



**SZENT ISTVÁN EGYETEM**

**A kender olajtartalom növelésének hatása a zsírsavösszetétel és a fontosabb  
agronómiai tulajdonságok alakulására**

**Doktori (PhD) értekezés tézisei**

**Finta Zuzana**

**Kompolt**

**2012**

**A doktori iskola neve:** Növénytudományi Doktori Iskola

**Tudományága:** Növénytermesztési és kertészeti tudományok

**Vezetője:** Dr. Heszky László, egyetemi tanár, az MTA rendes tagja  
SZIE, Mezőgazdaság- és Környezettudományi Kar,  
Genetika és Biotechnológiai Intézet

**Témavezetők:** Dr. Hajós Lászlóné, dr. habil. Novák Márta, egyetemi docens,  
a biológiai tudományok kandidátusa  
SZIE, Mezőgazdaság- és Környezettudományi Kar,  
Genetika és Biotechnológiai Intézet

Dr. Iványi Lajosné, dr.habil. Gergely Ildikó  
egyetemi magántanár  
SZIE Gazdálkodási, Agrár- és Egészségtudományi Kar, Szarvas

.....

Dr. Heszky László  
iskolavezető

.....

Dr. Hajós Lászlóné  
témavezető

.....  
Dr. Iványi Lajosné, dr.habil. Gergely Ildikó  
témavezető

# 1. BEVEZETÉS ÉS CÉLKITŰZÉS

## 1.1. A téma aktualitása

A kender vetésterületét a világon 60-70 ezer hektárra becsülik, ennek a fele Kínában található. A második helyen az Európai Unió áll 15-16 ezer hektárral. Franciaországban kb. 12 000 hektáron állítanak elő a kenderrostot főleg a papíripar számára

A magyar kenderipar 1950-es és az 1960-as években élte a fénykorát. 1962-ben 23 000 hektárral a cukorrépa és a napraforgó után a harmadik legnagyobb területen termesztett ipari növény volt. A rostot 9 kendergyár állította elő és azt 4 fonoda és 3 szövőüzem dolgozta fel (Bócsa, 1962). Az átlagos kórótermések nem haladtak meg 5-6 tonnát. Ezután vetésterülete csökkenni kezdett. Viszont az új nemesítésű, nagyobb kórótermésű és rosttartalmú fajták termesztésének köszönhetően a kender átlagtermése nőtt. A rendszerváltás idejére a hazai kender vetésterülete 1000 ha alá csökkent, de a hektáros termések elértek 8-9 tonnát. 2007-ben a rostkender termesztés megszűnt.

Az egészséges táplálkozás reformja, a környezetvédelem igényei és az anyagi motiváció miatt a termeszők és a felhasználók is keresték a kender újabb hasznosítási lehetőségeit. Ezért a kender ma már nem csak rosnövény, hanem univerzális növény. Mivel sok biomasszát termel, ezért energia előállításra is alkalmas. A lombjából desztillációval kozmetikai iparban felhasználható illóolajat vonnak ki. Rostjából és a pozdorjából olyan új termékeket állítanak elő, mint a szigetelő- és a falazóanyagok, a biokompozitok és a biotextíliák. Az autóipar is felhasználja a kenderrostot az újrahaznosítható belsőburkolatokban. Az építőiparban a rostot szigetelőanyagként használják, és már több éve az úgynevezett "kendermalterbe" a kenderpozdorját adagolnak. A kenderrost ideális agrotexíliák előállítására. A rostkinyerés mellékterméke, a pozdorja, jó nedvszívó képessége miatt a legjobb alom a világon. A kisháziállatok almozása mellett főleg a versenylovak istállóiban, de a pulykaüzemekben is használják. Egyesek a kenderből előállítható termékek számát 25000-re becsülik. Mindezekon túl a kender fontos szerepet tölt be az egészséges táplálkozásban, hiszen a magban lévő olaj fogyasztható formában tartalmazza az esszenciális  $\gamma$ -linolénsavat. Ez a többszörösen telítetlen zsírsav a növényi világon belül csak négy más fajban található meg, és bizonyított jótékony szerepe van a szív működésében, a hormonális rendellenességek és a bőrbetegségek gyógyításában (Deferne és Pate, 1996). A kendermagolajat nem csak a többszörösen telítetlen zsírsavak, és ezen belül az esszenciális zsírsavak gazdag forrásának tekintik, hanem kiemelik az ideális linol- és linolénsav arányát (3:1) is (Weil, 1993; Wirtshafter, 1995; Deferne és Pate, 1996). Napjainkban az élelmiszer- és kozmetikai ipar számos kendermagból vagy kenderolajból előállított, illetve kenderolajt tartalmazó

termékkel jelenik meg a piacon. Az új társadalmi és piaci igények teljesítéséhez viszont a kendernemesítési programot át kellett alakítani.

## **1.2. A kutatás célkitűzései**

A kutatómunka során az alábbi célokat tűztem ki:

1. A kendermag olajtartalmának növelése egyedkiválogatással.
2. A szelekció hatékonyságának összehasonlítása különböző alakkörű, ivarú és tenyészedejű nemesítési anyagoknál.
3. Az olajtartalom vizsgálata különböző analitikai módszerekkel, ezek összehasonlítása, megbízhatóságuk ellenőrzése.
4. Az olajtartalomra történő szelekció hatásának vizsgálata a zsírsavösszetételre, az esszenciális zsírsavak mennyiségére és arányára.
5. A zsírsavak közötti korrelációk elemzése.
6. A THC tartalom csökkentése egyedszelekcióval.
7. A magas olajtartalom, a kedvező zsírsavösszetétel és az alacsony THC tartalom hatásának megállapítása az egyedi magtermésre, az ezermagtömegre és a kórómagasságra.
8. Középkorai tenyészedejű, egylaki, szabadlevirágzásos, magas olajtartalmú magkender fajta előállítása és bejelentése fajtaminősítésre.
9. A fajtajelölt mag-, kóró- és rosttermésének, valamint növénymagasságának, olaj- és THC tartalmának összehasonlítása más kender fajtákéval és a standardokéval magyarországi és csehországi termőhelyeken.
10. Tenyészterület-kísérletek beállítása a Fibrol optimális egyedi magtermésének megállapítására.

## 2. ANYAG ÉS MÓDSZER

### 2.1 A vizsgált genotípusok

Kísérleteimben a Kompolti rostkender fajtát, a Fibrimon 21-63 vonalat és a Tiborszállási tájfajtát, illetve ezek olaj-zsírsvösszetételre, valamint THC tartalomra szelektált utódpopulációit és családjait vizsgáltam (Kolaj, Tibolaj, Fibrol).

A *Kompolti kender* 1955-től államilag elismert kétlaki rostkender, igen nagy rosttartalmú fajta. Európában ez a legrégebb államilag elismert szabadlevirágzású déli típusú kétlaki fajta. Tulajdonságai megfelelnek a jelenlegi termesztési igényeknek, mivel állandó szelekció alatt áll. Tenyészideje rostkendernek vetve 110-115 nap. Magkenderként 150-160 nap alatt érik be. A kórótermése jelentős (11-12 t/ha). A rosttartalma a külföldi és belföldi fajták között a legmagasabb (31-35%). A rostfinomsága és a rostok szilárdsága átlagos.

*Tiborszállási tenyészanyag* kétlaki tájfajta. Az intézeti kender-génbankban fenntartott nemesítési anyag. THC- tartalomra és olajtartalomra nem volt szelektálva. Tenyészideje rostkendernek vetve 100-105 nap. Magkenderként 140-150 nap alatt érik be. A rosttartalma közepes, 25%-os, de a rostfinomsága nagyon jó.

A *Fibrimon* egylaki, középkesői fajta. Az 1962-ben állami elismerést kapott Uniko-B hibrid apai vonala. Folyamatos rostdúsító szelekció alatt áll. Magkenderként 135-145 nap alatt érik be.

### 2.2 Nemesítési módszer

Az 1996. évi *Kompolti kender* rostfajta populációból 209 anyató magtermésének állapítottam meg az olajtartalmát. A 27 legmagasabb olajtartalmú és egyben legalacsonyabb THC-tartalmú egyedeket külön tenyészkerthbe vetettem. Az egyedszelekciót minden évben ezen elvek szerint folytattam, megfelelő izolációs távolságban létesített 0,1 ha-os tenyészkerthekben.

### 2.3 A kísérletek körülményei

A szántóföldi kísérletek 1997, 1998, 2000, 2001, 2002, 2004 és 2006-ban Kompolton, 2004-ben Debrecenben, Székkutason és Tordason; 2006, 2007, 2008 és 2010-ben pedig Csehországban lettek elvetve. A különböző évek főbb meteorológiai jellemzőit Kompolton az 1. táblázat tartalmazza. A kender fajtakísérletek négy ismétléses véletlen blokk elrendezésűek voltak. A nettó parcellaméret 10,08 m<sup>2</sup> volt. A 10,5-12,0 cm sortávolságra hasznosítástól függően 200 vagy 400 növény/m<sup>2</sup> lett elvetve 3 cm mélyen.

A kísérletek elrendezése és az alkalmazott agrotechnika minden évben egységes volt. Előveteményként gabonát, borsót vagy más pillangós növényeket használtam. A kender elővetemény

esetében egy évig ugaroltam a talajt. Az elővetemény betakarítását követően a területet megtárcsáztam és ősszel 400 kg/ha egyenlő arányú (15%-os) komplex NPK műtrágyát vagy 60 kg nitrogént, 60 kg/ha P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-t és 60 kg/ha K<sub>2</sub>O-t szórtam ki. A mélyszántás után a talajt simítóval munkáltam el. Tavasszal már csak 25-35 kg/ha ammóniumnitrátot juttattam ki. A magágy-előkészítés kombinátorral történt. A növényeket kézzel, mindig április első felében vettem. Erős gyomosodás esetén Afalon/Dual preemergens gyomirtó szereket alkalmaztam, mindegyikből 1,5 l/ha mennyiségben, de az állományok így is általában kétszeri kézi kapálást igényeltek az aratásig. Betakarításkor a növények vágása sarlóval vagy Stihl motoros kaszával történt. A levágott növényeket felkúpoltam, és így 2-3 hétig szárítottuk. A kiválasztott anyatöveket egyenként csépeltem ki, majd tisztítottam.

A szelekció során az anyatöveket 70 cm-es sor- és tőtávolságra vettem. A parcellák területe általában 7,7 m<sup>2</sup> volt. Egy anyató parcellába 46-100 növény került. Az összehasonlító kísérletek négyismétléses, véletlen blokk elrendezésű kísérletek voltak. A tőszám kísérletben a sortávolság 70 cm volt, a tőtávolságot pedig 20, 30, 50 és 70 cm-re állítottam be. Itt a parcella területe 50 m<sup>2</sup> volt.

A csehországi fajtakísérletek három- vagy négyismétléses véletlen blokk, illetve polifaktoriális véletlen blokk elrendezésű kísérletek voltak. A nettó 10 m<sup>2</sup>-es parcellákba kilenc sor növényt vettem 12,5 cm sortávolságra. A kísérletek vetése termőhelytől függően április 14. és május 5. között, betakarítása pedig szeptember 9. és 23. között volt.

#### 1. táblázat. Meteorológiai adatok a tenyészedő alatt, Kompolt 1997-2006.

<i>Évenkénti havi</i>	<i>04.</i>	<i>05.</i>	<i>06.</i>	<i>07.</i>	<i>08.</i>	<i>09.</i>	<i>Átlag/</i>
<b>1997.</b> Hőmérséklet (°C)	10,2	15,9	17,1	17,9	19,1	15,2	<b>15,9°C</b>
Csapadék (mm)	20	50	80	152	33	37	<b>372 mm</b>
<b>1998.</b> Hőmérséklet (°C)	11,6	17,9	18,6	22,6	22,7	15,3	<b>18,1°C</b>
Csapadék (mm)	52	121	42	82	106	73	<b>476 mm</b>
<b>2000.</b> Hőmérséklet (°C)	13,0	15,8	19,2	20,3	19,7	14,6	<b>17,1°C</b>
Csapadék (mm)	72	24	11	89	23	42	<b>261 mm</b>
<b>2001.</b> Hőmérséklet (°C)	12,3	17,0	20,2	21,5	21,7	13,3	<b>17,6°C</b>
Csapadék (mm)	60	3	35	79	38	75	<b>290 mm</b>
<b>2002.</b> Hőmérséklet (°C)	11,2	16,3	21,4	23,5	21,4	16,4	<b>18,3°C</b>
Csapadék (mm)	11	35	50	90	101	58	<b>345 mm</b>
<b>2004.</b> Hőmérséklet (°C)	8,5	12,1	14,0	14,4	16,1	13,4	<b>12,9 °C</b>
Csapadék (mm)	48	42	69	68	129	19	<b>375 mm</b>
<b>2006.</b> Hőmérséklet (°C)	7,4	10,7	14,5	17,8	15,0	15,2	<b>13,4 °C</b>
Csapadék (mm)	41	75	174	79	18	2	<b>389 mm</b>

#### 2.4. A vizsgált tulajdonságok

A kísérletben mértem a betakarításkori növénymagasságot, a területegységenkénti magtermést, az ezermagtömeget, továbbá a magtermésből és a kiszámolt olajszázalékból megállapítottam az olajhozamot.

A növénymagasságot a növények kivágása előtt minden kezelésben 12 növényen mértem a talajtól a tenyészőcsúcs legmagasabb pontjáig. A kísérlet vágását a lehető legkisebb pergés érdekében sarlókkal végeztem. Majd a növényeket kévékbe kötöttem és minden kévét címkével láttam el a kezelés és az ismétlés jelölésével. A magkender aratása a növény termésének 50%-os érettségekortörtént, ezért a kévéket kúpokba állítottam, 2 hétig szárítottam és utóérleltem. A magcséplés kísérleti cséplővel történt a növények kézi adagolásával. Minden kezelés cséplése után a cséplőt tisztítottam. A parcella magterméseket tisztítottam, a tömegeiket megmértem. Ezután minden parcellából véletlen mintavétellel kiszámoltam 500 db magot, és a mért tömeget megdupláztam az EMT meghatározására.

## 2.5. Beltartalmi vizsgálatok

Az olajtartalom meghatározásához szükséges olajat 50 g érett magból préseltem ki Komet márkájú, német gyártmányú kísérleti présrel 100 °C-on. Az így kisajtolt olaj tömegét anyagövenként digitális mérlegem mértem meg.

A nyerszsír-tartalmat *Soxhlet módszerrel* az ISO 659 standard módszer leírásai alapján végeztem a Fleischmann Rudolf Kutatóintézetben Kompolton. Az analízishez a teljes érésben lévő növényeket aratás után egy hétig a szabadban szárítottam, majd a magterméseket egyedenként kicsépeltem és tisztítottam. A vizsgálatokhoz szükséges 2 g mintát porcelánmozsárban porítottam.

A roncsolásmentes meghatározást NIR analitikai módszerrel *Infratec 1275 analyzer FOSS TECATOR* márkájú műszerrel végeztem 7% nedvességtartalomra leszártított kb. 35 g mintából. A vizsgálatokat Fleischmann Rudolf Kutatóintézetben végeztem.

Az olajtartalom mérését mágneses rezonancia (NMR) készülékkel az Újvidéki Mezőgazdasági Kutatóintézetben végezték *Maran ultra-10* típusú műszerrel az ISO 10565/98 szabvány szerint.

A zsírsavösszetétel megállapításához szükséges olajmintát szuperkritikus fluent extrakcióval nyertem ki Meyer és mtsai (1991) szerint 0,3 g magból. A zsírsavösszetétel meghatározása AS 800 automata mintaadagolóval ellátott Fisons GC 8060 típusú gázkromatográfal történt Omegawax 250 (Supelco, Bellefonte, PA, USA) oszlopon a SZIE Központi Laboratóriumában.

A  $\Delta^9$ - tetrahidrokannabinol tartalom meghatározásához az egylaki fajtáknál minden egyedről, a kétlakiaknál pedig csak a nőgyedekről a virágzás kezdetét követő 20. naptól a virágzás végét követő 10. napig terjedő időszakban kb. 10 cm hosszú, 50-100 g mintát szedtem a 3-4 elágazás végéről. A mintákat 8-13% nedvességtartalom eléréséig szárítottam. Utána DFH típusú Culatti darálóval megőröltem, majd 1 mm átmérőjű szitán megszitáltam, és a mintákat felhasználásig sötét, száraz helyen, szobahőmérsékleten tároltam.

A THC tartalom meghatározása lángionizációs detektorral és split injektorral ellátott Hewlett Packard HP 5890 Series II GC típusú gázkromatográfal történt a kompolti kutató intézet laboratóriumában az 1251/1999EC R 5/a § 2 (EC,2000) EU rendelet szerint.

## **2.6. Az adatok kiértékelése**

A felvételezett agronómiai tulajdonságokat, az olaj- és a THC tartalom adatait, valamint az állami elismerésre bejelentett Fibrol fajta értékvizsgálatának magyarországi és csehországi eredményeit egytényezős varianciaanalízissel értékeltem ki „MS Excel for Microsoft Windows®” számítógépes szoftverrel, majd a szignifikáns differencia értékét Sváb (1967) szerint számoltam ki. A zsírsavanalízis eredményeit a „két középérték összehasonlítása, ha az adatok száma azonos” statisztikai próbával elemeztem (Sváb, 1967). A vizsgált tulajdonságok közötti kapcsolatot kifejező korrelációs koefficienseket pedig ugyancsak az „MS Excel for Microsoft Windows®” számítógépes szoftverrel számítottam ki.



### 3. EREDMÉNYEK

#### 3.1. A kendermag olajtartalmának növelése egyedszelekcióval a préselt és extrahált olajtartalom alapján

A *Kompolti rostkender* alappopulációja átlagban  $24,8 \pm 2,1\%$  olajtartalommal rendelkezett. A 209 megvizsgált egyedből 58-nak  $24,1-25,0\%$  között, 36-nak  $25,1-26,0\%$  között, 37-nek pedig  $26,1-27,0\%$  között volt az olajtartalma. Volt továbbá öt  $28,1-29,0\%$  olajtartalom közé eső anyató is. A kiindulási anyagban az olajtartalomra vonatkozóan elegendő genetikai variabilitás volt. 2002-ben az utódpopuláció átlaga  $29,8\%$  volt, tehát öt év egyedkiválogatás hatására a Kompolti rostkender fajta préselt olajtartalma 5%-kal nőtt, és létrejött a magas olajtartalmú családokból álló Kolaj populáció. A  $31,1-33,0\%$ -os olajtartalmú egyedek jelenléte pedig arra utal, hogy egyes Kolaj családokban szelekcióval az olajtartalom tovább növelhető, és  $30,0\%$  feletti érték is elérhető.

Mivel az olajtartalom alakulását az évjárat is befolyásolhatja, ezért ezt a hatást úgy zártam ki, hogy a kiindulási fajta, valamint a három, olajtartalomra szelektált utódpopulációinak magjait egy évben egy termőhelyen vetettem el. A magok olajtartalmát pedig a préseléses módszernél pontosabb, nemzetközileg elfogadott Soxhlet módszerrel határoztam meg. A vizsgált populációk olajtartalma  $32,61\%$  és  $35,44\%$  között változott, vagyis hexános extrakció után mintegy 5-6%-kal nagyobb értékeket kaptam, mint préselés után. Legkisebb olajtartalma ( $32,61\%$ ) az alappopulációnak volt, legnagyobb pedig a legtöbbet szelektált utódpopulációnak ( $35,44\%$ ). Mivel az évjáráthatást kiküszöböltem, ezért valószínűleg a szelekció miatt mind a három vizsgált utódpopulációban  $1,13$ ,  $2,65$ , illetve  $2,83\%$ -kal és szignifikánsan magasabb volt a magok olajtartalma a Kompolti rostkenderéhez képest. Az utódpopulációk olajtartalmai között is voltak szignifikáns különbségek (1999-2000; 1999-2001), de a 2000-es és a 2001-es populációk azonos számai egy  $35,26-35,44\%$  körüli érték állandósulását mutatják. A 2000-es évből vannak mindkét módszerrel kapott értékeim is. Ebben az évben a préseléssel kinyert olajtartalom  $29,3\%$ , a Soxhlet módszerrel meghatározott pedig  $35,26\%$  volt.

A *Tiborszállási tájfajta* olajtartalomra történő szelekcióját 1997-ben kezdtem el. A tájfajta ekkor 69 anyatóból állt, és olajtartalma  $26,6\%$  volt, vagyis  $1,8\%$ -kal magasabb, mint a Kompolti rostkenderé. 4 év alatt  $2,3\%$ -os olajnövekedést kaptam a kipréselhető olajban, tehát a szelekció végén  $27,8\%$  olajtartalommal rendelkezett.

A Soxhlet módszerrel mért olajtartalmon alapuló szelekció egy évvel rövidebb volt, mint a préseléssel végzett szelekciós periódus. Az olajtartalom értékek  $32,13\%$  és  $34,38\%$  között voltak. Az alappopulációéhoz képest 2001-ben  $2,25\%$ -kal szignifikánsan nőtt az olajtartalom. A Tiborszállási fajta esetében 2000-ben és 2001-ben is voltak mindkét módszerrel meghatározott olajtartalom adatok. Ezek szerint a Soxhlet módszerrel  $5,5-8,0\%$ -kal magasabb olajtartalmakat mértem, mint préseléssel.

A *Fibrimon* fajta 167 egyedből álló, 28,8 % átlagos olajtartalmú populációjából indult a Fibrol egylaki kenderfajta nemesítése. Ez az érték 4%-kal meghaladta a Kompolti rostkender és 2,2%-kal a Tiborszállási tájfajta átlagos olajtartalmát. Az alappopulációból csak a 31,0% feletti olajtartalmú anyatövek magjait vittem tovább, ami az alappopuláció 11,2%-át képezte. A következő évben az utódpopuláció átlaga 0,4%-kal kisebb volt az alappopulációénál. 2000-ben az olajtartalom elérte a kiindulási szintet. A szelekció végén, 2002-ben az egylaki Fibrol utódpopulációban a családok átlagos kipréselhető olajtartalma 29,6% volt. Ez azt jelenti, hogy a négy év szelekció után közel 0,9%-kal nőtt az olajtartalom. Az utódnemzedékek átlagai közötti különbségek egyik esetben sem érték el a szignifikancia értékét, a 2,87%-ot.

Egy évben elvetve a különböző évjáratú utódnemzedékek magjait nem találtam különbséget azok Soxhlet módszerrel meghatározott olajtartalmában. A kiindulási populáció 33,7%-os olajtartalmához képest a szelektált nemzedékek olajtartalma valamennyi vizsgált évben szignifikánsan 1,38, 1,39, illetve 2,11%-kal nőtt. A 2000 és A 2001 évek préselt olaj tartalmát a hexános extrakcióval meghatározottal összehasonlítva azt figyelhettem meg, hogy a Soxhlet módszerrel kapott olajtartalom az említett két évben a préselt olajtartaloménál 6,5-7,1%-kal magasabb volt. Tehát a Fibrol esetében a Soxhlet módszerrel 2,11%-os volt szelekció miatti olajtartalom növekedés.

### **3.2. Az olajtartalom vizsgálatára leggyakrabban használt módszerek és technikák összehasonlítása**

A roncsolásmentes olajtartalom meghatározási módszerek elterjedésével NIR és NMR elvek alapján működő készülékekkel is elvégeztem az analíziseket. A különböző módszerrel kapott adatok közötti korrelációs együtthatókat pedig kiszámítottam. Ezek értéke alapján elmondható, hogy a Kolaj 2000. és 2002. évi utódpopulációinak préseléssel és Soxhlet módszerrel meghatározott olajtartalma között közepes, pozitív és szignifikáns összefüggés volt. A 2002. évi anyatövek NIR készülékkel és a Soxhlet módszerrel meghatározott olajtartalma között erős, pozitív szignifikáns korreláció volt ( $r=0,89^{***}$ ). 2004-ben az NMR készülékkel az egész szemben mért olajtartalmak szintén pozitív, szignifikáns összefüggésben voltak a Soxhlet eljárással kapottakkal. Tehát a Kolaj anyatövek három évben különböző módszerrel mért olajtartalmai jó megegyezést mutattak a standard Soxhlet módszerrel mértekével.

A Tibolaj anyatövek olajtartalmát csak egy évben, 2002-ben tudtam háromféle módszerrel meghatározni. A korrelációs együtthatók szerint a préseléssel és a Soxhlet módszerrel meghatározott olajtartalom között erős, pozitív szignifikáns kapcsolat volt úgy, mint a NIR készülékkel kapott adatok és a Soxhlet módszerrel kapottak között is.

### 3.3. A magas olajtartalmú populációk zsírsavösszetétele és az azok közötti korrelációs viszonyok

A kenderolajat nagyobb részben telítetlen zsírsavak alkotják; olajsav, linolsav ( $\omega 6$ ), ALA ( $\omega 3$ ) és GLA ( $\omega 6$ ). A telített zsírsavak közül pedig palmitinsavat, sztearinsavat és arachidinsavat tartalmaz. A zsírsavösszetétel alakulását az olajtartalomra szelektált Kolaj és a Fibrolaj családokban 2004-ben tanulmányoztam a kompolti kísérletekből származó magokból.

A gázkromatográfiás vizsgálatok eredményei alapján a telítetlen és a telített zsírsavak aránya a Kompolti rostkenderben 9,9:1, a Kolajban pedig 11,3:1, tehát az olajtartalomra szelektált családokban 1,4 résszel nőtt a telítetlen zsírsavak aránya. A Fibrimon fajta esetében ez az arány 10,2:1, a Fibrolnál pedig 9,4:1. A két kiindulási populációban azonos volt a telítetlen és a telített zsírsavak aránya. De amíg a Kolajnál, feltehetően az olajtartalomra történő szelekció hatására, jelentősen nőtt a telítetlen zsírsavak aránya, addig az egylaki Fibrolnál ezek mennyiségében kismértékű csökkenő tendencia volt megfigyelhető.

A telített zsírsavak közül a magas olajtartalmú Kolaj családokban a Kompolti rostkender fajtához hasonlítva a sztearinsav aránya nem változott, a palmitinsav mennyisége pedig szignifikánsan csökkent. A telítetlen zsírsavak közül az olaj- és a linolsav tartalom a Kompolti rostkenderhez viszonyítva 1,65, illetve 2,43%-kal, szignifikánsan nőtt. Valószínűleg a linolsav mennyiségének növekedése miatt az ALA mennyisége szignifikánsan 2,98%-kal csökkent az olajtartalom növekedése miatt. A GLA tartalom is csökkenő tendenciát mutatott, de a 0,18%-os csökkenés statisztikailag nem igazolt.

Az  $\omega 6$  és  $\omega 3$  zsírsavak aránya a Kompolti fajtában 2,82:1. Az olajtartalom növelésével ez az arány 3,71:1-re nőtt, de jelentősen nőtt az olajsav mennyisége is. Az  $\omega 6$  és  $\omega 3$  zsírsavak aránya a Fibrimon fajtában 3,65:1, tehát valamivel több, mint az optimálisnak tartott 3:1 arány. Az olajtartalom növelésével ez az arány 4,11:1-re változott. A már említett olajsavcsökkenés a Fibrolnál együtt járt a GLA, 1,40%-ról 2,03%-ra történő szignifikáns növekedésével.

A Fibrimon alappopuláció és a Fibrol utódok között a telítetlen és a telített zsírsavak arányában csak 0,4% különbség volt. A Fibrol családokban a palmitinsav tartalom nem változott, a sztearinsav tartalom viszont 0,49%-kal, szignifikánsan nőtt a kiindulási populációéhoz képest. Feltehetően ezért magasabb a telített zsírsavak aránya az olajtartalomra szelektált családokban. A telítetlen zsírsavak közül az olajsav tartalom 1,51%-kal szignifikánsan csökkent, a linolsavé ( $\omega 3$ ) pedig 1,24%-kal szignifikánsan nőtt. A GLA tartalom ( $\omega 6$ ) statisztikailag igazolt növekedése (0,63%) ennél a genotípusnál megfigyelhető. Ez valószínűleg az  $\alpha$ -linolénsav ( $\omega 3$ ) tartalom rovására következett be, bár a 0,85%-os csökkenés nem szignifikáns.

A szelekció elején a Kompolti rostfajta olajában két esetben volt statisztikailag igazolt összefüggés a zsírsavak között. A telített palmitinsav erős, szignifikáns negatív kapcsolatban volt a telítetlen

linolsavval ( $r = -0,75^*$ ). Szintén erős, negatív, szignifikáns kapcsolat volt az olajsav és az ALA között ( $r = -0,76^{**}$ ). Az olajsav és a linolsav között a negatív kapcsolat nem volt szignifikáns. A linolsav és az ALA között pedig nem volt összefüggés ( $r = 0,00$ ).

A kiindulási Kompolti fajtában megfigyelt erős, negatív kapcsolat az olajsav és az ALA között ( $r = -0,77^{**}$ ) a magasabb olajtartalmú Kolajban is megmaradt. Viszont a Kolaj populációban a Kompolti rostkendertől eltérően, már erős, negatív szignifikáns kapcsolat volt a linolsav és a GLA között ( $r = -0,72^*$ ), és szignifikáns, gyenge, pozitív a palmitinsav és az ALA között ( $r = 0,65^*$ ).

Az egylaki Fibrimon fajta gázkromatográfiás analízisekor egy harmadik telített zsírsav, az arachidinsav is elválasztásra került. Az arachidinsav a telített zsírsavak közül a palmitinsavval szignifikáns, közepes, pozitív ( $r = 0,67^*$ ), a telítetlen linolsavval pedig ugyancsak szignifikáns és közepes, de negatív korrelációt mutatott.

A sztearinsav és az ALA, valamint az olajsav és a linolsav között pedig közepes, szignifikáns, negatív kapcsolat volt ( $r = -0,77^*$ ;  $r = -0,63^*$ ). Tehát a két kiindulási populációban egészen más zsírsavak között volt korreláció.

A Fibrol fajtánál az alappopulációban az említett zsírsavak között már nem volt korreláció, viszont az ALA és az olajsav mennyisége között erős, negatív szignifikáns kapcsolat alakult ki.

### **3.4. A $\Delta$ -9 tetrahidrokannabinol tartalom csökkentése egyedszelekcióval**

A THC tartalom csökkentése mindig prioritást élvez a kendernemesítésben, függetlenül attól, hogy milyen céllal nemesítünk. A THC tartalom annak ellenére, hogy semmilyen gazdasági értéke nincs, az első szelekciós szempont, mivel csak azok a kenderfajták lehetnek az EU-ban a támogatott fajták listáján, amelyeknek a THC tartalma nem haladja meg 0,2%-ot.

A Kompolti rostkender a szelekció megkezdésekor 0,16% THC-t tartalmazott. 1999-ig ezt a pszichoaktív anyagot 0,18 % értéken tudtuk tartani, azonban 2000-ben meghaladta az engedélyezett határértéket. A Kolaj THC tartalma valószínűleg a kedvezőtlen évjáráthatás miatt emelkedett. 2000-ben 115-re növeltük a szelekcióba bevont anyatóvek számát, és a csonkítási pont 0,15% volt. Ennek következtében 2001-ben és 2002-ben már 0,10, illetve 0,11%-os szinten maradt a THC tartalom.

A Tiborszállási tájfajta THC tartalmának csökkentése 0,7%-ról indult, mivel a génbankban csak fenntartottuk, de soha nem szelektáltunk az alacsony THC tartalomra. A Tiborszállási tájfajtából 1998-ban 300 anyató volt, ebből 70 tőnek 0,2%-os vagy ez alatti volt a THC tartalma. Két év szelekció után 2000-ben a Tibolaj már csak 0,15% THC tartalmazott

A szelekció kezdetén, 1997-ben, a Fibrimon anyatóvek THC tartalma 0,101 és 1,01% között változott, és átlag 0,32% volt. Ez valamivel magasabb, mint az akkor engedélyezett határérték, a 0,3%. A 169 egyed THC tartalma alapján 13 osztályba lehetett sorolni. Közülük 45-nek, azaz 26,6%-nak, 0,201 és 0,250% között, azaz a megengedett érték közelében, illetve egy kicsit fölötté volt a THC tartalma. Viszont volt 38 db olyan anyató is, amelyeknek a THC tartalma a határérték alatt, vagyis

0,151 és 0,200% között alakult. Az 1998. évi utódpopulációban a THC tartalom 0,17%-ra csökkent. A következő években a THC tartalmat az engedélyezett érték alá szorítottuk le, és 2001-től a THC% tartósan 0,1% alatti érték volt.

### **3.5. A Kolaj és Fibrol fontosabb agronómiai tulajdonságainak alakulása**

Az alkalmazott préselési módszer magigénye miatt minden évben csak azokat az anyatöveket lehetett továbbvinni, amelyek termése 70 g felett volt. Ebből a mennyiségből 50 grammot használtam fel olajvizsgálatra, a maradékot pedig a következő évben elvettem. 1996-ban és 1998-ban a kedvező időjárás és a kis madárkár miatt a 90, illetve a 100 g magtermésű anyatöveket lehetett továbbvinni.

A Kompolti rostfajta egyedi magtermése alacsony; 1990 és 1999 között tíz év átlagában 53,3 gramm volt 26,4 g és 77,5 g szélső értékekkel. 1996-ban, amikor a Kompolti populációt kétfelé választottam rost- és olajkenderre, az egész Kompolti populáció magtermése átlag 75,28 g volt, az olajvizsgálatokhoz kiválasztott 209 anyatóé pedig átlag 94,3 g. Az egyedi magtermések annyira kedvezően alakultak, hogy 107,3 g átlagú populációt tudtunk elkülöníteni. A következő évben viszont az anyatövekről az előző évinél 15,8 grammal kevesebb, tehát átlag 77,8 g magot takarítottam be. 1998-ban az utódpopuláció minden egyedének magtermése nagyobb volt a 70 grammnál.

2000-ben az anyatövek 59%-a 70,0 grammnál nagyobb magterméssel rendelkezett. Ezek átlaga 76,4 g volt. A 2001. és a 2003. évi magtermések viszont nagyon alacsonyak voltak, 24,1, és 21,6 g, és valamennyi többi évétől szignifikánsan kevesebbek. De a 2002. évi 60,9 g egyedi termés is megbízhatóan kevesebb, mint az 1996., az 1997., az 1998. és a 2000. évek. A nagyon száraz augusztus ezekben az években 38 mm és 20 mm csapadékösszeggel és a 2003-as rendkívül meleg, aszályos év megmagyarázhatja a kis magterméseket, mivel ennél a fajtánál a magtelítődés augusztus végén és szeptember elején történik. A magtermés ingadozását az évjáráthatáson kívül az eltérő mértékű madárkár is okozhatta.

Az ezermagtömeg 20,2 g-ról indult, és a vizsgált években nem tért el ettől szignifikánsan. Kivételt képez az utolsó vizsgált év, 2003, amikor a szokatlanul forró és száraz nyár miatt a szemtelítődés a szokásosnál hamarabb befejeződhetett, és ezért az 3,1 g-mal, szignifikánsan kevesebb lett, mint az olajtartalomra történő szelekció kezdetén volt.

A kiindulási Fibrimon növényenkénti magtermése 33 év átlagában 68,4 g. A legkisebb növényenkénti magtermést, 14,3 g-ot, az 1995-évi anyatövek adatai között találtam, a legnagyobbat, 161,8 g-ot, pedig 1997-ben. Az olajtartalomra való szelekció kezdete óta 8 év adatai alapján 60,0 g a növényenkénti magtermése. Vagyis az olajtartalom növekedése 8,4 g növényenkénti magtermés csökkentést okozott. A legkisebb egyedi magtermést, átlag 19,0 g-ot, 2007-ben arattam, a legnagyobbat, 93,5 g-ot, pedig 1998-ban.

A Fibrol ezermagtömege a 11 évi olajtartalomra végzett szelekció után átlagában 22%-kal csökkent. Az eredeti Fibrimon fajtához hasonlítva a Fibrol már az alappopulációban 3,2 grammal kisebb ezermagtömeggel rendelkezett. A két populáció eltérése 0,5 és 6,7 gramm között alakult a 11 év alatt, amikor a Fibrol ezermagtömege minden esetben kisebb volt. A Fibrimon és a Fibrol ezermagtömege közötti különbség már a szelekció kezdetén megvolt, és később is megmaradt. A két fajta ezermagtömege között nyolc év átlagait figyelembe véve 4,11 gramm volt a különbség, amely  $p=0,01\%$ -os valószínűségi szinten is megbízható. A varianciaanalízis eredményei szerint a 2007-es év kedvezőtlen lehetett az ezermagtömegekre, mert az csak 13,0 g volt. Ez az érték azonban csak a 2006. évtől megbízhatóan kisebb, amikor a legnagyobb ezermagtömeg 16,4 g volt.

### **3.6. A beltartalmi és az agronómiai tulajdonságok közötti korreláció**

A Kolaj nemesítési anyagban az olajtartalom, valamint a terméskomponensek és a THC tartalom közötti korrelációs számításokat az alappopulációban és 5 év kiválogatás után a Kolaj családokban végeztem el. A Kompolti rostkender fajtában az olajtartalom egyik vizsgált tulajdonsággal sem volt korrelációban. A terméskomponensek közül csak az ezermagtömeg és a THC tartalom között volt szignifikáns, gyenge pozitív korreláció ( $r = 0,38^*$ ).

Öt év olajtartalomra történő szelekció után a Kolaj utódokban az olajtartalom és az egyedi magtömeg között szignifikáns gyenge negatív korreláció volt ( $r = -0,31^*$ ). A többi vizsgált tulajdonság között nem volt kapcsolat. Tehát az olajtartalmat az egyedi magtermés lényeges csökkenése, illetve a THC tartalom növekedése nélkül lehetett növelni. Az ezermagtömeg és a THC tartalom között  $r=0,0$  érték azt is jelentheti, hogy a két tulajdonság között nem lineáris összefüggés van.

A Fibrol utódokban a Kolajéhoz hasonlóan alakulnak az összefüggések. Az alappopulációban csak az egyedi magtermés (g) és a THC tartalom között volt szignifikáns pozitív korreláció ( $r = 0,35^*$ ). Az olajtartalom és az ezermagtömeg között nem volt kapcsolat ( $r = -0,07$ ). Öt év szelekció után az említett két tulajdonság között szignifikáns negatív ( $r = -0,4^*$ ) kapcsolat alakult ki. Vagyis az olajtartalomra történő szelekció szignifikánsan csökkentette az ezermagtömeget. A Kolaj utódokhoz hasonlóan nincs szignifikáns kapcsolat, vagy nem lineáris az összefüggés az egyedi magtermés és a THC tartalom között.

### **3.7. A Fibrol fajta szántóföldi összehasonlító kísérleteinek eredményei**

Fibrol fajtajelöltet Magyarországon 2004-ben, Csehországban 2006-ban jelentettük be állami kísérletekbe. Magyarországon addig csak kétlaki fajták szerepeltek a nemzeti fajtajegyzékben, így a kísérletekben lévő standard fajták sem az ivar-, sem pedig a tenyésztő szempontjából nem voltak

megfelelőek az összehasonlításra. Emellett a Fajtakísérleti Intézetek rostkenderre kidolgozott vizsgálati módszerében nem szerepelt az olajtartalom vizsgálata.

Az olajkender fajtajelölt a kórótermésben és a rosttermésben átlagon alul teljesített, de mivel nem ez volt a termesztési cél a fajta „újdonság”címén kapott állami elismerést 2006-ban. A csehországi teljesítmény vizsgálatokban már az lengyel egylaki fajtákkal került összehasonlításra 2006-ban és 2008-ban. Ezeket ugyan felülmúlta kórótermésben, de Csehországban nem kapott fajtaminősítést. Csehországban 2010-ben a Fibrolt másik három magyar és 12 európai fajtával együtt vizsgálták. Bár magtermésben csak átlagos eredményeket mutatott, az olajtartalomban azonban az első volt. Ezt az eredményt érte el 2011-ben is, megerősítve ezzel a sikeres nemesítői munkát.

### **3.8. A tőszámkísérletek eredményei**

A tenyésztőterület-optimum meghatározását célzó kísérletet a hagyományos magkender termesztésben már bevált 70 cm-es sortávolsággal és négyféle tőtávolsággal állítottam be. A kísérletben a Fibrol fajta tőszám reakcióját vizsgáltam és a kiindulási Fibrimon fajtához hasonlítottam. A vizsgált tulajdonságok közül a növénymagasság valamennyi tőszámnál azonosan alakult a Fibrol fajtában és a kiindulási Fibrimon populációban is. A Fibrol ezermagtömege minden tőtávolságnál 3,6-4,15 g-mal szignifikánsan kisebb volt, mint a Fibrimoné. A Fibrol ezermagtömegét, amely 16,1 és 16,45 g között változott, a tőszám nem befolyásolta. Ugyanezt megfigyeltem a Fibrimon fajtán belül. A Fibrol olajhozama minden tenyésztőterületnél 26-51- grammal szignifikánsan több volt, mint a kiindulási Fibrimoné. Legnagyobb különbség a két fajta között a 30 cm-es tőtávolságnál volt (51,0 g). A fajtákon belül viszont csak Fibrol esetében mértük a szignifikáns, 15grammos különbséget 20 és 30 cm-es tőtávolságnál. Az utóbbinál 316 g olajtermést mértem, ami a hektárra átszámítva 141 kg olajhozamot jelent. Ami a magtermést illeti, csak a 70x30 kötésben volt szignifikáns különbség a két fajta között. Ennél a tenyésztőterületnél a Fibrol 601 grammal termett szignifikánsan többet a kontrollnál. A fajtákon belül az eltérő tenyésztőterület nem okozott különbséget a magtermésekben. A legnagyobb parcellánkénti magtermést, 2234 grammot a Fibrolnál mértem 70x30-cm-es tenyésztőterületnél és Fibrimon kontrollnál 70x20 cm-es tenyésztőterületnél. A Fibrol és a Fibrimon növénymagassága két kezelésben szignifikánsan különbözött a Fibrimon javára. Az 50 cm-es tőtávnál Fibrimon átlagosan 20 cm-rel és 70 cm-es tőtávnál pedig 16 cm-rel volt magasabb a Fibrolnál.

## 4. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK

### 4.1. Az olajtartalomra történő szelekció eredményei alapján tett következtetések

A Kompolti fajta 4 éves szelekciója 5%-os növekedést eredményezett a préselt olajtartalomban. Az 1. utódpopulációban a legnagyobb növekedést, 2,04%-ot akkor tapasztaltam, amikor a variabilitás is a legnagyobb volt (CV=8,4). A következő utódpopulációkban a növekedés értékei 1,46%, 1,00%, 0,50% voltak, közel egyenértékű variációs koefficiensek mellett (4,9; 5,4; 4,8). A növekedés értékei alapján a Kolaj olajtartalma 2002-ben már megközelítette a biológiai határt, amelyik a préselt olaj tekintetében kb. 30%. Az olajtartalom további növeléséhez más nemesítési módszerre lenne szükség, pl. a hibridizációra, de nem zárható ki az indukált mutáció alkalmazása sem, amelyet már sikeresen alkalmazott Frank (1999) a napraforgó vagy Hajósné (2003) a szójanemesítésben.

A Tiborszállási tájfajtában 5 év alatt 2,3%-os tartalomnövekedést értem el a kiprélhető olajmennyiségben, amely a Soxhlet módszer szerint is gyakorlatilag ugyanennyi, 2,25% volt. A Tibolaj nemesítési anyag variabilitása nem csökkent, ellenkezőleg, 2002-ben ennek a populációnak a szórása volt a legnagyobb, 2,84%, ami a középérték 10%-a. Tehát a három nemesített anyag közül ebben az anyagban van a legnagyobb lehetőség az olajtartalom növelésére.

A *Fibrimon* fajtánál a préselt olajmennyiségében elért szelekciós haladás a szelekció kisebb hatékonyságára utal, mivel ebben az esetben a négy év alatt csak 0,9%-os növekedést mértem, szemben a Kolaj fajtánál mért 5%-kal. A variabilitás viszont alig változott. A 2002 évi populáció szórás értéke megegyezik az alappopulációéval (1,8%), ezért van lehetőség a további olajtartalomnövelésre. Az elért eredményben tapasztalt különbségek a *Fibrol* fajtajelölnél az eltérő származással és az egylaki jelleggel is magyarázható. A Kolaj fajta nemesítését a *Kompolti kender* rostfajtából indítottam. Ez a fajta a Tiborszállási tájfajtával együtt a déli alakkörhöz tartozik, míg a *Fibrimon*, a *Fibrol* alapanyagát az átmeneti alakkörhöz sorolják (Bócsa és Karus, 1998). Az átmenet alatt a közép-orosz és a déli kenderek közé eső típusokat értjük, ezek közé tartozik az összes francia fajta. Ez az eltérő származás magyarázat lehet az eltérő kiindulási olajtartalomra. A Kompolti fajtánál 24,8%-ról, a *Fibrimon*-nál viszont 28,7%-ról indult a kiválogatás.

A *Fibrol* egylaki kenderfajta, ezért a beltenyésztéses depresszióra is számítani kell. Horkay (1986) által megállapított 20-26%-os beltenyésztéses leromlás a *Fibrimon*-nál mindenekelőtt a magtermésben és a kórótermésben is csökkenést okozhatott, de az olajtartalomban sem kizárható a beltenyésztéses depresszió. Feltételezek, hogy a *Fibrol*-nál elért, a Kolajhoz és Tibolajhoz viszonyítva alacsony szelekciós haladás részben az öntermékenyülés következménye.

A Soxhlet módszerrel és a préseléssel meghatározott olajtartalmat két generációban tudtam összehasonlítani. A különbség a *Kompolti kontroll*-nál 7,8%, (a préselt olaj 24,8%, míg az extrahált olaj 32,61%), a 2000. évi populációknál pedig 6% volt (35,3 és 29,3%). A két különbség átlaga 6,9%,



tehát a préseléssel megállapított olajmennyiség közel 7%-kal alacsonyabb a magtömeghez viszonyítva, mint a hexánnal kivont olajmennyiség. Az alacsonyabb olajmennyiség oka kenderpogácsában maradó magasabb olajtartalom. Kralovánszky (1994) is valamivel több olajtartalmat mért a kenderpogácsában (7,8-8,1%), viszont a préselési hőmérsékletet nem közli.

Az extrakciós módszerrel kimutatott szelekciós haladás a 2,83%, ami relatíve 43%-kal alacsonyabb a préselt olajban mért 5%-nál. Mivel a hexános extrakcióval vizsgált mag több generáció egy évben történő elvetéséből származott, amivel az évjárathatást kizártam, ezért a 43%-os különbséget egyéb tényezőknek is tulajdonítható. Okozhatták ezt olyan, nem vizsgált magtulajdonságok is, amelyek a kipréselt olaj mennyiségét befolyásolják, de a hexános extrakcióval kinyert olajtartalomét nem. Az eltérés oka lehetett vizsgálati hiba is. A préselési módszer arról ad tájékozódást, hogy milyen lehet az ipari olaj kinyerhetősége.

*A Fibrimon extrahált olajtartama* a kiindulási és az utolsó vizsgált populáció között nagyobb különbséget mutatott (2,11%), mint amennyit a préselt olajnál mértem (0,9%).

Az olajtartalom növelésére folytatott szelekciós munkából szerzett tapasztalatok alapján arra lehet következtetni, hogy az egylaki Fibrimon fajta az eredetileg sokkal magasabb préselt olajtartalom miatt azért alkalmasabb az olajkender előállítására, mert rövidebb idő alatt lehet egy kb. 0,5%-kal magasabb préselt olajtartalmat elérni, mint Kompolti rostkenderből történő kiinduláskor. Az egyedszelekció hatására bekövetkezett és a Soxhlet módszerrel meghatározott olajtartalom-növekedés a Kompolti rostkender esetében 0,8%-kal több mint a Fibrimonnál (2,83%, illetve 2,11%). Tehát rostkender fajtákból is lehet eredményes egyedszelekciót végezni a mag olajtartalmának növelésére.

## **4.2 A különböző olajtartalom vizsgálati módszerek összehasonlítása alapján tett következtetések**

Jelentős mértékű telítetlensége miatt az emberi fogyasztásra alkalmas kenderolajat csak hidegpréseléssel lehet előállítani. Az olajkender fajta nemesítése során többféle típusú olajtartalmat meghatározó módszer együttes alkalmazása a célszerű. A szelekció alatt az anyatövek magjainak olajtartalmát mind roncsolás-mentes technikákkal (NIR és/vagy NMR), mind pedig préseléssel is meg kell határozni. Így ugyanis nem csak a mag olajtartalmát tudjuk meg, hanem a belőle kipréselhető olaj mennyiségét is, ami a gyártás szempontjából döntő információ. A Soxhlet módszer pontossága miatt nemzetközi viszonylatban is standard technikának számít, ezért kontrollként használják a különböző olajtartalom-meghatározási módszerekkel kapott eredmények pontosságának megállapításakor. Vizsgálataimból kiderült, hogy megfelelő kalibrálás esetén a NIR és az NMR eljárások, mivel ezek eredményei szignifikáns, erős, pozitív korrelációban voltak a Soxhlet módszerével, a legpontosabbak. A préseléssel kapott olajtartalom értékei a korrelációs együtthatók szerint szignifikáns, pozitív,

közepes kapcsolatban voltak a Soxhlet módszerrel meghatározottakéval. Tehát ez az olcsóbb módszer is alkalmazható az olajtartalom növelésére történő szelekció alatt.

#### **4.3. Az olajösszetételben bekövetkezett változások alapján tett következtetések**

A Kolaj és a Fibrol fajták szelekció hatására megnőtt olajtartalma eltérő változásokat eredményezett a zsírsavösszetételben. A Kolajnál a telített zsírsavak csökkenése pozitívan értékelhető, azonban a kitűzött céllal ellentétben a GLA tartalom is - kis mértékben - csökkent. A vizsgálati eredmények szerinti olajsav tartalom a linolsav tartalommal párhuzamosan nőtt. A két zsírsav bioszintézise normális körülmények között negatív korrelációt mutat, amit pl. a napraforgó nemesítésében ki is használnak a magas olaj- vagy magas linolsav tartalmú fajták előállításánál. A Kompoltinál a két zsírsav kapcsolata negatív ( $r = -0,37$ ) tendenciát mutatott úgy, mint az olajra szelektált utódjánál, a Kolajnál is ( $r = -0,32$ ). Az olajsav és linolsav tartalom között nem volt korreláció, és a mennyiségük szignifikánsan nőtt. A Fibrimon alap populációban a két zsírsav közötti negatív korreláció szignifikáns volt. A tartalmuk viszont ellenkező irányba változott. Feltűnő, hogy a Kolaj kiindulási populációjában az olajsav az ALA-val erősen negatívan korrelál ( $r = -0,76^{**}$ ), és ez a kapcsolat a magasabb olajtartalmú Kolajnál is megmaradt ( $r = -0,77^{**}$ ). Mivel az ALA tartalom szignifikánsan csökkent, ezért feltételezhető, hogy ez az olajsav javára történt. A vizsgálatokat célszerű lenne megismételni több egylaki és kétlaki fajtaival, hogy a származás és/vagy az ivari típus hatását meg lehessen állapítani. Általánosan megállapítható, hogy az olajtartalom növelésével lehet változtatni az  $\omega_3$  és  $\omega_6$ , illetve a telített és a telítetlen zsírsavak arányát is egy fajtán belül.

#### **4.4. A Kolaj és Fibrol $\Delta$ -9 tetrahidrokannabinol (THC) és fontosabb agronómiai tulajdonságainak alakulása alapján tett következtetések**

Az olajtartalom növelésére végzett szelekció kisebb hatékonyságát - az eddig említett tényezőkön kívül - a *Fibrol* magasabb kezdeti THC tartalmának és annak is tulajdoníthatjuk, hogy az első két évben az olajtartalom növelését alárendeltem a THC tartalom csökkenésének. A harmadik évben elért alacsony THC tartalom (0,01%) ezt követően kissé ingadozott, de nem haladta meg a 0,1%-ot. A Kojal esetében 2000-ben THC tartalom-emelkedést tapasztaltam, és az meghaladta az engedélyezett értéket. Az elért 0,32%-os - magas - értéket a következő generációban sikerült leszorítani a biztonságos 0,1%-os szintre. A THC tartalom ingadozása könnyen átlépheti a 0,2%-os mértékben engedélyezett határt, ezért a fajta fenntartása érdekében annak folyamatos szelekciójára van szükség.

A szelektált populáció bonitálása folyamán az anyató magtermését a legfontosabb tulajdonságként vettEM figyelembe. Ez nem csak a magtermés és ez által az olajtermés növelése érdekében fontos, hanem a kiválogatásnál használt olajvizsgálati módszer szempontjából is. Az összes

populációban alkalmazott 70 grammos csonkítási pont nem biztosított mérhető magtermés-növekedést az utódpopulációkban, ami nem meglepő, hisz kendernél a magtermés a környezeti tényezőknek a legkitettebb tulajdonság. A veszteségek a magtermésben nem csak a szántóföldön történnek a madárkár miatt, hanem a vágásnál a rázás következtében és további pergés a kúpok állítása és szétszedése közben. A kis magtermési biztonság ellenére az egyedi magtermés növelése az olajtartalomra való nemesítésnek mindig is szerves része marad. Az 50 grammot roncsoló olajprés mellett rendelkezésre állnak más roncsolásmentes módszerek, mint a NIR amelyikhez 30-40 g őrölt mag szükséges, vagy pedig az NMR, amelyikhez ennél kevesebb mag kell, de költségesebb. A legpontosabb és kevés magból (2 g) kivitelezhető, de ugyanakkor idő és pénz szempontjából legigényesebb a Soxhlet vizsgálat. Ez a módszer nem alkalmas rutin szelekciós munkára, viszont elkerülhetetlen a szelekció hatékonyságának és eredményének ellenőrzésére.

Az EMT Kolajnál és Tibolajnál nem különbözött szignifikánsan a kiindulási Kompolti és Tiborszállási fajtákhoz mérten. A Fibrol EMT-je nyolc év átlagában 4,11%-kal kisebb volt mint a Fibrimonban. Ez a különbség már az első kiválogatásnál létrejött, és megmaradt a későbbi Fibrol fajtában is. Az EMT-t nem vettem figyelembe a kiválogatás folyamán, aminek a Fibrol közepes magtermése lett a következménye. A jövőben szükségszerű az EMT figyelembe venni a THC és az egyedi magtermés mellett.

#### **4.5 A beltartalmi és az agronómiai tulajdonságok közötti korrelációs vizsgálatok alapján tett következtetések**

A nemesítési cél és a fajta biztonsága szempontjából az olajtartalom és THC pozitív összefüggése nem kívánatos. A szelekció kezdetén mind a két nemesítési anyag közepesen erős pozitív korrelációt mutatott a THC tartalommal. A Kompolti rostkendernél a THC tartalom az ezermagtömeggel, a Fibrimon fajtánál pedig az egyedi magtömeggel korrelált. A Kompolti kiválogatását elsősorban az olajtartalomra és THC tartalomra végeztem, és a 70 g feletti egyedi magtermés volt a harmadik kritérium. Az ezermagtömeget nem vettem figyelembe, de szelektáltam az alacsony THC tartalomra. Az összefüggés azonban megváltozott az 5 generáción át folytatott szelekció következtében, és a szelekció végén gyenge, negatív, de szignifikáns kapcsolat alakult ki az egyedi magtömeg és az olajtartalom között. Az ezermagtömeg viszont egyáltalán nem csökkent az olajnöveléssel. Fibrimonnál a kezdeti THC tartalom szignifikáns, gyenge pozitív kapcsolata az egyedi magterméssel 2002-re megszűnt, ami kedvező, de az ezermagtömeg és az olajtartalom közötti szignifikáns, negatív, közepes összefüggés még további feladatot ad a nemesítőnek. A fajta további javítása érdekében szükséges a magas olajtartalom mellett a nagyobb ezermagtömegekre is szelektálni.

Célszerű az agrotechnikai kísérletek folytatása is, és ennek során a területegységre jutó olajhozam növelése érdekében fajtára szabott termesztési technológiát kell kidolgozni. Valószínű,

hogy a növény az olajtartalom növelésére szükséges energiakészletet a magszám vagy pedig magméret csökkenéssel kompenzálja. A további olajtermés növeléshez több tápanyagra van szükség, aminek megállapítására további agrotechnikai kísérletekre van szükség.

#### **4.6. Az agrotechnikai kísérletek alapján tett következtetések**

Miután a fajtajelölt kiválasztásnál a Fibrol mellett döntöttem, további kísérletezést csak ezzel a fajtával végeztem. A tenyészterület kísérlet eredményeiből arra szerettem volna választ kapni, hogyan lehet javítani a területegységnyi olajhozamot egy olyan fajtánál, amely magja magas olajtartalommal tűnik ki, de a maghozama a többi fajtáéval összevetve csak közepes. A 30 cm-es tőtávolság 70 cm-es sortávolság mellett bizonyult a legelőnyösebbnek és szignifikánsan jobbnak, mint a többi 3 tőtávolság esetében. Bár a fajta az olajtartalomban vezet a külföldi fajták között is, a magtermése nem kielégítő. A magtermés és az olajhozam növelés érdekében további agrotechnikai kísérletekre van szükség az optimális tenyészterület, az optimális vetésidő, valamint a megfelelő tápanyagellátás megállapításához.

## ÚJ ÉS ÚJSZERŰ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

Kísérleti eredményeim elemzése alapján a következőkben felsoroltakat tekintem új és újszerű tudományos eredménynek.

1. Sikeres egyedszelekciót végeztem az olajtartalom növelésére különböző alakkörbe tartozó egy- és kétlaki rostkender fajtáknál, amelynek során a préselt olajtartalom alapján végzett egyedszelekcióval genotípustól függően 2,3-5,0%-kal növeltem a kendermag olajtartalmát.
2. Az évjárathatásra érzékeny közepes és/vagy hosszú tenyészidejű fajtáknál az olajtartalom és az augusztusi csapadék mennyisége, valamint az olajtartalom és a szeptemberi átlaghőmérséklet között pozitív összefüggést állapítottam meg.
3. A kiindulási kender fajták és utódpopulációik részletes zsírsavanalízise alapján megállapítottam, hogy különböző típusú zsírsavak aránya és mennyisége a szelekció kezdetén és a végén genotípusonként más volt. Genotípusonként különböző összefüggéseket találtam az egyes zsírsavak között a szelekció kezdetén és a végén. Kompolti fajtában az olajsav és az ALA közötti erős, negatív összefüggés már a szelekció kezdetekor megvolt, míg a Fibrimonnnál szelekció során jött létre. Az utóbbinál kezdetben a linol és az olajsav negatív kapcsolatot mutatott, ami a napraforgónál ismert törvényszerűség. A megnövelt olajtartalmú kendergenotípusoknál a linolsavat ebben a kapcsolatban ALA váltja fel.
4. Szelekcióval az olajtartalom növelése mellett a THC tartalmat is a megengedett szint alá csökkentettem. Kolaj fajtában lényegében változatlan szintet tudtam tartani, 0,11%-on a kiindulási 0,16%-hoz mérten az átmeneti emelkedés mellett. A Tibolaj fajtában 0,6%-kal, a Fibrol fajtában 0,24%-kal csökkent a THC tartalom a szelekció alatt.
5. A Fibrol fajta a magyar és a csehországi fajta-összehasonlító kísérletekben rost- és kórótermésben a standardnál gyengébben szerepelt ugyan, de 32,71%-os olajtartalmával a világ kenderfajta gyűjteményében az első helyen áll. A Fibrol fajtajelöltet magas olajtartalma, valamint kedvező zsírsavösszetétele, és alacsony THC tartalma miatt 2004-ben állami fajtakísérletekbe jelentettük be, a fajta 2006-ban állami elismerésben részesült.
6. A növénymagasság, az egyedi magtermés, valamint az ezermagtömeg az olajtartalom növelésére történő szelekció során a három tulajdonságot szignifikánsan befolyásolja. A nem szelektált populációkban a THC tartalom és az egyedi magtömeg vagy a THC tartalom és az ezermagtömeg között pozitív összefüggést állapítottam meg. A szelekció végén az említett korrelációk nem voltak statisztikailag bizonyíthatók, viszont kialakult a negatív összefüggés az olajtartalom és az egyedi magtömeg között.

## IRODALOMJEGYZÉK

1. Bócsa I. (1962): A rostkender termesztése. 63-116. p. In: AGÓCS P. (Szerk.) *A rostkender és a rostlen termesztése*. Budapest: Mezőgazdasági Kiadó. 283 p.
2. Bócsa I., Karus M. (1998): The cultivation of hemp. Sebastopol (California): Hemptech. 184 p.
3. Deferne J.L., Pate D.V. (1996): Hemp seed oil: A source of valuable essential fatty acids. *Journal of Industrial Hemp*. 3(1):1-7. p.
4. Frank J. (1999): Napraforgó biológiája, termesztése. Budapest: Mezőgazda Kiadó. 346 p.
5. Hajós-Novák M., Hódos G. (2003): Soybean breeding for earliness and seed quality by induced mutations. 95-105. p. In: *Improvement of new and traditional industrial crops by induced mutations and related biotechnology*. IAEA, Vienna (Austria). 164 p.
6. Horkay E. (1986): Az ön- és idegentermékenyülés részarányának megállapítása populációgenetikai módszerrel egylaki kenderállományban. *Növénytermelés*. 35.3:177-186. p.
7. International Organization for Standardization, Oilseeds-Determination of Hexane Extract (or light petroleum extract), Called 'Oil Content' ISO, Genève, Standard No. 659 (1988)
8. Kralovánszky U.P., Mathné, Shill J. (1994): Adatok a kendermag beltartalmi és használati értékeléshez. *Növénytermelés*. 43(5)439-446. p.
9. Meyer L., Tehrani J., Thrall C., Gurkin M. (1991) Supercritical Fluid Extraction (SFE), Advantages, Applications and Instrumentation for Sample Preparation. *ISCO Applications Bulletin*, 69: 15-19. p.
10. Sváb J. (1967): Biometriai módszerek a mezőgazdasági kutatásban. Budapest: Mezőgazdasági Kiadó. 518 p.
11. Sváb J. (1971): A populációgenetika alapjai. Budapest: Mezőgazdasági Kiadó. 191 p.
12. Weil A. (1993): Therapeutic hemp oil. *Natural Health*, March/April, 10-13. p.
13. Wirtshafter D. (1995): Nutrition of hemp seeds and hemp seed oil. 546-555. p. In: s.l. (Szerk): *Bioresource Hemp*. 2nd edition. Cologne: Nova-Institute. 627 p.

## AZ ÉRTEKEZÉS TÉMÁJÁBAN MEGJELENT PUBLIKÁCIÓK

### Első szerzős közlemények

**Finta-Korpelová, Z.**, Berenji, J.(2007): Trends and achievements in industrial hemp (*Cannabis sativa* L.) breeding. *Bilten za hmelj, sirak i ljekovito bilje*. 39,**80**:63-75.

**Finta-Korpelová, Z.**(2010): Influence of increasing seed oil content on the fatty acid profile of hemp ( *Cannabis sativa* L.) *Acta Agronomica Hungarica*. **58**:1.31-36.

**Finta Z.**,Mátrai T.(2012): Új lehetőségek a kendertermelésre. *Agrárium*. 2012 március, p. 20

### Társszerzős közlemények

Bócsa I, Finta **-Korpelová Z.**, Máthé P., Máthé-Gáspár G. (2000): Investigaion of translocation of terpenophenols in hemp (*Cannabis sativa* L.) with wedge grafting method. *Plant Physiology and Biochemistry* (special issue) 12 FESPP Congress p. 18:07

**IF: 1,292**

O. Törjék, N. Bucherna, E. Kiss, H. Homoki, **Z. Finta -Korpelová**, I. Bócsa, I. Nagy, and L.E. Heszky (2002): Novel male-specific molecular markers (MADC5, MADC6) in hemp. *Euphytica* **127**: 209-218.

**IF: 0,716**

Bócsa, I., **Finta-Korpelová, Z.**, Máthé, P.(2004): A kender (*Cannabis sativa*) olajtartalomra folytatott szelekció értékelése két módszerrel. *Növénytermelés* 53, **3**:201-210.

**IF: 0,27**

Bócsa, I., **Finta-Korpelová, Z.**, Máthé, P.(2005): Preliminary results of selection for oil content in hemp (*Cannabis sativa*). *Journal of Industrial Hemp*, 10, **1**: 5-15

### Konferencia-részvétel az értekezés témájában

Bócsa I., Pummer L.,**Finta Z.**(1999): Előzetes eredmények a fajták közötti és fajtán belüli olaj- és gamma-linolénsav tartalom variabilitásáról kendernél. *Előadás, V. Növénynevelési Tudományos Napok*, Budapest, p. 42

Kiss, E., Törjék, O., Bucherna, N., Homoki, H., **Finta-Korpelová, Z.**, Bócsa, I., Heszky, L.E. (2000): Molecular markers for sex determination in hemp. *Poszter, AG molekulare Marker. Molekulare Marker und transgene Pflanzen in der Pflanzenzüchtung*, Kiel, Germany

Törjék, O, Kiss, E., Bucherna, N., Homoki, H., **Finta-Korpelová, Z.**, Bócsa, I., Nagy, I., Heszky, L.E. (2001): Ivarspecifikus molekuláris markerek azonosítása és vizsgálata kétlaki és egylaki kenderben. *Előadás, VII. Növénynevelési Tudományos Napok*, Budapest, p. 28

Bucherna, N., Törjék, O., Kiss, E., Homoki, H., **Finta-Korpelová, Z.**, Bócsa, I., Nagy, I., Heszky, L. (2001): Ivarmeghatározás molekuláris módszerekkel kenderben. *Előadás, Innováció, a tudomány és a gyakorlat egysége az ezredforduló agráriumban*, Debrecen, pp. 372-378.

Bócsa, I., Szabó, L., **Finta-Korpelová, Z.**, Máthé, P. (2002): Hordoz-e magában kábítószer növelési kockázatot a kenderfajták olajtartalom növelése? *Poszter, VIII. Nemzetközi Agrárökonómiai Tudományos Napok. 1:* 99-105

Kelemen, Zs., Pető, V., **Finta-Korpelová Z.** (2004): Harvesting Technology Of Industrial Used Appropriated Hemp. *Előadás, CIGR International Conference, Beijing, 50-170A*

**Finta-Korpelová, Z.**, Bócsa, I., Máthé, P. (2005): Rostkender olajtartalomra történő nemesítésének tapasztalatai Az extrahált és préselt olajtartalom aránya genotípusonként. *Poszter, XI. Növénynevelési Tudományos Napok*, Budapest, p.152

**Finta-Korpelová Z.** (2006): Az ipari kender alternatív felhasználási lehetőségei Magyarországon. *Előadás, Nemzetközi Agrárökonómiai Tudományos Napok. 1:*188.

**Finta-Korpelová Z.** (2006): Az olajtartalom növelésének következtében a kenderolaj összetételében bekövetkezett változások. *Poszter, XII. Növénynevelési Tudományos Napok*, Budapest, p. 91

**Finta-Korpelová, Z.** (2007) Hemp breeding and cultivation in Hungary. *Előadás, Biofibres International Symposium, Kingston, <http://www.elorin.ca>*

**Finta-Korpelová, Z.** (2007) Az első magyar egylaki kenderfajták „Monoica” és „Fibrol”. *Poszter, XIII. Növénynevelési Tudományos Napok*, Budapest, p.151

**Finta Z.,** Hajósné-Novák M. (2012): Zmeny v obsahu a vzťahoch mastných kyselín v plodoch konope v dôsledku výberu na vysoký obsah oleja. *Konferencia cikk, O konopi* 2012.10.30. Príban (In press)

#### Nemesített kender fajták/fajtajelöltek

1 db. saját fajta: KC-Dóra

3 db. fajtában társnemesítő: Cannakomp, Monoica, Fibrol

2 db. fajtajelölt: B-10, KC-A2