

VSEBNOST KANABINOIDOV V RAZLIČNIH FENOTIPIH KONOPLJE (*Cannabis sativa* L.) CARMAGNOLA SELECTED IN SELEKCIJE FINOLA

Marjeta ERŽEN¹, Iztok Jože KOŠIR², Miha OCVIRK³, Samo KREFT⁴ in Andreja ČERENAK⁵

Izvirni znanstveni članek / Original scientific article

Prispelo / Arrived: 4. 11. 2024

Sprejeto / Accepted: 4. 12. 2024

Izvleček

Konoplja vsebuje zanjo specifične sekundarne metabolite kanabinoide, ki imajo veliko pozitivnih učinkov na zdravje ljudi in živali. Zaradi dvodomnosti in tujeprašnosti vrste ter populacijskih sort pogosto prihaja do pojava različnih fenotipov znotraj sorte. V naši raziskavi smo glede na vizualne lastnosti znotraj sorte Carmagnola selected (CS) in selekcije Finola odbrali različne fenotipe ter pri odbranih vzorcih analizirali kanabinoidni profil, kjer smo določili vsebnost 10 različnih kanabinoidov s tehniko HPLC. Podatke smo statistično obdelali ter ugotovili, da je bila najvišja vsebnost kanabinoida CBD-A pri fenotipih selekcije Finola (6,36–6,59 %), najvišja vsebnost CBG-A je bila pri fenotipu CI (1,62 %) najvišja vsebnost THC-A pa prav tako pri fenotipu CI (0,91 %). Z analizo PCA smo ugotovili, da se sorta CS in selekcija Finole med sabo ločita, medtem ko se na podlagi povprečij fenotipov in analiziranih kanabinoidov znotraj sorte ločita le fenotipa sorte CS. Z izračunom celokupnih vsebnosti kanabinoidov in razmerja med kanabinoidoma THC in CBD smo ugotovili, da lahko fenotip CI uvrstimo v kemotip II, vse ostale kemotipe pa v kemotip III. Fenotipi selekcije Finola so imeli daleč najvišjo celokupno vsebnost kanabinoida CBD (6,18–6,42 %).

Ključne besede: konoplja, kanabinodi, fenotipi, *Cannabis sativa*, CBD, THC

CANNABINOIDS CONTENT IN DIFFERENT HEMP (*Cannabis sativa* L.) PHENOTYPES OF CARMAGNOLA SELECTED AND FINOLA SELECTION

Abstract

Hemp contains specific secondary metabolites, the cannabinoids, which have numerous positive effects on human and animal health. Due to the dioecious nature and cross-pollination of the species as well as population varieties, different

¹ Dr., Inštitut za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije (IHPS), e-pošta: marjeta.erzen@ihps.si

² Izr. prof. dr., IHPS, e-pošta: iztok.kosir@ihps.si

³ Dr., IHPS, e-pošta: miha.ocvirk@ihps.si

⁴ Prof. dr., Univerza v Ljubljani, Fakulteta za farmacijo, e-pošta: samo.kreft@ffa.uni-lj.si

⁵ Izr. prof. dr., IHPS, e-pošta: andreja.cerenak@ihps.si

phenotypes often occur within a variety. In our study, different phenotypes were determined based on visual traits within the selected variety Carmagnola selected (CS) and the Finola selection. The cannabinoid profile in the selected samples was determined based on 10 different cannabinoids using HPLC (High-Performance Liquid Chromatography) technology. The data were statistically analyzed and it was found that the highest content of the cannabinoid CBD-A was found in the phenotypes of the Finola selection (6.36 – 6.59%), the highest CBG-A content was in the CI phenotype (1.62%) and the highest THC-A content was also in the CI phenotype (0.91%). Using principal component analysis (PCA), we found that the CS variety and the Finola selection differed from each other. However, based on the average phenotypes and analyzed cannabinoids within the variety, only CS phenotypes were distinguishable. According to the total cannabinoid content and the ratio between THC and CBD, it was concluded that the CI phenotype can be classified as chemotype II, while all other chemotypes can be classified as chemotype III. The Finola selection phenotypes had the highest overall CBD content (6.18 – 6.42%).

Key words: Hemp, cannabinoids, phenotypes, *Cannabis sativa*, CBD, THC

1 UVOD

Kanabinoidi so sekundarne spojine, ki se značilne predvsem za konopljo. Spadajo v skupino terpenofenolnih snovi. Največ kanabinoidov se tvori v neoplojenih ženskih socvetjih (do 30 %), natančneje v glandularnih trihomih (do 60 %). V oplojenih cvetovih se nahaja do 13 % kanabinoidov, v listih do 0,06 % in v steblih do 0,02 %. V semenih in koreninah konoplje se kanabinoidi ne nahajajo (Russo in Marcu, 2017). Seveda pa je njihova vsebnost odvisna od številnih dejavnikov, kot so sorta, starost rastline, rastnih razmer (medvrstna razdalja, vlaga, prehrana, svetloba, čas spravila) (Andre in sod., 2016).

Kanabinoidi nastajajo po dveh biosintetskih poteh, in sicer po poliketidni poti, ki vodi do olivetolne kisline, in po plastidni 2-C-metil-D-eritritol 4-fosfatni poti, ki vodi do geranil pirofosfata. Preko obeh prekurzorjev se tvori kanabinoid CBG-A, ki je prekurzor za kanabinoide THC, CBD in CBC. THC-A nastaja, ko sintaza THC-A pretvori kanabinoid CBG-A v THC-A, CBD-A nastane, ko sintaza CBD-A pretvori CBG-A v CBD-A, CBC-A nastane, ko sintaza CBC-A pretvori CBG-A v CBC-A (Andre in sod., 2016).

Konopljo lahko glede na njen kanabinoidni profil in razmerje med kanabinoidi uvrstimo v 5 različnih kemotipov. V kemotip I spadajo rastline konoplje, katerih vsebnost CBD ni višja od 0,5 %, vsebnost THC pa je višja od 0,5 %, vsebnost THC je lahko v takšnih primerih tudi višja kot 20 %, kemotip II oz. mešani kemotip, kjer je razmerje med kanabinoidoma THC in CBD približno enako (1 : 1), kemotip III, kjer vsebnost THC ne presega 0,3 % vsebnost CBD pa je višja od 0,5 % (Small in Beckstead, 1973), kemotip IV, kjer je vsebnost kanabinoida CBG višja od 0,3 %, vsebnost CBD pa nižja od 0,3 % ter kemotip V, v katerem kanabinoidov ni mogoče zaznati (Fournier in sod., 1987). Kemotip se v rastlini določi že zelo zgodaj v rastni dobi in se s starostjo rastline ne spreminja (Vogelmann in sod., 1988). Kemotipa I

in II lahko poimenujemo indijska konoplja, kemotipe III, IV in V pa navadna konoplja (Schilling in spod., 2020).

Kanabinoidi imajo številne pozitivne učinke na zdravje ljudi in živali. Vplivajo na zdravljenje bolezni, kot so Huntingtonova, Parkinsonova, Alzheimerjeva bolezen, epilepsija, multipla skleroza, lajšanje bolečin, zdravljenje diabetesa, vnetij, motenj prehranjevanja (Namdar in sod., 2018).

Zaradi dvodomnosti in tujeprašnosti rastlin konoplje lahko prihaja do navzkrižnega križanja med dvema različnima sortama (Clarke in Merlin, 2013). Pri konoplji imamo populacijske sorte, kar pogosto pomeni heterozigotnost in neizenačenost sorte. Vse to so razlogi za genetsko nestabilnost sort, segregacije in pogostega pojava različnih fenotipov znotraj sorte (Barcaccia in sod., 2020). Tako so si rastline lahko različne tako po videzu kot po kemijskem profilu sekundarnih metabolitov, kot so komponente eteričnega olja ali kanabinoidi.

Na podlagi zgoraj naštetih razlogov za neizenačenost sort konoplje smo v naši raziskavi preučevali različne fenotipe znotraj sorte Carmagnola selected (CS) in selekcije Finola, ki smo jih odbrali glede na vizualne lastnosti rastlin, saj smo želeli opredeliti njihov kemijski oz. kanabinoidni profil teh fenotipov in odkriti, ali se na kemijskem nivoju tudi razlikujejo tako kot se razlikujejo glede na morfološke lastnosti.

2 MATERIALI IN METODE

2.1 Rastlinski material in zasnova poskusa

V raziskavi smo poskus izvedli na dveh različnih sortah industrijske konoplje, in sicer na sorti Carmagnola selected (CS) in na selekciji Finole. Sorta CS je bila posejana na lokaciji Ljubno ob Savinji (koordinate: 46.341626, 14.843405). Njiva je bila velika 1080 m². Setev smo izvedli s poskusno sejalnico Wintersteiger v mesecu juliju leta 2019. Medvrstna razdalja je bila 75 cm. Selekcijo Finola smo posejali na lokaciji Žalec (koordinate: 46.248241, 15.160317). Njiva je bila velika 3 ha. Setev je potekala konec maja leta 2019 na medvrstni razdalji 75 cm. Na njivi smo dvakrat v sezoni (dokler rastline niso bile dovolj visoke) mehansko zatirali plevel, in sicer enkrat ročno ter enkrat z motokultivatorjem. Da smo v posevku ohranjali samo ženske rastline, smo v času cvetenja posevek skozi celotno rastno dobo enkrat do dvakrat tedensko pregledovali in odstranjevali moške rastline. S tem smo preprečili oprašitev ženskih rastlin. Proti koncu rastne dobe smo znotraj vsake sorte na podlagi vizualnih lastnosti (velikost rastline, barva rastline, razvejanost rastline, dolžina in kompaktnost socvetij, velikost listov in antociansko obarvanje listnih pecljev) določili končne fenotipe. Pri sorti CS smo določili dva različna fenotipa (CI in CII), znotraj selekcije Finola pa štiri različne fenotipe (FI, FII, FIII, FIV). Rastline so zacvetele konec avgusta, vzorčenje socvetij je potekalo konec septembra oz. v začetku oktobra. Med rastno dobo posevka nismo dodatno gnojili ali namakali, prav tako nismo uporabili fitofarmacevtskih sredstev.

Pred samo setvijo smo izvedli analizo tal. pH njive je bil 5,7, preskrbljenost tal s fosforjem kot P_2O_5 93,1 mg/100 g tal in preskrbljenost s kalijem kot K_2O 28,9 mg/100 g tal. Njiva je vsebovala 4,8 % organske snovi.

2.2 Priprava vzorcev

Socvetja smo po vzorčenju pripravili za sušenje v sušilnici tako, da smo okrog socvetij odstranili večje liste ter socvetja razrezali na manjše dele. Sušili smo jih v sušilnih omarah pri 30 °C. Po sušenju smo socvetja zapakirali v plastične vrečke ter jih zamrzili v skrinji na -20 °C. Pred izvedbo analiz smo socvetja zmleli s kavnim mlinčkom.

2.3 Določanje vsebnosti kanabinoidov

Za določanje vsebnosti kanabinoidov smo uporabili 5 rastlin na fenotip. Vsebnost kanabinoidov smo določili s tekočinsko kromatografijo visoke ločljivosti (HPLC) z napravo Agilent Series 1200, opremljenim z DAD detektorjem (Agilent Technologies Inc., ZDA), kjer smo analizirali 10 različnih kanabinoidov. Za ekstrakcijo smo v 50 mL centrifugirke zatehtali 200 ± 9 mg zmletega socvetja. Dodali smo 25,0 mL 80 % etanola (J. T. Baker, ZDA) ter zmes vrtinčili 30 s. Vzorce smo nato dali v ultrazvočno kopel (15 minut), saj smo želeli pospešiti ekstrakcijo. Vzorce smo med ekstrakcijo v ultrazvočni kopeli vrtinčili na vsake 5 minut (Mudge in sod., 2017). Vzorce smo injicirali v HPLC in komponente ločili na kolonijo Rapto ARC-18 (oktadecilsilan) velikosti 2,7 μ m, 150 mm $\times$ 4,6 mm ID (Restek, ZDA). Za mobilno fazo A smo uporabili 5 mM amonijevega dormata (Sigma Aldrich, ZDA) in 0,1 % mravljinčne kisline (Scharlau, Španija) redčene v deionizirani vodi s končnim pH 3,1. Za mobilno fazo B smo uporabili acetonitril (sigma Aldrich, ZDA) in 0,1 % mravljične kisline. Razmerje med mobilnima fazama je bilo 25 % mobilne faze A in 75 % mobilne faze B (Mudge s sod., 2017). Pri čemer smo uporabili pretok 1,5 mL/min. Za mobilni fazi smo uporabili izokratsko elucijo. Kalibracijska krivulja za standarde je bila pripravljena pri naslednjih koncentracijah: 5 μ g/mL, 10 μ g/mL, 25 μ g/mL, 50 μ g/mL, 100 μ g/mL, 200 μ g/mL in 250 μ g/mL, pri čemer je bil korelacijski koeficient višji od 0,9975. Pripravljene vzorce smo filtrirali skozi filter PTFE (0,45 μ m) (Macherey Nagel AG, Nemčija), volumen injiciranja je bil 5 μ L, detekcija je potekala pri valovni dolžini 228 nm. Identifikacijo komponent smo izvedli v programu ChemStation za LC (Agilent Technologies, ZDA).

Za umeritveno krivuljo smo vsak standard sedemkrat redčili, standarde v kislini obliki smo redčili v acetonitrilu, standarde v ne kislini obliki pa v metanolu. Delež kanabinoidov (%) in relativno standardno deviacijo (RSD %) smo izračunali iz umeritvene krivulje.

2.4 Statistična analiza

Osnovno statistično analizo (povprečja, standardni odklon, relativno standardno deviacijo) smo izvedli v programu MS Excel, multifaktorsko analizo ANOVA z Duncanovim testom smo izvedli v programu Statgraphics Centurion Software 19.4.04 (Statgraphics Technologies, Inc. ZDA), analizo PCA pa smo izvedli v

programu OriginPro 2021 (OriginLab, ZDA), pri čemer smo podatke prikazali v ravnini prvih dveh osi.

2.5 Izračun celokupne vsebnosti kanabinoidov

Za kanabinoide Δ9-THC, CBD in CBG smo izračunali celokupne vsebnosti kanabinoidov. Za izračun smo uporabili sledeče enačbe (Glivar in sod., 2020):

- 1) % celokupnega Δ9-THC = % Δ9-THC + (% Δ9-THC-A x 0.877),
- 2) % celokupnega CBD = % CBD + (% CBD-A x 0.877),
- 3) % celokupnega CBG = % CBG + (% CBG-A x 0.878).

3 REZULTATI Z RAZPRAVO

3.1 Določanje vsebnosti kanabinoidov

V socvetjih šestih različnih fenotipov smo analizirali 10 različnih kanabinoidov (CBD, CBD-A, CBG, CBG-A, Δ9-THC, Δ9-THC-A, CBC, CBC-A, CBN, Δ8-THC). Vsebnosti le-teh so predstavljene v preglednici 1. Zaradi vsebnosti CBN in Δ8-THC pod mejo detekcije je v preglednici prikazanih samo 8 kanabinoidov.

Preglednica 1: Povprečna vsebnost kanabinoidov (%) pri 6 različnih fenotipih sorte Carmagnola selected in selekcije Finola z izračunanim standardnim odklonom (SD) in razlikami med fenotipi na podlagi kanabinoidov določenih z analizo ANOVA in Duncanovim testom

	CI	SD	CII	SD	FI	SD	FII	SD	FIII	SD	FIV	SD
CBD	0,05 ^a	0	0,10 ^a	0	0,60 ^b	0,1	0,78 ^c	0,1	0,61 ^b	0,1	0,64 ^b	0,2
CBD-A	1,70 ^a	1,5	3,78 ^b	0,9	6,48 ^c	0,4	6,41 ^c	0,4	6,36 ^c	0,3	6,59 ^c	0,2
CBG	0,04 ^{bc}	0	0,04 ^{bc}	0	0,05 ^{cd}	0	0,05 ^{cd}	0	0,06 ^d	0	0,06 ^d	0
CBG-A	1,62 ^b	2,4	0,44 ^a	0,2	1,00 ^{ab}	0,4	0,63 ^{ab}	0,2	0,91 ^{ab}	0,2	1,11 ^{ab}	0,3
Δ9-THC	0,05 ^{abc}	0,1	0,04 ^{abc}	0,1	0,08 ^{cd}	0	0,11 ^d	0	0,08 ^{cd}	0	0,08 ^{cd}	0
Δ9-THC-A	0,91 ^{ab}	1,8	0,75 ^{ab}	1,3	0,50 ^{ab}	0,1	0,46 ^{ab}	0,1	0,47 ^{ab}	0,1	0,51 ^{ab}	0,1
CBC	0,01 ^{ab}	0	0,02 ^a	0	0,05 ^c	0	0,06 ^d	0	0,05 ^c	0	0,05 ^c	0
CBC-A	0,20 ^a	0,1	0,27 ^a	0,1	0,62 ^b	0,1	0,59 ^b	0,1	0,64 ^b	0,1	0,64 ^b	0,1

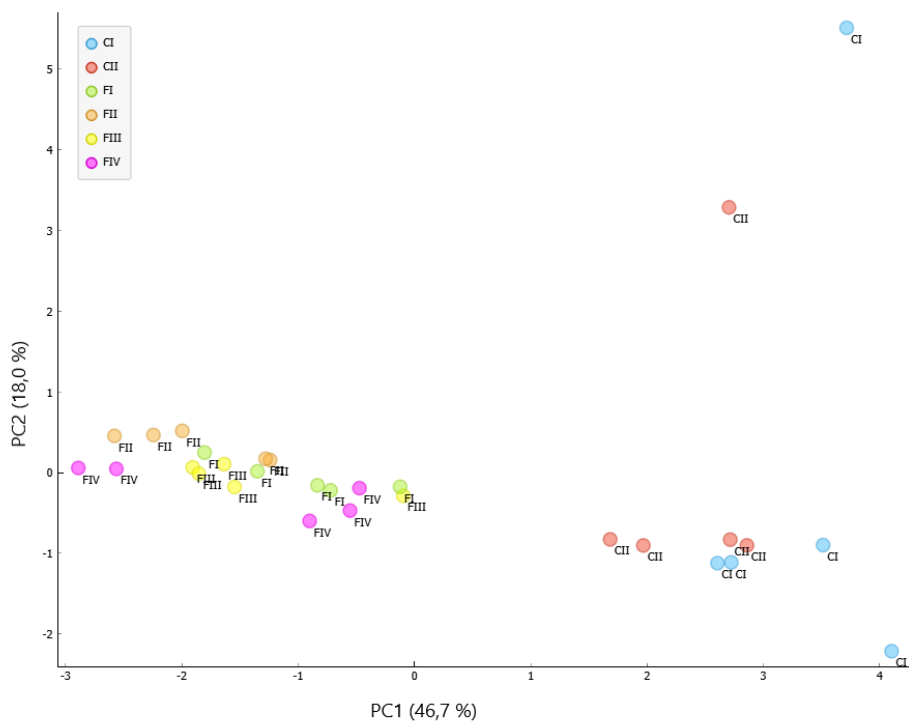
Iz preglednice 1 je razvidno, da je bila najvišja vsebnost kanabinoida CBD pri fenotipu FII (0,78 %), pri čemer se je ta fenotip tudi statistično razlikoval od ostalih fenotipov. Najnižja vsebnost pa je bila pri fenotipu CI (0,05 %). Najvišja vsebnost CBD-A je bila pri fenotipih selekcije Finola (6,36 % - 6,59 %), najnižja pa pri fenotipu CI (1,70 %). Fenotipa sorte CS sta se glede na vsebnost CBD-A statistično

razlikovala med sabo. Vsebnosti CBG so bile v istem rangu pri vseh fenotipih, in sicer od 0,04 % do 0,06 %, pri čemer sta se fenotipa CI in CII statistično razlikovala od fenotipov FIII in FIV. Najvišja vsebnost CBG-A je bila pri fenotipu CI (1,62 %), najnižja pa pri fenotipu CII (0,44 %), pri čemer sta se ta dva fenotipa tudi med seboj statistično razlikovala. Najvišja vsebnost THC je bila pri fenotipu FII (0,11 %), najnižja pa pri fenotipu CII (0,04 %). Najvišja vsebnost THC-A je bila pri fenotipu CI (0,91 %), najnižja pa pri fenotipu FII (0,46 %). Najvišja vsebnost CBC je bila pri fenotipu FII (0,06 %), najnižja pa pri fenotipu CI (0,01 %). Najvišja vsebnost CBC-A je bila pri fenotipih FIII in FIV (0,64 %), najnižja pa pri CI (0,20 %). Fenotip FII se je znotraj sorte na podlagi CBC-A statistično razlikoval od ostalih fenotipov. Fenotipa CI in CII sta se značilno razlikovala pri kanabinoidih CBD-A in CBG-A.

Vsebnost različnih kanabinoidov v braktejah pri 15 različnih sortah industrijske konoplje so preučevali Glivar in sod. (2020), kjer so pri sorti Carmagnola ugotovili višje vsebnosti pri kanabinoidih, ki smo jih preučevali tudi v naši raziskavi, razen pri kanabinoidu THC-A, ki pa je imel v našem primeru višjo vsebnost. Ker Carmagnola selected izvira iz sorte Carmagnola, smo lahko primerjali njune vsebnosti.

Vsebnosti pri selekciji Finole pa so bile pri vseh kanabinoidih višje v naši raziskavi kot pa vsebnosti pri sorti Finola v raziskavi Glivar in sod. (2020).

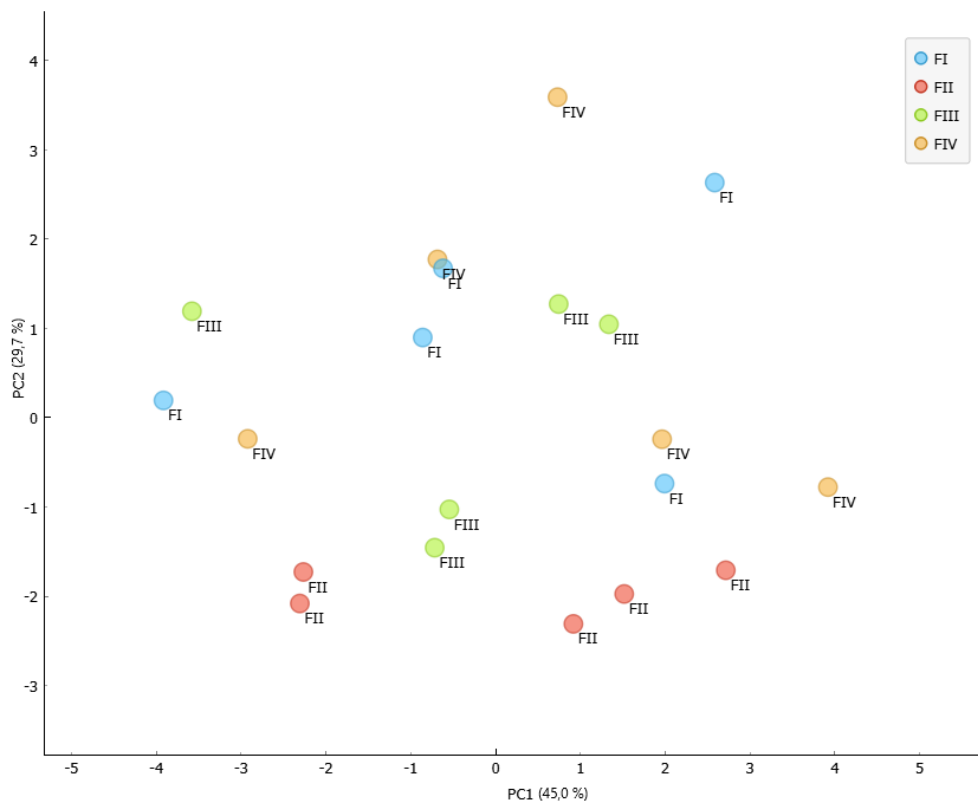
Razliko med povprečji fenotipov na podlagi kanabinoidov smo preverili še z analizo PCA, pri čemer smo kot vhodni podatek uporabili vseh 10 analiziranih kanabinoidov, določenih pri fenotipih sort CS in selekcije Finola. Na sliki 1 je prikazan graf analize PCA glede na povprečja vseh fenotipov na podlagi 10 analiziranih kanabinoidov.



Slika 1: Graf metode glavnih osi (PCA) izrisan na podlagi posameznih povprečij fenotipov in povprečnih vrednosti kanabinoidov pri sorti Carmagnola selected in selekciji Finole. Graf prikazuje razporeditev vzorcev v ravnini prvih dveh osi (PC1 pojasni 46,7 %, PC2 pojasni 18,0 %). Skupna varianca je bila 64,7 %.

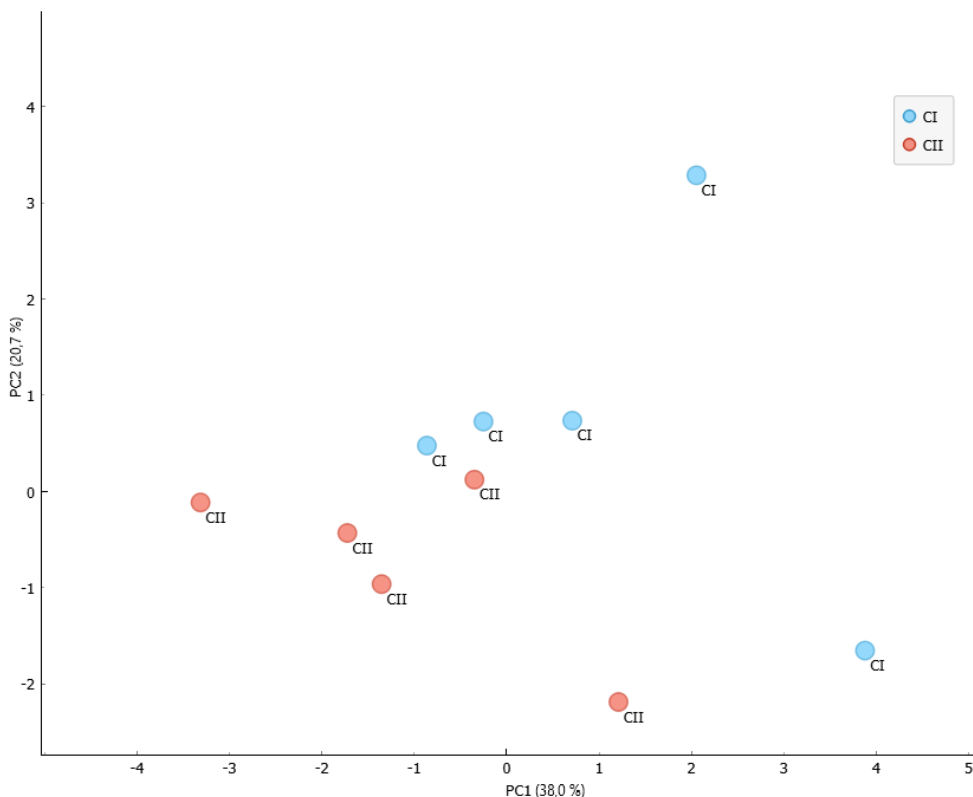
S slike 1 je razvidno, da se sorti glede na povprečja kanabinoidov ločita med sabo. Prav tako se med sabo ločita fenotipa sorte CS, medtem ko fenotipov znotraj selekcije Finola ni bilo mogoče ločiti.

Analizo PCA smo izvedli še za vsako sorto posebej, kjer smo prav tako za vhodne podatke izbrali 10 kanabinoidov določenih pri fenotipih vsake sorte. S slike 2 je razvidno, da tudi z analizo samo selekcije Finola fenotipov ni bilo mogoče ločiti med sabo.



Slika 2: Graf metode glavnih osi (PCA) izrisan na podlagi posameznih povprečij fenotipov in povprečnih vrednosti kanabinoidov pri selekciji Finola. Graf prikazuje razporeditev vzorcev v ravni prvih dveh osi (PC1 pojasni 45,0 %, PC2 pojasni 29,7 %). Skupna varianca je bila 74,7 %).

Analizo PCA smo izvedli še za sorto CS (slika 3), kjer smo prav tako za vhodne podatke uporabili 10 analiziranih kanabinoidov določenih pri fenotipih. Tukaj pa je mogoče, tako kot pri sorti Finola (slika 1), znotraj sorte razlikovati med posameznima fenotipoma.



Slika 3: Graf metode glavnih osi (PCA) izrisan na podlagi posameznih povprečij fenotipov in povprečnih vrednosti kanabinoidov pri sorti Carmagnola selected. Graf prikazuje razporeditev vzorcev v ravni prvih dveh osi (PC1 pojasni 38,0 %, PC2 pojasni 20,7 %). Skupna varianca je bila 58,7 %).

Primerjava med posameznimi fenotipi in preučevanima sortama je pokazala, da je selekcija Finole bolj uniformna kot sorta CS, čeprav ta sorta izvira iz stare italijanske sorte Carmagnola, katero s pridom uporabljajo pri žlahtnjenju novih sort (Ranalli, 2004).

Našo raziskavo smatramo kot eno prvih raziskav, kjer se preučuje vsebnost kanabinoidov v različnih fenotipih znotraj sorte.

3.2 Celokupna vsebnost kanabinoidov CBG, CBD in $\Delta 9$ -THC

Zaradi visoke temperature prihaja do dekarboksilacije karboksilne oblike kanabinoidov v ne-kislinsko obliko. Večina rezultatov, ki jih podajajo forenzični laboratoriji, je podana kot skupna vsota kislinske in ne-kislinske oblike kanabinoidov (Wang in sod., 2016), zato je bilo smiselno tudi v naši raziskavi izračunati celokupne vsebnosti teh kanabinoidov. Preglednica 2 prikazuje celokupne vsebnosti kanabinoidov CBG, CBD in $\Delta 9$ -THC za vsak posamezen fenotip obeh preučevanih sort.

Preglednica 2: Celokupna vsebnost kanabinoidov CBG, CBD in Δ^9 -THC pri fenotipih sorte Carmagnola selected in selekcije Finola ter prikaz razmerja med kanabinoidoma Δ^9 -THC in CBD

Vzorec	Celokupni CBG	Celokupni CBD	Celokupni Δ^9 -THC	Razmerje Δ^9 -THC : CBD
CI	1,453	1,538	0,844	1 : 2
CII	0,426	3,421	0,704	1 : 5
FI	0,928	6,283	0,518	1 : 12
FII	0,605	6,398	0,510	1 : 13
FIII	0,851	6,185	0,494	1 : 13
FIV	1,040	6,422	0,522	1 : 13

Najvišja celokupna vsebnost kanabinoida CBG je bila pri fenotipu CI (1,45 %), najnižja pa pri fenotipu CII (0,43 %). Najvišja celokupna vsebnost CBD je bila pri fenotipih selekcije Finola (6,19–6,42 %), najnižja pa pri fenotipu CI (1,54 %). Najvišja celokupna vsebnost THC je bila pri fenotipu CI (0,84 %), najnižja pa pri fenotipu FIII (0,49 %). Velika razlika se vidi tudi pri celokupni vsebnosti CBD, kjer imajo precej visoko vsebnost vsi fenotipi selekcije Finola. Če pogledamo razmerja med THC in CBD, vidimo, da skoraj vsi fenotipi spadajo v kemotip III, se pravi, da imajo višjo vsebnost CBD kot THC, medtem ko ima fenotip CI skoraj enako razmerje med kanabinoidoma THC in CBD (1 : 2), ta fenotip lahko uvrstimo v kemotip II, kjer je razmerje med THC in CBD približno enako. Fenotipi selekcije Finola imajo približno enako razmerje med THC in CBD (1 : 12 oz. 1 : 13).

Glede na vsebnosti kanabinoidov in njihovih razmerij bi lahko določene fenotipe uporabili za nadaljnje žlahtnjenje za medicinske namene in uporabo v farmaciji. Fenotipi selekcije Finola imajo visoko celokupno vsebnost kanabinoida CBD, ki ima protivnetne, antipsihotične, antioksidativne učinke. Deluje pri zdravljenju bolezni, kot so Parkinsonova, Huntingtonova in Alzheimerjeva bolezen, epilepsija, multipla skleroza. Po drugi strani pa zmanjšuje negativne učinke kanabinoida THC, ki lahko povzročajo tesnobo, lakoto in tahikardijo (Bhattacharyya in sod., 2010; Russo in Marcu, 2017). Fenotip CI je imel najvišjo celokupno vsebnost CBG ter razmerje med kanabinoidoma THC in CBD 1 : 2. Kanabinoid CBG zmanjšuje vpliv bolečine, vnetij in občutljivosti na vročino ter deluje protiglivično. Deluje tudi pozitivno na zdravljenje raka prostate, okužbe z MRSA in zdravljenje psoriaze (Russo in Marcu, 2017).

4 ZAKLJUČEK

Zaradi populacijskih sort pri konoplji pogosto prihaja do nestabilnosti sort in pojava fenotipov znotraj sorte. V naši raziskavi smo med sabo primerjali različne fenotipe sorte CS in selekcije Finole glede na vsebnost 10 različnih kanabinoidov. Gre za eno prvih študij, kjer se določa vsebnost kanabinoidov v različnih fenotipih sort. Ugotovili smo, da so fenotipi znotraj selekcije Finola bolj uniformni, saj jih med sabo glede na vsebnosti merjenih kanabinoidov ni mogoče ločiti, medtem ko se fenotipa pri sorti CS razlikujeta med sabo. Glede na posamezne kanabinoide se

fenotipi med sabo razlikujejo, zato bi bilo v nadaljevanju smiselno fenotipe z določenimi višjimi vsebnostmi nekaterih kanabinoidov selekcionirati za nadaljnje zlahtnjenje.

5 VIRI

- Andre, C.M., Hausman, J.F., Guerriero, G., 2016. [Cannabis sativa: The plant of the thousand and one molecules](https://doi.org/10.3389/fpls.2016.00019). Front Plant Sci 7, 1–17. <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.00019>
- Barcaccia, G., Palumbo, F., Scariolo, F., Vannozzi, A., Borin, M., Bona, S., 2020. [Potentials and Challenges of Genomics for Breeding Cannabis Cultivars](https://doi.org/10.3389/fpls.2020.573299). Front Plant Sci. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.573299>
- Bhattacharyya, S., Morrison, P.D., Fusar-Poli, P., Martin-Santos, R., Borgwardt, S., Winton-Brown, T., Nosarti, C., O'Carroll, C.M., Seal, M., Allen, P., Mehta, M.A., Stone, J.M., Tunstall, N., Giampietro, V., Kapur, S., Murray, R.M., Zuardi, A.W., Crippa, J.A., Atakan, Z., McGuire, P.K., 2010. [Opposite effects of \$\delta\$ -9-tetrahydrocannabinol and cannabidiol on human brain function and psychopathology](https://doi.org/10.1038/npp.2009.184). Neuropsychopharmacology 35, 764–774. <https://doi.org/10.1038/npp.2009.184>
- Clarke, R.C., Merlin, M.D., 2013. Cannabis: Evoluton and Ethnobotany, 1st ed. University of California Press.
- Fournier, G., Richez-Dumanois, C., Duvezin, J., Mathieu, J.P., Paris, M., 1987. [Identification of a new chemotype in Cannabis sativa: Cannabigerol-dominant plants, biogenetic and agronomic prospects](https://doi.org/10.1055/s-2006-962705). Planta Med 53, 277–280. <https://doi.org/10.1055/s-2006-962705>
- Glivar, T., Eržen, J., Kreft, S., Zagožen, M., Čerenak, A., Čeh, B., Tavčar Benkovič, E., 2020. [Cannabinoid content in industrial hemp \(Cannabis sativa L.\) varieties grown in Slovenia](https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2019.112082). Ind Crops Prod 145. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2019.112082>
- Mudge, E.M., Murch, S.J., Brown, P.N., 2017. [Leaner and greener analysis of cannabinoids](https://doi.org/10.1007/s00216-017-0256-3). Anal Bioanal Chem 409, 3153–3163. <https://doi.org/10.1007/s00216-017-0256-3>
- Namdar, D., Mazuz, M., Ion, A., Koltai, H., 2018. [Variation in the compositions of cannabinoid and terpenoids in Cannabis sativa derived from inflorescence position along the stem and extraction methods](https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.01.060). Ind Crops Prod 113, 376–382. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.01.060>
- Ranalli, P., 2004. [Current status and future scenarios of hemp breeding](https://doi.org/10.1007/s10681-004-4760-0). Euphytica 140, 121–131. <https://doi.org/10.1007/s10681-004-4760-0>
- Russo, E.B., Marcu, J., 2017. [Cannabis Pharmacology: The Usual Suspects and a Few Promising Leads](https://doi.org/10.1016/bs.apha.2017.03.004), 1st ed, Advances in Pharmacology. Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/bs.apha.2017.03.004>
- Schilling, S., Dowling, C.A., Shi, J., Ryan, L., Hunt, D., O'Reilly, E., Perry, A.S., Kinnane, O., McCabe, P.F., Melzer, R., 2020. [The Cream of te Crop: Bology, Breeding and Applications of Cannabis sativa](https://doi.org/10.22541/au.160139712.25104053/v2). Authorea. <https://doi.org/10.22541/au.160139712.25104053/v2>
- Small, E., Beckstead, H.D., 1973. Common cannabinoid phenotypes in 350 stocks of Cannabis. Lloydia 36, 144–165.
- Vogelmann, A.F., Turner, J.C., Mahlberg, P.G., 1988. [Cannabinoid composition in seedlings compared to adult plants of cannabis sativa](https://doi.org/10.1021/np50060a004). J Nat Prod 51, 1075–1079. <https://doi.org/10.1021/np50060a004>
- Wang, M., Wang, Y.H., Avula, B., Radwan, M.M., Wanas, A.S., Van Antwerp, J., Parcher, J.F., Elsohly, M.A., Khan, I.A., 2016. [Decarboxylation Study of Acidic Cannabinoids: A Novel Approach Using Ultra-High-Performance Supercritical Fluid Chromatography/Photodiode Array-Mass Spectrometry](https://doi.org/10.1089/can.2016.0020). Cannabis Cannabinoid Res 1, 262–271. <https://doi.org/10.1089/can.2016.0020>