на ступінь спряженості двох ознак за постійного значення третьої; множинний коефіцієнт кореляції – це показник тісноти лінійного зв'язку між однією і сукупністю двох інших ознак.

Частковий коефіцієнт кореляції між КБД і ТГК сорту ЮСО-14 в особин з однаковим вмістом КБН ($r_{\text{КБД ТГК} \cdot \text{КБН}} = 0,88^*$) показує, що взаємозв'язок не обумовлений впливом наявності КБН. Протилежний висновок слід зробити по відношенню часткового коефіцієнта кореляції між КБД і КБН у рослин з однаковим вмістом ТГК ($r_{\text{КБД КБН} \cdot \text{ТГК}} = 0,58$). У цьому випадку частковий коефіцієнт кореляції показує, що невелика частина взаємозв'язків у загальній кореляції ($r_{\text{КБД КБН}} = 0,86$) обумовлена впливом ТГК. Частковий коефіцієнт кореляції між ТГК і КБН у рослин з однаковим вмістом КБД значно відрізняється (значення навіть не є достовірним, а зв'язок – відсутнім) від загального коефіцієнта кореляції $r_{\text{ТГК КБН}} = 0,78$. Із цього маємо, якщо підібрати рослини з однаковим вмістом КБД, то зв'язок між ТГК і КБН у них буде досить слабким, оскільки значна частина у цьому взаємозв'язку обумовлена варіюванням вмісту КБД.

Судячи з коефіцієнта множинної кореляції, варіація вмісту КБД сильно пов'язана з дією таких факторів, як вміст ТГК і КБН, у свою чергу, це стосується ТГК, а ось вміст КБН дещо менше пов'язаний з дією КБД і ТГК (коефіцієнт множинної детермінації – R^2 – становить 0,74, порівняно з попередніми випадками – 0,88 і 0,81 відповідно).

На відміну від середньоросійського сорту, у південного сорту Золотоніські ЮСО-11 сильний позитивний кореляційний зв'язок лише між ознаками вмісту КБД і ТГК (табл. 1). Досить стабільні ці коефіцієнти кореляції і в межах років: $r_{\text{КБД ТГК}} = 0,88^*$ у 2008 р. і $r_{\text{КБД ТГК}} = 0,84^*$ – у

2009 році. Вибіркове рівняння лінійної регресії має вигляд: $Y = -0,470 + 1,093X$ (2008 р.) і $Y = -0,153 + 0,757X$ (2009 р.), де Y – вміст КБД, X – вміст ТГК. Між КБД і КБН, ТГК і КБН кореляційний зв'язок у даного сорту надзвичайно низький, фактично відсутній.

Часткові коефіцієнти кореляції невисокі, що обумовлено майже повною відсутністю зв'язку КБН з КБД і ТГК. Виходячи з коефіцієнтів множинної кореляції, варіація вмісту КБД сильно пов'язана з дією таких факторів, як вміст ТГК і КБН (здебільшого ТГК, як видно із коефіцієнтів парної кореляції). У свою чергу, в однаковій мірі це стосується й ТГК ($R = 0,86^*$ в обох випадках), зате вміст КБН мало пов'язаний із дією КБД і ТГК (коефіцієнт множинної детермінації – R^2 – становить 0,05, порівняно з попередніми випадками – 0,74).

Таким чином, у південного сорту Золотоніські ЮСО-11 КБН майже зовсім не пов'язаний із рештою досліджуваних компонентів канабіноїдів, а взаємозв'язки між трьома канабіноїдними сполуками слабші, порівняно з сортом ЮСО-14.

Крім того встановлено, що сильні позитивні кореляційні зв'язки (навіть близькі до 1,00) властиві рослинам самозапиленних ліній I_1 , I_2 Глухівські 58 та I_1 , I_2 Золотоніські 15 (табл. 3). Зазначимо, що для аналізу залежностей між трьома компонентами канабіноїдних сполук ми вибрали лише ті варіанти, в яких проявилися КБД, ТГК і КБН від слабких слідів до 10 балів у переважній більшості особин вибірки, достатньої для достовірного аналізу і встановлення кореляції.

Дуже сильні позитивні кореляційні зв'язки між вмістом канабіноїдних сполук існують і в самозапиленних ліній, хоча дещо слабші за вихідні форми, в яких вони взагалі наближаються до 1,00. Так, у середньому по трьох вихідних формах сорту Глухівські 58 (урожаю 2009 р.) $r_{\text{КБД ТГК}} = 0,91^*$, $r_{\text{КБД КБН}} = 0,91^*$, $r_{\text{ТГК КБН}} = 0,98^*$, у середньому по десяти I_1 – 0,90*, 0,80* і 0,79* відповідно; по трьох вихідних формах сорту Золотоніські 15 $r_{\text{КБД ТГК}} = 0,98^*$, $r_{\text{КБД КБН}} = 0,86^*$, $r_{\text{ТГК КБН}} = 0,87^*$, у середньому по чотирьох I_1 – 0,83*, 0,76* і 0,75* відповідно. Високі коефіцієнти кореляції властиві I_2 Глухівські 58 та I_2 Золотоніські 15 урожаю 2010 року. Не можна стверджувати, що самозапилення впливає на їх зменшення (табл. 3).

Досить важко знайти самозапилені лінії хоча б із середніми кореляційними зв'язками. До таких частково (за окремими коефіцієнтами кореляції) можна віднести сім'ї I_1 № 748, № 758, I_1 Золотоніські 15 № 792, № 797, I_2 Золотоніські 15 № 674.

3. Коефіцієнти парної кореляції між ознаками вмісту канабіноїдів у рослин I₁, I₂ Глухівські 58, I₁, I₂ Золотоніські 15 та їх вихідних форм (2009–2010 рр.)

№ ділянки (сім'ї)	Сорт, лінія	Коефіцієнти кореляції			
		Г _{КБД ТГК}	Г _{КБД КБН}	Г _{ТГК КБН}	
747	Сорт Глухівські 58	0,90 *	0,87 *	0,99 *	
750		0,91 *	0,91 *	0,98 *	
755		0,92 *	0,96 *	0,98 *	
\bar{x}		0,91 *	0,91 *	0,98 *	
726	I ₁ Глухівські 58	0,89 *	0,86 *	0,90 *	
741		0,89 *	0,82 *	0,75 *	
748		0,95 *	0,39 *	0,46 *	
749		0,93 *	0,90 *	0,87 *	
756		0,96 *	0,97 *	0,93 *	
757		0,96 *	0,95 *	0,97 *	
758		0,95 *	0,68 *	0,68 *	
764		0,96 *	0,72 *	0,76 *	
765		0,76 *	0,78 *	0,87 *	
767		0,79 *	0,95 *	0,73 *	
\bar{x}		0,90 *	0,80 *	0,79 *	
601		I ₂ Глухівські 58	0,98 *	0,95 *	0,98 *
609			0,99 *	0,96 *	0,98 *
615			0,97 *	0,94 *	0,89 *
619	0,71 *		0,82 *	0,71 *	
\bar{x}	0,91 *		0,92 *	0,89 *	
777	Сорт Золотоніські 15	0,99 *	0,87 *	0,87 *	
794		0,97 *	0,98 *	0,98 *	
798		0,99 *	0,74 *	0,76 *	
\bar{x}		0,98 *	0,86 *	0,87 *	
771	I ₁ Золотоніські 15	0,96 *	0,94 *	0,98 *	
792		0,46 *	0,75 *	0,81 *	
795		0,96 *	0,84 *	0,77 *	
797		0,93 *	0,52 *	0,43 *	
\bar{x}	0,83 *	0,76 *	0,75 *		
667	I ₂ Золотоніські 15	0,96 *	0,73 *	0,85 *	
673		0,91 *	0,87 *	0,96 *	
674		0,29 *	0,61 *	0,74 *	
\bar{x}		0,72 *	0,74 *	0,85 *	

Висновки:

1. КБН найменше пов'язаний із рештою досліджуваних компонентів канабіноїдів рослин сортів середньоросійського типу. Сильна взаємобумовленість КБД і ТГК потребує здійснення добору як за відсутністю КБД, так і ТГК. Хоча КБД і є антагоністом основної психотропної сполуки ТГК (за літературними джерелами), його наявність є не бажаною, оскільки може викликати й появу ТГК.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. *Вировец В. Г.* Создание высокопродуктивных сортов конопли, не обладающих наркотической

2. У південного сорту Золотоніські ЮСО-11 КБН майже зовсім не пов'язаний із рештою досліджуваних компонентів канабіноїдів, а взаємозв'язки між трьома канабіноїдними сполуками слабші, порівняно з сортом ЮСО-14.

3. Існують дуже сильні позитивні кореляційні зв'язки між вмістом канабіноїдних сполук і у самоzapилених ліній, хоча дещо слабші за вихідні форми.

активністю : автореф. дисс. ... доктора с.-х. наук : спец. 06.01.05 «Селекція и семеноводст-

- во» / В. Г. Вировец. – К., 1992. – 42 с.
2. Григорьев С. В. Наследование признака наркотичности конопли / С. В. Григорьев, С. Л. Гордиенко // Селекция против наркотиков : материалы Междунар. науч. конф., 9–11 авг., 2004 г. – Краснодар, 2004. – С. 29–35.
3. Горшкова Л. М. Характеристика сортов коллекционного питомника конопли по содержанию тетрагидроканнабинола / Л. М. Горшкова, Е. И. Бородин // Биология, возделывание и первичная обработка конопли и кенафа. – Глухов, 1978. – Вып. 41. – С. 35–40.
4. Горшкова Л. М. Біологічні основи формування каннабіноїдних сполук конопель та розробка методів визначення їх вмісту в селекційних цілях : автореф. дис. ... доктора с.-г. наук : спец. 06.01.05 «Селекція і насінництво» / Л. М. Горшкова. – К., 1994. – 49 с.
5. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта : [учебн. для студ. агроном. спец. с.-х. вузов] / Б. А. Доспехов. – [3-е изд., перераб. и доп.]. – М. : Колос, 1973. – 336 с.
6. Захарова Н. С. Содержание каннабиноидов в коллекционных образцах конопли : автореф. дисс. ... канд. биол. наук : спец. 03.00.04 «Биохимия» / Н. С. Захарова. – Л., 1973. – 24 с.
7. Кечатов Е. А. Исследование смолистых выделений конопли посевной и сорной, произрастающих в европейской части СССР : автореф. дисс. ... канд. фармац. наук / Е. А. Кечатов. – Баку, 1962. – 23 с.
8. Лазурьевский Г. В. Каннабиноиды (наркотические вещества конопли) / Г. В. Лазурьевский, Л. А. Николаева. – Кишинев : Штиинца, 1972. – 68 с.
9. Методические указания по селекции конопли на снижение содержания каннабиноидов / В. Г. Вировец, Л. М. Горшкова, Г. И. Сенченко [и др.]. – М. : ВАСХНИЛ, 1985. – 14 с.
10. Мигун Н. П. Взаимосвязь признаков продуктивности с содержанием каннабиноидных соединений у однодомной конопли / Н. П. Мигун, Л. М. Горшкова, В. Г. Вировец [и др.] // Селекция, технология возделывания, уборки и первичной обработки конопли : сб. научн. тр. – Глухов, 1989. – С. 7–12.
11. Про шляхи і результати селекційно-генетичних досліджень конопель // В. Г. Вировець, В. П. Ситник, М. Д. Мигаль [та ін.] // Селекція, технологія вирощування і збирання луб'яних культур : зб. наук. праць. – Глухів, 2001. – Вип. 2. – С. 51–60.
12. Сухорада Т. И. Селекция южной конопли / Т. И. Сухорада. – Краснодар : КНИИСХ, 2005. – 190 с.
13. Grotenhermen F. Industrial hemp is not marijuana: Comment on the drug potential of fiber Cannabis / F. Grotenhermen, M. Karus // Journal of the International hemp. – 1998. – Vol. 5, № 2. – P. 96–99.