



SZENT ISTVÁN EGYETEM

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

Doktori (PhD) értekezés

Készítette:

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

Témavezető: Dr. Hajós Lászlóné, dr. habil. Novák Márta, egyetemi docens,
a biológiai tudományok kandidátusa
SZIE, MKK, Genetika és Biotechnológiai Intézet

Témavezető: 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

TARTALOMJEGYZÉK

| | |
|--|-----------|
| RÖVIDÍTÉSEK ÉS ALAPFOGALMAK JEGYZÉKE..... | 1 |
| 1 BEVEZETÉS | 3 |
| 1.1 A téma aktualitása, célkitűzés | 5 |
| 2 IRODALMI ÁTTEKINTÉS..... | 6 |
| 2.1 A kender rendszertani besorolása, származása és elterjedése, valamint alfajai, rasszai, és alakkörei kialakulásának története | 6 |
| 2.1.1 A Cannabis sativa subsp. culta földrajzilag elkülöníthető rasszai | 7 |
| 2.2 A kendertermesztés rövid története | 9 |
| 2.3 A kender termesztése..... | 10 |
| 2.3.1 Környezeti igény | 10 |
| 2.3.2 Termesztéstechnológia | 11 |
| 2.4 A kender beltartalma | 14 |
| 2.4.1 A kender vegetatív részeinek beltartalma..... | 14 |
| 2.4.1.1 A kenderszár (kóró), beltartalma | 14 |
| 2.4.1.2 A kenderlevelek beltartalma | 14 |
| 2.4.2 A kendermag beltartalma | 16 |
| 2.4.2.1 A kendermag fehérjéi és azok aminosav összetétele. | 18 |
| 2.4.2.2 A kendermag olajtartalma és az olaj fontosabb fizikai és kémiai tulajdonságai..... | 20 |
| 2.4.2.3 A kendermagolaj zsírsavösszetétele | 21 |
| 2.5 Az olajtartalom növelésének nehézségei a kendernél..... | 27 |
| 2.6 A kendernemesítés módszerei | 28 |
| 3 ANYAG ÉS MÓDSZER | 33 |
| 3.1 A vizsgált genotípusok | 33 |
| 3.2 Nemesítési módszer..... | 35 |
| 3.3 A termőhelyek agroökológiai adottságai | 35 |
| 3.4 A kísérletek elrendezése és a kísérletekben alkalmazott agrotechnika..... | 37 |
| 3.5 Felvételezések és mérések..... | 39 |
| 3.5.1 Az olajtartalom meghatározása | 39 |
| 3.5.2 A zsírsavösszetétel megállapítása | 40 |
| 3.5.3 A Δ^9 - tetrahidrokannabinol tartalom meghatározása | 41 |
| 3.6 Az adatok kiértékelése..... | 41 |
| 4 EREDMÉNYEK..... | 43 |
| 4.1 A kendermag olajtartalmának növelése szelekcióval | 43 |
| 4.1.1. A Kompolti rostkender fajta szelekciója a préselt olajtartalom alapján mért olajtartalom növelésére..... | 43 |
| 4.1.1.1. A Kompolti rostkender és szelektált utódpopulációinak Soxhlet módszerrel meghatározott olajtartalma egy évben és egy termőhelyen elvett magokból, Kompolt, 2001 | 46 |

| | | |
|----------|---|-----------|
| 4.1.2. | A Tiborszálási tájfajta szelekciója a préselt olajtartalom alapján mért olajtartalom növelésére | 46 |
| 4.1.2.1. | A Tiborszálási tájfajta és szelektált utódpopulációinak Soxhlet módszerrel meghatározott olajtartalma egy évben egy termőhelyen elvetve, Kompolt, 2001..... | 48 |
| 4.1.3. | A Fibrimon egylaki kenderfajta szelekciója a préselt olajtartalom alapján mért olajtartalom növelésére..... | 49 |
| 4.1.3.1. | A Fibrimon fajta és szelektált utódpopulációinak Soxhlet módszerrel meghatározott olajtartalma egy évben egy termőhelyen elvetett magokból. Kompolt, 2001. | 51 |
| 4.1.4. | A kísérletekben alkalmazott olajtartalom vizsgálati módszerek összehasonlítása | 52 |
| 4.2. | A zsírsavösszetétel alakulása az olajtartalom növelésére folytatott szelekció hatására..... | 55 |
| 4.2.1. | Az zsírsavak közötti korrelációk alakulása a Kompolti rostkenderben, a Fibrimon fajtában és ezek olajtartalomra szelektált utódjaiban | 58 |
| 4.3. | Δ -9 tetrahidrokannabinol (THC) tartalom csökkentése az olajtartalom növelésére folytatott szelekció alatt..... | 60 |
| 4.3.1. | A Kolaj THC tartalmának csökkentése egyedszelekcióval | 60 |
| 4.3.2. | A Tibolaj THC tartalmának csökkentése egyedszelekcióval | 61 |
| 4.3.3. | A Fibrol THC tartalmának csökkentése egyedszelekcióval | 61 |
| 4.4. | Az egyedi magtermés alakulása az olajtartalom növelésére és a THC tartalom csökkentésére folytatott szelekció alatt..... | 63 |
| 4.4.1. | A Kolaj egyedi magtermésének alakulása..... | 63 |
| 4.4.2. | A Tibolaj egyedi magtermésének alakulása | 65 |
| 4.4.3. | A Fibrol egyedi magtermésének alakulása..... | 65 |
| 4.5. | Az ezermagtömeg alakulása az olajtartalom növelésére és a THC tartalom csökkentésére folytatott szelekció alatt..... | 66 |
| 4.5.1. | A Kolaj ezermagtömegének alakulása | 66 |
| 4.5.2. | A Tibolaj ezermagtömegének alakulása..... | 66 |
| 4.5.3. | A Fibrol ezermagtömegének alakulása | 67 |
| 4.6. | A korrelációs vizsgálatok eredményei..... | 68 |
| 4.7. | A Fibrol fajta leírása és eredményei..... | 69 |
| 4.7.1. | A Fibrol fajta leírása..... | 69 |
| 4.7.2. | A Fibrol fajta szántóföldi összehasonlító kísérleteinek eredményei | 70 |
| 4.7.2.1. | A magyarországi fajtakísérletek eredményei 2004-ben | 70 |
| 4.7.2.2. | A csehországi állami fajtakísérletek eredményei, 2006-2008 | 72 |
| 4.7.2.3. | Csehországi fajtakísérletek 2010..... | 75 |
| 4.8. | A Fibrollal végzett agrotechnikai kísérletek eredményei | 77 |
| 4.9. | Új és újszerű tudományos eredmények | 78 |
| 5 | KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK..... | 79 |
| 5.1. | Az olajtartalomra történő szelekció eredményei alapján tett következtetések..... | 79 |
| 5.2. | A különböző olajtartalom vizsgálati módszerek összehasonlítása alapján tett következtetések | 80 |
| 5.3. | Az olajösszetételben bekövetkezett változások alapján tett következtetések | 80 |
| 5.4. | A Kolaj és Fibrol Δ -9 tetrahidrokannabinol (THC) és fontosabb agronómiai tulajdonságainak alakulása alapján tett következtetések..... | 81 |

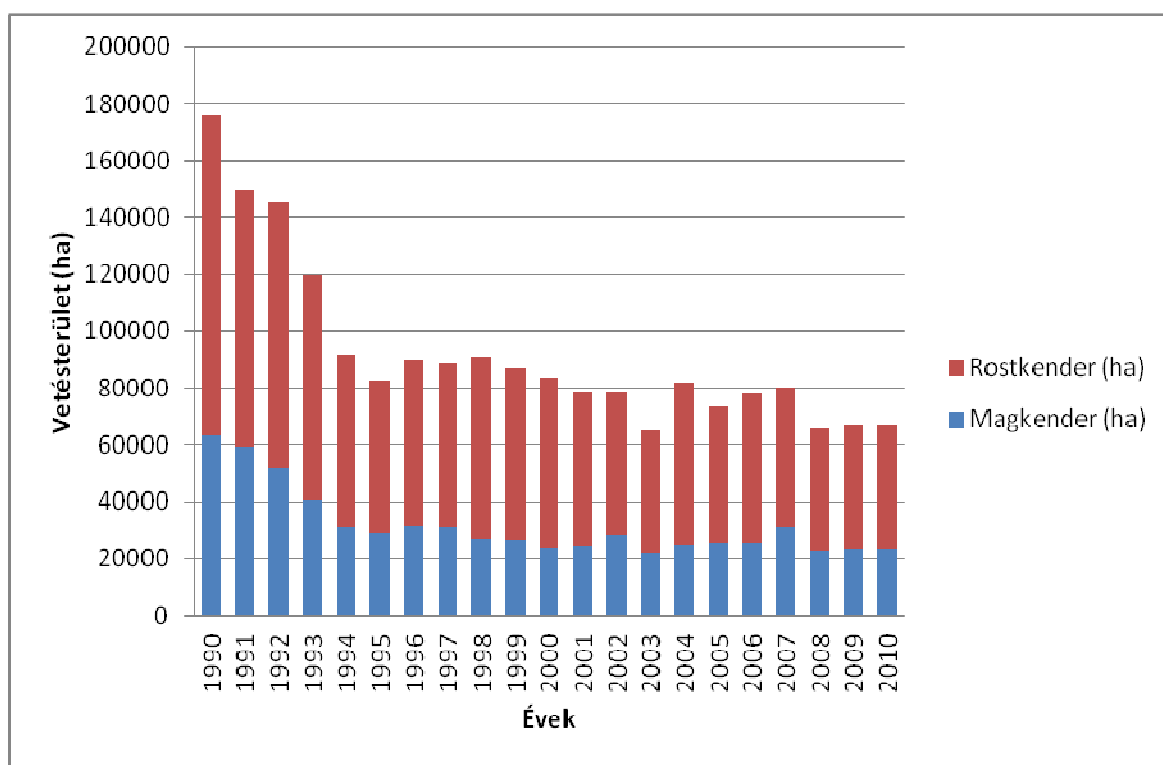
| | | |
|----------|---|------------|
| 5.5 | A beltartalmi és az agronómiai tulajdonságok közötti korrelációs vizsgálatok alapján tett következtetések | 82 |
| 5.6. | Az agrotechnikai kísérletek alapján tett következtetések | 82 |
| 6 | ÖSSZEFOGLALÁS | 83 |
| | SUMMARY | 87 |
| | IRODALOMJEGYZÉK | 89 |
| | M2 melléklet Alapadatok és varianciaanalízis MQ-táblázatok..... | 93 |
| 7 | KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS..... | 101 |

RÖVIDÍTÉSEK ÉS ALAPFOGALMAK JEGYZÉKE

| | |
|-----------------|--|
| ALA | alfa-linolénsav (C _{18:3} ω3) |
| CBD | Cannabidiol (Kannabidiol), nem pszichoaktív kannabinoid |
| CBDA | Kannabidiolsav (Cannabidiol sav formájában) |
| CBG | Kannabigerol (nem pszichoaktív kannabinoid) |
| Csonkítási pont | A szelektált populáció mennyiségi tulajdonságának alsó értéke |
| DHA | Dokozahexaénsav (C _{22:6} ω3) |
| Egylaki kender | Nő- és hímvirágzatok ugyanazon a növényen fejlődnek |
| EMT | Ezermag tömeg |
| EPA | Eikozapentaénsav (C _{20:5} ω3) |
| GLA | γ-linolénsav (C _{18:3} ω6) |
| Kétlaki kender | Nő- és hímvirágzatok elkülönített egyedeken fejlődnek |
| LNA | Linolénsav (C _{18:3}) |
| n | Darabszám |
| NIR | Near-infrared reflectance (közel infravörös reflexión alapuló spektrometria) |
| NMR | Nuclear magnetic resonance (mágneses magrezonancia) |
| RDA | Reccommended Dietary Allowance (javasolt napi bevétel) |
| SDA | Sztearidonsav (C _{18:4} ω3) |
| THC | Δ-9 tetrahidrokannabinol (pszichoaktív kannabinoid) |
| THCA | Δ-9 tetrahidrokannabinolsav |

1 BEVEZETÉS

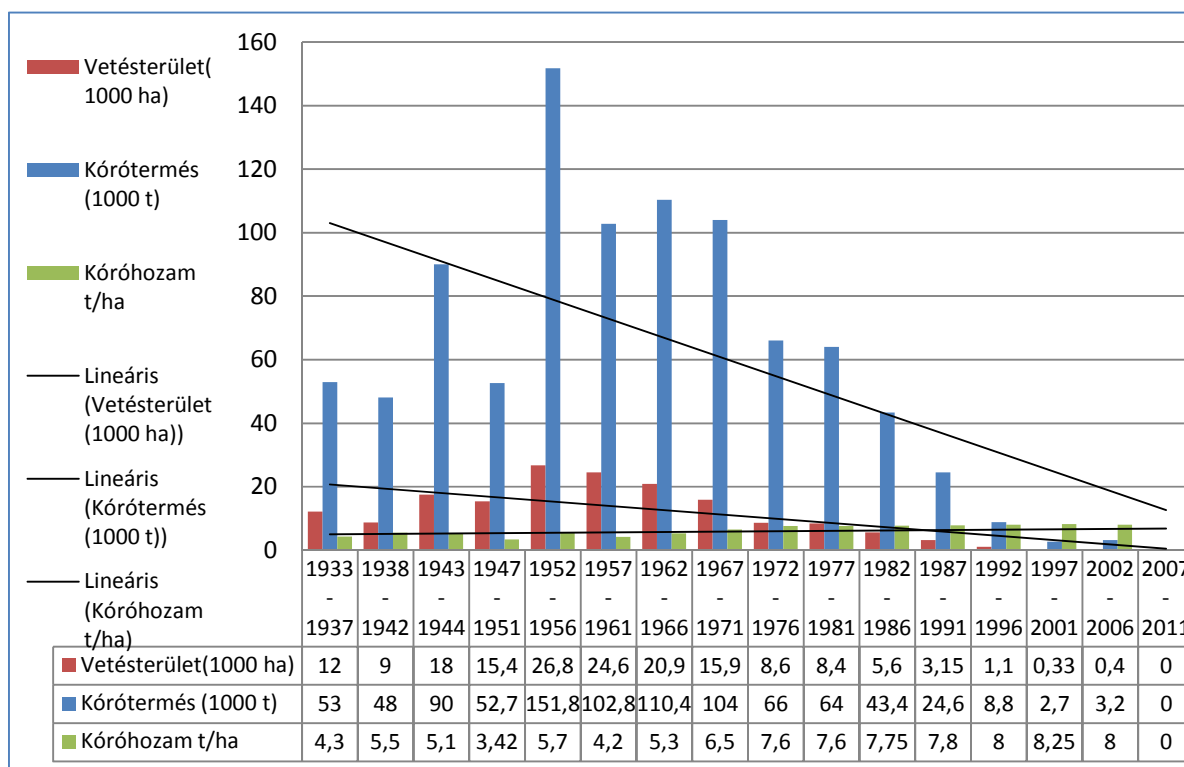
A kender vetésterületét a világon 60-70 ezer hektárra becsülik (1. ábra). Ennek a fele Kínában található. A második helyen az Európai Unió áll 15-16 ezer hektárral (FAOSTAT, 2010). Franciaországban kb. 12 000 hektáron állítanak elő a kenderrostot főleg a papíripar számára. Angliában Viktória királynő uralkodásával megszűnt a kendertermesztés, amely 200 éves szünet után 1990-es években indult újra (Wirtshafter, 1995). A 2000 ha körüli rostkender vetésterülettel olyan hagyományos, a közép- és kelet európai kendertermesztő országokat előzött meg, mint Ukrajna, Románia, a volt Jugoszlávia utódállamai, Lengyelország és Magyarország. Németországban, a többi Nyugat-európai országhoz hasonlóan, 50 évig a drogtörvény miatt nem termesztettek a kendert, és csak az 1990-es években engedélyezték újra a termesztését. Jelenleg Németország vetésterülete ezer és kétezer hektár között változik. Hollandia, Ausztria és Lengyelország vetésterületei nem haladják meg az ezer hektárt.



1. ábra. A rostkender és a magkender vetésterülete a világban (www.faostat.org/ 2012 nyomán)

Kanadában az utóbbi 5-6 évben a kendert 10-13 ezer hektáron vetették főleg magtermesztés céljából. 2011-ben 12 000 hektár összterületéről csak 2000 hektáron termesztettek rostkendert, a maradék 10 000 hektárról magot arattak, aminek a zöméből olajat préseltek (Franz-Warkentin, 2011) Ezt a vetésterületet 10 év alatt érték el és további növekedése várható. A rendkívüli értékes tápértékű magból élelmiszert és kozmetikai termékeket állítanak elő, ami a kanadai, de főleg a szomszédos USA piacon maradéktalanul eladható (Sheifele, 2011). A sikeres kampánynak köszönhetően először az amerikai, majd később az európai fogyasztók is keresik és vásárolják a magas telítetlen és esszenciális zsírsavtartalmú és jól emészthető kendermag termékeket.

A magyar kenderipar az 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). Ezután vetésterülete csökkenni kezdett. Viszont az új nemesítésű, nagyobb kórótermésű és rosttartalmú fajták termesztésének köszönhetően a kender átlagtermése nőtt (2. ábra). A rendszerváltás idejére a hazai kender vetésterülete 1000 ha alá csökkent, és 2007-ben a rostkender termesztése megszűnt.



2. ábra. A rostkender vetésterülete és átlaghozama Magyarországon 1933 és 2011 között
Forrás: (Bócsa és Karus, 1997, kiegészítve a nagylaki kendergyár adataival)

A magkender vetésterülete - a nagy kézimunkaerő igénye miatt - általában nem haladja meg 50 hektárt. A gépesítés hiánya miatt a vetőmag-forgalmazók nem tudják kielégíteni a külföldi és belföldi keresletet. Ez a magyar kendertermesztés legégetőbb megoldandó feladata.

Az 1990-es években Nyugat-Európában újra felfedezték a kendert, de már teljesen új szemszögből. Környezetkímélő, vegyszermentesen és gazdaságosan termesztendő rostonövényre volt szükség. A kender gyorsnövekedésű, egyéves szántóföldi növény, átlagosan 6 t/ha kóróterméssel, de a hosszú tenyészidejű fajták elérhetik a 12 t/ha termést is. Jó víz- és tápanyag-ellátottságú és kedvező szerkezetű talajokat igényel. A gyors kezdeti növekedése miatt hamar beárnyékolja a talajt. Ellenálló a legtöbb betegséggel szemben, ezért herbicid- és peszticidmentesen termesztendő. A mély gyökérrendszere jótékonyan hat a talajszerkezetre. A gabonafélék előveteményeként 10-20%-kal növeli ezek hozamát, és csökkenti a kártevők és gombák által okozott károkat (Iványiné, 2005).

1.1 A téma aktualitása, célkitűzés

Az egészséges táplálkozás reformja, a környezetvédelem igényei és az anyagi motiváció miatt a termesztők és a felhasználók is keresték a kender újabb hasznosítási lehetőségeit. Ezért a kender ma már nem csak rostnövény, 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 falazó anyagok, a biokompozitok és a biotextíliák. Az autóipar is felhasználja a kenderrostot az újrahasznosítható belsőburkolatokban. Az építőiparban a rostot szigetelőanyagként használják, és már több éve az úgynevezett "kendermalterbe" kenderpozdorját adagolnak. A kenderrost ideális agrotextíliák 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 pulykatartásban is használják. Egyesek a kenderből előállítható termékek számát 25 000-re becsülik.

Mindezekon túl a kender fontos szerepet tölt be az egészséges táplálkozásban, hiszen a magban lévő olaj fogyasztható formában tartalmazza az esszenciális γ -linolénsavat. Ez a többszörösen telítetlen zsírsav a növényi világon belül csak négy más fajban található meg, és bizonyított jótékony szerepe van a szív működés, 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. Ezért kutatómunkám során az alábbi célokat tűztem ki:

1. A kendermag olajtartalmának növelése egyedkiválogatással.
2. A szelekció hatékonyságának összehasonlítása különböző alakkörű, ivarú és tenyészidejű 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 tenyészidejű, 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. Tenyésztésterület-kísérletek beállítása az optimális egyedi magtermés megállapítására.

2 IRODALMI ÁTTEKINTÉS

2.1 A kender rendszertani besorolása, származása és elterjedése, valamint alfajai, rasszai, és alakkörei kialakulásának története

A *Cannabis* nemzetség levezetése Soó (1953) szerint a következő. A kender a zárvatermők törzse (*Angiospermae*), a kétszikűek osztálya (*Dicotyledones*), *Centrospermae-Monochlamidae* ágazatának *Urticales* sorozatába, a kenderfélék (*Cannabaceae*) családjába tartozik. A kender (*Cannabis* L.) genuson kívül mindössze a komló (*Humulus* L.) nemzetség tartozik még ebbe a családba. A kender nemzetség rendszerezése még mindig vitatott. Van olyan felfogás is, hogy a nemzetségnek nincsenek fajai; a genusnak csak egy faja lenne és pedig a Linné által elnevezett *Cannabis sativa*.

A legújabb vélemények szerint a kendernek két faja van, a *Cannabis indica* és a *Cannabis sativa*. Gazdasági jelentősége a *C. sativának* van, amelynek két alfaja közül a *subsp. spontanea* (vadkender) elvileg nincs termesztésben, a *subsp. culta* (ipari kender) a termesztésben elfogadott. Annak ellenére, hogy az egyes földrajzi rasszok között jelentős morfológiai és fiziológiai különbségek vannak, további rendszertani kategóriákra nem bontható, hisz a legkülönbözőbb formák között nincs genetikai korlát; a nálunk törpe növésű északi kendernek és a be nem érő Kelet-ázsiai kendernek egyaránt ($2n = 20$) kromoszómája van (Bócsa, 2004).

A kender (*Cannabis sativa* L.) az egyik legősibb és legsokoldalúbb kultúrnövény az emberiség történetében. Európa csaknem minden országában és Kínában termesztették, illetve termesztik. Kínában jóval korábban terjedt el, mint Európában. Őshazája minden bizonnyal Közép-Ázsia, vagyis az Ob-Irtis déli vízgyűjtőjének vidékétől keletre egészen a Bajkál tóig, délre pedig az Altáj és Tien-san hegységig terjedhetett. Altáj vidéki eredetét bizonyítja az a körülmény is, hogy vadon termő alakja ott még ma is kiterjedt területeken található, de nem termesztik.

A kender őshazájából mintegy 10 000 éve nyugat és kelet felé vette az útját. Nyugat felé három útvonal alakult ki. Az egyik a mai orosz síkságon át a szkíták közvetítésével terjedt el a Kárpátok, illetve a Duna deltájáig, ezekből alakult ki az ún. közép-orosz rassz. Az északi útvonal a lengyel-német síkságon, illetve a Baltikumon át húzódott. A másik útvonal Kis-Ázsián át a Római Birodalom déli részein keresztül vezetett (Italia, Gallia, Hispania). Az ezen az útvonalon Európába érkező kenderből a déli (mediterrán) alakkör alakult ki. A harmadik útvonal Indiába, Kínába, Koreába és Japánba vezetett. Ezen országok közül csak Kínában vált igazi kultúrnövényé, morfológiailag megkülönböztethető alakkörre (rasszá), a kelet-ázsiai alakkör legfőbb képviselőjévé. Kínába két útvonalon kerülhetett. Az egyik a Hindukus hágón keresztül vezetett, ami azért valószínű, mert Indiában számos alakja fordul elő, olyannyira, hogy a botanikusok egy külön fajként (*Cannabis indica* Lam.) sorolták be. A másik útvonal Kelet-Ázsián vezethetett a Bajkálon túli területen át, az Amúr völgyében.

2.1.1 A *Cannabis sativa* subsp. *culta* földrajzilag elkülöníthető rasszai

Északi kender csoport

A 60. északi szélességi foktól északra termesztik. A legrövidebb tenyészidejű (50-80 nap) kender. A szármagassága nem haladja meg az 50-100 cm-t, a levél kisméretű. Magyarországi viszonyok között a keléstől számítva már kb. a 35. napon virágzik. Alacsony kóroja miatt gyakorlatilag alkalmatlan a rosttermesztésre, de a rövid tenyészideje miatt másodvetésben vagy korai magfajtaként hasznosítható. Az Észak-oroszországi fajtákra jellemző a magas CBD és az alacsony THC tartalom (Clarke, 1981). Ide tartoznak az észak-orosz és a finnországi fajták (3. ábra).



3. ábra. Északi kenderrassz

Közép-orosz kender csoport

Az 50-60. északi szélességi fok között termesztik Oroszországban, Ukrajnában, Fehéroroszországban, Németországban és Lengyelországban. Hosszú nappalokat és hűvösebb csapadékos éghajlatot igényel. A termesztési területe az összes rassz közül a legnagyobb. Általában 60. napra virágzik. Tenyészideje 90-110 nap. Szára 120-250 cm magasra nő. Magtermése nagyon jó. Kisebb méretű és kevesebb ujjasodással rendelkező levélzet jellemző rá (4. ábra)



4. ábra. Közép-orosz kenderrassz

Déli (mediterrán) kender csoport

A rosttermesztés szempontjából a legjövendelmezőbb alakkör. Nagyobb területen az 50. északi szélességi foktól délre termesztik. Termeszthetőségének déli határa ott van, ahol a kendert felváltják az értékesebb, melegigényes rostnövények. Északon, az 50-55. északi szélességi fok között még rostnövényként termesztendő, de a magtermése már nem érik be, mivel a tenyészideje 130-150 nap. Tág térállásban, magnak termesztve a 4-5 m-es magasságot is eléri. Sűrű állományban a magassága 2,5 m körüli (5. ábra). Erre az alakkörre jellemzőek a hosszú internódiumok. Nagyméretű összetett levelei széles levélkékből állnak. A termése, a makkocskák világos, szürkésbarna színű, gazdagon márványozott. Az 1000 magtömeg nagy, 19 és 22 gramm közötti.



5. ábra. Déli kenderrasz

Ázsiai kender

Főleg Közép-Ázsiában, Kínában és Japánban termesztik. Elágazott robusztus alakja miatt rosttermesztésre előnytelen. Leveleik nagyok, világos pasztellzöld színűek, a levelek ujjasodási értéke nagy, általában 9-13. Az egyes típusok között tenyészidőben viszonylag nagy különbség van. Tenyészideje 150-170 nap, szára 1,5-3,0 m-re nő meg (6. ábra).



6. ábra. Ázsiai kenderrasz

2.2 A kendertermesztés rövid története

Kínában a Sung dinasztia korából (Kr. e. V. sz.) maradt fenn az első írásos emlék a kenderről, amely még korábbi termesztésére hivatkozik. Valamivel a Sung dinasztiabeli írásos emlék után került felszínre az első, a kenderrostból való papírgyártásról szóló írásbeli dokumentum a kínai papírgyártásról kenderrostból. Így Sen Nung császár már Kr. e. a 28. sz.-ban tanította népét a „ma” (a kender kínai neve) fonására, szövésére (Bócsa, 1962).

A legrégebb európai kenderlelet a halstadti kultúra idején Kr. e. 800-ból jelenik meg, de a svájci cölöpépítményekben nyomára nem bukkantak. Másik, a Kr.e. 400-ból származó lelet a Stuttgart környékén talált kenderkötél (Roulac, 1997). Majd hosszú idő után az első ruházati lelet a Meroving királyok sírjaiból került elő Franciaországban, Kr. u. 500-as évekből. Nagy Károly császár írása, a „De capitulare villis” a következő emlékünkhöz a kenderről. A III. Béla korából származó latin nyelvű esztergomi vámtarifa a len mellett a kendert is megemlíti azon növények sorában, amelyek után a királyi kincstárnak fizetni kellett az eladásért vagy szállításért (Bócsa, 2004). Az első európai fénykorát, a 14. században, ismét a Kínában elsajátított papírgyártás indította. Másodszor a kender a 17. században élte fénykorát, amikor a nagy felfedezések korában a hajózás fellendült, és hirtelen megnövekedett a vitorlavászon iránti igény. Ekkor vitték be Amerikába és Chilébe a kendert. A 18. században részben a gyarmatokból behozott kényelmesebb és finomabb pamut, részben az olcsóbb szizal és juta felváltottak a kenderrostot textilgyártásban, a papírgyártásban pedig a fából nyert cellulóz használatát vezették be. Ezek a változások gyengítették a kender szerepét. A rosttermesztés mellékterméke, a mag, szinte feledésbe merül és 20. század elejére a legtöbb ipari országban a kender tartalék kultúrnövényé válik.

Hazai történetére vonatkozólag említeni kell, hogy a kender már a honfoglalás előtt is széles körben ismert volt, azt minden bizonnyal a szlávok honosították meg. Magyarországra, illetve a Kárpát-medencébe a közép-orosz kender kerülhetett az északi útvonalon. Valószínűleg ezt a kendert termesztették az 1950-es évekig, amikor Olaszországból, a déli típusú kenderek kerültek Magyarországra. Az Osztrák-Magyar Monarchiában főleg Magyarországon termesztették, mégpedig mintegy 80 000 ha-on szerződéssel (uradalmi-kender), amely Trianon után lecsökkent 5000-6000 ha-ra, de a feldolgozó kapacitás zöme itt maradt. A szerződésen kívüli terület 1960-ig állandó volt, és csaknem minden községben termesztettek kendert kizárólag önellátásra zsák, ponyva, istráng, kötőfék stb., sőt finomabb háztartási cikkek előállítására (törülköző, konyharuha, terítők stb.) céljaira. Ez utóbbiakat a hímkenderek kinyűvésével állították elő, minthogy a hímkenderek rostja több és finomabb a nőkenderekénél. Ezen területek nagysága a múlt század 60-as éveitől 3000-5000 ha-ra volt tehető. A kiterjedt önellátó termesztésre utalnak a majdnem minden község határban meglévő „kenderföldek”, „kenderes” stb. dülő elnevezések.

Az USA-ban 1937-ben az ún. „marihuana act” jelentősen megnehezítette a kender termesztését, pedig Dewey kiváló rostkender fajtákat állított elő a kínai kender felhasználásával (Roulac, 1997). Majd 1970-ben teljesen betiltották a termesztését. Ezt az utat járta be a kanadai és ausztráliai kendertermesztés is, ahol csak névre szóló engedéllyel lehet termeszteni.

Európában kendertermesztés szempontjából szigorúan szét kell választani a nyugatot a kelettől. Nyugaton a 1960-as években elfelejtették a kendert, kivéve Franciaországot, ahol a cellulózipar tovább gyártotta a finom (bibliofil, cigaretta, bankjegy és archív) papírt.

Németországban és Olaszországban betiltották a kendertermesztést, elsősorban a marihuána, illetve a hasis (THC) tartalma miatt, majd erős termelői és ökológiai nyomásra 1996-ban Németországban, 1999-ben Olaszországban is engedélyezték termesztését. A többi EU tagállamban, így Angliában, a Benelux államokban és Ausztriában, a 1990-es évek elejétől engedélyezték a maximum 0,3% THC tartalmú fajták termesztését. Az engedélyezett alkaloida tartalom 2002. január 1-től 0,2 %-ra szigorodott.

2.3 A kender termesztése

2.3.1 Környezeti igény

A rostkender a jó kultúrállapotú, mélyrétegű, csernozjom talajokat igényel. Termeszthető nem túlkötött, réti talajokon is. Szikes, valamint gyengén humuszos, laza talajokon nem termesztendő (Iványiné 2005).

Bócsa (2004) szerint a kendernek a technikai érésig 1900-2000 °C hőösszegre van szüksége. A hosszú tenyészidejű déli típusú kenderfajták is biztonságosan beérnek Magyarországon.

A kender évi csapadékszükséglete 500 mm, ebből a tenyészidő alatt (április elejétől augusztus végéig) 300 mm-re van szüksége. Az egyes fejlődési szakaszok vízigényét az 1. táblázat mutatja be. Legnagyobb a vízigénye a virágzás és a magtelítődés idején. Ez azért meglepő, mert az ezt megelőző szakaszban, az ún. gyorsnövekedési időszakban a kender naponta 3-5 cm-t is nőhet és 6 hét alatt (május közepétől július elejéig) a kender a végmagasságának 60%-át éri el (Bócsa, 2004). Beke (1962) szerint mégis a virágzáskor, amikor a növekedés lényegesen lelassul, majd a magtelítődés kezdetével teljesen leáll, több víz felvételére van szüksége, mint más fejlődési szakaszokban (1. táblázat).

1. táblázat. A kender vízigénye az egyes fejlődési szakaszokban az összes vízigény százalékában (Beke, 1962)

| Fejlődési szakasz megnevezése | Vízigény (%) |
|-------------------------------------|--------------|
| Keléstől a generatív szakaszig | 10-15% |
| Generatív szakasztól a bimbósodásig | 10-15% |
| Bimbósodástól a virágzás végéig | 40-55% |
| Virágzás végétől az érésig | 25-40% |

A kendertermesztés legalkalmasabb területei hazánkban a Hajdúság, a Kőrös-vidék, a Bácskai síkvidék, a Közép-Tisza, az Alsó-Tiszavidék és a Kőrös-Maros köze. Ez utóbbi helyen a legmagasabb a talajok humusztartalma, (4-4,5 % Bánkúton és Mezőhegyesen). A résztájak közül pedig a Völgységet és a Dráva menti síkságot kell megemlíteni. Nem véletlen tehát, hogy a kendergyárak is itt helyezkedtek el (Bócsa, 2004).

2.3.2 Termesztéstechnológia

Elővetemény. A kendert leggyakrabban két gabona közé vetik. Legjobban az évelő pillangósok után terem. A napraforgó és a len kivételével valamennyi szántóföldi növény után vethető (Iványiné, 2005). Egymás után 2 évig termesztendő, mert ennél hosszabb monokultúra után annyira felszaporodik a kenderbolha, hogy csak vegyszerrel lehet ellene védekezni. A rostkender jó elővetemény a legtöbb szántóföldi növény számára, mert a talaj szerkezetét javítja és csökkenti a gyomosodást.

A talajelőkészítés tarlóhántással kezdődik, amit le kell zárni gyűrűshengerrel. Az őszi mélyszántást a gyomok magérése előtt kell 26-30 cm mélyen elvégezni. Tavasszal a nitrogén műtrágya kijuttatása után fogással vagy kombinátorral készítjük elő a magágyat.

Tápanyagellátás. Egy tonna rostkender tápanyagszükséglete jó tápanyag- ellátottságú talajon 10 kg N, 4 kg P₂O₅, 20 kg K₂O, 16 kg CaO és 6 kg MgO (2. táblázat).

2. táblázat. A kender fajlagos műtrágya igénye, kg/1t termés (Iványiné, 2005)

| Hatóanyag | A talaj tápanyag ellátottsága | | | | |
|-------------------------------|-------------------------------|--------|---------|----|---------|
| | igen gyenge | gyenge | közepes | jó | igen jó |
| N | 16 | 14 | 12 | 10 | 6 |
| P ₂ O ₅ | 5,5 | 5,2 | 4,8 | 4 | 2 |
| K ₂ O | 30 | 25 | 22 | 18 | 9 |

A talajban található magnézium nem mindig elegendő a kender számára. A mezőségi talajok magnéziumban gazdagok, a podzol- és homoktalajok azonban kevés magnéziumot tartalmaznak (Iványiné, 2005).

A vetés időpontját a talaj hőmérséklete és víztartalma határozza meg. A nagyüzemi vetést Magyarországon, ha azt a talaj állapota megengedi, már március 15. után el lehet kezdeni. A talaj hőmérséklete ilyenkor még nem éri el az ideális 8-10 °C-ot, de a kendermag már 2 °C-nál elkezd csírázni (Bócsa, 2004), és kibírja az estleges gyenge fagyokat is. A legbiztonságosabb és a legnagyobb terméseket általában az április első két hetében elvégzett vetés biztosítja (Mándy, 1962). *A vetés mélysége* a talaj víztartalmától függően 3-5 cm. *A vetőmagnormát* illetően, hazánkban 3 millió hektáronkénti csíraszám vált be. A kompolti kísérletek alapján 4 millió feletti csíraszám nem növeli a kórótermést, ellenkezőleg a kompetíció miatt nő az 1 m-nél alacsonyabb, aljkender mennyisége, és ezzel a kóró és annak rostminősége csökken (Bócsa, nem publikált adat). Jó minőségű rostot csak az egyöntetű állomány ad. Ha a magágy szerkezete nem homogén, akkor a kelés nem egyszerre, hanem lépcsősen következik be. A legkorábban kikelt növények erőteljes

növekedésükkel elnyomják a későbbi kelésűeket, és az elején csak a tápanyagot, később pedig a napfényt is elveszik a gyengébb, később kikelt növényektől. Ennek következtében az állomány sávosan vagy foltosan fejlődik, és a rosttermés feldolgozhatatlan, mert vagy túl vastag, vagy túl rövid kenderkórót kapunk.

A rostkendernek a magyarországi éghajlat alatt viszonylag kevés *kórokozója és kártevője* van. A kenderbolha (*Psylliodes attenuata*, Koch) kártétele észlelhető először, amikor a talaj felső rétege, illetve a levegő 10-15 °C-ra felmelegszik, és az időjárás száraz. A talajban telelő bolhák előbújnak, és a fiatal növények szikleveleit, a szik alatti szárat, de ha már fejlettebb a növény, az első lombleveleken is apró lyukakat rágnak. Nagy tömegben felszaporodva a szik alatti szárat a talajszintig elrágatják. A levél felületének károsítása, ha az a felület 50%-ára kiterjed, a növény pusztulásához vezethet. Az ennél kisebb kárt a növény kiheveri, de fejlődésében lelassul, termése kisebb lesz.

Komolyabb károsítást a kiskendermoly (*Grapholita delineana*) hernyói okozhatnak. A lárvák befúródnak a kóró belső szöveti állományába, átrágják a rostkötegeket, melynek következtében a kóró törékennyé válik. A védekezés ismételt permetezéssel oldható meg.

A legtöbb *gombabetegség* ellen a vetőmag csávázásával célszerű védekezni. Kivétel közülük a fehérpenészes tőszáradás (*Sclerotinia sclerotiorum* [Lib.] de Bary), amelyik nedves talajokon vagy különösen csapadékos években lép fel. A gomba a gyökérnyaki részén támadja meg a növény szöveteit, és végül az egész növény elhal. A kárkép a kóró alsó részének sárgásbarna elszíneződése, majd a levelek sárgulása, lehullása és a növény elszáradása. Védekezni úgy lehet, hogy kerüljük az alacsony fekvésű, vízállásos táblákat, másrészt agrotechnikai módszerekkel a talaj vízgazdálkodását javítjuk (Bócsa, 2005). További fontosabb gombabetegségek közé tartozik a kenderperonoszpóra (*Pseudoperonospora cannabina* [Oth.] Curzi), a szeptóriás levélfoltosság (*Septoria cannabidis* [Lib.] De Bary) és a szárifoltosság, tőszáradás (*Botryosphaeria marconii* (Cav.).

A rostkender *betakarítása* akkor időszerű, amikor „füstöl” az állomány (Bócsa, 1962). Ilyenkor a hímegyedek, és szórják a pollent (7. ábra), de a nőegyedek magtelítődése még nem kezdődött meg, és rostja még nem durvult el.

Magyarországon a kenderaratást korábban a szovjet ZsSzK-2.1 betakarítógépekkel végezték. Ezzel a kendert levágták a gyökér felett, és 25 cm átmérőjű kévékbe kötötték. A kévék kúpba rakása kézi munkával történt. A szárításhoz 6-8 nap volt szükséges, amíg a kóró nedvességtartalma 16% alá nem esett, majd a RKB-1 bálázó géppel bálázták. A bálák az áztató medencékbe kerültek. Az 5-7 napi áztatás és a szárítás után az ilyen kóróból hosszú, textil minőségű rostot nyertek (Bócsa és Karus, 1998).



7. ábra. A hímkender a virágzás elején (Fotó: Mátrai T.)

Az újabb rostkender betakarító módszer teljesen gépesített. Az OPTIGÉP kenderarató két, traktorral vontatott henger, amely közé a bekerülő növényeket a körfűrészek 4-5 db 60 cm hosszú darabra vágják, és rendre rakják. A renden történő szárítás után a kórót bálázzák.

Ezzel a módszerrel a kettőshasznosítású kendert is lehet aratni, ami abban különbözik a rostkendertől, hogy a magérett növényeket aratjuk le.

Cséplés. A 3-4 napi szárítást követően a teljes száraz anyagot (amely magzónát is tartalmaz) átengedik a cséplőgépen, és a magtermés elkülönítése után a kórót vagy kváder, vagy kőrbálázó tömöríti.

Természetesen az energia célú termesztésnél eldönthető az, hogy a vetőmagot ugyanezen az állományon termesztik, vagy a kendert a magbeérése előtt takarítják be. Ebben az esetben a cséplés kimarad a munkafolyamatból.

Vetőmag termesztése

A rostkender vetőmagbázisa, a magkender mindig is különálló kultúra volt Magyarországon, ami mind a termesztéstechnikában, mind a régiókban megnyilvánult. Jelenleg csak Szabolcs-Szatmár-Bereg és Békés megyékben állítanak elő vetőmagot. A vetőmag-előállítás céljára való termesztés esetén a vetőmagszükséglet legfeljebb 2 kg/ha. A 70 cm széles sorokban és 23-25 cm tőtávolságban elvetett növényeknek nincs gyomelnyomó hatásuk, ezért az állomány kétszeri kapálást igényel. Az aratás bozótvágóval történik, a növények kúpba állításához és a magcsépléshez szintén kézi munka szükséges. Egy tonna magtermés, a hozzá tartozó 6 t kóróterméssel együtt 60 kg N-t, 32 kg P₂O₂-t és 72 kg K₂O-t von ki a talajból (Iványiné, 2005).

Hibrid vetőmag előállítása esetén az anya- és az apasorokat az apai vonal pollen-termőképességétől függően 4:2, 6:2, 8:2 vagy 10:2 arányban vetik. Az anyasorokat hímteleníteni kell, ami gyakorlatban a hímnövények sarlóval történő eltávolítását jelenti. Ebből a célból legalább

őtnaponta szükséges átjárni az anyasorokat. A növények 3-5 m magasra nőnek meg, és kóróvastagságuk eléri a 3-6 cm-t. Így az 500-800 kg magtermés mellett, legalább 6 tonna száraz kenderkóró a melléktermék, aminek a hasznosítása megoldásra vár.

Kettőshasznosítású kender

A kettőshasznosítású kender ugyanazon állományáról rostot és magot is lehet nyerni. Ez Nyugat-Európában már hagyományokkal rendelkezik, és teljesen gépesített a termesztése. Magyarországon a technológiát lefedő gépsor a fejlesztési stádium utolsó szakaszában tart. A növények felső, magtermő részét és a fennmaradó kórót külön rendre vágják. Ezt követően a kórót bálázzák, a magzónát egy hetes szárítás után kombájnnal felszedik és kicsépelik.

A kettőshasznosítási termesztés már eleve kizárja a kétlaki fajták alkalmazását. Mire a termő növények beérnek, a kétlaki kender hímegei már teljesen elszáradnak, és ezzel akadályozhatják a gépi betakarítást. A kétlaki állomány másik hátránya, hogy az 50%-os hímarány jelentősen csökkenti a betakarítható magmennyiséget.

Egylaki fajták, illetve nagyobb részből egylaki és nőegyedekből álló hibridpopulációk vetése a célszerű. Ezek vetése legalább 24, de legfeljebb 30 cm-es sortávolságban történik, 30-45 kg/ha-os vetőmagnormával. A 400-700 kg/ha magtermés mellett fajtától függően 4-5 tonnás hektáronkénti kórótermésre is lehet számítani.

2.4 A kender beltartalma

2.4.1 A kender vegetatív részeinek beltartalma

2.4.1.1 A kenderszár (kóró), beltartalma

A kender szára fa- és rostszövetből áll. A rostszövetben szigetek képződnek, amelyeknek külső rétegei cellulózzal vannak megerősítve. Az idős szárban az aktív háncon kívül rostkötegek vannak, amelyek összefüggő réteget alkotnak. Ezek az ipar számára fontosak. A rost vastag, rétegezett sejtfalú 3-7 szögletű, a sejtfal anyaga nagyrészt cellulóz. A rost tekintetében a legjobb déli fajtákban a cellulóztartalom 77%. A rostsejtek fokozatosan elfásodnak. Az elfásodás nagymértékben befolyásolja a rost minőségét. Azt az anyagot, amely a rost eldurvulását okozza, ligninnek nevezik. A lignin fokoza a nyomási és a húzási szilárdságot, de csökkenti a csavarási és a szakítási szilárdságot (Bócsa, 2005). A szárban 6,2-8,9% nyersprotein, 1,0-1,7% nyerszsír és 42-59% nyersrost található, ami túlnyomó részben cellulózból áll (Bredemann, 1945). Az előzőekben említett anyagokon kívül a kender szárában, kisebb mennyiségben pentozánt, pektint, hemicellulózt és gumi anyagot is találunk (Jakobey, 1962).

2.4.1.2 A kenderlevelek beltartalma

A kenderlevelek a virágzás időszakában 28-29% nyersproteint, 3,8-4,7% nyerszsírt és 13-15% nyersrostot tartalmaznak (Bredemann, 1945). A termesztés szempontjából legfontosabb a kábítószeranyag, amely a lomb- és murvalevél epidermiszét borító mirigyszőrökben található (8. ábra). Itt a más kannabinoidokkal és terpénekkal együtt Δ^9 tetrahidrokannabinol (THC) szintetizálódik (Hammond és Mahlberg, 1977).



8. ábra. A kender nőgyed epidermiszét borító mirigyszőrök (Fotó: D. Rengeo)

Eddig legalább 100 féle kannabinoidot írtak le (Mehmedic, 2010), de ezek közül kettő fontos a gyakorlatban. Az első a már említett THC, a második pedig a CBD (kannabidiol). Ez a két kannabinoid sav formájában van jelen a növényben (CBDA és THCA), és csak a lombzat szárítása, felmelegedése vagy égetése által okozott dekarboxiláció után alakulnak át semleges THC-vá, illetve CBD-vé. A THC a kender pszichoaktív anyaga, és a bioszintézise általában a növény virágzása idején és magtelítődés kezdetén éri el a csúcát. Az ipari (rostkender, magkender) fajtákban ebben a fejlődési időszakban az EU-szabvány szerint legfeljebb 0,2% THC tartalom engedélyezett. Kanadában ez a határ 0,3%. A drog típusok THC tartalma elérheti 15-20%-ot is. Az alapvető vita tárgyát ez idáig azt képezte, hogy a *Cannabis* nemzetség tovább osztható-e a *Cannabis indica* drogkender és *Cannabis sativa* termesztett ipari kender fajokra, vagy pedig a két faj genomja nem különbözik, csupán a szelektációs nyomás hatására eltérő a THC tartalmuk. Közel három évtizede folynak a kutatások azzal a céllal, hogy tisztázódjon a különbség a drog- és az ipari kender között. A megoldás a már említett THC és CBD (nem tudatmódosító anyag) mennyiségben, illetve ezek arányában rejlik. Mind a két kannabinoid bioszintézisében a kannabigerolnak (CBG) nevezett kannabinoid a prekursor. A CBD/THC arány kvalitatív monogénes, két kodomionáns allél által kódolt tulajdonság (Mandolino és társai, 2003).

Kanadai kutatók 2011. október 20.-án publikálták a drog típusú Purpe Kusch kender vonal teljes DNS és RNS genomját. Ezt összehasonlították a Finola és USO 31 ipari kenderfajták genomjával, és arra a következtetésre jutottak, hogy azoknak a gének aktivitása, amelyek a kannabinoidok szintézisben résztvevő fehérjéket kódolják, sokkal magasabb a drogért termesztett kender vonalban, mint az ipari kenderekben. A Δ^9 tetrahidrokannabinol-szintáz kizárólagos jelenléte a Purpe Kusch transzkriptomjaiban és a kannabidiol-szintáz (CBD-szintáz) való helyettesítése a Finola ipari kenderfajtában magyarázhatja a THC szintézisét a marihuánában és hiányát az ipari kenderben (Van Bakel és társai, 2011). A kender genom ismerete lehetővé teszi a módosított kannabinoid összetételű orvosi marihuána előállítását, valamint az ipari kender agronómiai tulajdonságainak a javítását.

2.4.2 A kendermag beltartalma

A kender termése nagyon fontos szerepet játszott az ókori kultúrák humán táplálkozásában. Intenzív elemzése azonban csak a 2-3 évtizeddel ezelőtt kezdődött. A kilencvenes években még mindig nagyon kevés ismeretünk volt a kendermagról, főleg a humán táplálkozás szempontjából. Arról, hogy hogyan és milyen mennyiségben hat a haszonállatokra már 1775-ben található közlemény Csapó József „Új füves és virágos Magyar Kert” könyvében. Azt írja, hogy „a tyúkok tápláltatván a kendermagokkal bővebben tojnak” (Kralovánszky és Marthné-Shill, 1994). Ugyanezt 200 évvel később is megerősítik: „szemesen madarak etetésére használják fel. Baromfinak kis mennyiségben jó takarmánya, a tollazatot színesíti, fényesíti és elősegíti a vedlést. Előnyös hatású a tojáshozamra és nemi tevékenységre” (Baintner, 1967). Arról is lehet olvasni, hogy a vemhes állatoknak nem ajánlatos adagolni a kendermagból, mert elvetélhetnek.

A szakirodalmi közlések szerint Prjanisnikov (1930) volt az első, aki a termés beltartalmát elemezte. A közép-orsz fajtában akkoriban a zsírsavak közül 5% palmitinsav-, 6-7% linolsav-, 13-14% linolénsavtartalmát állapított meg. A többi zsírsavról nincs közlés. Ezen kívül 1% fitoszterint, lecitint és fermentumokat talált a kenderolajban (Kralovánszky és Marthné-Shill 1994). Wehmer (1939) a levélzeten kívül a makkocskán is végzett analitikus vizsgálatokat. Megállapítása szerint a termés dextrint, cukrot, 18-25% fehérjét, 15% körüli nyersrostot, 4-5% hamut, cholint és trigoleit tartalmaz a 30-35% olaj mellett (Mándy, 1962).

Az 1990-es évekig a kendermag beltartalmát és emészthetőségét csak a haszonállatok táplálási szempontjából tanulmányozták. A kendertermés takarmányként három formában használható fel: feldolgozatlan mag, a fizikai préselés folyamán létrejövő kender-pogácsa és az olaj vegyi kivonása után maradó extrahált kenderdara. Ezek takarmányozási beltartalmi értékeit és emészthetőségi együtthatóit Weiser-Zajtay, Baitner, Herold, Várhegyi Wöhlbier és Jager munkáiból összegezve Kralovánszky és Marthné-Shill 1994-ben közölték (3. táblázat).

3. táblázat. A kendermag takarmányozási beltartalmi értékei
Kralovánszky és Marthné-Shill, 1994 nyomán

| Kémiai összetétel | Kendermag | Kendermag-pogácsa | Extrahált kendermag-dara |
|------------------------------|--------------------------------------|-------------------|--------------------------|
| | átlagosan 90% szárazanyag tartalomra | | |
| Nyers fehérje (%) | 17,5-22,3 | 30,4-31-4 | 35,3-38,3 |
| Nyers zsír (%) | 34,0-34,9 | 7,8-8,1 | 1,7-3,2 |
| Nyersrost (%) | 13,9-18,9 | 10,8-30,2 | 20,9-31,8 |
| N-mentes kivonható anyag (%) | 19,8-21,0 | 23,2-29,1 | 20,8-21,7 |
| Nyers hamu (%) | 4,8-5,4 | 7,9-9,6 | 8,3-9,7 |
| Emészthető nyers fehérje (%) | 14,2 | 22,4 | 26,9 |
| | Emésztési együtthatók | | |
| | szarvasmarhával | sertéssel | juhval |
| | végzett etetési kísérletek alapján | | |
| Nyers fehérje (%) | 70 | 88 | 82 |
| Nyers zsír (%) | 90 | 92 | 34 |
| Nyersrost (%) | 46 | 20 | 46 |
| N-mentes kivonható anyag (%) | 84 | 41 | 39 |
| Szerves anyagok (%) | 73 | 55 | 44 |

A takarmányozási vizsgálatok eredményei azonban soha nem hasznosultak igazán a gyakorlatba, mert sem az emberi táplálkozáshoz, sem pedig az állati takarmány gyártásához nem volt elég kendermag. A kendermagtermesztés gépesítettségének hiánya gyakorta okozott vetőmaghiányt az országban. A kézimunkaerő-hiány állandósulásával 1970-1976 között minden évben behozatalra szorultunk. Később Magyarország önellátó lett a vetőmagban, de a mag felhasználása a humán élelmiszerben, a gyógyászati készítményekben vagy táplálékkiegészítőben, nem merült fel.

Az első részletes kendermaganalízist Wirtshafter (1995) közölte az USA-ban (4. táblázat). Wirtshafter kendermag analízisei kiterjednek az zsírsavösszetételre és a fehérjefrakció aminosavösszetételén kívül a vitaminokra, a nyomelemekre és az olaj fizikai tulajdonságaira is. A vizsgálatokhoz kínai importból származó hősterilizált magot használt, mivel ez volt az egyetlen USA-ban beszerezhető kendermagféle. Ezért ebben az esetben olyan kendermag beltartalomról beszélünk, melyet a vizsgálatot megelőzően 72 °C-on hőkezelték.

4. táblázat. Kendermag összetevői Wirtshafter (1995) nyomán

| A beltartalom összetevői | Az összetevők mennyisége |
|---------------------------------|---------------------------------|
| Víztartalom | 5,7 % |
| Zsírok | 30 % |
| Fehérjék | 22,5 % |
| Hamu | 5,9 % |
| Energia | 503 Cal/100g |
| Szénhidrátok | 35,8 % |
| A vitamin | 36,96 NE/kg |
| Tiamin | 0,9 mg/100g |
| Riboflavin | 1,1 mg/100g |
| Piridoxin | 0,3 mg/100g |
| Niacin | 2,5mg/100g |
| C-vitamin | 1,4 mg/100g |
| D-vitamin | <10 NE/100g |
| E-vitamin | 3mg/100g |
| Vízben nem oldódó rostok | 32,1% |
| Vízben oldódó rost | 3,0% |
| Összes rost | 35,1% |

Wirtshafter (1995) eredményei a Leson (2006) nem kezelt kendermag vizsgálatának eredményeitől főleg a vitamintartalomban térnek el (5. táblázat). A hőkezelt mag E-vitamin tartalma csak a fele a nem kezelt magénak, ami nagy valószínűséggel a hőkezelés következménye. A niacin esetében a különbség több mint duplája a nem kezelt mag javára (4., 5. táblázat). A tiamin tartalomban 0,4 mg-os eltérést mértek a nem kezelt és a hőkezelt magok között.

Ami az ásványi anyagokat illeti, a kendermag gazdag forrása a magnéziumnak, foszfornek, káliumnak, vasnak és cinknek (5. táblázat). Leson (2006) adatai már a reform humántáplálkozási igényeknek megfelelően, nem csak az egész mag és kenderliszt/pogácsa beltartalmát jellemzik, hanem az új terméket, a hántolt kendermagot is.

A hántolt mag energia értéke a legnagyobb a három termék közül, 5,6 kcal/g. Leson (2006) szerint az egész mag energia értéke 5,0 kcal/g Wirthschafter (1995) szerint pedig 5,03 kcal/g. Az 5. táblázatban a sárga szín különböző árnyalatai az egész, a hántolt mag és a kendermag liszt tápelemtartalmában meglévő különbségeket jelzi. Az egész és a hántolt mag gazdagok az ALA-ban. A pogácsa a magas mangán és a magnézium tartalmával tűnik ki.

2.4.2.1 A kendermag fehérjéi és azok aminosav összetétele.

A kendermagban található fehérjék 65%-a biológiailag aktív globulin fehérje, az edesztin, de albumin is nagy mennyiségben található benne. Nagyjából hasonló ez az arány az emberi vérplazmában található globulinok arányához. A kendermagfehérje könnyen emészthető, könnyen felszívódik, és kiváló az egészséges immunrendszer fenntartásához. Az edesztin képes növelni az antitestek termelődését, és szinte teljesen foszformentes, ami nagyon fontos a vesék működése szempontjából (Osburn, 1992).

A kendermagfehérjében mind a 21 aminosav megtalálható, köztük az a 8 esszenciális aminosav is (Osburn, 1992; Wirthschafter (1995), amelyet az emberi szervezet nem képes előállítani. Iványiné (2004) elérő N dózisosok (N₀, N₈₀, N₁₆₀ és N₂₄₀) hatását vizsgálta a hazai Kínai egylaki hibridpartner magjainak fehérje és aminosav tartalmára Szarvason. A N-mentes kezeléshez képest valamennyi vizsgált N dózisonál szignifikánsan nőtt a leucin, a lizin és a treonin mennyisége.

Iványiné (2004) részletes aminosav összetételt közöl a hazai Kínai egylaki hibridpartnernél, a négy nitrogén ellátottsági szinten. Csak 5 aminosav tartalombeli változása bizonyult szignifikánsnak P=5%-os szinten, abból három az esszenciális leucin, lizin és treonin.

Leson (2006) igen részletes kendermagelemzésekről számol be. A tanulmány egy patkányokkal végzett etetési kísérlet eredményeit mutatja be, amelyek a kenderfehérje nagyon jó emészthetőségére utalnak.

A legmagasabb emészthetőségi koefficienseket a hántolt mag esetében kapta. A felnőtt emberi szervezet számára egy maroknyi kendermaggal a napi minimális fehérjeszükséglet biztosítható, beleértve a 8 esszenciális aminosav adagját is. A 10-12 éves gyerekek esetében a lizin bevitelét nem lehet kendermagból biztosítani. A legfiatalabb csoportnál, a 2-5 éves gyerekeknél három aminosav - abból 2 esszenciális - a megfelelő fejlődés biztosításához kiegészítésre szorul (Leson, 2006).

5. táblázat A kendermag, a kendermagbél és a kendermagliszt tápértékei Leson (2006) nyomán

| <i>Jellemző beltartalom</i> | | | | | | | |
|-------------------------------|-----------------------------|------------|---------------------|-------------|---------------------|----------------|----------------------|
| Jó tápérték | Javasolt napi bevitel (RDA) | Egész mag | | Hántolt mag | | Kendermagliszt | |
| Kiváló tápérték | | mg/100 g | 40 g mag = % RDA | mg/100 g | 35 g bél = % RDA | mg/100 g | 50 g liszt = % DV |
| <i>Energia</i> | | 5,0 kCal/g | 200 kcal | 5,6 kCal/g | 200 kCal | 4,0 kCal/g | 200 kcal |
| <i>Makrotápanyagok</i> | | | | | | | |
| Rostok (g) | 25 | 32 | 51% | 5,8 | 8% | 35 | 70% |
| Fehérjék (g) | 50 | 24 | 19% | 37 | 26% | 40 | 40% |
| α -linolénsav(ALA) (g) | 1,6 | 5,4 | 135% | 8,6 | 188% | 2 | 63% |
| <i>Ásványi anyagok</i> | | | | | | | |
| Kalcium | 1000 | 130 | 5% | 180 | 6% | 180 | 9% |
| Kálium | 3500 | 740 | 8% | 1060 | 11% | 1100 | 16% |
| Vas | 18 | 13 | 29% | 16 | 31% | 18 | 50% |
| Foszfor | 1000 | 850 | 34% | 1280 | 45% | 1150 | 58% |
| Mangán | 7,1 | 9 | 51% | 8 | 39% | 12 | 85% |
| Magnézium | 400 | 450 | 45% | 610 | 53% | 620 | 78% |
| Réz | 2 | 1 | 20% | 0,5 | 9% | 1 | 25% |
| Cink | 15 | 8 | 21% | 9 | 21% | 10 | 33% |
| <i>Vitaminok</i> | | | | | | | |
| Vitamin E | 30 | 6 | 8% | 8 | 9% | 2 | 3% |
| Tiamin (B ₁) | 1,5 | 1,3 | 35% | 1,3 | 30% | 1,8 | 60% |
| Pantoténsav (B ₅) | 10 | 7 | 28% | 8 | 28% | 11 | 55% |
| Riboflavin (B ₂) | 1,7 | 0,13 | 3% | 0,12 | 2% | 0,4 | 12% |
| Niacin (B ₃) | 20 | 6 | 12% | 5 | 9% | 14 | 35% |
| Folsav (B ₉) | 0,4 | 0,03 | 3% | 0,03 | 3% | 0,05 | 6% |

2.4.2.2 A kendermag olajtartalma és az olaj fontosabb fizikai és kémiai tulajdonságai

Növénytermesztési szempontból azokat a növényfajokat soroljuk az olajnövények csoportjába, amelyeknek magjából, terméséből, egyéb növényi részéből gazdaságosan állítható elő étkezési és ipari felhasználási célú olaj (minimálisan 18-20% olajtartalom) (Pepó, 2005). A termés olajtartalma szerint a kender megfelel az előbb említett feltételeknek, hiszen termésének olajtartalma 30-35%-os. Vannak az átlagosnál sokkal magasabb olajtartalmú fajták is, mint például az orosz Olifera tájfajta, amely 40% olajtartalommal rendelkezik (Small, 1979; Matheu, 1980). A kenderolaj 20 °C-on 0,9295 g/ml specifikus sűrűségű, dermedési pontja -20 °C, elszappanosítási száma 193, jódszáma 160, lobbanási pontja 141 °C (Calaway, 2010). Zöldesbarna vagy sötétől világoszöldig terjedő színű olajának kellemes, enyhén kesernyés dió íze van.

A legfontosabb olajnövényekkel összevetve, a kender csak a szóját és gyapotot előzi meg az olajtartalomban (6. táblázat).

6. táblázat. A legfontosabb olajnövények Soxhlet módszerrel megállapított olajtartalma (%), (Deferne és Pate, 1996)

| Növényfaj | Olajtartalom, % |
|--------------|-----------------|
| Szója | 19-23 |
| Gyapot | 18-26 |
| Földimogyoró | 45-55 |
| Napraforgó | 32-59 |
| Repce | 42-48 |
| Szezám | 55 |
| Pálma | 60-70 |
| Copra | ≈ 40 |
| Len | 33-43 |
| Ricinus | 48-55 |
| Kender | 30-36 |

Jelenleg a kendert sehol sem sorolják az olajos növények közé, viszont egyre nagyobb területen vetik olaj előállítására céljából. Ideális esetben 1 t/ha magtereméssel lehet számítani, ami a 20-25%-os olajkinyerésnél legfeljebb 25 l/ha olajtermést jelent. Szójából ennél 2-3-szor, napraforgóból 3-4 szer több olaj nyerhető ki. Olyan fontos olajnövényekkel, mint a szója, a gyapot, a repce, a földimogyoró vagy a napraforgó, az olajhozam tekintetében a kender nem vetekedhet. Viszont táplálkozási szempontból egyedi a zsírsavösszetétele.

Kanadában szemben az európai országokkal főleg a magjáért és az olajáért termesztik a kendert. A magkenderteresztés 1998-ban kezdődött külföldi fajtákkal. Ami a kinyerhető olajtartalmat illeti, a jelenleg legmagasabb olajtartalmú fajta, a Finola (Fin-314). Magja termőhelytől függően 26-37% hidegprezéssel kinyerhető olajat terem. Scheifele (2000) nyolc kenderfajta olajtartalmát összehasonlítva a Fin 314 és a Ferimon fajták olajtartalmát azonosnak (27 %) találta (7. táblázat).

7. táblázat Nyolc kenderfajta olajtartalmának (%) összehasonlítása Scheifele nyomán (1999)

| Olajtartalom % | Fajták | | | | | | | |
|-------------------------|--------------|--------------|------------|------------|---------------|---------|--------|------------|
| | Felina 34 | Fedora 19 | Fin 314 | Zolo 13 | Fedrina 74 | Ferimon | Fasamo | Zolo 11 |
| Préselt olajtartalom | 25,0 | 22,0 | 27,0 | 23,0 | 21,0 | 27,0 | 25,0 | 23,0 |

Az adatok Komet márkájú présrel 15-18 °C-on végzett hidegprésselésből származnak. A kísérleteik azt is kimutatták, hogy a présselésel kinyerhető olajtartalom a préselési hőfoktól is függ. A Fedora fajta 20 °C-on a legmagasabb, 27%-os olajnyereséget eredményezett, így elérte a Fin-314 értékét, de a 18 °C-on 5%-kal lemaradt mögötte. Scheifele szerint a préselési hőmérsékleten kívül a vetésidő, a mag érettségi foka és a nitrogén műtrágya adagolás is befolyásolja az olajtartalmat.

2.4.2.3 A kendermagolaj zsírsavösszetétele

A hazai kender zsírsavösszetételét Jáky (1946) vizsgálta elsőként. A fajta megjelölése nélkül a következő zsírsavösszetételt állapította meg: az olajsav aránya 16,6%, a linolsavé 53,0%, a linolénsavé 14,3%, a palmitin- és a sztearinsavé pedig együttesen 10,1%. A magyar kendertermesztés történelméből csupán annyit lehet a kenderolajról megtudni, hogy csak a silányabb szemeket és hulladékokat használták baromfi takarmányozására, esetleg nagyritkán olajütésre. Iparszerű kendermagsajtolást nem folytattak hazánkban, aminek két főbb oka volt. Mindenekelőtt a kendert mindig is kizárólag rostnövénynek tekintették, más célú alkalmazása, mint például a kenderzsiradék emberi táplálkozásban való felhasználása, nem merült fel. A másik akadály a vetőmag előállításának magas költsége volt. Magyarországon a magkender aratása a mai napig kézi munkával történik, ami korlátozza a mennyiségét és emellett növeli az árát. Elsődleges cél a vetőmagigény kielégítése, ami a jelen körülmények között nagy kihívás, ezért csak a csíravesztett leértékelt magot használják fel az olajprésseléshez.

Az 1990-es évek elejétől Nyugat-Európában és Kanadában megerősödött a kender iránti érdeklődés. Pont azok az országok, ahol a kendertermesztést a drogtörvény által évtizedekre betiltották, hívták fel a figyelmet a kender környezetbarát mivoltára. Robbanásszerűen jelentek meg tudományos tanulmányok és népszerűsítő cikkek a kenderrost, a pozdorja és a kendermag értékeiről. Kanadában 1993-ban megjelent Udo Erasmus könyve a "Fats that heal, fats that kill". Ez jelentősen hozzájárult a kenderolaj átértékeléséhez. A könyv szerzője elismert szakértője a táplálkozástudománynak, különösen az esszenciális zsírsavak terén. Könyvében a kendermagolajat nem csak a többszörösen telítetlen zsírsavak, és ezen belül az esszenciális zsírsavak gazdag forrásának tekinti, hanem kiemeli annak ideális (3:1) linol- és linolénsav arányát is (Erasmus, 1993; Wirthshafter, 1995; Deferne és Pate, 1996). Az emberi szervezet megfelelő anyagcseréjéhez éppen ez az arány szükséges. Erasmus (1993) a kenderolajat a „legtökéletesebben kiegyensúlyozott, az esszenciális zsírsavakban gazdag természetes olajnak” nevezi. Felhívja a figyelmet a transz zsírsavak veszélyeire, kidolgozza az olajak adagolását a különböző betegségek leküzdésére.

A korábban említett könyvvel egy időben jelent meg Andrew Weil (1993) „Therapeutic Hemp Oil” című cikke. A kenderolaj abban az időben teljesen új termékként jelent meg az amerikai piacon, és Weil rámutatott a kenderolaj előnyeire a len- vagy a halolajjal szemben. Az utóbbinál toxikus szennyeződéstől is tartott. A lenolajat, mint táplálék kiegészítőt azoknak a pácienseknek javasolta, akik autoimmun rendellenességektől, artritisztől vagy gyulladástól szenvedtek, de a betegeknek több mint a fele nem tudta elviselni a lenolaj ízét. Ehelyett Weil a kenderolaj fogyasztását javasolta, amelyik nem csak kedvezőbb zsírsavösszetétellel rendelkezik, de sokkal ízletesebb is.

Kanada és Amerika után, ahol a kendertermesztés a mai napig is tiltott, Európában is elkezdődött a kenderolaj kutatása. Kralovánszky és Mathné-Shill (1994) 12 faj zsírsavösszetételét hasonlították össze (8. táblázat). Az elterjedtebb étolajok közül a kenderolaj rendelkezik a legnagyobb esszenciális zsírsav, linol ($\omega 6$) és LNA ($\omega 3$) tartalommal, és ezek aránya 3:1. A 14-nél rövidebb szénláncú telített zsírsavak csak a pálmaolajban találhatók. Mirisztinsav a pálmaolaj mellett csak a gyapotmag olajban van, a kenderben csupán nyomokban fordul elő. Ez az analízis sokkal részletesebb az Erasmus (1993) által közöltekénél, és a vizsgált növényfajok is mások (9. táblázat). Ő is 12 féle olaj összetételét vizsgálta, de csak öt zsírsavarányát közölte.

8. táblázat. A kendermag olaj zsírsavösszetételének (%) összehasonlítása más növényfajokéval (Kralovánszky és Mathné-Shill 1994 alapján)

| Zsírsavak | Növényi olajok | | | | | | | | | | | |
|---|----------------|-----------|-------------|---------------|----------------|----------|-----------|---------------|-------------------|------------|------------|---------------|
| | pálmamagolaj | olivaolaj | földdióolaj | gyapotmagolaj | napraforgóolaj | repcelaj | szójaolaj | búzacsíraolaj | kukoricacsíraolaj | tökmagolaj | lenmagolaj | kendermagolaj |
| Palmitinsav (C16:0) | 8 | 12,0 | 10 | 22 | 7 | 4,5 | 10 | 7 | 10,5 | 16 | 7 | 5,6 |
| Palmitolajsav (C16:1) | | 1,5 | | 2 | | 0,3 | | | 0,5 | 1 | | 0,3 |
| Sztearinsav (C18:0) | 3 | 2,5 | 3 | 5 | 5 | 1,3 | 4 | 1 | 2,5 | 5 | 4 | 2,6 |
| Olajsav (C18:1ω9) | 14 | 76,0 | 55 | 19 | 23 | 58,0 | 21 | 20 | 32,5 | 24 | 18 | 11,0 |
| Linolsav (C18:2ω6) | 3 | 7,5 | 25 | 50 | 63 | 24,0 | 56 | 52 | 52 | 54 | 14 | 59,0 |
| Linolénsav (C18:3ω3) | | 1,0 | 0 | 0 | 1 | 9,0 | 8 | 10 | 1,0 | 1 | 58 | 19,0 |
| Arachidinsav (C20:0) | | 0,5 | 2 | 1 | 1 | 0,5 | 1 | | 0,5 | | | 1,9 |

9. táblázat. A kendermag zsírsavösszetételének (%) összehasonlítása az összes zsírsav százalékában az ismertebb étolajokéval (Erasmus, 1993)

| Olajnövény | Kevésbé egészséges/stabil | | Egészségesebbek/kevésbé stabilak | | |
|--------------|---------------------------|-------------|----------------------------------|-------------------------|--------------------|
| | Telített | | Egyszeresen telítetlen | Többszörösen telítetlen | |
| | Palmitinsav | Sztearinsav | Olajsav | Linolsav | LNA |
| | (C16:0) | (C18:0) | (C18:1 ω 9) | (C18:2 ω 6) | (C18:3 ω 3) |
| Kender | 6-9 | 2-3 | 10-16 | 50-70 | 15-25 |
| Szója | 9 | 6 | 26 | 50 | 7 |
| Canola | 0 | 7 | 54 | 30 | 7 |
| Búzacsíra | 0 | 18 | 25 | 50 | 5 |
| Napraforgó | 0 | 12 | 23 | 65 | 0 |
| Kukorica | 0 | 17 | 24 | 59 | 0 |
| Szezám | 0 | 13 | 42 | 45 | 0 |
| Földimogyoró | 0 | 18 | 47 | 45 | 0 |
| Avokádó | 0 | 20 | 70 | 10 | 0 |
| Oliva | 0 | 16 | 76 | 8 | 0 |
| Pálma | 85 | 0 | 13 | 2 | 0 |
| Kókuszdió | 91 | 0 | 6 | 3 | 0 |

A kenderfajták eltérő zsírsavösszetételéről Kralovánszky és Mathné-Shill (1994) számoltak be először. Az addig elismert nyolc kompolti kenderfajta és hibrid olajában a telített (palmitin és sztearin) és a telítetlen (olaj-, linol- és LNA) zsírsavak arányát vizsgálták (10. táblázat). Az eredményeik alapján megállapították, hogy 50 év alatt a kenderolaj zsírsav arányai megváltoztak a többszörösen telítetlen zsírsavak, a linol- és a LNA javára 5, illetve 4%-kal. A másik pozitív változás, hogy az olajsav, palmitin- és sztearinsav arányai csökkentek. Vizsgálataik alapján a legkedvezőbb esszenciális zsírsavösszetételű a Fibriko TC, de igen jó az olaj összetétele a Kompolti és a Kompolti Hibrid TC-nek is. A legkevesebb esszenciális zsírsav a Fibrimon-ban található.

10. táblázat. Kenderfajták magvainak zsírsavösszetétele Kralovánszky, Marthné-Shill nyomán (1994)

| Zsírsavak | A vizsgált fajták átlaga | Kompolti | Hibrid TC Kompolti | Fibriko TC | Fibrimon | SA | Kínai egylaki | Kínai kétlaki | Vad |
|-----------------------------|--------------------------|----------|--------------------|------------|----------|-------|---------------|---------------|-------|
| Zsírsavak relatív százaléka | | | | | | | | | |
| Palmitinsav | 6,17 | 5,78 | 6,18 | 5,42 | 6,85 | 6,12 | 6,68 | 5,85 | 6,49 |
| Sztearinsav | 2,56 | 2,83 | 2,70 | 2,87 | 2,63 | 2,15 | 2,26 | 2,22 | 2,83 |
| Olajsav | 13,67 | 13,51 | 14,70 | 11,72 | 17,27 | 12,55 | 13,95 | 13,81 | 11,87 |
| Linolsav | 58,33 | 59,13 | 59,13 | 60,73 | 56,15 | 57,29 | 58,08 | 58,72 | 57,43 |
| LNA | 18,35 | 17,63 | 16,24 | 18,18 | 15,88 | 21,87 | 19,03 | 18,45 | 19,55 |
| Egyéb zsírsav | 1,22 | 1,12 | 1,05 | 1,08 | 1,22 | 0,02 | 0,00 | 0,95 | 1,83 |

Később Iványiné (2004) vizsgálta a hazai fajták, az Uniko-B és Fibrimon 21-63 zsírsavösszetételét (11. táblázat). Ezek olajtartalma és zsírsavösszetétele csak nagyon kis mértékben különbözött egymástól.

11. táblázat. Az Uniko-B és a Fibrimon 21-63 olajtartalma és zsírsavösszetétele (Iványiné, 2004)

| Megnevezés | Zsírsavösszetétel (%) | |
|--------------------------|-----------------------|----------------|
| | UNIKO-B | Fibrimon 21-63 |
| Olaj | 28,8 | 27,4 |
| Palmitinsav C16:0 | 8,7 | 8,6 |
| Palmitolajsav C16:1 | 0,1 | 0,1 |
| Sztearinsav C18:0 | 3,1 | 2,9 |
| Telített összes | 11,9 | 11,6 |
| Olajsav C18:1 | 17,4 | 18 |
| Linolsav C18:2 | 53,3 | 53,1 |
| LNA C18:3 ω 6 | 1,3 | 1,2 |
| ALA C18:3 ω 3 | 14,1 | 13,7 |
| Arachidinsav C20:0 | 0,8 | 0,9 |
| Eikozánsav C20:1 | 0,4 | 0,4 |
| Behénsav C22:0 | 0,4 | 0,5 |
| Egyéb zsírsav | 0,4 | 0,6 |
| Telítetlen összes | 88,1 | 88,4 |
| Összes | 100,0 | 100,0 |

A kenderolaj jótékony és gyógyító hatása miatt megkezdődött a magas olajtartalmú kenderfajták nemesítése. Finnországban 30 év megszakítás után indították újra a kender nemesítését. A Vavilov Kutató Intézettől beszerzett korai, fagyálló, VIR-313 és VIR 315 fajták keresztezéséből nemesítettek egy kiváló FIN 314, később Finola néven elismert olajkender fajtát (Callaway, 1996). A fajta Közép-Finnországban, az északi szélesség 62^o-án érik be. Kétlakisága ellenére rekord magtermésekre képes (1,8-2 t/ha), megelőzve az addig vezető egylaki Uniko-B F₁ hibridet. A Finola fajtának magas az olaj- és a GLA tartalma (4,0% körüli). Mivel alacsony termetű, ezért nagyobb a magtermés biztonsága (12. táblázat).

Callaway (1996) összehasonlította a Finola (FIN 314) zsírsavösszetételét a francia Futura 77 és a Kompolti kender fajtáéval (13. táblázat). A többszörösen telítetlen zsírsav arányát a Finolánál találta a legnagyobbak. A Kompoltinak lényegesen magasabb az olajsavtartalma, mint a többi vizsgált fajtáénak, viszont a többszörösen telítetlen GLA és SDA aránya kisebb. Kiváló zsírsavösszetétele (magas GLA tartalom), magas növényenkénti magtermése (1,8 t/ha öntözött területeken), kombájnlhatósága az alacsony termete miatt a Finola 2007-ben elfoglalta Kanada kender termőterületének 50%-át. A másik 50 %-on a JUSZO 14, szintén korai fajtát termesztették. A két utóbbi fajtán kívül termesztik még a JUSZO 31 ukrán és egy új kanadai magfajtát, a Craig-ot is.

12. táblázat. A FIN-314 fajta olajtartalma (%) és zsírsavösszetétele (%),
Callaway (1996) nyomán

| Beltartalom összetevői | Összetevők relatív mennyisége (%) |
|---------------------------------|-----------------------------------|
| Olajtartalom | 36,87 |
| Palmitinsav | 5,71 |
| Palmitolajsav | 0,14 |
| Sztearinsav | 2,22 |
| Olajsav | 8,82 |
| Linolsav | 56,33 |
| GLA | 4,02 |
| LNA | 20,96 |
| Arachidonsav | 0,80 |
| Eikozánsav (Gadoleinsav) | 0,40 |
| Eikozadiénsav | 0,05 |
| Behénsav | 0,29 |

13. táblázat. A Fin-314, a Futura-77 és a Kompolti kender zsírsavösszetétele (%)
(Callaway 1996)

| Zsírsavösszetétel | Fajta | | |
|---------------------------|--------------|-----------|----------|
| | Fin-314 | Futura-77 | Kompolti |
| Palmitinsav (16:0) | 6,02 ± 0,32 | 6,72 | 7 |
| Sztearinsav (18:0) | 2,35 ± 0,34 | 2,89 | 3,22 |
| Olajsav (18:1ω9) | 8,60 ± 1,29 | 11,42 | 15,15 |
| Linolsav (18:2ω6) | 54,32 ± 1,04 | 59,35 | 56,24 |
| LNA (18:3ω3) | 21,74 ± 1,66 | 15,89 | 15,95 |
| GLA (18:3ω6) | 3,92 ± 0,84 | 2,07 | 0,94 |
| SDA (18:4ω3) | 1,91 ± 0,16 | 0,7 | 0,39 |

A kendermagolaj nem a magas olajsav és/vagy linolsav miatt értékes. Ezek a zsírsavak sokkal nagyobb mennyiségben nyerhetők ki az olivabogyóból, a napraforgómagból vagy a repceből. Ami a kenderolajban értékes és egyedülálló, az az úgynevezett „minor” zsírsavak jelenléte. Mölleken és Theimer (1997) különböző eredetű kendergyűjtemény magjaiban vizsgálták a fontosabb minor zsírsavak, az eikozánsav (EA), a sztearidonsav (SDA) és a γ -linolénsav (GLA) mennyiségét. A gyűjteményben európai nemesített fajták, drog és vad változatok, továbbá különböző régiók tájfajtái szerepeltek. Az analízis során nem az egész mag (makkocská) olaját vizsgálták, hanem a héjatlan, vagyis perikarpmentes termését.

A nyolc országból származó fajtákban, illetve tájfajtákban nem találtak eikozánsavat. A legmagasabb EA tartalmat (0,6%) egy német fajtában mérték. Az EA a köztes metabolikus termék, amely a nervonsav palmitinsavból történő szintézisekor keletkezik. A nervonsav az idegmembrán fontos összetevője, a cerebrozidok képzésében tölt be szerepet.

Lengyel fajtákban EA nem volt mérhető, ami a 0,3%-nál kisebb EA tartalmat jelent. Az SDA - a magyar és a lengyel fajták kivételével - minden vizsgált változatban detektálható volt. Legtöbbet, 1%-ot, az ukrán és a német fajtákban mérték. SDA-ból és GLA-ból a delta-6-deszaturáz enzim közreműködésével prosztaglandinok jönnek létre; a GLA a linolból-, az SDA pedig a LNA-ból. A prosztaglandinok hormonhatású vegyületek, amelyek az egész szervezetben előfordulnak. Többek között a túlérzékenységi (allergiás) reakcióknál, a gyulladásoknál válnak szabaddá, és mint hírvivő anyagok szerepet játszanak a fájdalmak és a láz kialakulásában. A nem-szteroid gyulladásgátlók hatása, többek között, a prosztaglandin szintézis gátlásán alapul.

Leizer és munkatársai (2012) analízisei szerint a minor zsírsavak (GLA, DHA és EPA) mellett terpének is vannak a kenderolajban. Kimutatták, hogy közülük β -kariofilén és a mircén felelősek a kenderolaj antibakteriális aktivitásáért.

Ugyancsak az 1990-es évek elején indultak széleskörű kutatások a GLA élettani hatásairól. Nyomokban szinte minden állati eredetű zsírban és az anyatejben is található, de az utóbbiban több a dihommo γ -linolénsav (DGLA) (Erasmus 1993). Az általánosan fogyasztott étolajokban GLA nem található. Fontosabb növényi forrásai a spirulina alga, a borágó, a ligetszépe, a fekete ribizli és a kender (14. táblázat).

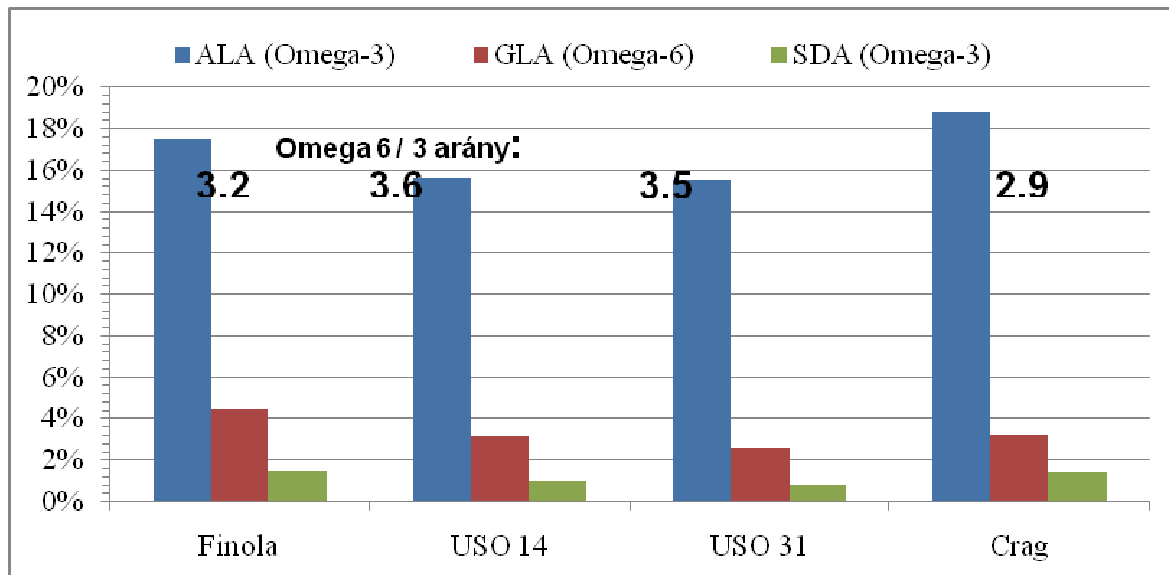
14. táblázat. A fontosabb GLA növényi források zsírsavösszetétele (%)
(Deferne és Pate, 1996)

| Növényfaj | Egyes zsírsavak százalékos aránya | | | | | |
|-----------------------|-----------------------------------|-----------------|-------------|--------------|---------|---------|
| | Palmitinsav (%) | Sztearinsav (%) | Olajsav (%) | Linolsav (%) | ALA (%) | GLA (%) |
| Kender | 6-9 | 2-3 | 10-16 | 50-70 | 15-25 | 1-6 |
| Ligetszépe | 4-12 | 1-7,5 | 4-12 | 65-72 | 0 | 3-15 |
| Fekete ribizli | 6-7 | 1-2 | 9-11 | 45-60 | 12-15 | 15-19 |
| Borágó | ~11 | ~4 | ~16,5 | ~37 | <1 | ~23 |
| Gomba | 9-12 | 1-2 | 20-40 | 18-20 | 0 | 20-40 |

Az $\omega 6$ és az $\omega 3$ esszenciális zsírsavak aránya nagyon fontos a prosztaglandinok bioszintéziséhez, és ez által az élettani funkciók megfelelő működéséhez. Az egészséges egyensúlyt biztosító arány 1:1 és 1:4 között van. Leson (2006) fajtaspecifikus $\omega 6/\omega 3$ értékeket közölt a Kanadában termesztett fajták olajában (9. ábra). Mindegyik fajtában megfelelő az arány. Simopoulos (2000) még szűkíti ezt az intervallumot 2:1 és 3:1 közé, ami a mediterrán és a japán étrendben előforduló arány, ahol a szív és a koszorúér megbetegedések gyakorisága a legalacsonyabb. Callaway (1996, 2009) a saját nemesítésű fajtánál, a Finola-nál még 13 év elteltével is változatlanul 2,5:1 arányt mutatott ki. Ugyanannál a fajtánál Leson (2007) 3,2:1 arányt közöl, ami dietetikus szempontból kifogástalan, viszont a finn és kanadai adat között szignifikáns a különbség.

A lenolajban fordított az arány (8. táblázat). A linolénsav tartalma közel 60%-os, a GLA és SDA teljesen hiányoznak, és a linolsav csak 14%-ban van jelen. Az ALA többlete a linolsavból képződő $\omega 6$ metabolitok hiányát okozza, és ezzel megzavarhatja a zsírsav anyagcsere egyensúlyát.

A kenderolaj fogyasztásánál ilyen helyzet nem következik be, mivel a verseny a delta-6 deszaturázért a GLA és SDA jelenlétével áthidalható, és a kedvező $\omega 6/\omega 3$ aránya lehetővé teszi mind a két esszenciális zsírsav megfelelő koncentrációját a metabolikus folyamatok számára (Callaway, 2009).



9. ábra. Az $\omega 6/\omega 3$ aránya a négy olajra termesztett kender fajtánál Leson (2006) nyomán

2.5 Az olajtartalom növelésének nehézségei a kendernél

A kender idegentermékenyülő, szélporozta növény. A NÉBIH jogszabálya szerint az egylaki fajták elit vetőmag tisztaságát 5000 méteres szigetelési távolsággal kell biztosítani. A kétlaki fajtákhoz viszont 1000 méteres szigetelési távolság elegendő. A következetes nemesítési munkában is legalább az ilyen távolságok betartása célszerű. Ez ugyan nem befolyásolja az olajvizsgálatokat, de lényegesen növeli a nemesítési költségeket. A szigetelési sávok vetése nem biztonságos, mivel nincs a kendernél magasabb szántóföldi növény.

A kender természetes ivari megjelenése a kétlakiság. A hímkender hordozza a pollentermelő virágokat, míg a nőkender a magházat a bibékkal, amelyekből később kifejlődik a makkocsk (mag). A hímkendernek egyetlen szerepe van, a nőkender megtermékenyítése, miután fokozatosan elhal. Általában elmondható, hogy a hím: nő arány 1:1 a két ivar között. A kender ivarára jellemző a dimorfizmus, nem csak a morfológiában, hanem a növekedés dinamikájában is. A hímkender gyorsabban nő, valamivel magasabb a nőgyedeknél, és néhány nappal hamarabb virágzik. Ez a fajta dimorfizmus előnyt jelent a vegetatív részek javítására irányuló nemesítésben. A Breedemann-módszerrel elérhető igen nagy szelekciós haladás a rosttartalomban, mivel a még bimbós állapotban felismerhető hímvivarú egyedek és a nemkívánt egyedek eltávolíthatóak virágzás előtt. A nőgyedek rostvizsgálata az aratás után történik, így mind a két szülő tulajdonságai figyelembe vehetők a pozitív szelekciónál.

Az olajminőséget és/vagy mennyiséget javító nemesítésben értelemszerűen nem alkalmazható a Breudemann módszer, mivel a szelekció csak a termőnövényekre korlátozódik.

A kender másik ivari formája az egyalakúság. Az egy növényen lévő hím- és nővirág megfelelő aránya állandó szelekcióval fenntartható, de igen munkaigényes. A növények morfológiai megjelenése megegyezik a kétlaki nőgyedekével, csak a hímvirágok elhelyezkedése különbözik. Az utóbbiak a főtengyelen, az elágazások hónaljában találhatók. Míg a kétlaki kender szigorúan idegentermékenyülő, addig az egylaki fajták öntermékenyülésre is hajlamosak. Így beltenyészteses depresszió is felléphet. Horkay (1986) becslése szerint az egylaki formák (fajták) 20-26%-kal kisebb termést adnak ugyanabban az érési csoportban, mint a kétlaki fajták.

A kendermagot csak egy murvalevél burkolja, ami éréskor felnyílik, így a madarak számára könnyen elérhető. A kender a hosszú, 120-160 napos tenyészideje miatt az egyik legkésőbb aratott szántóföldi növény. A levágott növények felkúpolva 2-3 hétig száradnak a szántóföldön, szeptember-október végéig, amikor a madarak számára nem csak az egyetlen, hanem kényelmes táplálékforrást is nyújtanak. A gyakori madárkárok miatt a magtermés becslése bizonytalan.

Végül, de nem utolsó sorban az olajtartalomra történő nemesítés sikerét az olajvizsgálati módszer is befolyásolja. Egy anyató átlagos termése az optimális időjárási viszonyok között 70-90 g lehet. A száraz években gyakran az átlagos egyedi magtermése 20 g alá is csökkenhet. A préseléssel elveszítjük a magtermés jelentős részét (az esetünkben 50 grammot), és ezzel limitáljuk a vizsgált populációk nagyságát, mert csak a 70 g feletti magtermésű anyatóveket vizsgálhatjuk. Így az értékes, de jelentősebb madárkárt szenvedett egyedek teljesen kieshetnek a szelekcióból.

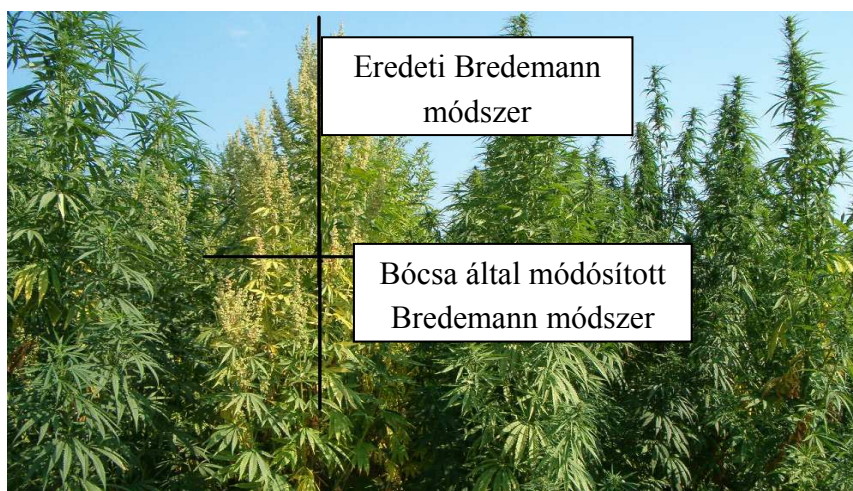
2.6 A kendernemesítés módszerei

Hazánkban 2007-ig a kendert főleg a rostnyerés céljából termeltek, ezért az elsődleges nemesítési célkitűzés a területegységnyi rosttermés volt. További fontosabb nemesítési célkitűzések közé tartozott a kender rostfinomsága, szakítószilárdsága, világos színe, betegség-ellenállósága, ivari jellege és végül a magtermése. (Bócsa 2004). A magtermés növelését megköveteli a vetőmagellátás biztonsága, az ésszerű vetőmagexport lehetőségeinek kiaknázása, és az olajtermelés sem elhanyagolható. Az említett célok mellé, az 1990-es évek elején a THC-(Δ -9 tetrahidrokannabinol) tartalomcsökkentés is társult, ami a mai napig az egyik legfontosabb nemesítési cél.

Ezen célok elérése érdekében lényegében két nemesítési módszert alkalmazunk, az egyedszelekciót és a hibridnemesítést. A tartalékmag módszer (családtenyésztés) nem bizonyult elég hatékonynak a rosttartalom növelésében (Bócsa, 2004), mert nem teszi lehetővé a virágzásirányítást, ami olyan kétlaki növénynél, mint a kender, döntő tényező a nemesítési cél elérésében. A rosttartalom növelése során tehát, csak a terméshezó nőivarú növényeknél tudták

ellenőrizni a rosttartalmat. A hímnövények szelekciójára nem került sor, ami lassította a szelekciós haladást. Ennek az akadálnak a megoldását Kompolton valósították meg. A Bredemann módszer alkalmazásának köszönhető, hogy a Kompolti kender ma a világ rostban leggazdagabb fajtája. A Bredemann módszert csak kétlaki kendernél lehet alkalmazni és azon alapszik, hogy mindkét ivart egyenlő mértékben figyelembe veszi az új egyed létrehozásánál, de ehhez ismerni kell a hímkender rosttartalmát még annak virágzása előtt. Ezt úgy lehet elérni, hogy a rosttartalmát élő állapotban pontosan meghatározzuk. Bredemann (1952) ezt úgy oldotta meg, hogy az általa kiválasztott lábön álló hímkendereket a termőhelyen hagyva hosszában félbevágta (10. ábra), a tovább élésre szánt felet egy hosszú karóhoz erősítette, és a gyökéren maradt fél szárat papírral körbekötötte, hogy megóvja a kiszáradástól. A levágott félszárat kiszárította. Utána azt megmérte, és ez volt az a tömeg, amelyhez viszonyított. Majd ezt a félszárat 2%-os NaOH-s vízben 1-2 óráig forralva főzte, azután kiszárította, és az így kiszárított anyagból az előzőleg említett viszonyítási alapot figyelembe véve kiszámította a rost százalékát. A legjobb élő, másik feleket hagyta meg beporzásra.

Ily módon 4 évtized alatt 3-szorosára növelte a Schurig kender rosttartalmát. A jó rosttartalmú hímegegyedek mintegy 1%-ot tettek ki, és csak ezeket hagyta meg beporzásra. Ha már az állomány átlagosan elérte a 30-35%-os rosttartalmat, úgy elegendő a vizsgálatot 2-3 évenként elvégezni. Természetesen télen ugyanezt a vizsgálatot el kell a nőgyedeknél is végezni (Bócsa, 2004). Jakobey (1953) túlságosan nehézkesnek találta Bredemann mintavételi módszerét, és ezért az oldalágak és a főhajtás között keresett és talált igen szoros korrelációt (0,72). Bócsa (nem publ.) még egyszerűbben oldotta meg a mintavételt, mégpedig úgy, hogy a GV pont feletti részt vette le, ami némileg csökkentette a minta tömegét és kissé kitolta a virágzást. Bredemann módszere egyébként jól összekapcsolható az ismert egyedszelekciós módszerekkel, és alkalmazásával a családtenyésztéses tartalékmag-módszer is megfelelő eljárás.



10. ábra. A Bredemann módszer alkalmazási elve

Igen hatékony nemesítési módszer az uniszexuális fajták előállítása. Ilyen fajtákat a világon először Bócsa (1962) nemesített. Az uniszexuális kifejezés sem túl szerencsés, mert nem egyivarú állományról beszélhetünk. A női habitus tekintetében azonos a kétlaki nő és az egylaki egyed. Az egylakiság tekintetében ezért már az uniszexuális kifejezés terjedt el a szaknyelvben. Az uniszexuális kendernek a létrejötte a következő módon történik:

Szülőgenerációk: kétlaki fajta (♀) x egylaki fajta (♂)

F₁: uniszexuális kender ♀ x visszakeresztezve egylakival ♂

F₂: kereskedelmi vetőmag vagy további elszaporítás

F₃: kereskedelmi vetőmag

A francia ún. „hibrid-populációk” mind ezen az úton jöttek létre, vagyis tulajdonképpen látszólagos vagy látszat hibridpopulációk, a valóságban uniszexuális fajták, amelyeket kényszerből állítottak elő, az egylaki kender fenntartási nehézségei miatt. Az F₂ generáció – ha magra hagyjuk - elkezd hasadni, úgy hogy F₃-ban teljesen helyreáll a kétlakiság (Bócsa, nem publikált).

Az F₁ vetőmagból származó állomány magtermése – az egylaki és női túlsúly folytán igen nagy, elérheti az 1-1,2 t/ha-t. Az F₂ állomány tulajdonképpen közelít a közönséges kétlakihoz, vagy szignifikánsan nem nagyobb annál.

Az uniszexuális hibridek előállítására tehát egy egylaki fajtát, (apai szülőpartnert) igényel. A kender egylaki ivari jellege nem egy természetes és stabil állapot, hanem egy mutációval létrejött mesterséges alak, amely kizárólag a nemesítő segítségével tud fennmaradni.

Az egylaki nemesítési alapanyag számos módszerrel előállítható. A legkézenfekvőbb a kétlaki állományok felkutatása, és a bennük előforduló egylaki típusok kiemelése. Az egylaki egyedek azonban csak virágzáskor vehetők észre, de akkor azokat már a kétlaki hímegek rendszerint megtermékenyítették. Néhány nemzedék alatt az egylakiság eltűnik, majd újból megjelenik néhány egyed, amelyet azután virágzás előtt szigetelni kell.

Egy másik módszer az alapanyag előállítására a rokontenyésztés, amelyet Bócsa (1958) írt le. A kiindulás egyetlen kétlaki nőegyedből történik, melyet térbelileg izoláltan vetnek el, és minden évben egyetlen anyató termését viszik tovább. Ily módon hosszú évek során kihasadnak az állományból egylaki egyedek, amelyeket csak el kell különíteni.

Végül létrehozható még egylaki alapanyag mutagén anyagokkal is. Így Hoffmann (1952) poliploidia segítségével állított elő egylaki egyedeket, de a különféle sugárhatások kísérőjelenségeként is fellépnek hasonló típusok. Megemlíthető még, hogy a kétlaki kender

traumatikus behatásra, valamint fotoperiodikus indukcióra is hajlamos egylaki vagy legalábbis intersex-egyedek létrehozására.

Bármilyen módszerrel is állítsanak elő egylaki alapanyagot, az egylakiság kezdetben sokáig nem konstans, mert mindig hasadnak ki belőle domináns kétlaki egyedek. Bócsa is 4 generáción szelektálta az egylaki kendert, amíg az 87,6%-osan egylaki lett, és még további két generáció kellett a „befejezéshez,” ami 99%-ot eredményezett. Az ivari állandóság eléréséhez szigorú ivari szelekció szükséges, azaz az állományból virágzás előtt maradéktalanul el kell távolítani a kétlaki hímegeket, nehogy visszaalakuljon kétlakivá (Bócsa, 1958).

Sengbusch (1952) észrevette, hogy az egylaki kenderek nem homogének, különböző típusokból, ún. intersex-ekből állnak. Egy tulajdonságban megegyeznek, mégpedig abban, hogy az összes egylakinak női habitusa van. Az egylaki kenderek intersexei a következő, összesen 5 csoportba sorolhatók.

- Egykeresztes egylaki, ez 80-90%-ban hímvirágokat hordoz és csak kevés nővirágot (♂)
- Kétkeresztes egylaki az, amelynek 60-70%-ban vannak hímvirágai (♂)
- Háromkeresztes egylakiban 40-50%-os részesedése van a hímvirágoknak (♂)
- Négykeresztes egylaki esetében 10-20%-ban vannak hímvirágok, ez utóbbiak csak a főtengeylen vannak (♂)
- Ötkeresztes egylaki az, amelyen 10%-nál kevesebb a hímvirág, és kizárólag a főtengeylen van 1-2 örvben hímvirágzás rajta, könnyen összetéveszthető a tisztán nőegyedekkel különösen, ha a kevés hímvirág már lehullott (♂).

A kétkeresztes és háromkeresztes egylakiakat von Sengbusch nyomán összefoglalóan ideál-egylakiaknak nevezik. Ezek az intersex-ek képezik az egylaki kendernemesítés alapjait. Az egykeresztes egylaki típusokat virágzás előtt el kell távolítani az állományból (Horkay, szóbeli közlés), mert belőlük a következő nemzedékben hímkenderek jönnek létre.

Jelenleg az a nagy kérdés, hogy kétlaki vagy egylaki (uniszexuális) fajtákat termesszünk. A kétlaki fajtáknak egyetlen hátrányuk van az egylakiakkal szemben: kevesebb magot teremnek, mert hiszen az állomány felén (a hímkendereken) nem terem mag. Az egylaki fajták termőképessége kisebb, mint a kétlaki vagy az uniszexuális fajtáké, nemesítésük mégis folyik Kompolton, mivel apai partnere az uniszexuális kendernek.

Egy másik fontos nemesítési célkitűzés az egylaki kendernél is a rosttartalom növelése. Sajnos ez az egylaki kendernél csak anyai vonalon történhet, a Bredemann módszer nem alkalmazható, így a határfoka a szelekciónak csak 50 %-os, vagy még kevesebb.

Ismeretes, hogy a rosttartalom fokozásának bizonyos határon túl anatómiai, szövettani és genetikai korlátai is vannak. Ugyanakkor azonban a kórótermő képesség még egyszerű szelekcióval

is jelentősen fokozható, de különösen nagy lehetőségek rejlenek még a heterózis- (hibrid-) nemesítésben (Bócsa, 2004).

A dolgozatomban tárgyalt Fibrol fajta az irodalmi közlések szerint az egyetlen példa a fajtán belüli szelekcióval létrejött olajfajtára. A jelenleg piacon levő kenderfajták között - a Fibrolon kívül - nem szerepel kifejezetten olajfajta. A finn Finola fajta a VIR génbankból beszerzett két kender populáció, a VIR 313 és a VIR 315 kereszteléséből jött létre (Callaway, 1996). A nemesítő bevallása szerint, valójában a két fajta magvainak a keverékét kapta, így az ugyanazon kertben elvetett két populáció összehozása elkerülhetetlen volt. A keresztelésből nem a rostkender, hanem egy magfajta jött létre. Finnországban az elsődleges nemesítési cél a hideg klímával és a hosszú nappalokkal meghatározott környezetben termesztendő és beérő kenderfajta volt. A fotoperiodicitás következtében Finnországban csak 1,5 m magasra nő meg a kender, így nem alkalmas a rosttermesztésre, és csak a magtermesztés lehet jövedelmező. A kiindulási nemesítési anyag értelemszerűen rövid tenyészidejű, Oroszország északi tájaiból, feltehetően Altajból származó tájfajták voltak, ezért az olajuk több telítetlen zsírsavat és ezeken belül GLA-t tartalmaznak.

Az egyszerű rekurrens szelekciót nem, a viisszakeresztelést pedig csak ritkán használják az olajtartalom növelésére kendernél. Ugyancsak kevés adat van az irodalomban a fizikai vagy kémiai mutagénekkel létrehozott kendermutánsokról. Slaski és mtársai (2008) EMS kezeléssel mutáns kenderpopulációt állítottak elő, amelyben magas rost- vagy magas olajtartalmú egyedeket keresnek.

A kender genom szekvenálása 2011 októberében befejeződött. Ez várhatóan lehetővé teszi, hogy a közeljövőben génmódosított, speciális olajösszetételű kenderfajtákat hozzanak létre (Van Bakel, 2011). Bakel és mtársai a Purple Kush (PK) marihuána vonal DNS szekvenciáját a Finoláéval hasonlították össze, és keresték azokat a különbségeket, amelyek megmagyarázhatják, hogy a marihuána vonal miért termel THCA-t, amikor a kender vonalából a THCA hiányzik, de van benne CBDA. Feltételezik, hogy a kender domesztikációja, termesztése és nemesítése a CBDA-szintáz enzim elvesztését okozta a marihuána vonaloknál. A transzkriptoma analízis kimutatta, hogy a THCA-szintáz gén, amely a THCA termelés fontos enzime, a marihuána vonalában működik, és kikapcsolt állapotban van a kenderben.

3 ANYAG ÉS MÓDSZER

3.1 A vizsgált genotípusok

Kísérleteimben a Kompolti rostkender fajtát (11. ábra), a Fibrimon 21-63 vonalat és a Tiborszállási tájfajtát, illetve ezek olaj-zsírsvösszetételre, valamint THC tartalomra szelektált utódpopulációit és családjait vizsgáltam.

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.



11. ábra. Kompolti kender tenyészkerkje

Tiborszállási tenyészanyag kétlaki tájfajta (12. ábra). 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.



12. ábra. Tiborszállási kétlaki tájfajta nőgyede teljes érésben

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 érke be (13. ábra).



13. ábra. A Fibrimon fajta tenyészketje

3.2 Nemesítési módszer

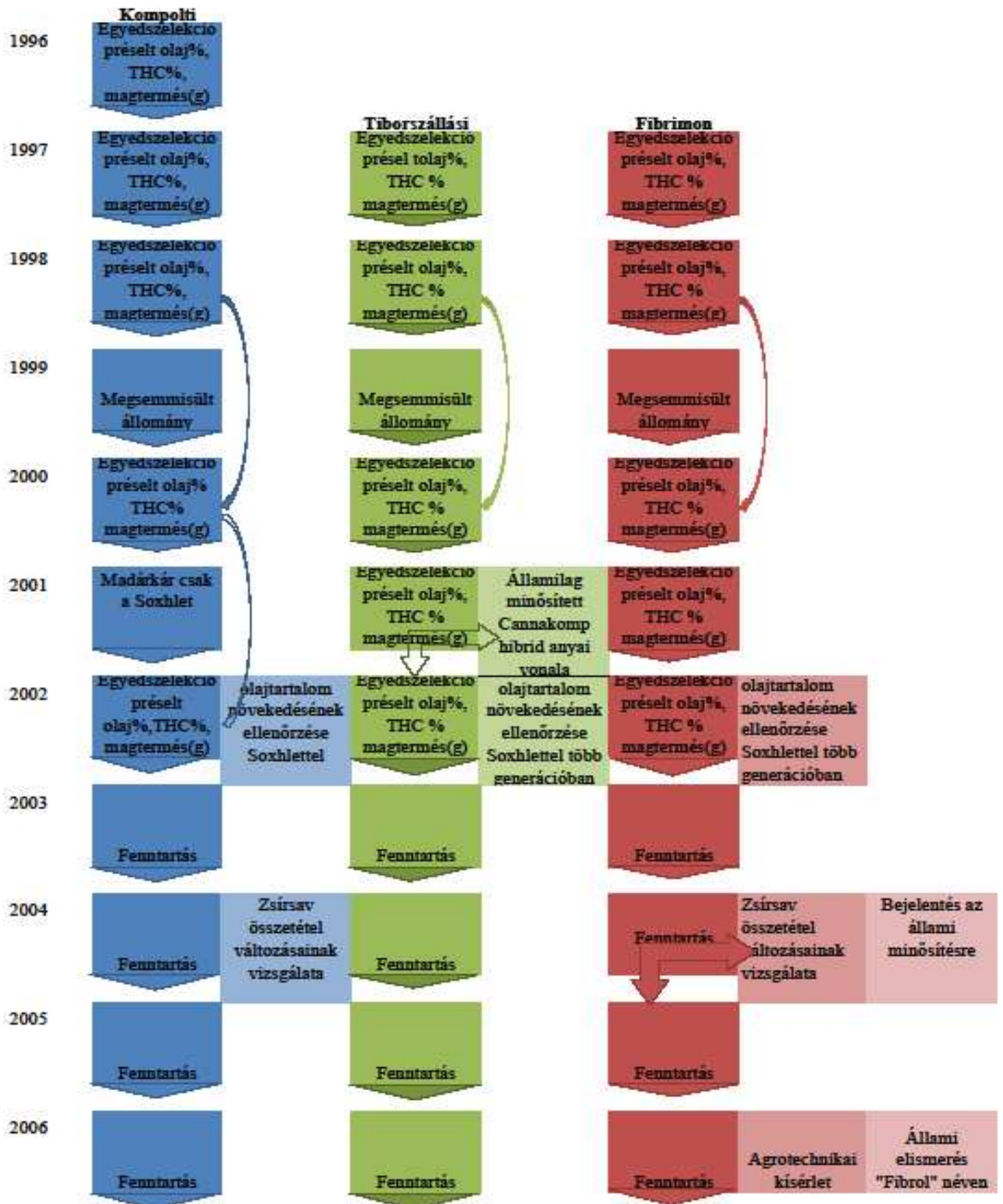
Az 1996. évi *Kompolti kender* rostfajta populációból 209 anyató magtermésének állapítottam meg az olajtartalmát. A 27 legmagasabb olajtartalmú és egyben legalacsonyabb THC-tartalmú egyedeket külön tenyészkerthbe vettem. Az egyedszelekciót minden évben ezen elvek szerint folytattam, megfelelő izolációs távolságban létesített 0,1 ha-os tenyészkerthekben. A nemesítési munkák és az ezt kiegészítő kísérletek időbeli kivitelezése a 14. ábrán látható.

3.3 A termőhelyek agroökológiai adottságai

A szántóföldi kísérletek 1997, 1998, 2000, 2001, 2002, 2004 és 2006-ban Kompolton (15. ábra), 2004-ben Debrecenben, Székkutason és Tordason; 2006, 2007, 2008 és 2010-ben pedig Csehországban lettek elvetve. A különböző évek főbb meteorológiai jellemzőit Kompolton a 15. táblázat, a magyarországi és csehországi termőhelyek adatait pedig a 16. táblázat tartalmazza. Az állami fajtakísérletek 2004-ben Székkutason voltak beállítva, ahol az éves csapadék mennyiség 36 év átlagában 540 mm. A kender fajtakísérletek négyismétléses véletlen blokk elrendezésűek voltak. A nettó parcellaméret 10,08 m² volt. A hasznosítástól függően 10,5-12,0 cm sortávolságra m²-ként 200 vagy 400 csírat vetettek 3 cm mélyre.

15. táblázat. Meteorológiai adatok a tenyészidő alatt, Kompolt 1997-2006

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



14. ábra. Nemesítési és kísérletezési folyamatábra

A szántóföldi kísérletek 1997, 1998, 2000, 2001, 2002, 2004 és 2006-ban Kompolton (15. ábra), 2004-ben Debrecenben, Székkutason és Tordason; 2006, 2007, 2008 és 2010-ben pedig Csehországban lettek elvetve. A különböző évek főbb meteorológiai jellemzőit Kompolton a 15. táblázat, a magyarországi és csehországi termőhelyek adatait pedig a 16. táblázat tartalmazza. Az állami fajtakísérletek 2004-ben Székkutason voltak beállítva, ahol az éves csapadék mennyiség 36 év átlagában 540 mm. A kender fajtakísérletek négyismétléses véletlen blokk elrendezésűek voltak. A nettó parcellaméret 10,08 m² volt. A hasznosítástól függően 10,5-12,0 cm sortávolságra m²-ként 200 vagy 400 csírat vetettek 3 cm mélyre.

15. táblázat. Meteorológiai adatok a tenyészidő alatt, Kompolt 1997-2006

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

3.4 A kísérletek elrendezése és a kísérletekben alkalmazott agrotechnika

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 P₂O₅-t és 60 kg/ha K₂O-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 anyatóveket egyenként csépeltem ki, majd tisztítottam.

16. táblázat. A magyarországi és csehországi állami kísérletek ökológiai jellemzői
2004, 2006, 2007, 2008 és 2010-ben

| Kísérleti hely | Év | Tenger-szint feletti magasság (m) | Talajtípus | Évi átlag-hőmérséklet (30 év átlaga) (°C) | Évi csapadék (30 év átlaga) (mm) | Elővetemény |
|----------------|----------------------|-----------------------------------|----------------------------------|---|----------------------------------|-----------------------|
| Debrecen | 2004 | 100 | csernozjom | 9,6-9,8 | 560-600 | búza |
| Székkutas | 2004 | 90 | mészlepedékes csernozjom | 9,8 | 540 | búza |
| Tordas | 2004 | 110 | erdőmaradványos csernozjom | 11 | 524 | lucerna |
| Čáslav | 2006 2007 | 260 | agyagos barna csernozjom | 8,9 | 555 | vöröshere árpa |
| Šumperk | 2006 | 320 | agyagos barna talaj | 7,5 | 693 | ugar |
| Žatec | 2006 2007 2008 | 285 | barna csernozjom | 9,0 | 439 | búza borsó árpa |
| Chrastava | 2007 2008 | 345 | aluviális barnatalaj | 8,0 | 738 | borsó búza |
| Jaroměřice | 2007 2008 | 425 | agyagos barnatalaj | 8,0 | 481 | árpa borsó |
| Věrovany | 2007 | 207 | barna csernozjom | 8,7 | 502 | ugar |
| Vikýřovice | 2010 | 340 | agyagbemosódásos barna erdőtalaj | 7,3 | 723,1 | lucerna |

A szelekció során az anyatóveket 70 cm-es sor- és tőtávolságra vettem. A parcellák területe általában 7,7 m² 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 m² volt.

A csehországi fajtakísérletek három- vagy négyismétléses véletlen blokk, illetve polifaktoriális véletlen blokk elrendezésű kísérletek voltak. A nettó 10 m²-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.

3.5 Felvételezések és mérések

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 érettségekor történt, 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.

3.5.1 Az olajtartalom meghatározása

Az olajtartalom meghatározásához szükséges olajat 50 g érett magból (15. ábra) préseltem ki Komet márkájú, német gyártmányú kísérleti présrel 100 °C-on. A préselés megkönnyítése és felgyorsítása érdekében a kézi meghajtású gépre elektromos motort szereltek, így automatizálva annak a hajtását. A csigás tengely elejére pedig egy termosztát került, amely 100 °C-ra melegítve biztosította az állandó hőfokot (16. ábra). Az így kisajtolt olaj tömegét anyatövenként digitális mérlegen mértem meg.



15. ábra. Érett, préselésre alkalmas kendermag



16. ábra. Komet kísérleti olajprés

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 kültéren szárítottam, majd a magterméseket egyenként 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 leszárt kb. 35 g mintából. A vizsgálatokat Fleischmann Rudolf Kutatóintézetben végeztem.

Az olajtartalmat mágneses rezonancia (NMR) készülékkel is meghatározták a magokból. Ez utóbbi vizsgálatokat az Újvidéki Mezőgazdasági Kutatóintézetben végezték *Maran ultra-10* típusú készülékkel az ISO 10565/98 szabvány szerint. Az analízis során minden vizsgált anyató terméséből 3 g-ot a Soxhlet vizsgálathoz, illetve az NMR készülék kalibrálásához használtak fel, és a maradék magmintákból pedig meghatározták az olajtartalmat.

3.5.2 A zsírsavösszetétel megállapítása

A zsírsavösszetétel megállapításához szükséges olajmintát szuperkritikus fluent extrakcióval nyertem ki Meyer és mtsai (1991) szerint. Ehhez 0,3 g magot dözsmozsárban szédörzsöltam, majd a mintát back pressure regulátorral felszerelt Jasco 900 készülékbe helyeztem. Itt SC-CO₂ 99,9995% tisztaságú (Linde, Hungary) eluálószerben 29 MPa nyomás mellett először statikus, majd dinamikus extrahálás történt 30-30 percig 0,8 ml/min cseppfolyós CO₂ befecskendezése mellett.

A kinyert olajat C17:0 belső standard hozzáadása után lúgos hidrolízisnek vetettem alá, majd a felszabadult zsírsavakat BF3-Metanol észterező reagenssel transzmetiláltam. A zsírsavösszetétel meghatározása AS 800 automata mintaadagolóval ellátott Fisons GC 8060 típusú gázkromatográfval történt Omegawax 250 (Supelco, Bellefonte, PA, USA) oszlopon. A vizsgálatot a SZIE Központi Laboratóriumában végeztették.

3.5.3 A $\Delta 9$ - tetrahidrokannabinol tartalom meghatározása

Az analízishez 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 azonnal, de legfeljebb 1-2 órán belül szárítóban 50 °C-on 24 órán át, vagy üvegházban 40-50 °C-os hőmérsékleten szárítottam 8-13% nedvességtartalom eléréséig. A szárított mintát DFH típusú Culatti darálóval őröltem, majd 1 mm átmérőjű szitán szitáltam meg, és felhasználásig sötét, száraz helyen, szobahőmérsékleten tároltam.

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

3.6 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 a következő képlet alapján számoltam ki (Sváb (1973):

$$SzD_{p\%} = t_{p\%} \times \sqrt{2 \text{ Hiba MQ}/r}$$

ahol:

$SzD_{p\%}$ - a számított szignifikáns differencia értéke,

$t_{p\%}$ - a *Student* féle t-táblázatban a Hiba MQ szabadságfokára megadott t-érték,

Hiba MQ - a kísérlet pontosságát mérő hibaszórás négyzete (s^2),

r - az ismétlések száma.

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.

4 EREDMÉNYEK

4.1 A kendermag olajtartalmának növelése szelekcióval

4.1.1 A Kompolti rostkender fajta szelekciója a préselt olajtartalom alapján mért olajtartalom növelésére

A Kompolti rostkenderben az olajtartalomra történő szelekciót 1996-ban kezdtem. A kiindulási populáció 209 anyatöből állt, amelyeknek termőképessége átlag 94,3 g/tő volt, préselt olajtartalmuk pedig átlag $24,8 \pm 2,1\%$. A kiválogatás elsősorban az olajtartalomra történt, de figyelembe vettük az anyatövek magtermését is, hiszen az olajvizsgálatokhoz 50 g szükséges, és esetenként a THC tartalmat is. A 17. táblázat és a 17. ábra a különböző olajtartalmú egyedeknek a négy év szelekció során megfigyelt gyakoriságát mutatja a Kompolti rostkender fajtában. A kiindulási populációban az anyatöveket olajtartalmuk alapján 10 osztályba soroltam. A megvizsgált 209 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. Tehát a kiindulási anyagban az olajtartalomra vonatkozóan elegendő genetikai variabilitás volt.

A következő évben a 26,2%-nál nagyobb olajtartalmú egyedeket vettem el. Ennek a szelektált részpopulációnak az olajtartalma 27,0-30,5% között volt 27,3% átlag mellett, tehát az alappopuláció átlagához képest 2,45%-kal magasabb. Az utódpopuláció osztályainak száma tízről hétre csökkent. A vizsgált 98 egyedből 93-nek 24,1-29,0% között volt az olajtartalma. Az előző évhez képest 5-ről 15-re nőtt a 28,1-29,0% olajtartalmú egyedek száma, és megjelentek a 29,1-31,0% közötti egyedek is (17. táblázat, 17. ábra). A populáció 26,84%-os átlaggal rendelkezett, és a szelekciós előrehaladás az olajtartalomban 2,04% volt.

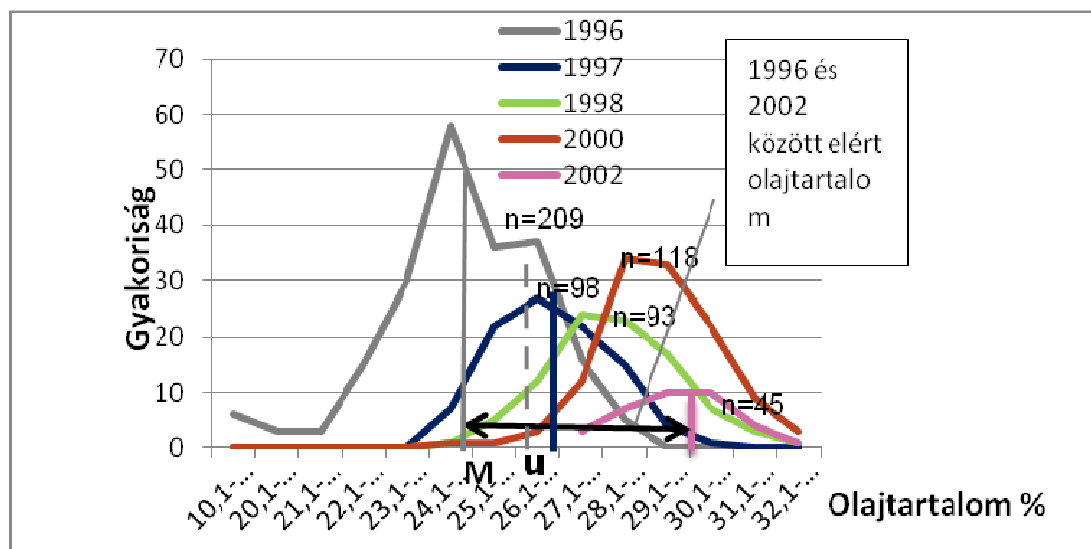
A második kiválogatás után 28,9% átlagú részpopulációt vettem el, amely utódjainak olajtartalma átlag 28,3% volt.

A harmadik egyedkiválogatáskor már csak a 29,0%-nál nagyobb olajtartalmú és nagy magtermésű anyatöveket vittem tovább. Utódjaik olajtartalma 2000-ben 24,1-33,0% között alakult. Az osztályok száma 7-ről 9-re változott, mert megjelentek a 31,1-32,0, illetve a 32,1-33,0% olajtartalmú egyedek is, továbbá a 27,1-31,0% olajtartalmú egyedek gyakorisága az előző évéhez képest nőtt (17. táblázat, 17. ábra). A szelekció 4. évében már csak a 30,0% feletti olajtartalmú egyedeket vettem el, amelyek átlagos olajtartalma 30,4% volt. Utódjaik magjában pedig átlag $29,3 \pm 1,41\%$ olajtartalmat mértem. A szelekciónak ebben az évében az osztályok száma 9 volt. Az előző évhez hasonlóan nőtt a 28,1-31,0%-os olajtartalmú anyatövek, illetve az ennél magasabb, 31,1-33,0%-os olajtartalmú egyedek száma (17. táblázat, 17. ábra). Tehát a 4 év egyedszelekció után az alappopulációhoz képest 4,5%-kal nőtt a Kompolti rostkender magjának préselt olajtartalma.

Az ötödik évben, 2000-ben, a tovább vitt anyatövek olajtartalmának az átlaga 31,08% volt. Utódpopulációjuk átlaga 29,8%-ot tett ki, ami csak 0,5%-kal magasabb, mint az előző populációé. 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.

17. táblázat. A különböző olajtartalmú egyedek gyakorisága a Kompolti rostkenderben és a préselt olajtartalom alapján 1-5 évig szelektált utódpopulációiban Kompolt, 1996-2002

| Olajtartalom (%) | Kompolti rostkender 1. szelekció | 1. utód-populáció 2. szelekció | 2. utód-populáció 3. szelekció | 3. utód-populáció 4. szelekció | 4. utód-populáció |
|--------------------------|----------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|
| | 1996 | 1997 | 1998 | 2000 | 2002 |
| | Vizsgált egyedek száma n = 209 | Vizsgált egyedek száma n = 98 | Vizsgált egyedek száma n = 93 | Vizsgált egyedek száma n = 118 | Vizsgált egyedek száma n = 45 |
| 0-20 | 6 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 20,1-21 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 21,1-22 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 22,1-23 | 15 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 23,1-24 | 30 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 24,1-25 | 58 | 7 | 1 | 1 | 0 |
| 25,1-26 | 36 | 22 | 5 | 1 | 0 |
| 26,1-27 | 37 | 27 | 12 | 3 | 1 |
| 27,1-28 | 16 | 22 | 24 | 12 | 3 |
| 28,1-29 | 5 | 15 | 23 | 34 | 11 |
| 29,1-30 | 0 | 4 | 17 | 33 | 12 |
| 30,1-31 | 0 | 1 | 7 | 22 | 12 |
| 31,1-32 | 0 | 0 | 3 | 9 | 5 |
| 32,1-33 | 0 | 0 | 1 | 3 | 1 |
| csonkítási pont (%) | 26,2 | 28,2 | 29,6 | 30,0 | 30,0 |
| Átlagos olajtartalom (%) | 27,3 | 28,9 | 30,7 | 31,1 | 30,6 |



17. ábra. A Kompolti rostkender és a Kolaj anyatövek olajtartalom szerinti eloszlása 1996 és 2002 között

A 18. táblázat a Kompolti rostkender és utódpopulációi préselt olajtartalmának alakulását mutatja négy év egyedszelekció alatt. A 18. táblázatból jól látható, hogy az egyedszelekció hatására az első utódnemzedéken kívül mindegyikben szignifikánsan 3,5-5,0%-kal nőtt a préselt olajtartalom a kiindulási populációéhoz képest. Különösen magas és azonos az olajtartalom növekedése a kiindulási populációéhoz képest a 3. és a 4. szelekció után 4,5%, illetve 5,0%. Ha az egyes évek olajtartalmát hasonlítjuk össze, akkor a 18. táblázatból az is látszik, hogy az egyes utódpopulációk olajtartalma között 1997 és 2000, valamint 1997 és 2002 között volt statisztikailag igazolt a különbség.

Két év szelekció után a préselt olajtartalom nem különbözik szignifikánsan a három és a négy év szelekció utáni olajtartalomtól. A 3. és a 4. év olajtartalmában lévő 0,5%-os különbség pedig azt jelenti, hogy feltehetően sikerült ezt az értéket rögzíteni.

18. táblázat. A Kompolti rostkender és szelektált utódpopulációinak préselt olajtartalma (%), (1996-2002)

| Év/vizsgált anyatövek száma (n) | Kolaj utódpopulációk préselt olajtartalma (%) | Különbség a kiindulási populációhoz képest | Különbség az évek között | Kompolti rostkender préselt olajtartalma (%) |
|---------------------------------|---|--|--------------------------|--|
| 1996 (n=209) | 24,8±2,1 | | 1997-1998 = 1,5 | 24,8±2,1 |
| 1997 (n=98) | 26,8*±1,3 | +2,0 | 1997-2000 = 2,5* | 24,5±0,8 |
| 1998 (n=93) | 28,3±1,5 | +3,5* | 1997-2002 = 3,0** | 24,4±1,0 |
| 2000 (n=118) | 29,3±1,4 | +4,5** | 1998-2000 = 1,0 | 24,2±1,1 |
| 2002 (n=45) | 29,8±1,3 | +5,0*** | 1998-2002 = 1,5 | 25,3±1,5 |
| | | | 2000-2002 = 0,5 | |
| SzD _{5%} | 2,5 | | | |
| SzD _{1%} | 3,51 | | | |
| SzD _{0,1%} | 4,75 | | | |

4.1.1.1. A Kompolti rostkender és szelektált utódpopulációinak Soxhlet módszerrel meghatározott olajtartalma egy évben és egy termőhelyen elvett magokból, Kompolt, 2001

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 vettem el. A magok olajtartalmát pedig a préseléses módszernél pontosabb, nemzetközileg elfogadott Soxhlet módszerrel határoztam meg. A 19. táblázat adatai szerint 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 évjáratot 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.

19. táblázat. A Kompolti rostkender, valamint az olajtartalomra szelektált három utódnemzedéke magjainak Soxhlet módszerrel meghatározott olajtartalma (%) egy évben egy termőhelyen elvetve
Kompolt, 2001

| Utódnemzedék | Olaj (%) | Különbség a Kompolti fajtához képest (%) | Különbség az évek között (%) |
|----------------------------|----------|--|------------------------------|
| Kolaj 1999 | 33.74 | 1,13* | 1999-2000= 1,52* |
| Kolaj 2000 | 35.26 | 2,65** | 1999-2001 = 1,7* |
| Kolaj 2001 | 35.44 | 2,83*** | 2000-2001 = 0,18 |
| Kompolti rostkender | 32.61 | | |
| SzD_{5%} | 0,66 | | |
| SzD_{1%} | 1,88 | | |
| SzD_{0,1%} | 2,66 | | |

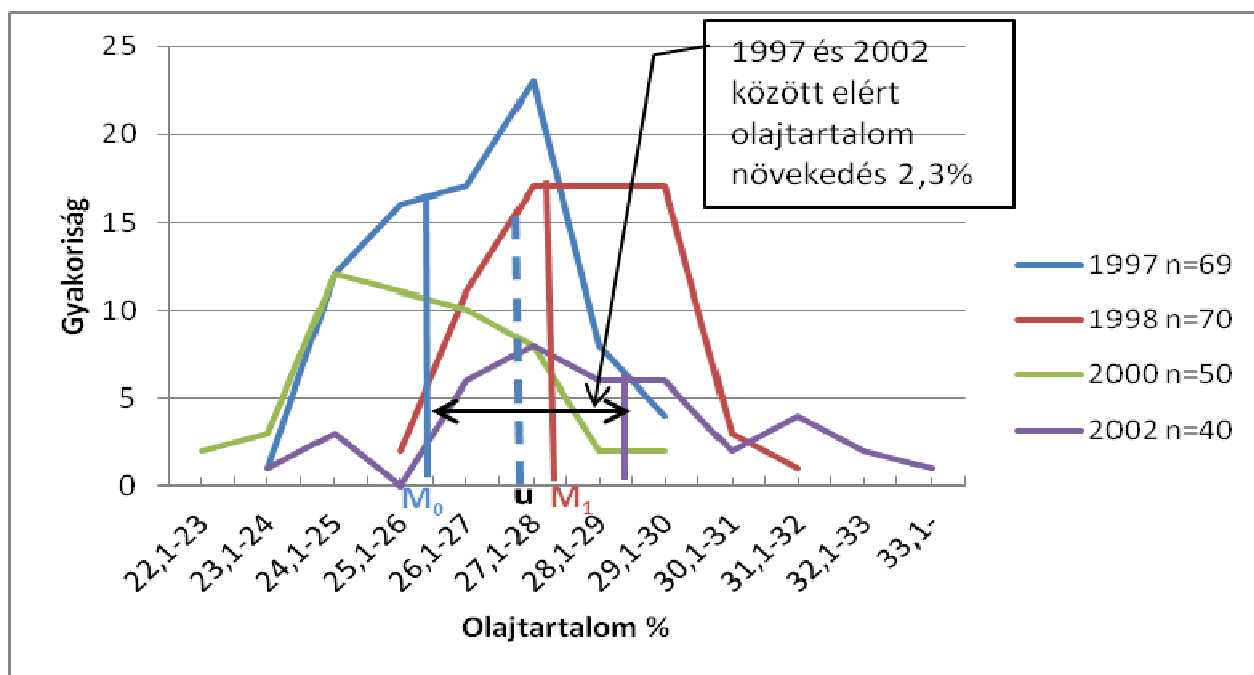
Megjegyzés: A varianciatáblázat az M2 mellékletben található.

4.1.2. A Tiborszállási tájfajta szelekciója a préselt olajtartalom alapján mért olajtartalom növelésére

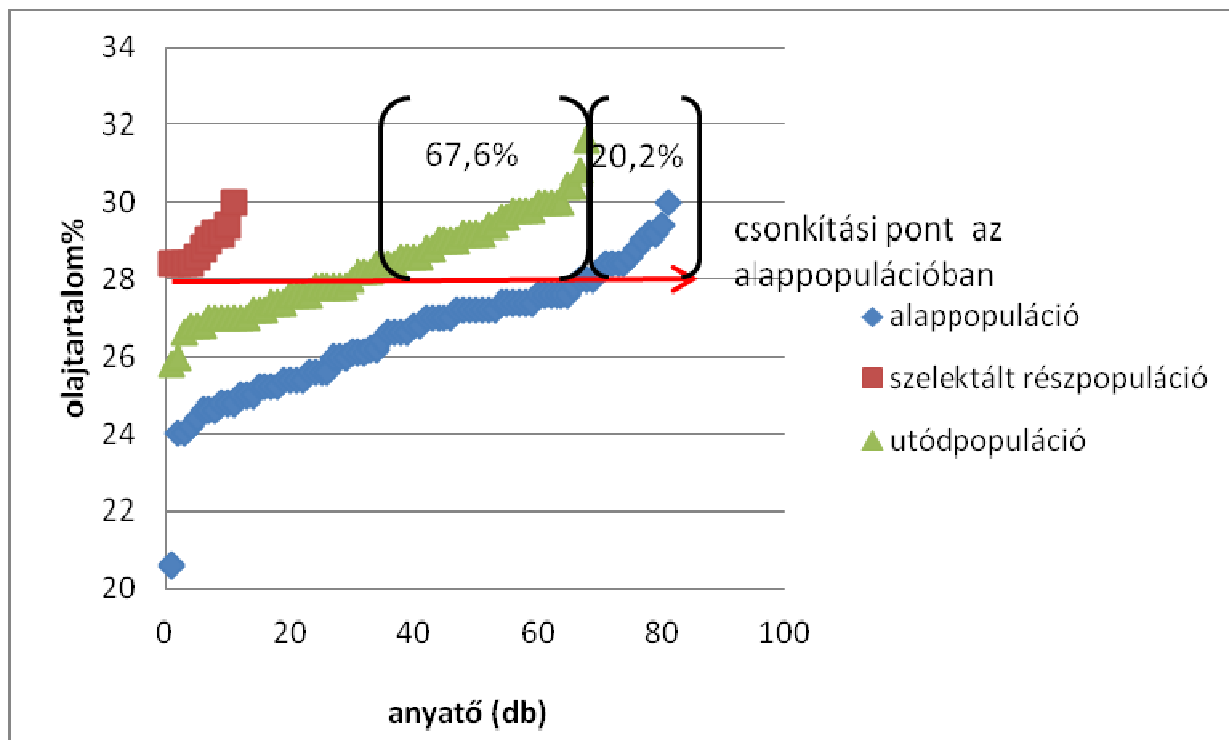
A Tiborszállási kétlaki kender tájfajta olajtartalomra történő szelekcióját 1997-ben kezdtem el. A tájfajta ekkor 69 anyatőből állt, és olajtartalma 26,6% volt, vagyis 1,8%-kal magasabb, mint a Kompolti rostkenderé. A szelekció megkezdése előtt a 27,1-28,0% olajtartalmú osztály kiugró

gyakoriságú volt (18. ábra). A következő nemzedékben csak a 28% feletti olajtartalmú egyedeket vettem el. Ennek eredményeképpen 20,2%-ról 67,6%-ra nőtt a 28% feletti olajtartalmú egyedek aránya az utódpopulációban (19. ábra). A 2. egyedszelekció utódnemzedékében, 2000-ben azonban, valószínűleg a kedvezőtlen évjárat miatt, megnőtt a 28% alatti olajtartalmú egyedek gyakorisága.

E genotípus préselt olajtartalmának évjáratától való függőségét támasztják alá a varianciaanalízis eredményei is. A 20. táblázatban látható, hogy a magas olajtartalomra történő szelekció ellenére 1998-ban, 2000-ben és 2001-ben az utódnemzedékek olajtartalma a Tiborszállási tájfajtaéval azonos. Szignifikáns, 2,3%-os, olajtartalom növekedést csak 2002-ben figyeltem meg. Ha az egyes évek olajtartalmait hasonlítjuk össze, akkor a 20. táblázatból az is látható, hogy a szelekció ellenére a 2000-es évjáratban 2,6%-kal szignifikánsan csökkent az olajtartalom 1998-hoz képest. A 2002-es évjárat viszont az 1998-ashoz hasonlóan jó évjárat volt, és mind 2000-hez, mind pedig 2001-hez képest 3,1, illetve 2,5%-kal, szignifikánsan magasabb olajtartalmakat mértem (20. táblázat). Az 1998-, és a 2002. év augusztusi időjárása meleg és csapadékos volt. A havi hőmérséklet ezekben az években meghaladta a sokéves átlagot ($20,2^{\circ}\text{C}$), és a csapadékösszeg 106, illetve 101 mm volt, ami a százéves augusztusi csapadékösszeg átlagának (53 mm) a duplája. A többi vizsgált évben, amikor nem tapasztaltam az olajtartalomban növekedést, nem észleltem ezt a párosítást (15. táblázat). A hőmérséklet nem különbözött jelentősen a sokéves augusztusi átlagtól, de a csapadékösszegek 1997-ben, 2000-ben és 2001-ben alacsonyak voltak (33, 23 és 38 mm), (15. táblázat).



18. ábra. A Tibolaj alap- és utódpopulációinak olajtartalom (%) szerinti megoszlása 1997 és 2002 között



19. ábra. A Tiborszállási tájfajta, valamint az 1. és a 2. szelektált utódpopulációinak nagysága, és a csonkítási pont feletti olajtartalmú egyedek aránya

20. táblázat. A Tiborszállási tájfajta és utódpopulációinak préselt olajtartalma (%) 1997 és 2002 között

| Év/vizsgált anyatóvek száma (n) | Tibolaj utódpopulációk préselt olajtartalma (%) | Különbség a kiindulási populációhoz képest | Különbség az évek között | Tiborszállási tájfajta préselt olajtartalma (%) |
|---------------------------------|---|--|--------------------------|---|
| 1997 (n=69) | 26,6±1,6 | | 1998-2000 = -2,6* | 26,6 |
| 1998 (n=70) | 28,4±1,2 | +1,8 | 1998-2001 = - 2,0 | 27,3 |
| 2000 (n=50) | 25,8±1,8 | -0,8 | 1998-2002 = 0,5 | 25,6 |
| 2001 (n=30) | 26,4±1,8 | -0,2 | 2000-2001 = 0,6 | 25,0 |
| 2002 (n=40) | 28,9±2,8 | +2,3* | 2000-2002 = 3,1* | 27,8 |
| | | | 2001-2002 = 2,5* | |
| SzD _{5%} | 2,3 | | | |
| SzD _{1%} | 3,4 | | | |

4.1.2.1. A Tiborszállási tájfajta és szelektált utódpopulációinak Soxhlet módszerrel meghatározott olajtartalma egy évben egy termőhelyen elvetve, Kompolt, 2001

A Soxhlet módszerrel mért olajtartalmon alapuló szelekció egy évvel rövidebb volt, mint a préseléssel végzett szelekciós periódus. A 21. táblázat szerint az olajtartalom értékek 32,13% és 34,38% között alakultak. Az alappopulációéhoz képest 2001-ben 2,25%-kal, szignifikánsan nőtt az olajtartalom. Az évek között nem volt megbízható különbség. A Tiborszállási fajta esetében 2000-

ben és 2001-ben is voltak mindkét módszerrel meghatározott olajtartalmi adatok. Ezek szerint a Soxhlet módszer esetén 5,5-8,0%-kal magasabb olajtartalmakat mértem, mint préseléssel. Viszont mindkét módszerrel azonos, 2,3%-os olajtartalom növekedést értünk el a Tibolajnál. Itt is megfigyeltem, hogy a Soxhlet módszer eredményei között eltérő évjáratok esetén is kisebb különbségek vannak, mint a préseléssel meghatározottnál.

21. táblázat. A Tiborszállási tájfajta és három különböző évből származó utódnemzedéke magjainak Soxhlet módszerrel meghatározott olajtartalma (%) egy évben egy termőhelyen elvetve Kompolt, 2001

| Utódnemzedék | Olajtartalom (%) | Különbség a Tiborszállási fajtáéhoz képest (%) |
|-------------------------------|------------------|--|
| Tibolaj 1999 | 33,21 | 1,08 |
| Tibolaj 2000 | 33,66 | 1,53 |
| Tibolaj 2001 | 34,38 | 2,25* |
| Tiborszállási tájfajta | 32,13 | |
| SzD_{5%}, | 1,69 | |

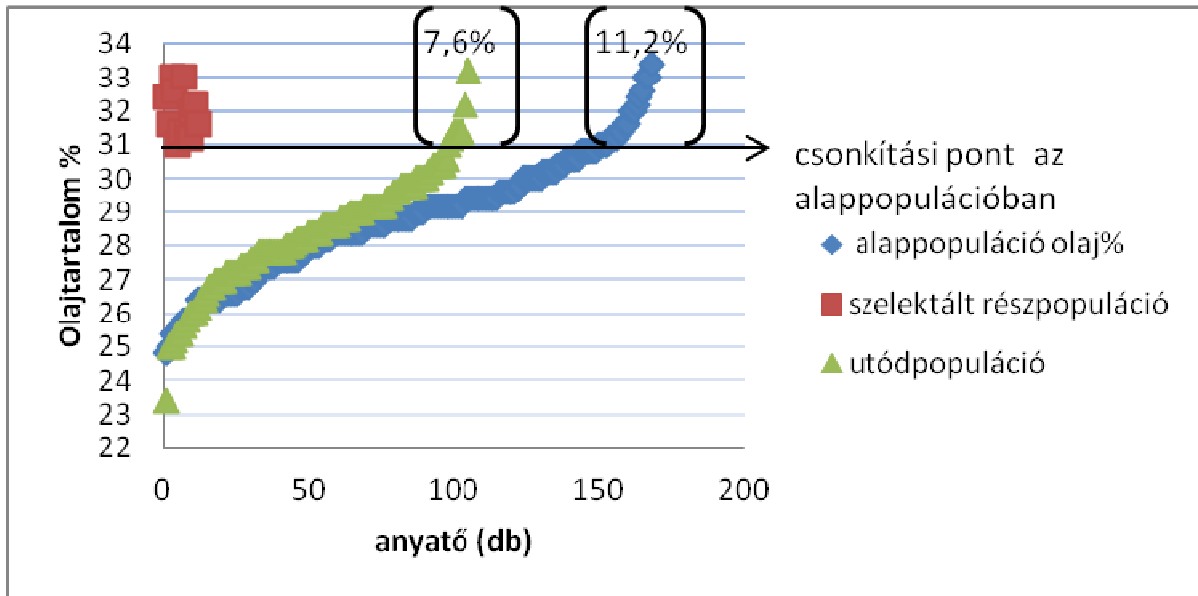
Megjegyzés: A varianciatáblázat az M2 mellékletben található.

4.1.3. A Fibrimon egylaki kenderfajta szelekciója a préselt olajtartalom alapján mért olajtartalom növelésére

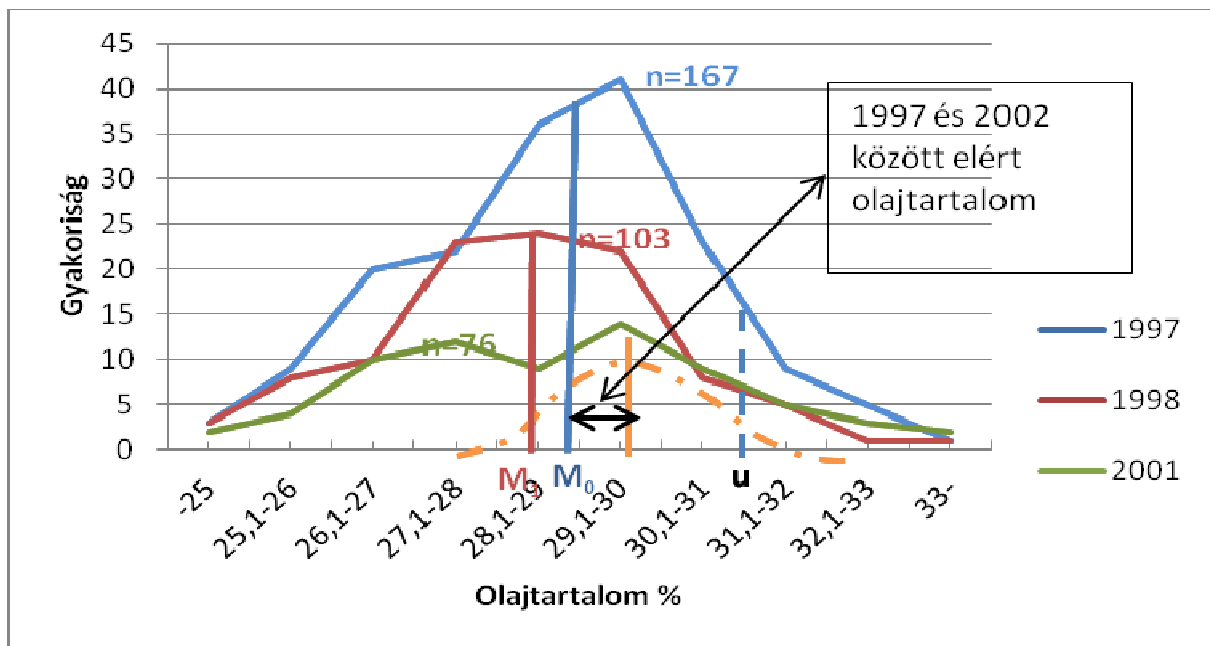
A Fibrimon fajta 167 egyedből álló, 28,8% átlagos olajtartalmú populációjából indult a Fibrol egylaki kenderfajta nemesítése (20. ábra). Ez az érték 4%-kal meghaladta a Kompolti rostkender és 2,2%-kal a Tiborszállási tájfajta átlagos olajtartalmát. Ezt az olajtartalmat a Tiborszállási fajta utódpopulációja háromévi, a Kompolti rostkenderé pedig közel négyévi pozitív szelekció után érte el.

Az egyedszelekció során az alappopulációból csak a 31,0% feletti olajtartalmú anyatövek magjait vittem tovább. Ez a szelektált részpopuláció 12 anyatövet tartalmazott, ami az alappopuláció 11,2%-át képezte. A következő évben az utódpopuláció átlaga 0,4%-kal kisebb volt az alappopulációénál, és a 31% olajtartalom feletti anyatövek aránya csak 7,6%-os volt (20. és 21. ábra).

Az olajtartalom 2000-ben elérte a kiindulási szintet. A szelekció végén, 2002-ben az egylaki Fibrol utódpopulációban a családok átlagos kipréselhető olajtartalma 29,6% volt (22. táblázat). 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 (22. táblázat).



20. ábra. A Fibrimon egylaki kenderfajta, valamint szelektált rész- és utódpopulációinak nagysága és a csonkítási pont feletti olajtartalmú egyedek aránya



21. ábra. A Fibrimon fajta és utódpopulációinak olajtartalom (%) szerint megoszlása 1997 és 2001 között

Az olajtartalom 2000-ben elérte a kiindulási szintet. A szelekció végén, 2002-ben az egylaki Fibrol utódpopulációban a családok átlagos kipréselhető olajtartalma 29,6% volt (22. táblázat). 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 (22. táblázat).

22. táblázat. A Fibrimon fajta és az olajtartalomra szelektált Fibrol utódpopulációk préselt olajtartalma, %

| Év | Préselt olaj (%) | | | | | SzD _{5%} |
|---|------------------|----------|----------|----------|----------|-------------------|
| | 1997 | 1998 | 2000 | 2001 | 2002 | |
| Fibrol utódpopulációk Átlag ± eltérés | 28,7±1,8 | 28,4±1,7 | 28,7±2,2 | 28,8±1,7 | 29,6±1,8 | 2,87 |
| Fibrimon fajta | | 26,3 | 27,2 | 27,0 | 26,9 | |

4.1.3.1. A Fibrimon fajta és szelektált utódpopulációinak Soxhlet módszerrel meghatározott olajtartalma egy évben egy termőhelyen elvetett magokból. Kompolt, 2001.

A szelektált nemzedékek olajtartalma valamennyi vizsgált évben szignifikánsan 1,38, 1,39, illetve 2,11%-kal nőtt a kiindulási populáció 33,7%-os olajtartalmához képest (23. táblázat). Egy évben elvetve a különböző évjáratú utódnemzedékek magjait nem találtam különbséget azok Soxhlet módszerrel meghatározott olajtartalmában. Összehasonlítva a 2000 és a 2001 években a mért préselt olaj tartalmat a hexános extrakcióval meghatározottal, az figyelhetjük meg, hogy a Soxhlet módszerrel kapott olajtartalom az említett két évben 6,5-7,1%-kal magasabb, mint a préselt olajtartalom. Tehát a Fibrol esetében a Soxhlet módszerrel 2,11%-os volt szelekció miatti olajtartalombeli növekedés (23. táblázat), míg a préselt olajtartalom alapján 0,5%-kal kevesebb, azaz 0,9%-os (22. táblázat).

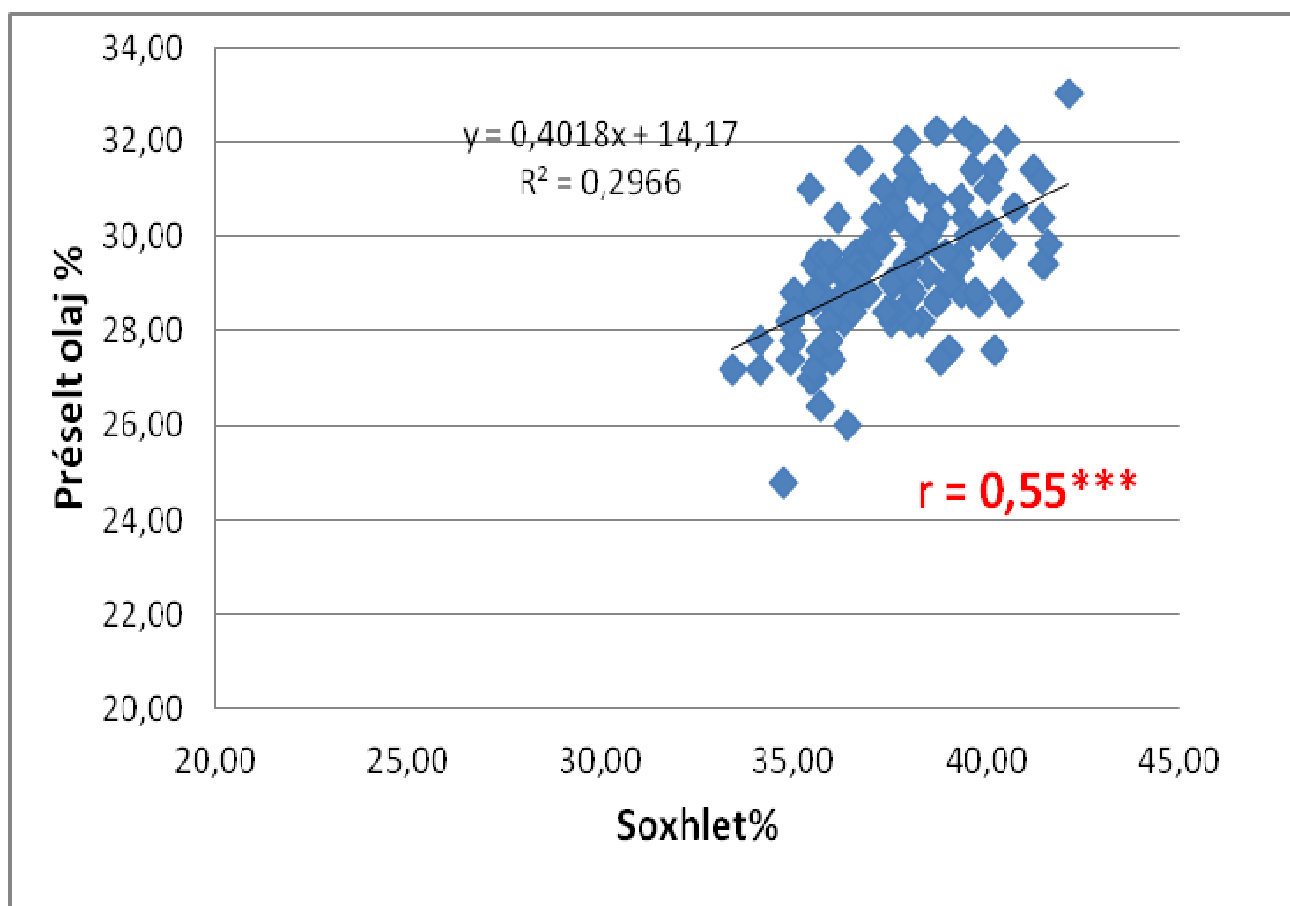
23. táblázat. A Fibrimon fajta és három különböző évből származó utódnemzedéke magjainak Soxhlet módszerrel meghatározott olajtartalma (%) egy évben egy termőhelyen elvetve Kompolt, 2001

| Utódnemzedék | Extrahált olaj % | Különbség |
|-------------------------|------------------|-----------|
| 1999 | 35.16 | 1,38* |
| 2000 | 35.17 | 1,39* |
| 2001 | 35.89 | 2,11* |
| Fibrimon fajta | 33.78 | |
| SzD_{5%} | 1.25% | |
| SzD_{1%} | 3,86 | |

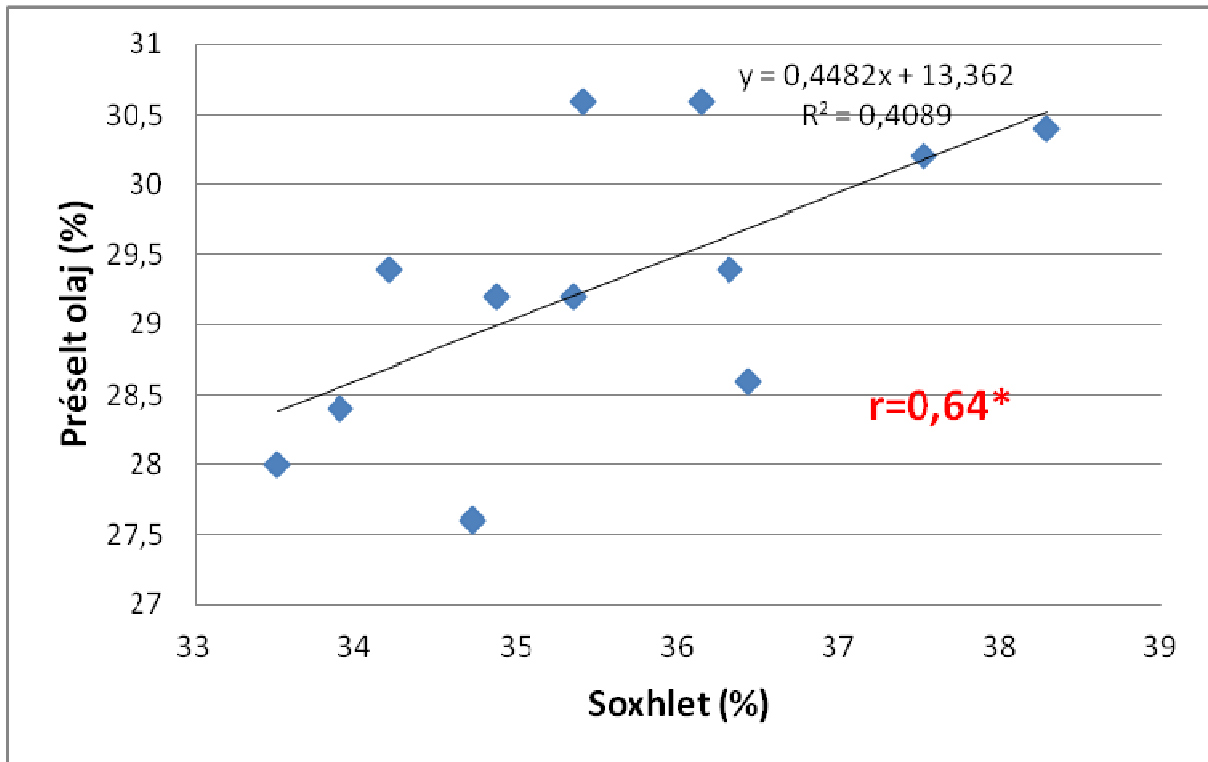
Megjegyzés: A variancia táblázat az M2 mellékletben található.

4.1.4. A kísérletekben alkalmazott olajtartalom vizsgálati módszerek összehasonlítása

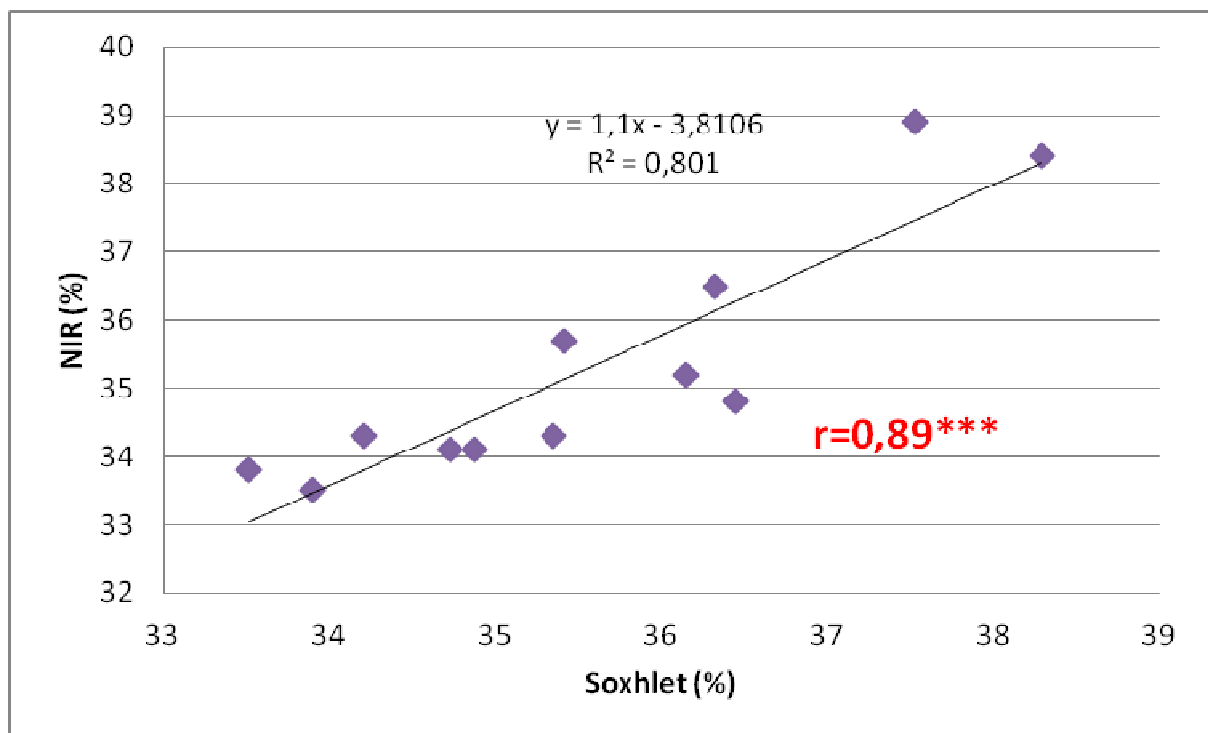
A roncsolásmentes olajtartalom meghatározási módszerek elterjedésével NIR és NMR elvek alapján működő készülékekkel is elvégeztem az analíziseket. A különböző módszerrel kapott adatok közötti korrelációs együtthatókat pedig kiszámítottam. Ezek értéke alapján elmondható, hogy a Kolaj 2000. és 2002. évi utópopulációinak préseléssel és Soxhlet módszerrel meghatározott olajtartalma között közepes, pozitív és szignifikáns összefüggés volt (22. és 23. ábra). A 2002. évi anyagövek NIR készülékkel és a Soxhlet módszerrel meghatározott olajtartalma között erős, pozitív szignifikáns korreláció volt ($r=0,89^{***}$) (24. ábra). 2004-ben az NMR készülékkel az egész szemben mért olajtartalmak szintén pozitív, szignifikáns összefüggésben voltak a Soxhlet eljárással kapottakkal (25. ábra). Tehát a Kolaj anyagövek három évben különböző módszerrel mért olajtartalmai jó megegyezést mutattak a standard Soxhlet módszerrel mértékével.



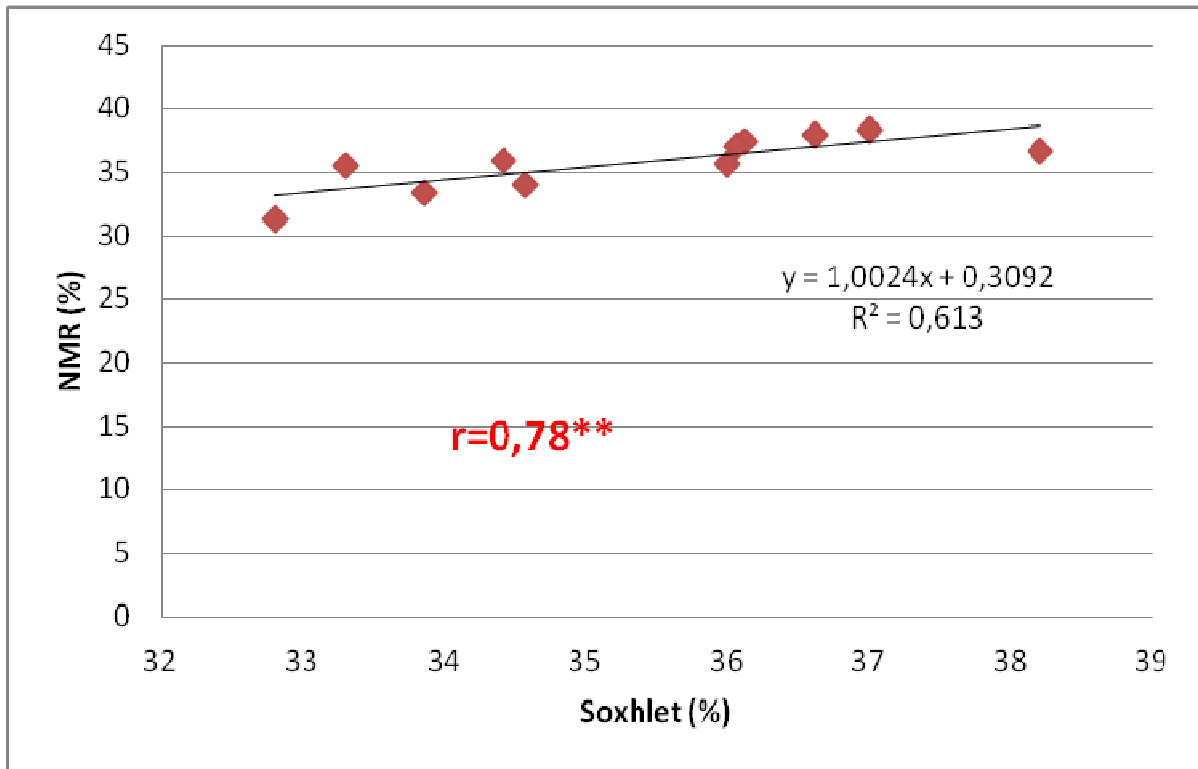
22. ábra. Kolaj anyagövek préseléssel és Soxhlet módszerrel mért olajtartalmai közötti korreláció 2000-ben



23. ábra. Kolaj anyagövek préseléssel és Soxhlet módszerrel mért olajtartalmai közötti korreláció 2002-ben

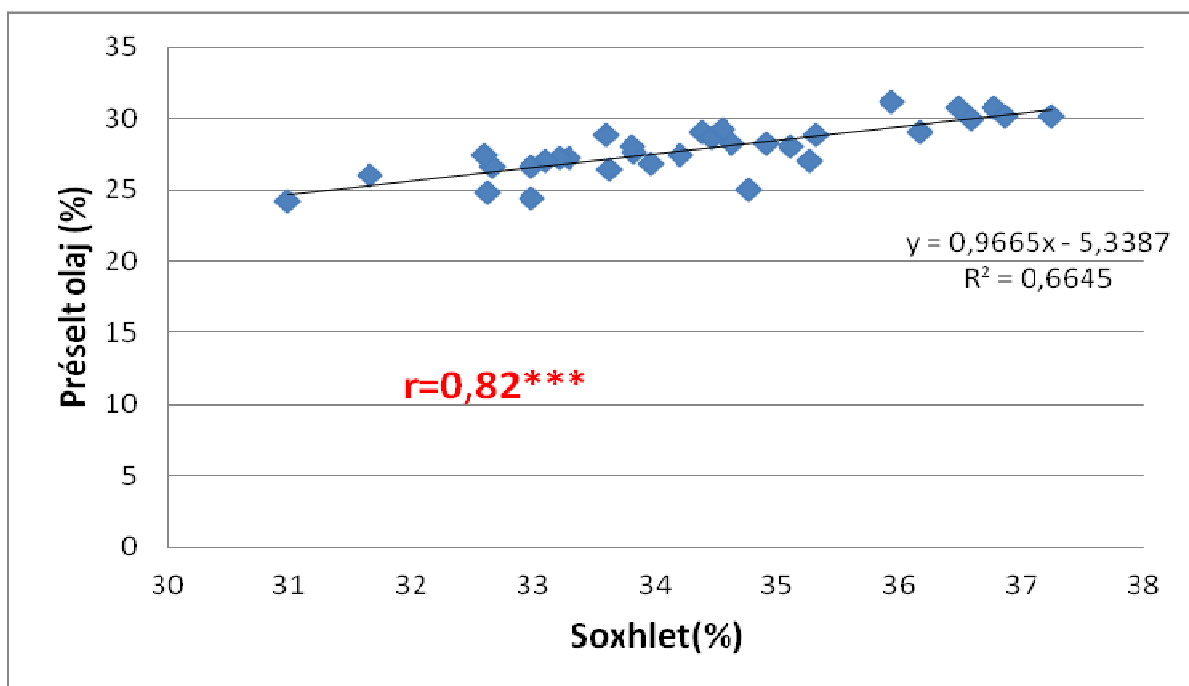


24. ábra. Kolaj anyagövek NIR és Soxhlet módszerrel mért olajtartalmai közötti korreláció 2002-ben

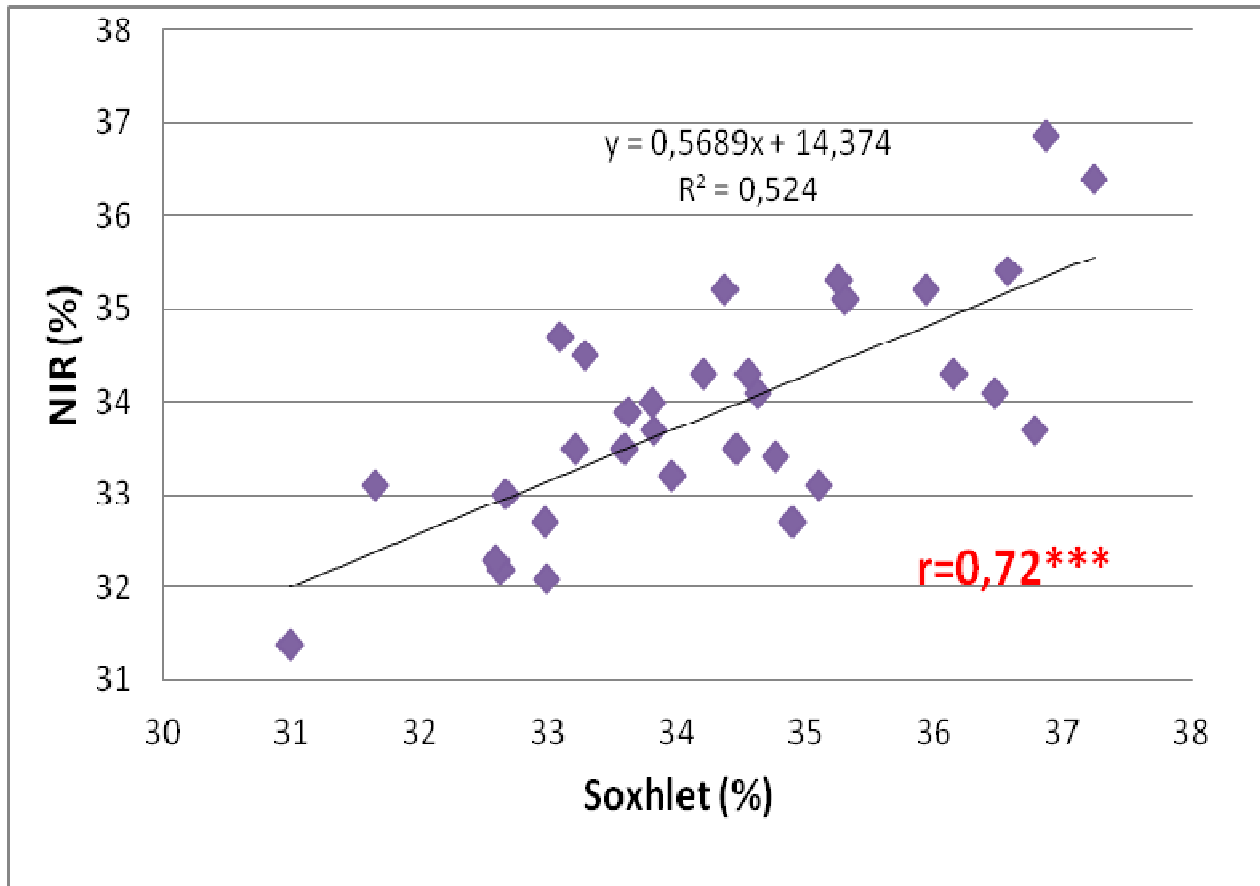


25. ábra. Kolaj anyatóvek NMR és Soxhlet módszerrel mért olajtartalmai közötti korreláció 2004-ben

A Tibolaj anyatóvek 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 (26. ábra) úgy, mint a NIR készülékkel kapott adatok és a Soxhlet módszerrel kapottak között is (27. ábra).



26. ábra. Tibolaj anyatóvek préseléssel és Soxhlet módszerrel mért olajtartalmai közötti korreláció 2002-ben

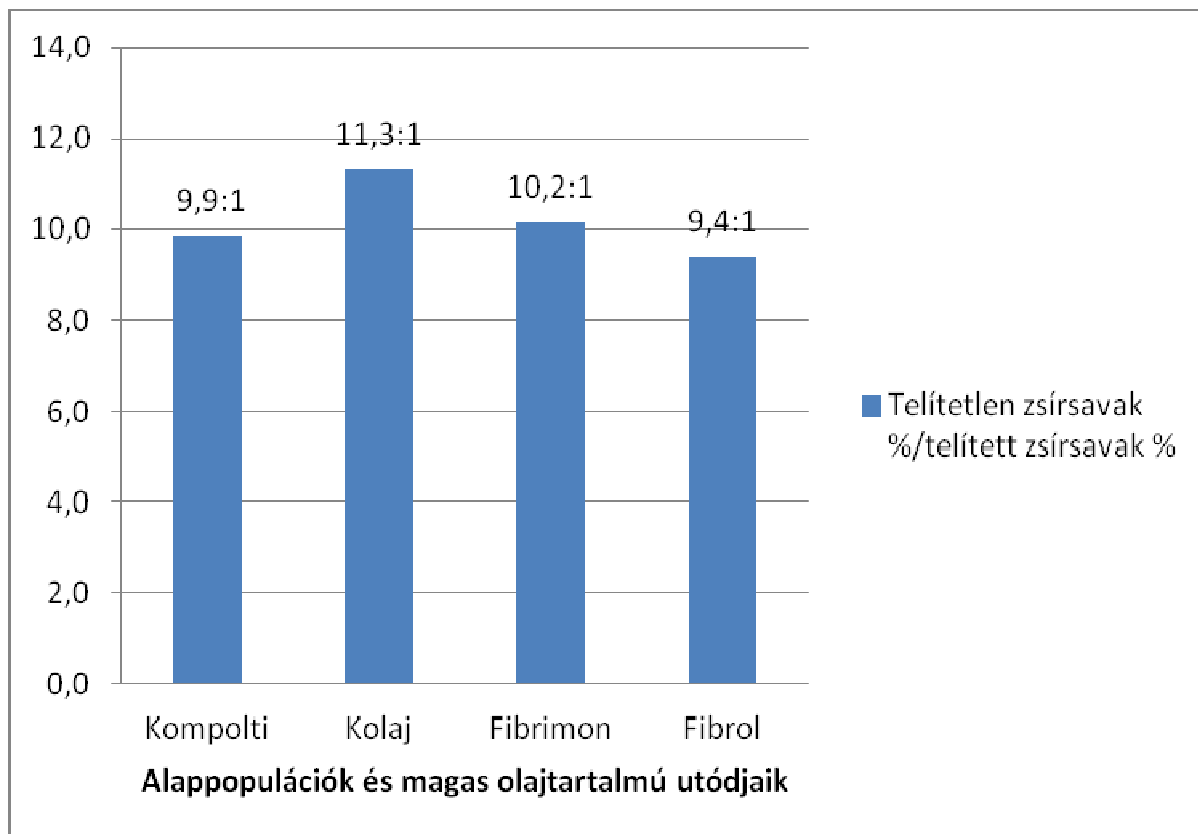


27. ábra. Tibolaj anyagövek NIR és Soxhlet módszerrel mért olajtartalmai közötti korreláció 2002-ben

4.2. A zsírsavösszetétel alakulása az olajtartalom növelésére folytatott szelekció hatására

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 (28. ábra).

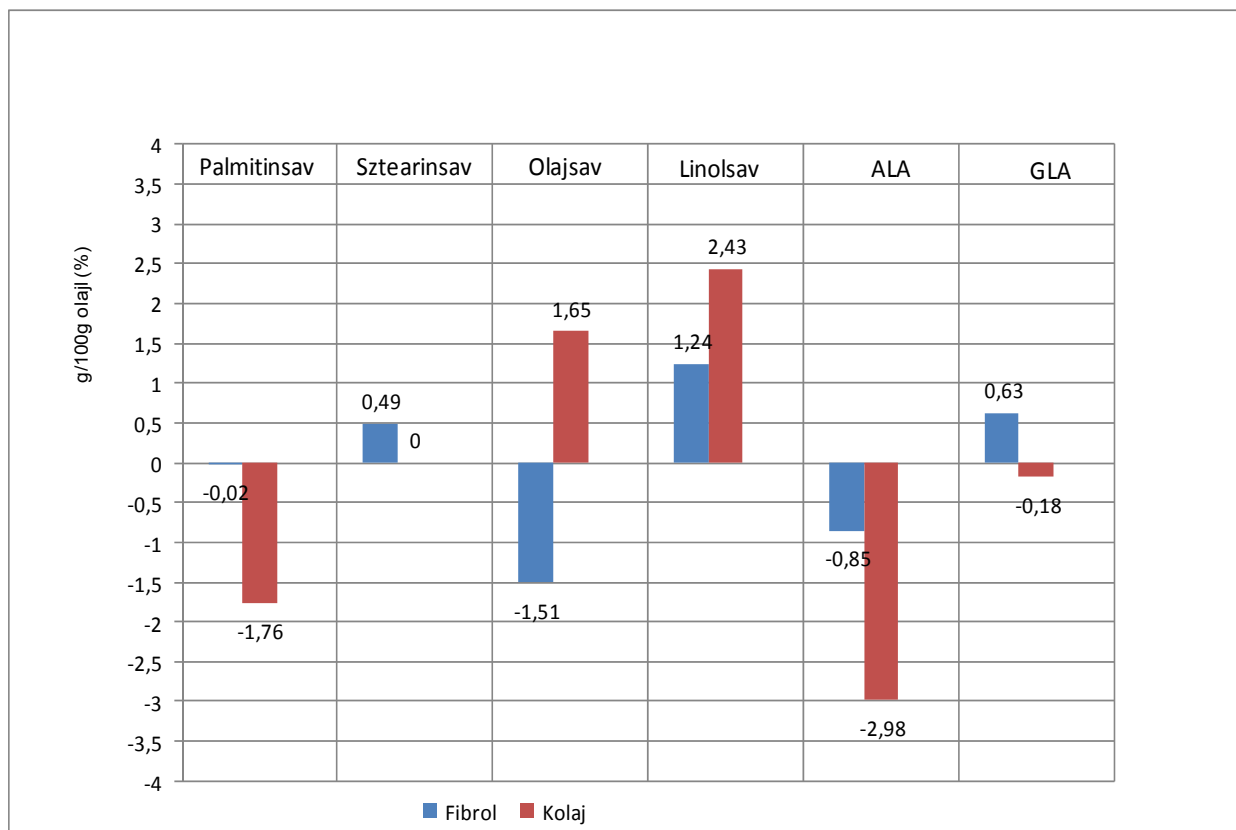


28. ábra. Az olajtartalom (%) növelésének hatása a telítetlen és telített zsírsavak arányára a Kompolti rostkenderben, a Fibrimon fajtában és ezek olajtartalomra szelektált utódjaiban Kompolt, 2003

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 (24. táblázat, 29. ábra). 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 (24. táblázat).

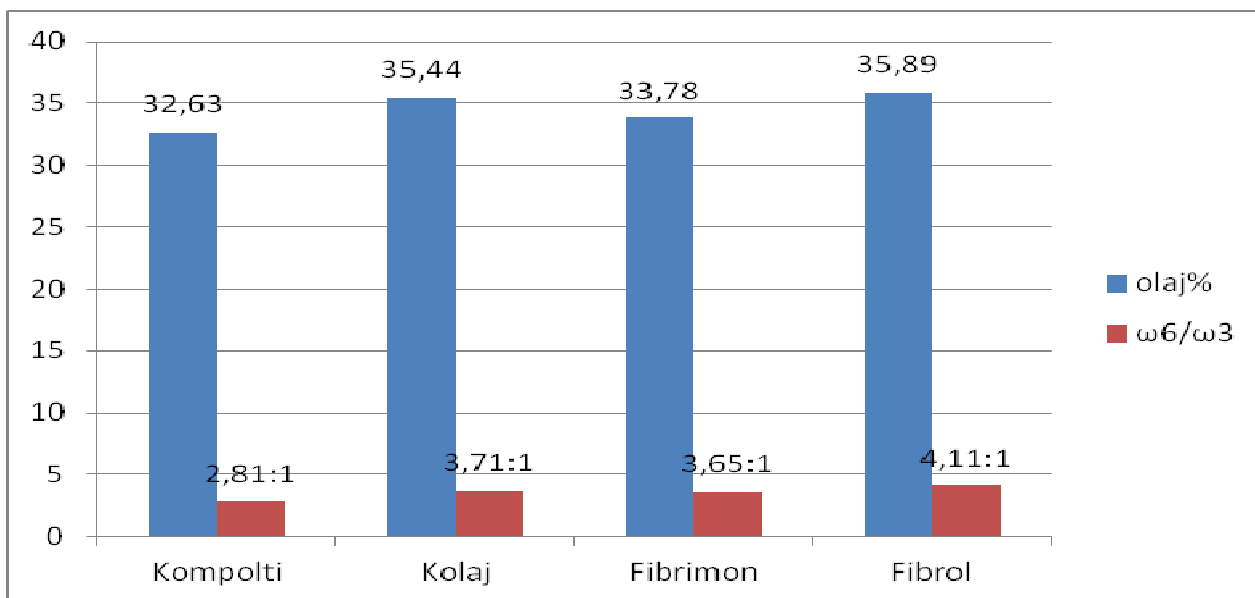
24. táblázat. A Kompolti rostkender (A) és az olajtartalomra szelektált Kolaj családok (B) zsírsavösszetételének (%) összehasonlítása Kompolt, 2004

| | Olajtartalom (%) | | Palmitinsav (%) | | Stearinsav (%) | | Olajsav (%) | | Linolsav (%) | | ALA (%) | | GLA (%) | |
|-------------------|------------------|-------|-----------------|------|----------------|------|-------------|-------|--------------|-------|---------|-------|---------|------|
| | A | B | A | B | A | B | A | B | A | B | A | B | A | B |
| Átlag (%) | 29,86 | 35,73 | 6,33 | 4,57 | 2,56 | 2,56 | 10,93 | 12,58 | 58,73 | 61,16 | 19,73 | 16,75 | 1,12 | 0,94 |
| n | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 |
| Különbség (B-A) | 5,87** | | -1,76* | | 0,00 | | 1,65* | | 2,43** | | -2,98** | | -0,18 | |
| SzD _{5%} | 3,7 | | 1,51 | | 0,26 | | 1,04 | | 1,35 | | 1,23 | | 0,25 | |
| SzD _{1%} | 5,32 | | | | | | | | 1,94 | | 1,77 | | | |



29. ábra. A zsírsavtartalombeli változások a Kompolti rostkenderben és a Fibrimón fajtában, valamint ezek olajtartalomra szelektált utódjaiban, Kompolt, 2003

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 (31. ábra), de jelentősen nőtt az olajsav mennyisége is (30. ábra). Az $\omega 6$ és $\omega 3$ zsírsavak aránya a Fibrimón fajtában 3,65:1 (30. ábra), tehát valamivel több, mint az optimálisnak tartott 3:1 arány. Az olajtartalom növelésével ez az arány 4,11:1-re változott (30. ábra). A már említett olajsavcsökkenés a Fibrólnál együtt járt a GLA, 1,40%-ról 2,03%-ra történő szignifikáns növekedésével.



30. ábra. Az olajtartalom (%) növelésének hatása az $\omega 6$ és az $\omega 3$ zsírsavak arányának alakulására a Kompolti rostkender fajtában, a Fibrimón 21-63-ban, valamint ezek olajtartalomra szelektált utódjaiban

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 (25. táblázat). 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 (ω -3) pedig 1,24%-kal szignifikánsan nőtt (25. táblázat, 28. ábra). A GLA tartalom (ω -6) statisztikailag igazolt növekedése (0,63%) ennél a genotípusnál megfigyelhető. Ez valószínűleg az α -linolénsav (ω -3) tartalom rovására következett be, bár a 0,85%-os csökkenés nem szignifikáns (25. táblázat).

25. táblázat. A kiindulási Fibrimon fajta (A), és az olajtartalomra szelektált Fibrol családok (B) zsírsavösszetételének (%) összehasonlítása.

Kompolt, 2004

| | Olaj-tartalom (%) | | Palmitin-sav (%) | | Sztearin-sav (%) | | Olajsav (%) | | Linolsav (%) | | ALA (%) | | GLA (%) | | Arachidin-sav (%) | |
|-------------------------|-------------------|-------|------------------|------|------------------|------|-------------|-------|--------------|-------|---------|-------|---------|------|-------------------|------|
| | A | B | A | B | A | B | A | B | A | B | A | B | A | B | A | B |
| Átlag (%) | 32,38 | 35,54 | 5,72 | 5,70 | 2,36 | 2,85 | 15,69 | 14,18 | 56,85 | 58,09 | 15,93 | 15,08 | 1,40 | 2,03 | 1,06 | 1,14 |
| n | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 |
| Különb-ség (B-A) | 3,16* | | -0,02 | | 0,49** | | -1,51* | | 1,24* | | -0,85 | | 0,63* | | 0,08 | |
| SzD_{5%} | 2,89 | | 1,47 | | 0,18 | | 1,43 | | 0,87 | | 1,37 | | 0,60 | | 0,6 | |
| SzD_{1%} | | | | | 0,26 | | | | | | | | | | | |

4.2.1. Az zsírsavak közötti korrelációk alakulása a Kompolti rostkenderben, a Fibrimon fajtában és ezek olajtartalomra szelektált utódjaiban

A szelekció elején a Kompolti rostfajta olajában két esetben volt statisztikailag igazolt összefüggés a zsírsavak között (26. táblázat).

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 ($r = 0,00$).

26. táblázat. Telített és telítetlen zsírsavak korrelációs együtthatói (r) a Kompolti rostkender alappopulációban (SZIE Központi Laboratórium vizsgálatai alapján, 2004)

| | Palmitinsav (%) | Sztearinsav (%) | Olajsav (%) | Linolsav (%) | ALA (%) |
|--------------------|------------------------|------------------------|--------------------|---------------------|----------------|
| Sztearinsav | -0,23 | | | | |
| Olajsav | 0,16 | 0,44 | | | |
| Linolsav | -0,75* | -0,15 | -0,37 | | |
| ALA | -0,35 | -0,39 | -0,76** | 0,00 | |
| GLA | 0,57 | -0,05 | 0,15 | -0,35 | -0,42 |

*P=5,0%; **P=1,0%;

A kiindulási Kompolti fajtában megfigyelt erős, negatív kapcsolat az olajsav és az ALA között ($r = -0,77^{**}$) a magasabb olajtartalmú Kolajban is megmaradt (27. táblázat). 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 ($r = 0,65^*$).

27. táblázat. Telített és telítetlen zsírsavak korrelációs együtthatói (r) az olajtartalomra szelektált Kolaj utódokban, Kompolt, 2004 (SZIE Központi Laboratórium vizsgálatai alapján)

| | Palmitinsav (%) | Sztearinsav (%) | Olajsav (%) | Linolsav (%) | ALA (%) |
|--------------------|------------------------|------------------------|--------------------|---------------------|----------------|
| Sztearinsav | -0,44 | | | | |
| Olajsav | -0,33 | 0,59 | | | |
| Linolsav | -0,23 | -0,32 | -0,32 | | |
| ALA | 0,19 | -0,42 | -0,77** | -0,25 | |
| GLA | 0,65* | 0,19 | 0,22 | -0,72* | -0,04 |

*P=5,0%; **P=1,0%;

Az egylaki Fibrimon fajta gázkromatográfias 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 (28. táblázat).

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.

28. táblázat. Telített és telítetlen zsírsavak korrelációs együtthatói (r) a kiindulási Fibrimon fajtánál (SZIE Központi Laboratórium vizsgálatai alapján)

| | Palmitin-sav (%) | Sztearin-sav (%) | Olajsav (%) | Linolsav (%) | ALA (%) | GLA (%) |
|---------------------|------------------|------------------|-------------|--------------|---------|---------|
| Sztearinsav | 0,12 | | | | | |
| Arachidinsav | 0,67* | 0,53 | 0,07 | -0,68* | -0,53 | -0,14 |
| Olajsav | -0,43 | 0,00 | | | | |
| Linolsav | -0,39 | -0,27 | -0,63* | | | |
| ALA | 0,02 | -0,77** | -0,35 | 0,32 | | |
| GLA | -0,14 | 0,48 | -0,30 | 0,40 | -0,40 | |

*P=5,0%

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 (29. táblázat).

29. táblázat. Telített és telítetlen zsírsavak korrelációs együtthatói (r) az olajtartalomra szelektált Fibrol utódokban, Kompolt, 2004. (SZIE Központi Laboratórium vizsgálatai alapján)

| | Palmitinsav (%) | Sztearinsav (%) | Olajsav (%) | Linolsav (%) | ALA (%) | GLA (%) |
|---------------------|-----------------|-----------------|-------------|--------------|---------|---------|
| Sztearinsav | -0,18 | | | | | |
| Olajsav | -0,53 | 0,37 | | | | |
| Linolsav | -0,56 | -0,27 | 0,32 | | | |
| ALA | 0,30 | -0,19 | -0,85** | -0,53 | | |
| GLA | 0,35 | -0,45 | -0,46 | 0,23 | 0,02 | |
| Arachidinsav | -0,23 | 0,48 | 0,60 | 0,03 | -0,60 | -0,18 |

*P=5,0%; **P=1,0%;

4.3. Δ -9 tetrahidrokannabinol (THC) tartalom csökkentése az olajtartalom növelésére folytatott szelekció alatt

4.3.1. A Kolaj THC tartalmának 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 (30. táblázat). 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 éjárathatás miatt emelkedett. 2000-ben 115-re növeltük a szelekcióba bevont anyatövek 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.

30. táblázat. A THC tartalom (%) alakulása a Kompolti rostkendernél (1996) és a Kolajnál 1997 és 2002 között

| | É v e k | | | | | | | SZD értékek |
|-------------|---------|------|------|------|--------|------|------|------------------------|
| | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | SzD _{5%} 0,12 |
| THC% | 0,16 | 0,16 | 0,18 | 0,18 | 0,32** | 0,10 | 0,11 | SzD _{1%} 0,16 |

4.3.2. A Tibolaj THC tartalmának csökkentése egyedszelekcióval

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 (31. táblázat).

31. táblázat. A Tibolaj THC tartalma (%) Kompolton 1998 és 2003 között

| | É v e k | | | | | SZD érték |
|-------------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-------------------|
| | 1998 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | SzD _{5%} |
| THC% | 0,70±0,53* | 0,15±0,18 | 0,14±0,17 | 0,08±0,02 | 0,10±0,16 | 0,34% |

4.3.3. A Fibrol THC tartalmának csökkentése egyedszelekcióval

A szelekció kezdetén, 1997-ben, az anyatövek 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% (32. és 33. táblázat). 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 (33. táblázat). A következő években a THC tartalmat az engedélyezett érték alá szorítottuk le, és 2001-től a THC% tartósan 0,1% alatti érték volt (33. táblázat).

32. táblázat Fibrol anyagövek THC tartalom szerinti megoszlása
1997, 2001, 2004, 2005 és 2006-ban
(Fleischmann Rudolf Kutatóintézet kémiai laboratóriumának mérései)

| THC(%) | 1997 | 2001 | 2004 | 2005 | 2006 |
|------------|-------|-------|-------|------|------|
| | n=169 | n=170 | n=103 | n=56 | n=40 |
| -0,01 | | | 1 | | |
| 0,011-0,05 | | 3 | 59 | 33 | 1 |
| 0,051-0,1 | | 102 | 52 | 8 | 31 |
| 0,101-0,15 | 12 | 50 | 1 | 12 | 8 |
| 0,151-0,2 | 38 | 13 | | 2 | |
| 0,201-0,25 | 45 | 2 | | 1 | |
| 0,251-0,3 | 25 | | | | |
| 0,301-0,35 | 8 | | | | |
| 0,351-0,40 | 11 | | | | |
| 0,401-0,45 | 6 | | | | |
| 0,451-0,5 | 5 | | | | |
| 0,501-0,6 | 5 | | | | |
| 0,601-0,65 | 6 | | | | |
| 0,651-0,7 | 2 | | | | |
| 0,701-0,75 | 0 | | | | |
| 0,751-0,8 | 0 | | | | |
| 0,801-0,85 | 0 | | | | |
| 0,851-0,9 | 1 | | | | |
| 0,901-0,95 | 0 | | | | |
| 0,951-1,0 | 2 | | | | |
| 1,01- | 6 | | | | |

33. táblázat. A Fibrol THC tartalma (%) Kompolton 1997 és 2006 között

| Átlag± szórás | É v e k | | | | | | | SZD _{5%} |
|------------------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-------------------|
| | 1997 | 1998 | 2001 | 2002 | 2004 | 2005 | 2006 | érték |
| | 0,32±0,2 | 0,17±0,1 | 0,01±0,03 | 0,08±0,03 | 0,05±0,02 | 0,06±0,05 | 0,08±0,02 | 0,016% |

4.4. Az egyedi magtermés alakulása az olajtartalom növelésére és a THC tartalom csökkentésére folytatott szelekció alatt

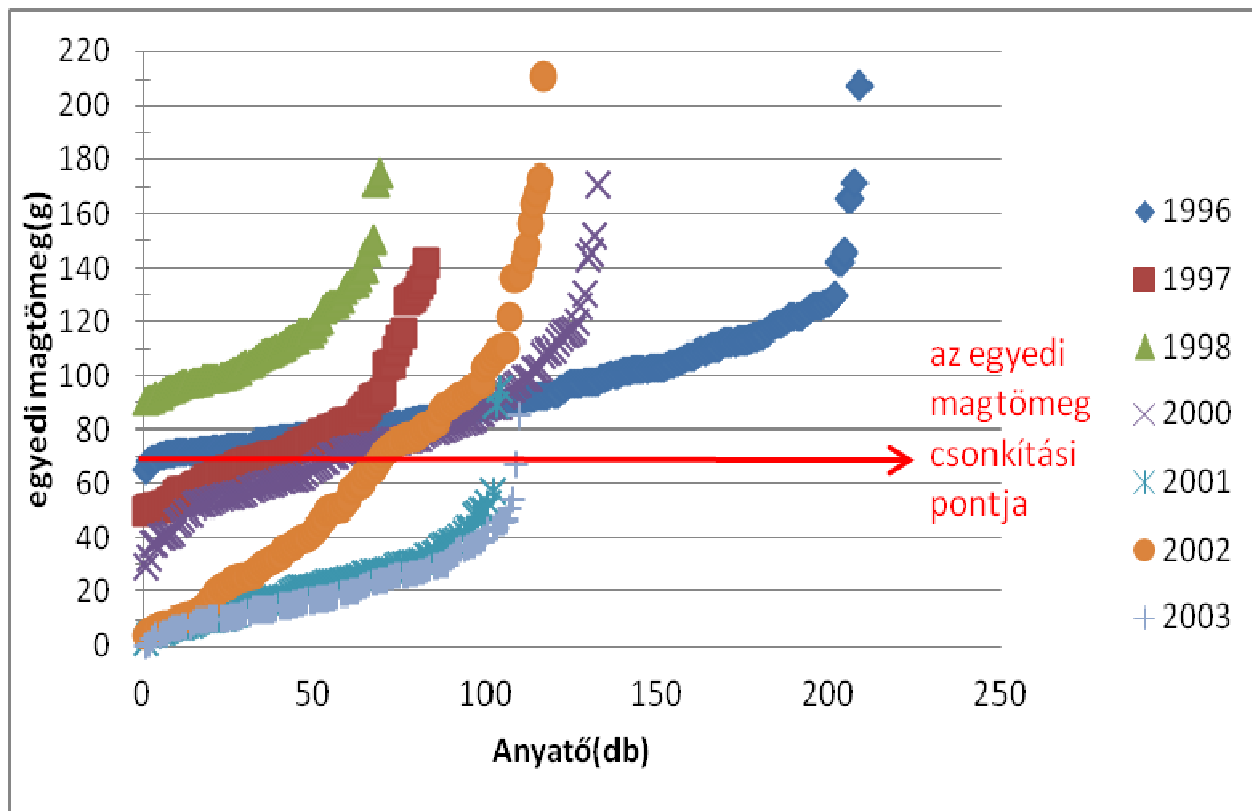
4.4.1. A Kolaj egyedi magtermésének alakulása

Mivel a hektáronkénti olajhozamot az egyedi magtermés az olajtartalommal és a tőszámmal együtt határozza meg, ezért az olajtartalom növelésére folytatott nemesítésben az egyedi magtermés az olajtartalommal egyenrangú szelekciós szempont.

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 (34. táblázat). Az egyedi magtermések annyira kedvezően alakultak, hogy 107,3 g átlagú populációt tudunk 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 (31. ábra).

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 (30. ábra). De a 2002. évi 60,9 g egyedi termés is megbízhatóan kevesebb, mint az 1996., az 1997., az 1998. és a 2000. évié (34. táblázat). A nagyon száraz augusztus ezekben az években 38 mm és 20 mm csapadékosszeggel 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 (34. táblázat).



31. ábra. A Kompolti rostkender és a Kolaj anyatóvek egyedi magtermése Kompolton 1996 és 2003 között

Az anyatóvek 59%-a 2000-ben 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 ez 21,6 g, és valamennyi többi évétől szignifikánsan kevesebb volt (30. ábra). De a 2002. évi 60,9 g egyedi termés is megbízhatóan kevesebb, mint az 1996., az 1997., az 1998. és a 2000. évié (34. táblázat). 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 (34. táblázat).

34. táblázat. A Kompolti kiindulási populáció és a Kolaj szelektált populációi egyedi magtermésének átlagai (g) Kompolton 1997 és 2003 között

| Átlag± szórás | É v e k | | | | | | | SzD |
|------------------|---------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|------------------|
| | 1996 | 1997 | 1998 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | érték |
| | 94,3±21 | 77,8*±22 | 99,4*±25 | 76,4*±25 | 24,1*±15 | 60,9*±39 | 21,6*±14 | SzD ₅ |
| n | 209 | 98 | 93 | 118 | 150 | 45 | 110 | 15,1g |

4.4.2. A Tibolaj egyedi magtermésének alakulása

A Tiborszálási tájfajta egyedszelekciója 94,7 g egyedi magtermésről indult. Bár 2000-ben és 2002-ben ennél kisebb volt az anyatövek termése, de a különbség nem volt szignifikáns. Meg kell említeni az 1998-as évet, amikor a 67 anyató egyedi termésének átlaga 175,4 g volt. Ez a nagy termés egyrészt azért volt, mert a bő augusztusi csapadék (106 mm) jó feltételeket biztosított a megtermékenyítéshez és a magtelítődéshez. Másrészt pedig azért, mert ebben az évben madárkár sem volt (35. táblázat). Tehát ebben az évben az anyatövek egyedi termésének átlaga szignifikánsan több volt valamennyi vizsgált événél és a Tiborszálási tájfajtáénál is.

35. táblázat. A Tiborszálási kiindulási populáció és a Tibolaj szelektált populációi egyedi magtermésének átlagai (g) Kompolton 1998 és 2002 között

| Átlag± szórás (g) | É v e k | | | | SzD érték |
|-----------------------------|---------|-----------|---------|---------|-------------------|
| | 1997 | 1998 | 2000 | 2002 | SzD _{5%} |
| | 94,7±27 | 175,4*±25 | 69,7±25 | 80,0±20 | 52,3 g |
| n | 69 | 67 | 50 | 40 | |

4.4.3. A Fibrol egyedi magtermésének alakulása

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 (36. táblázat).

36. táblázat. A Fibrimon kiindulási populáció és a Fibrol szelektált populációi növényenkénti magtermése (g/növény) 1997-től 2007-ig

| | É v e k | | | | | | | | SzD |
|-------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|-------|
| | 1997 | 1998 | 2000 | 2001 | 2002 | 2005 | 2006 | 2007 | 5% |
| Átlag± szórás (g) | 83,7±24,5 | 93,5±27,5 | 23,8±14,6 | 70,4±22,2 | 46,4±28,1 | 93,1±85,7 | 50,5±20,6 | 19,0±9,2 | 50,2g |
| n | 167 | 104 | 68 | 70 | 103 | 138 | 50 | 30 | |

4.5. Az ezermagtömeg alakulása az olajtartalom növelésére és a THC tartalom csökkentésére folytatott szelekció alatt

4.5.1. A Kolaj ezermagtömegének alakulása

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 (37. táblázat).

37. táblázat. A Kompolti kiindulási populáció és a Kolaj szelektált populációi ezermagtömegének átlagai (g)
Kompolt, 1996-2003

| | É v e k | | | | | | SzD |
|---------------------|----------|----------|-----------|-----------|----------|-----------|------|
| | 1996 | 1997 | 1998 | 2000 | 2002 | 2003 | 5% |
| Átlag±szórás | 20,2±2,2 | 19,3±1,9 | 18,4±2,29 | 19,7±2,23 | 21,1±1,8 | 17,2*±1,4 | 3,1g |
| n | 209 | 98 | 93 | 118 | 45 | 110 | |

4.5.2. A Tibolaj ezermagtömegének alakulása

A 38. táblázat adatai szerint a Tiborszállási tájfajta és a Tibolaj ezermagtömege a vizsgált években azonos volt. A legkisebb ezermagtömeget, 17,4 g-ot 1998-ban mértem, de ez szignifikánsan nem tért el a többi évétől. Tehát az olajtartalom növelése nem befolyásolta az ezermagtömeg alakulását.

38. táblázat. A Tiborszállási kiindulási populáció és a Tibolaj szelektált populációi ezermagtömegének átlagai
Kompolt, 1997-2002

| | É v e k | | | | SzD |
|---------------------|----------|----------|----------|----------|------|
| | 1997 | 1998 | 2000 | 2002 | 5% |
| Átlag±szórás | 18,8±2,1 | 17,4±2,4 | 19,7±2,2 | 19,8±2,3 | 3,4g |
| n | 69 | 67 | 50 | 40 | |

4.5.3. A Fibrol ezermagtömegének alakulása

A Fibrol ezermagtömege a 11 évi olajtartalomra végzett szelekció után átlagában 22%-kal csökkent (39. táblázat). Az eredeti Fibrimon fajtához hasonlítva a Fibrol már az alappopulációban 3,2 grammal kisebb ezermagtömeeggel 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 (44. táblázat).

A 44. táblázatból az is látható, hogy 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 ezermagtömege, 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 (40. táblázat).

39. táblázat. A Fibrol ezermagtömegének (g) alakulása az olajtartalomra végzett szelekció hatására Kompolton

| Évek | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | Átlag |
|----------------|------|--------|------|------|------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|------|------|---------|
| Fibrimon fajta | 14,9 | 18 | 15,2 | - | 18,2 | 18,6 | 20,2 | 19,8 | 17,7 | 18,5 | 19,9 | - | 19,7 | 18,6 |
| Fibrol | - | 14,8 | 14,7 | 14,5 | - | 14,2 | 15,0 | 13,1 | 14,8 | 14,2 | 16,4 | 13,0 | - | 14,5 |
| d | - | 3,2*** | 0,5 | - | - | 4,4*** | 5,2*** | 6,7*** | 2,9*** | 4,3*** | 3,5*** | - | - | 4,11 |
| SzD 0,1% | | | | | | | | | | | | | | 2,20*** |

40. táblázat. Az évjárat hatása a Fibrol ezermagtömegére (g) (Kompolton, 2011)

| Év | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | átlag | SzD _{5%} | u |
|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------------------|----|
| Átlag | 14,8 | 14,7 | 14,5 | - | 14,2 | 15,0 | 13,1 | 14,8 | 14,2 | 16,4 | 13,0 | 14,5 | 2,78g | 25 |

4.6. A korrelációs vizsgálatok eredményei

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 (41. táblázat). A terméskomponensek közül csak az ezermagtömeg és a THC tartalom között volt szignifikáns, gyenge pozitív korreláció ($r = 0,38^*$).

41. táblázat. Az olajtartalom és a terméskomponensek közötti korrelációs koefficiensek a Kompolti rostkenderben (1996)
(Kompolt, 2011)

| | Olajtartalom (%) n=209 | Egyedi magtermés (g) n=209 | 1000-magtömeg (g) n=209 | THC tartalom (%) n=209 |
|-----------------------------|----------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|
| Olajtartalom (%) | 1,00 | 0,01 | -0,03 | 0,16 |
| Egyedi magtermés (g) | | 1,00 | 0,03 | -0,34 |
| 1000-magtömeg (g) | | | 1,00 | 0,38* |
| THC tartalom (%) | | | | 1,00 |

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 (42. táblázat). 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.

42. táblázat. Az olajtartalom és a terméskomponensek közötti korrelációs koefficiensek a Kolaj utódokban 5 év olajtartalomra történő szelekció után
(Kompolt, 2001)

| | Olajtartalom (%) n=69 | Egyedi magtermés (g) n=69 | Ezermagtömeg (g) n=69 | THC tartalom (%) n=69 |
|-----------------------------|---------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| Olajtartalom (%) | 1,00 | -0,31* | -0,12 | 0,08 |
| Egyedi magtermés (g) | | 1,00 | 0,14 | 0,09 |
| 1000-magtömeg (g) | | | 1,00 | 0,00 |
| THC tartalom (%) | | | | 1,00 |

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 ($r = -0,07$) (43. táblázat). Öt év szelekció után az említett két tulajdonság között szignifikáns negatív ($r = -0,4^*$) kapcsolat jött létre (44. táblázat). 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.

43. táblázat. Az olajtartalom és a terméskomponensek közötti korrelációs koefficiensek a Fibrol alappopulációban (Kompolt, 1998)

| | Olajtartalom (%) n=50 | Egyedi magtermés (g) n=50 | 1000-magtömeg (g) n=50 | THC tartalom (%) n=50 |
|----------------------|-----------------------|---------------------------|------------------------|-----------------------|
| Olajtartalom (%) | 1,00 | 0,26 | -0,07 | 0,12 |
| Egyedi magtermés (g) | | 1,00 | 0,16 | 0,35* |
| 1000-magtömeg (g) | | | 1,00 | 0,14 |
| THC tartalom (%) | | | | 1,00 |

44. táblázat. Az olajtartalom és a terméskomponensek közötti korrelációs koefficiensek a Fibrol utódokban (Kompolt, 2002)

| | Olajtartalom (%) n=25 | Egyedi magtermés (g) n=25 | Ezermagtömeg (g) n=25 | THC tartalom (%) n=25 |
|----------------------|-----------------------|---------------------------|-----------------------|-----------------------|
| Olajtartalom (%) | 1,00 | -0,17 | -0,4** | 0,06 |
| Egyedi magtermés (g) | | 1,00 | 0,22 | 0,08 |
| Ezermagtömeg (g) | | | 1,00 | 0,01 |
| THC tartalom (%) | | | | 1,00 |

4.7. A Fibrol fajta leírása és eredményei

A Fibrol olajkender fajtajelöltet 2004-ben jelentettük be állami fajtakísérletekbe. A fajta bejelentése előtt a köztermesztésben csak rostkender fajták voltak. A Fibrol olajkender fajtajelölt teljesen újdonság volt úgy a kendernemesítésben, mint a fajtaválasztékban. Az OMMI, most NÉBIH, vizsgálati metodika a rostkender értékelésre nagyon következetes és világszínvonalú. Az olajkenderre azonban nem volt vizsgálati módszer kidolgozva, továbbá a Fibrol bejelentésekor a standard fajták is hiányoztak. Így a Fibrol fajta, mint „újdonság” kapott állami elismerést 2006-ban.

4.7.1. A Fibrol fajta leírása

FIBROL kender (*Cannabis sativa L.*)

- **Állami elismerés éve:** 2006
- **Nemesítők:** Bócsa Iván, Finta Zuzana, Máthé Péter
- **A fajta fenntartója:** Agromag Kft, 6722 Szeged, Jósika u. 13
- **Származása:** Fibrimon 21-63 (Uniko-B apai hibridpartnere)

Ez a fajta Magyarországon az első egylaki szabadmegporzású, Közép-Európában pedig az első olajhasznú kenderfajta. Az egylaki és hímivarú növények aránya csökken a szaporítási fokok csökkentésével. Míg a szuperelit állománya 1-3% hímkendert tartalmaz, addig az I. fokú, illetve a II. fokú szaporításban a 10-15% sem ritka. A fajta középkorai tenyészsidejű. A keléstől számítva 120-130 napra magérett. Az átlagos magtermése 0,8-0,9 t/ha. Alacsonyabb fajtákhoz tartozik, ezért kombájnnal is aratható. A tenyészterületől függően 220-250 cm a kórómagassága. Az ezermagtömege 14,5-16,5 g között alakul. Az olajtartalma 33-35% közötti, és ezzel jelenleg a legmagasabb olajtartalmú fajta a világon.

Termesztési javaslatok

Minden talajon, kivéve a futóhomokot és az alacsony fekvésű szikes talajokat, jól termesztethető. Magtermesztés céljából homokon 120 kg N hatóanyagot kell kijuttatni, míg a nagy humusztartalmú talajokon 60 kg is elegendő. P₂O₅-ből 40, K₂O-ból pedig 80 kg/ha mennyiség kijuttatása ajánlatos.

A hagyományos magkender állományokat 75cm sor- és 23-25 tőtávolságban vetik. Fibrol esetében ilyenkor 1,8-2 kg vetőmag elegendő. Herbicid preemergens alkalmazása (Afalon/Dual) ajánlott, hogy a növények kezdeti fejlődése zavartalan legyen. Az egyszikű herbicid alkalmazása az állomány gyomosságától függően már a 2-3 leveles állapotban célszerű, hogy utána a kézi kapálás is időben történhessen. Ellenkező esetben a növények nyúlánkak, nem ágazódnak el, és ennek következtében lényegesen csökken a magtermés is. Az aratást 50%-os érésben kell elvégezni, és a kúpokban 2-3 hétig még utóérleljük a magot.

A kettős hasznosítású termesztéshez 24-30 cm sortávolságra vetjük az állományt 25-30 kg-os vetőmagnormával. A preemergens gyomirtást legkésőbb a vetés utáni harmadik napig el kell végezni, de a jól elmunkált gyommentes talajon ez el is maradhat. Mivel a kettőshasznosítású kendert kombájnnal takarítjuk be, az utolérési szakasz a kézi betakarítással szemben kimarad. Az állományt teljes érésben aratjuk, ezért nagyobb magvesztésekkel kell számolni.

4.7.2. A Fibrol fajta szántóföldi összehasonlító kísérleteinek eredményei

4.7.2.1. A magyarországi fajtakísérletek eredményei 2004-ben

Az OMMI kísérletekben 2004-ben a Tiborszállási fajta rostkender standardként, míg a Lipko kettőshasznosítású standardként szerepelt. A rosthozamban a Fibrol elérte a Tiborszállási fajtában mért értéket (45. táblázat).

45. táblázat. Rostvizsgálati eredmények (Debrecen, Székkutas, Tordas átlaga), 2004

| | Fajta | Szál (%) | Kóc (%) | Rosthozam (%) |
|----------|-------------------|-----------------|----------------|----------------------|
| 1 | Tiborszállási st. | 8,6 | 12,9 | 23 |
| 2 | Fibroseed | 10,0 | 13,8 | 26 |
| 3 | Lipko st. | 8,0 | 14,0 | 24 |
| 4 | Multiseed | 8,0 | 10,7 | 23 |
| 5 | Moniseed | 8,8 | 13,1 | 24 |
| 6 | Fibrol | 7,3 | 14,0 | 23 |
| 7 | Monoica | 9,4 | 13,8 | 25 |

A Fibrol valamennyi vizsgált fajtától 14-30 cm-rel alacsonyabb volt (46. táblázat). Ez a magasságbeli különbség azonban nem szignifikáns. A növénymagasságban tapasztalt különbség az aratási technológia szempontjából előnyt jelenthet, mivel jelenleg Magyarországon nincsenek speciális kendermag arató gépek, és a hagyományos a kenderhez módosított gabonakombájnokhoz a két méter magas növény az optimális.

46. táblázat. A 2004. évi fajtakísérletekben vizsgált kender fajták és standardok (st) növénymagassága (cm) három termőhelyen

| Sorszám | Fajta | Tordas | Székkutas | Debrecen | Átlag | Eltérés |
|---------|--------------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| 1 | Tiborszállási st. | 195 | 270 | 281 | 249 | 10 |
| 2 | Fibroseed | 185 | 260 | 297 | 247 | 8 |
| 3 | Lipko st. | 220 | 250 | 215 | 228 | -11 |
| 4 | Multiseed | 250 | 210 | 240 | 233 | -6 |
| 5 | Moniseed | 200 | 230 | 342 | 257 | 18 |
| 6 | Fibrol | 210 | 210 | 237 | 219 | -20 |
| 7 | Monoica | 250 | 260 | 292 | 267 | 28 |
| | <i>St. fajták átlaga</i> | <i>208</i> | <i>260</i> | <i>248</i> | <i>239</i> | |
| | Átlag | 216 | 241 | 272 | 243 | 4 |
| | SzD _{5%} | | | | 61 | |
| | SzD _{5%} St. átlaghoz | | | | 53 | |
| | CV | | | | 14,1 | |

A Fibrol kórótermése valamennyi termőhelyen a legalacsonyabb volt, és szignifikánsan alacsonyabb a standardok átlagától, továbbá a Multiseed kivételével valamennyi vizsgált fajtától (47. táblázat). A három termőhely átlagos kórótermése 19.8 t/ha volt. Ez 1,3-18,1 t/ha kevesebb, mint a többi, kísérletben szereplő fajtáé. Viszont a Fibrol az egyetlen fajta, amely kombájnnal biztonságosan betakarítható. A többi fajta növénymagassága és kóróvastagsága miatt magtermesztéskor csak kézi aratással takarítható be, ezért vetőmagkészletük minden évben hiányos.

47. táblázat. A 2004. évi állami fajtakísérletekben vizsgált rostkender fajták és standardok kórótermése (t/ha) három termőhelyen

| Sorszám | Fajta | Tordas | Székkutas | Debrecen | Átlag | Relatív % |
|---------|-------------------|-------------|------------|-------------|-------------|-------------|
| 1 | Tiborszállási st. | 43,6 | 13,6 | 52,0 | 36,4 | 100,0 |
| 2 | Fibroseed | 46,5 | 13,4 | 53,8 | 37,9 | 104,1 |
| 3 | Lipko st. | 33,0 | 14,6 | 40,4 | 29,3 | 80,5 |
| 4 | Multiseed | 21,4 | 7,4 | 34,6 | 21,1 | 58,0 |
| 5 | Moniseed | 29,6 | 11,3 | 40,8 | 27,2 | 74,7 |
| 6 | Fibrol | 25,5 | 8,8 | 25,3 | 19,8 | 54,4 |
| 7 | Monoica | 31,8 | 12 | 38 | 27,3 | 75 |
| | Átlag | 33,0 | 11,6 | 40,7 | 28,4 | 78,0 |
| | SzD _{5%} | 6,1 | 1,8 | 9,9 | 8,5 | 23,4 |
| | CV | 12,4 | 10,6 | 16,4 | 16,7 | |

A Fibrol magtermése a három év átlagában a legalacsonyabb, 935 kg/ha volt, de megbízható magtermésbeli különbség sem a standard fajtákéhoz, sem pedig többi fajtáéhoz képest nem volt (48. táblázat). A nagyobb aratási biztonságot nyújtó, alacsonyabb állomány 935 kilogrammos magtermése gyakorlatban reálisabban elérhető, mint a magasabb, szignifikánsan nem többet magot termő Lipko standard fajtáé.

48. táblázat. Az állami fajtakísérletekben vizsgált rostkender fajták és standardok magtermése (kg/ha) három termőhelyen 2004-ben

| Sorszám | Fajta | Tordas | Székkutas | Debrecen | Átlag | Relatív % |
|---------|-------------------|------------|-------------|-------------|------------|-------------|
| 1 | Lipko st. | 561 | 1029 | 2364 | 1318 | 100,0 |
| 2 | Multiseed | 661 | 1398 | 1173 | 1077 | 81,7 |
| 3 | Moniseed | 630 | 1475 | 1562 | 1222 | 92,7 |
| 4 | Fibrolaj | 526 | 1087 | 1191 | 935 | 70,9 |
| 5 | Monoica | 567 | 1126 | 2381 | 1358 | 103,0 |
| | Átlag | 589 | 1223 | 1734 | 1182 | 89,7 |
| | SzD _{5%} | 198 | 192 | | 748 | 56,8 |
| | CV | 21,8 | 10,2 | | 33,5 | |

4.7.2.2. A csehországi állami fajtakísérletek eredményei, 2006-2008

Két kompolti nemesítésű egylaki fajta, a Monoica és a Fibrol 2006-ban a csehországi állami fajtakísérletekbe is bejelentésre került. Magyarországon a teljesítmény vizsgálatok időtartama két év, Csehországban viszont 3 év. A 2006-évi állami vizsgálatokat három kísérleti állomáson végezték.

A 49. táblázat szerint a Fibrol kórótermése három termőhely átlagában 14,55 t/ha volt, ami nem különbözött szignifikánsan egyik standardétól sem.

49. táblázat A csehországi állami fajtakísérletekben vizsgált kender fajták és a standardok kórótermése (t/ha) három termőhelyen 2006-ban

| Fajtakód | Fajtanév | Hely | | | Átlag |
|--------------------------|---------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| | | Čáslav | Šumperk | Žatec | |
| 5077885 | Monoica | 23,16 | 21,78 | 12,25 | 19,06 |
| 5077465 | Bialobrzeskie | 20,49 | 16,55 | 12,07 | 16,37 |
| 5077884 | Fibrol | 18,78 | 14,50 | 10,37 | 14,55 |
| 2340003 | Beniko | 17,57 | 12,62 | 9,57 | 13,25 |
| St. fajták átlaga | | 17,57 | 12,62 | 9,57 | 13,25 |
| SzD _{5%} | | 0,74 | 3,44 | 0,78 | 2,89 |

Hasonló tendenciát tapasztaltunk a rosttermésben is, hiszen a Fibrol 3,46 t/ha rosttermése a vizsgált fajtákéval azonosan alakult (50. táblázat).

50. táblázat. A csehországi állami fajtakísérletekben vizsgált kender fajták és standardok rosttermése (t/ha) három termőhelyen 2006-ban

| Fajtakód | Fajtanév | Hely | | | Átlag |
|--------------------------|----------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | | Čáslav | Šumperk | Žatec | |
| 5077885 | Monoica | 5,19 | 5,07 | 2,43 | 4,23 |
| 5077465 | Bialobrzezskie | 5,47 | 4,05 | 3,04 | 4,19 |
| 5077884 | Fibrol | 4,56 | 3,55 | 2,26 | 3,46 |
| 2340003 | Beniko | 4,46 | 3,17 | 2,49 | 3,37 |
| St. fajták átlaga | | 4,46 | 3,17 | 2,49 | 3,37 |
| SzD_{5%} | | - | - | - | 0,89 |

Csehországban 2007-ben a fajtákat öt termőhelyen vetették el, de rostvizsgálat nem volt. Ezért a fajtákat csak a kórótermés szempontjából lehetett összehasonlítani. A Fibrol kórótermése 1,92 t/ha, szignifikánsan kevesebb volt, mint a Beniko standardé (51. táblázat).

51. táblázat. A csehországi állami fajtakísérletekben vizsgált kender fajták és standardok kórótermése (t/ha) öt termőhelyen, 2007-ben

| Fajtakód | Fajtanév | Hely | | | | | Átlag |
|--------------------------|----------------|--------------|--------------|-------------|--------------|--------------|--------------|
| | | Čáslav | Chrastava | Jaroměřice | Věrovany | Žatec | |
| 5077885 | Monoica | 19,00 | 15,15 | 11,10 | 22,03 | 12,61 | 15,98** |
| 2340003 | Beniko | 16,34 | 15,04 | 10,93 | 19,77 | 11,59 | 14,74* |
| 5077465 | Bialobrzezskie | 15,71 | 14,15 | 10,13 | 17,55 | 10,35 | 13,58 |
| 5077884 | Fibrol | 14,64 | 13,33 | 9,48 | 16,40 | 10,25 | 12,82 |
| St. fajták átlaga | | 16,34 | 15,04 | 10,93 | 19,77 | 11,59 | 14,74 |
| SzD_{5%} | | 1,00 | 3,08 | 0,74 | 2,73 | 1,17 | 1,13 |

2008-ban a Fibrol és a standard fajták kórótermése között 3 termőhely átlagában nem volt szignifikáns különbség (52. táblázat)

52. táblázat. A csehországi állami fajtakísérletekben vizsgált kender fajták és a standardok kórótermése (t/ha) három termőhelyen, 2008-ban

| Fajtakód | Fajtanév | Hely | | | Átlag |
|----------|-------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| | | Chrastava | Jaroměřice | Žatec | |
| 5077885 | Monoica | 16,89 | 16,43 | 16,11 | 16,48 |
| 2340003 | Beniko | 14,42 | 15,58 | 14,70 | 14,90 |
| 5077884 | Fibrol | 14,06 | 13,45 | 14,51 | 14,01 |
| 5077465 | Bialobrzeskie | 12,89 | 15,38 | 13,69 | 13,99 |
| | St. fajták átlaga | 14,42 | 15,58 | 14,70 | 14,90 |
| | SzD _{5%} | 1,16 | 1,01 | 1,61 | 1,63 |

A Fibrol 2008-évi rosttermése 3,40 t/ha. Ez a standard fajtákéval azonos (53. táblázat).

53. táblázat. A csehországi állami fajtakísérletekben vizsgált kender fajták és a standardok rosttermése (t/ha) három termőhelyen 2008-ban

| Fajtakód | Fajtanév | Hely | | | Átlag |
|-------------------------|-------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | | Chrastava | Jaroměřice | Žatec | |
| 5077465 | Bialobrzeskie | 4,21 | 5,08 | 4,22 | 4,51 |
| 2340003 | Beniko | 3,67 | 3,99 | 3,47 | 3,71 |
| 5077885 | Monoica | 3,64 | 3,35 | 3,86 | 3,62 |
| 5077884 | Fibrol | 3,37 | 3,43 | 3,41 | 3,40 |
| | St. fajták átlaga | 3,67 | 3,99 | 3,47 | 3,71 |
| SzD_{5%} | | - | - | - | 0,64 |

A Fibrol rosttartalma 2008-ban a három termőhely átlagában 29,2%, amely a Beniko standardéval azonos. Viszont 7,5%-kal szignifikánsan kevesebb, mint a Bialobrzeskie fajtáé (54. táblázat).

54. táblázat. A csehországi állami fajtakísérletekben vizsgált kender fajták és a standard fajták rosttartalma (%) három termőhelyen 2008-ban

| Fajtakód | Fajtanév | Hely | | | Átlag |
|-------------------------|---------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | | Chrastava | Jaroměřice | Žatec | |
| 5077465 | Bialobrzeskie | 38,0 | 37,8 | 34,2 | 36,7 |
| 5077884 | Fibrol | 29,3 | 30,3 | 27,9 | 29,2 |
| 2340003 | Beniko | 29,6 | 29,7 | 27,8 | 29,0 |
| 5077885 | Monoica | 26,6 | 24,0 | 30,8 | 27,1 |
| SzD_{5%} | | - | - | - | 4,9 |

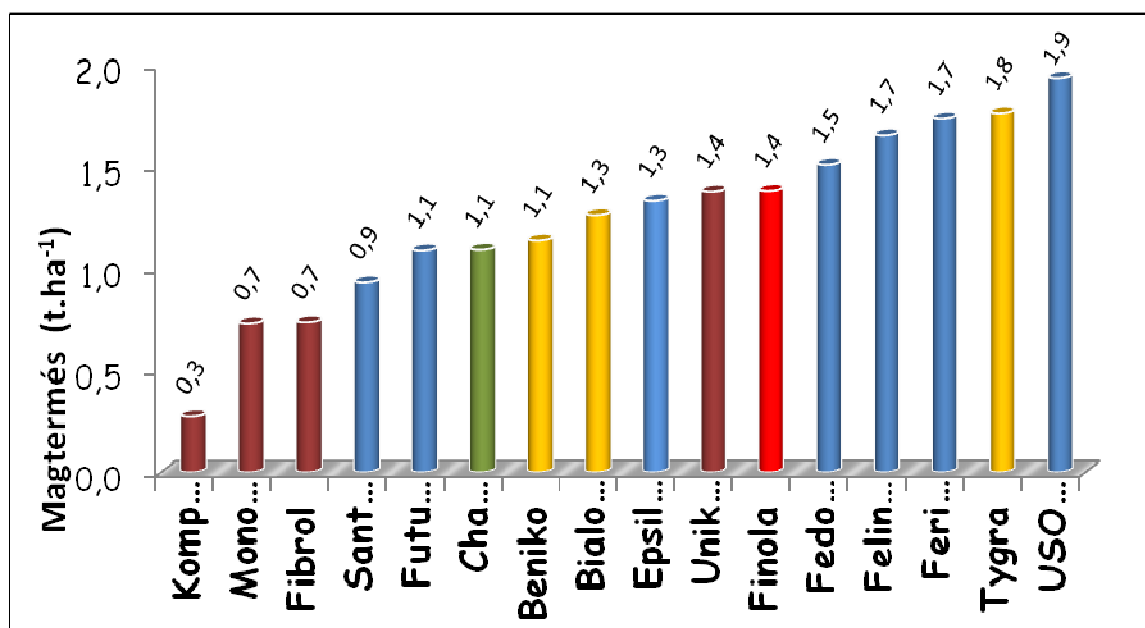
Egy termőhely magmintáiból 2008-ban THC analíziseket is végeztek. A Fibrol 0,040%-os THC tartalma, valószínűleg a rendszeres évi szigorú szelekciónak köszönhetően a fele, illetve az egyharmada a standard fajtáknak (55. táblázat).

55. táblázat. A csehországi állami fajtakísérletekben vizsgált kender fajták és a standardok THC tartalma (%) egy termőhelyről származó magok analízise alapján 2008-ban

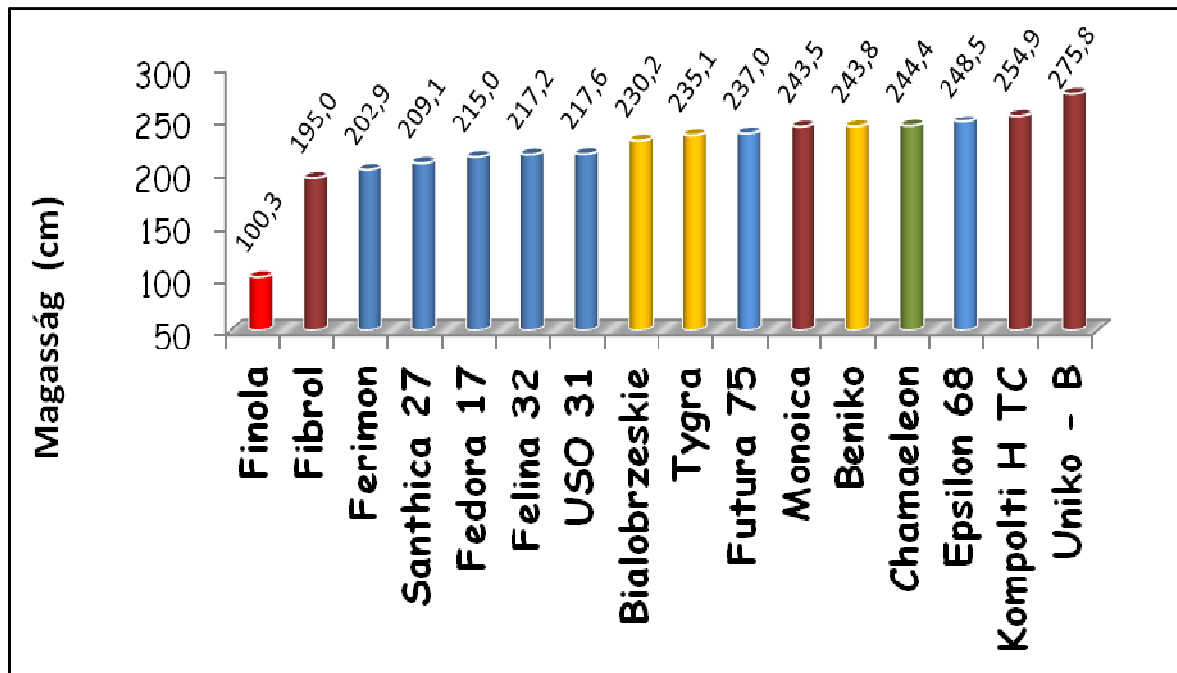
| Fajtakód | Fajtanév | Hely | | | Átlag |
|----------|---------------|-----------|------------|--------------|--------------|
| | | Chrastava | Jaroměřice | Žatec | |
| 2340003 | Beniko | - | - | 0,130 | 0,130 |
| 5077465 | Bialobrzeskie | - | - | 0,080 | 0,080 |
| 5077884 | Fibrol | - | - | 0,040 | 0,040 |
| 5077885 | Monoica | - | - | 0,040 | 0,040 |

4.7.2.3. Csehországi fajtakísérletek 2010

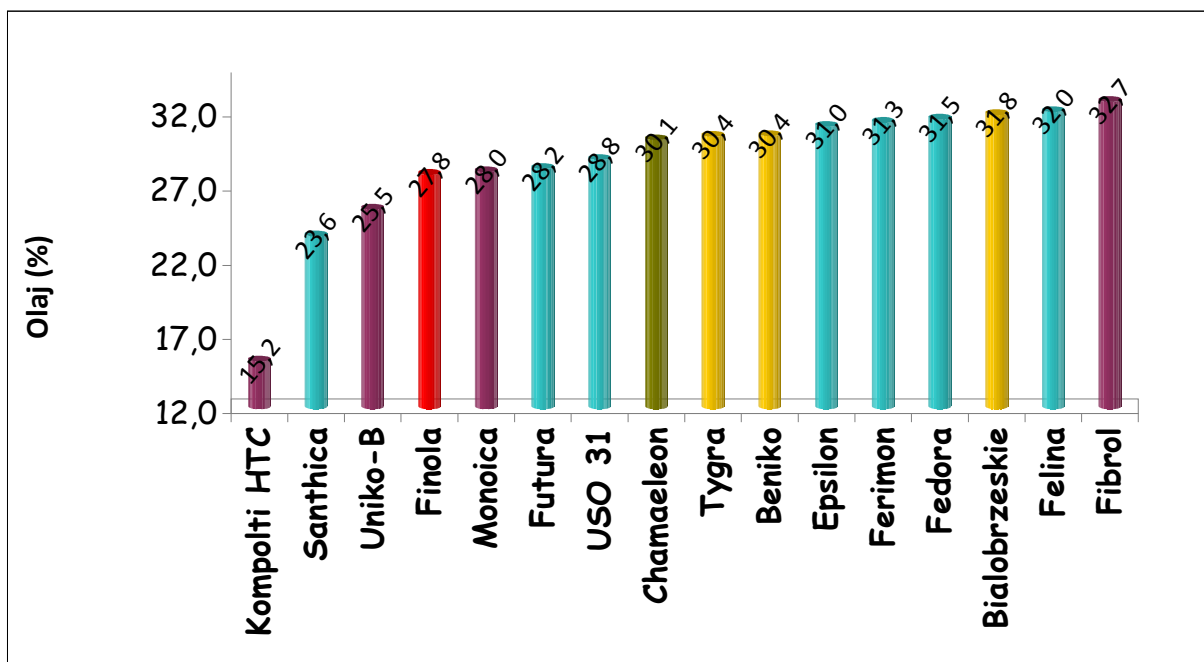
A magyarországi és a csehországi fajtavizsgálatok eredményei csak a magyar és a lengyel kenderfajták teljesítményét mutatták be. Ezzel szemben 2010-ben a csehországi Agritec Kft úgy a vizsgált tulajdonságok, mint a fajták száma szempontjából széleskörű teljesítményvizsgálatokat végzett. Ezekben a magyar fajták (32. és 33. ábra barna oszlopai) a magtermés kivételével jól szerepeltek (32. ábra). A Fibrol fajta a nemzetközi mezőnyben rosttartalom tekintetében (%) átlagos, magtermésben (t/ha) és növénymagasságban (cm) pedig átlagon aluli teljesítményt nyújtott. Az olajtartalomban viszont 32,71%-kal vezető fajta lett (34. ábra).



32. ábra. A csehországi fajtakísérletekben 2010-ben vizsgált kender fajták magtermése (t/ha)



33. ábra. A csehországi fajtakísérletekben 2010-ben vizsgált kender fajták növénymagassága (cm)



34. ábra A csehországi fajtakísérletekben 2010-ben vizsgált kender fajták olajtartalma (%)

4.8. A Fibrollal végzett agrotechnikai kísérletek eredményei

A tenyésztésterület-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 (56. táblázat). A vizsgált tulajdonságok közül a növénymagasság valamennyi tőszámnál azonosan alakult a Fibrol fajtában és a kiindulási Fibrimon populációban is. Viszont az 50 és a 70 cm-es tőtávolságnál a kiindulási populáció növényei 20, illetve 16 cm-rel magasabbak voltak, mint a Fibrol fajtáé. 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.

56. táblázat. Az eltérő tőszám hatása a Fibrol és a Fibrimon magtermésére (g), olajhozamára (g), ezermagtömegére (g) és növénymagasságára (cm) Kompolt, 2006

| Tőtáv (cm) | Magtermés (g) | | | Olajhozam (g) | | | EMT (g) | | | Növénymagasság (cm) | | |
|---------------------|------------------|----------|-------------|------------------|----------|-------------|------------|----------|-------------|------------------------|----------|-------------|
| | Fibrol | Fibrimon | differencia | Fibrol | Fibrimon | differencia | Fibrol | Fibrimon | differencia | Fibrol | Fibrimon | Differencia |
| 20 | 1918 | 2234 | -316 | 301 | 275 | -26** | 16,2 | 20,35 | 4,15*** | 249 | 245 | 5 |
| 30 | 2234 | 1633 | 601** | 316* | 265 | -51*** | 16,05 | 19,65 | 3,6*** | 239 | 247 | -8 |
| 50 | 1858 | 1752 | 106 | 309 | 269 | -40*** | 16,25 | 19,9 | 3,65*** | 249 | 269 | -20* |
| 70 | 1957 | 1803 | 154 | 314 | 265 | -49*** | 16,45 | 20,6 | 4,15*** | 246 | 262 | -16* |
| SzD _{5%} | 943 | 882 | 380,5 | 13,1 | 23,8 | 17,8 | 0,99 | 1,12 | 0,48 | 18 | 35,1 | 15,2 |
| SzD _{1%} | | | | | | 12,8 | | | 0,85 | | | |
| SzD _{0,1%} | | | | | | 20,6 | | | 1,37 | | | |

Megjegyzés: A varianciatáblázatok az M2 mellékletben található.

A Fibrol olajhozama minden tenyésztésterületnél 26-51 g-mal, 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 mértem a szignifikáns, 15grammos különbséget 20 és 30 cm-es tőtávolság között. A utóbbinál 316 g olajtermést mértem, ami hektárra átszámítva 141 kg olajhozamot jelent. Ami a magtermést illeti, csak a 70x30 kötésben volt szignifikáns különbség a két fajta között. Ezen a tenyésztésterületen a Fibrol 601 grammal termett szignifikánsan többet a kontrollnál. A fajtákon belül az eltérő tenyésztésterület nem okozott különbséget a magtermések mértékében. A legnagyobb parcellánkénti magtermést, 2234 grammot a Fibrolnál mértem 70x30-cm-es és a Fibrimon kontrollnál 70x20 cm-es tenyésztésterületnél, ami átszámítva egy hektárra 450 kg-os termést jelent. 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.

4.9. Új és újszerű tudományos eredmények

Munkám során 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 évjáráthatásra 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 Fibrimonnál 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.

5 KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK

5.1. 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 koefficienssek 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 kipréselhető 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 olajtartalom-növelésre. Az elért eredményben tapasztalt különbségek a Fibrol fajtajelöltnél 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 *Fibrimont*, 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 beltenyésztes depresszióra is számítani kell. Horkay (1986) által megállapított 20-26%-os beltenyésztes leromlás a *Fibrimon*-nál mindenekelőtt a magtermésben és a kórótermésben is csökkenést okozhatott, de az olajtartalomban sem kizárható a beltenyésztes depresszió. Feltételezek, hogy a Fibrolnál 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 kontrollnál* 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 (3. táblázat) 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 évjáráthatást 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 *Fibrimon*nál (2,83%, illetve 2,11%). Tehát rostkender fajtákból is lehet eredményes egyedszelekciót végezni a mag olajtartalmának növelésére.

5.2 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 roncsolásmentes 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.

5.3. 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 fajta belül.

5.4. A Kolaj és Fibrol Δ -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 vettük 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 Soxlet 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 szükséges az EMT figyelembe venni a THC és az egyedi magtermés mellett.

5.5 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.

5.6. Az agrotechnikai kísérletek alapján tett következtetések

Miután a fajtajelölt kiválasztásnál a Fibrol mellett döntöttem, további kísérletezést csak ezzel a fajtával végeztem. A tenyészterületi 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.

6 ÖSSZEFOGLALÁS

Napjainkban az élelmiszer- és kozmetikai ipar számos kendermagból vagy kenderolajból előállított, illetve kenderolajt tartalmazó termékkel jelenik meg a piacon. 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. Az új társadalmi és piaci igények teljesítéséhez viszont a kendernemesítési programot át kellett alakítani, és el kell elindítani olyan kenderfajták nemesítését, amelyek főleg a magtermés és az olajtermés céljából természetűek.

Dolgozatomban célul tűztem ki a kétlaki Kompolti rostkender, a kétlaki Tiborszállási tájfajta, valamint az egylaki Fibrimon szabadlevirágzásos fajta olajtartalmának növelését, továbbá a THC tartalom csökkentését egyedszelekcióval. Ennek során olyan magas olajtartalmú kender fajtajelöltet kívántam valamelyik kiindulási fajtából előállítani, amelynek a magas olaj- és az alacsony THC tartalmán kívül kedvező a zsírsavösszetétele, megfelelő az egyedi magtermése, az ezermagtömege, olajhozama, és gazdaságosan természetű. Vizsgálni kívántam továbbá az egyes zsírsavak közötti, valamint az olajtartalom és az egyedi magtermés, valamint az ezermagtömeg közötti korrelációk alakulását a szelekció kezdetén és végén.

Az egyedszelekciót és a tőszám kísérletet Kompolton, a Fleischmann Rudolf Kutató Intézet tenyészertjében végeztem 1997, 1998, 2000, 2001, 2002, 2004 és 2006-ban. A Fibrol fajtát pedig 2004-ben Magyarországon négy, Csehországban pedig hét termőhelyen került elvetésre 2006, 2007, 2008 és 2010-ben. A szelekció során az anyatöveket 70 cm-es sor- és tőtávolságra vettem. A magyarországi és a csehországi fajtakísérletek három- vagy négyismétléses véletlen blokk, illetve polifaktoriális véletlen blokk elrendezésű kísérletek voltak. A tőszámkísérletet pedig 70x20, 70x30, 70x50 és 70x70 cm-es kötésben állítottam be.

Az olajtartalomra történő szelekciót a préselt olajtartalom alapján végeztem, de a szelekció végén a mag olajtartalmát Soxhlet módszerrel, valamint roncsolás mentes NIR és NMR technikákkal is meghatároztam. A zsírsavösszetételt a magból gáz-kromatográfiával, a THC tartalmat pedig a fiatal hajtásból ugyancsak gáz-kromatográffal mértem.

Az adatokat egytényezős varianciaanalízissel értékeltem ki, és kiszámítottam a vizsgált tulajdonságok közötti kapcsolatot kifejező korrelációs koefficienseket is. Mindkettőhöz az „MS Excel for Microsoft Windows[®]” számítógépes szoftvert használtam.

A 100 °C-on préselt olajtartalom a Kompolti fajtában 1996 és 2002 között egyedszelekció hatására 24,8%-ról 29,8%-ra változott, vagyis 5%-kal nőtt. A három nemesítési anyag közül ennél a fajtánál értem el a legnagyobb szelekciós haladást.

A Tiborszállási tájfajta olajtartalma a szelekció hatására 26,6%-ról 28,9%-ra nőtt.

A Fibrimon egylaki kender fajta négy évi egyedszelekciójának eredménye a 35,9%-os préselt olajtartalmú Fibrol fajta, amely 2006-ban kapott állami elismerést.

A hexános extrakción alapuló Soxhlet módszerrel mért olajtartalom értékek és a préssel kapottak összehasonlításakor megfigyeltem, hogy a kiindulási rostkender fajták és a 4-5 évi szelekcióval létrejött magas olajtartalmú fajták magjainak préselt olajtartalma és Soxhlet módszerrel meghatározott olajtartalma közötti különbség genotípusonként eltérő. A préssel meghatározott olajtartalom 5-6%-kal volt magasabb, mint a Soxhlet módszerrel kapott érték (pl. Kolaj). A két módszerrel kaptam azonos értékeket is. Pl. a Tibolajnál mindkét módszer szerint szelekció hatására

2,3%-os volt az olajtartalom növekedése. A Fibrol esetében viszont a préselt olajtartalom 0,5%-kal alacsonyabb volt, mint a hexános extrakcióval kapott érték.

Az évjárat hatása az olajtartalom alakulására genotípusonként eltérő volt. Legérzékenyebben a Tibolaj reagált az eltérő évjáratokra. Olajtartalma erős, pozitív, szignifikáns korrelációban volt az augusztusi csapadék mennyiségével és a szeptemberi átlaghőmérséklettel.

2004-ben a kiindulási nemesítési anyagok és szelektált utódpopulációinak zsírsav analízise kimutatta a különböző típusú zsírsavak arányának, illetve mennyiségének a megváltozását. A telített zsírsavak közül genotípustól függően a kiindulási fajtához képest nőtt vagy nem változott a sztearinsav mennyisége, csökkent vagy nem változott a palmitinsavé. A telítetlen zsírsavak közül az olajsav és a GLA mennyisége genotípustól függően nőtt vagy csökkent, a linolsavé csak nőtt, az α -linolénsavé pedig csak csökkent. A megfigyelt 0,63%-os GLA-tartalom növekedés valószínűleg az ALA rovására történt, hiszen az 0,85%-kal csökkent. Az $\omega 6$ és $\omega 3$ zsírsavak aránya a vizsgált genotípusoknál 2,8:1-ről 3,7:1-re, illetve 3,7:1-ről 4,1:1-re változott.

A korrelációs együtthatók értékei alapján megállapítottam, hogy az egyes zsírsavak mennyisége közötti összefüggések az olajtartalomra történő szelekció során megmaradtak, megszűntek vagy létrejöttek. A Kolajnál az olajsav és az ALA, valamint a linolsav és a GLA közötti erős, negatív, szignifikáns kapcsolat már meg volt a szelekció előtt is, míg a Fibrolnál a szelekció alatt jött létre. A Fibrimon fajtánál az arachidinsav és a linolsav közötti szignifikáns, közepes, negatív korreláció nem figyelhető meg a Fibrol fajtánál. Az egyes zsírsavak között gyenge, pozitív (palmitinsav-ALA), közepes, pozitív (arachidinsav-palmitinsav), közepes, negatív (arachidinsav-linolsav; sztearinsav-ALA; olajsav és linolsav), valamint erős, negatív (olajsav-ALA; linolsav-GLA) szignifikáns kapcsolatokat állapítottam meg. A vizsgált genotípusoknál a linolsav leggyakrabban az arachidin-, az olaj- és a linolsavval, az ALA a sztearin-, a palmitin- és az olajsavval, az olajsav a linolsavval és az α -linolénsavval, a GLA pedig csak a linolsavval került szignifikáns kapcsolatba.

Az olajtartalom növelése mellett az alacsony THC tartalomra is szelektáltam. A szelekció alappopulációtól függően 0,16-0,32%-ról indult. Az utódpopulációk THC tartalom átlagai fokozatosan csökkentek, és a Fibrolnál 2002 óta 0,08% és 0,05% között alakultak. A kezdeti magas THC tartalom csökkentése kedvezőtlenül hatott az olajnövelésre végzett kiválogatás hatékonyságára. Eredményeim alapján megállapítottam, hogy a fajta előállítás és -fenntartása alatt az alacsony THC tartalomra állandó szelekciót kell végezni.

Az olajtartalom növelése genotípusonként eltérően hatott az ezermagtömegre és az egyedi magtermésre. A Fibrol fajta ezermagtömege 22%-kal csökkent a kiindulási Fibrimonéhoz képest, de ez a magtermés alakulását nem befolyásolta. Tehát a területegységre jutó olajhozam nőtt. A Tibolaj ezermagtömege pedig nem változott az olajtartalomra történő szelekció alatt.

A további nemesítési és fajtafenntartási munka érdekében vizsgáltam a szelekció hatását az olaj- és a THC tartalom, valamint az egyes terméskomponensek közötti korrelációk alakulására.

A szelekció kezdetén a Kompolti rostkender fajtánál csak az ezermagtömeg és a THC tartalom között volt szignifikáns gyenge, pozitív korreláció. A szelekció végén az olajtartalom valamint az egyedi magtömeg között szignifikáns gyenge, negatív korrelációt tapasztaltam.

A Fibrimon fajtánál csak az egyedi magtömeg és a THC tartalom között volt szignifikáns pozitív korreláció. Öt évvel később az olajtartalom és az ezermagtömeg között szignifikáns, gyenge negatív kapcsolat jött létre.

A Fibrol fajtajelöltet magas olajtartalma, valamint kedvező zsírsavösszetétele miatt 2004-ben állami fajtakísérletekbe jelentettem be. 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 maximálisan realizálható olajtartalom és magtermés elérése érdekében a Fibrol fajta számára kerestem azt a tenyészterületet, amelyiknél a kedvező agronómiai tulajdonságok mellett a legnagyobb olajhozamra képes. Eredményeim szerint a növénymagasságban az 50 és a 70 cm-es tőtávolságnál volt szignifikáns különbség a kiindulási populáció és a Fibrol fajta között. Az említett tőtávolságoknál a Fibrimon fajta egyedei 20, illetve 16 cm-rel szignifikánsan magasabbak voltak a Fibrolénál.

A Fibrol ezermagtömege a Fibrimonéhoz képest minden tőtávolságnál 3,6-4,15 g-mal, szignifikánsan kisebb volt. De a vizsgált 20, 30, 50 és 70 cm-es tőtávolságoknál azonos volt mind a két fajtánál. Fibrolnál 16,1-16,5 g között, míg a kontroll Fibrimonnál 19,65 és 20,6 g között változott.–A Fibrol olajhozama minden tenyészterületnél 26-51 grammal, szignifikánsan több volt, mint a Fibrimoné. A fajtákon belül az eltérő tőtávolság nem hatott az olajhozamokra. A legnagyobb parcellánkénti magtermést, 2234,0 grammot a Fibrolnál 70x30-cm-es tenyészterületnél, míg a Fibrimonnál ugyanezt az értéket 70x20-cm-es területnél mértem.

Tehát az eltérő tőszám a kiindulási Fibrimon fajtánál nem okozott szignifikáns különbséget az egyik tulajdonságban sem. A Fibrolnál a legnagyobb egyedi magtermést és olajtermést a 30 cm-es tőtávolságnál lehetett elérni.

SUMMARY

Until the 1990's, hemp was known almost exclusively as a fibre plant, if we ignore confusing it with a psychoactive drug providing marijuana. Since then the differences between industrial hemp and marijuana have been being gradually clarified and hemp has become a multifunctional plant. Hemp seed oil is not only a rich source of polyunsaturated fatty acids including essential fatty acids, but the ratio of linoleic acid and linolenic acid is 3:1. This is the balance, which has been claimed to be optimal for human nutrition and is apparently unique among the common plant oils. To fulfil the new social and market demands the Hungarian hemp breeding program had to be modified to produce new seed and oil varieties.

Three Hungarian fiber hemp cultivars were chosen for the investigations. Two of them are dioecious sexual types such as the Kompolti openpollinated cultivar, the Tiborszálási landrace and one monoecious line Fibrimon 21-63.

The main goal of the research was (1) to increase the oil content in the seeds of three fiber cultivars by individual selection, (2) to investigate the fatty acid components in their selected progenies such as Kolaj, Tibolaj and Fibrol, (3) to decrease the THC content of the seeds, (4) to study the effect of selection on grain yield per plant, TGW, plant height and oil yield, as well, (5) to carry out correlation studies between seed quality components and agronomic traits, (6) to produce an oilseed hemp variety with high oil content, favourable fatty acid composition and agronomical traits, (7) to determine the optimal plant density for maximum seed and oil yield.

Individual selection and spacing trial were carried out in the nurseries of the Feischmann Rudolf Research Institute, Kompolt, Hungary. Official variety testing with Fibrol candidate variety were conducted in random plots respectively polyfactorial random blocks designed in three or four replicates in Hungary and Czech Republic.

Selection for high oil content was done on the basis of the pressed oil content of the seeds. After four and five years of selection, seed oil content of Kolaj, Tibolaj and Fibrol progenies was analysed by Soxhlet, NMR and NIR techniques. Fatty acid composition and THC content were determined by liquid gas chromatography.

The data were evaluated by ANOVA and simple correlation using software „MS Excel for Microsoft Windows®”.

The highest increase in oil content due to the individual selection was achieved in Kolaj families. Their pressed oil content was 5% higher as compared to the Kompolti variety. In Tibolaj and Fibrol progenies there was only an increase by 2.3 % and 0.9% . By the end of selection Kolaj, Tibolaj and Fibrol contained 29.8%, 28.9% and 29.6% pressed oil in the seeds.

To reduce the year effect on the oil content, seeds of basic varieties and their selected progenies were sown at one location in the same year. The oil content of the seeds was determined by the Soxhlet method, which confirmed the same increase in oil content in Tibolaj (2.3%) as that of the pressed oil one. However, different values were shown in the case of Kolaj and Fibrol families: there was a 2.83% and 2.11% difference in oil content analysed by two methods. According to the Soxhlet method the final oil content of Kolaj families was 35.44%, of Tibolaj families 34.38% and the Fibrol variety possessed the highest one, 35.9%. The differences between the oil contents determined by pressing and Soxhlet extraction varied from 5.6 to 6.3%.

The changes in fatty acid profile due to the increased seed oil content were studied in Kompolti and Fibrimon and their selected progenies. Among the saturated fatty acids the stearic acid content in Fibrol families increased due to the selection for oil content. Whilst in Kolaj progenies there was no change in the stearic acid content. The selection did not influence the palmitic acid content in Fibrol, but decreased in Kolaj. The oleic acid content changed in opposite directions while linoleic acid increased and ALA decreased in both breeding materials. The most desired increase of GLA was achieved in Fibrol, while in Kolaj its content slightly decreased. The elevated seed oil content increased the ratio of essential fatty acids $\omega 6/\omega 3$.

Individual selection for high oil content has changed the type of associations between the fatty acids. It is worth mentioning that there was a significant negative correlation during the selection in Kolaj. In Fibrol, this type of correlation was found only in the progenies with increased oil content, and probably it was replaced by a negative association between oleic and linoleic acids.

The efficiency of breeding in hemp, no matter what purpose it is done for, is always connected to controlling the level of its psychoactive component, THC and keeping its content under the legal limit (0.2%). The lower efficiency of selection in Tibolaj and Fibrol can be explained with the higher initial THC level, than that of Kompolti. The results of the correlations between THC, oil content and agronomic traits before and after the selection show, that while the THC was initially positively correlated with TSW or seed yield per plant, this association was not observed in the progenies of increased oil content. The negative correlation of the oil content with TSW and individual seed yield was obtained in the last selected populations. However, a significant decrease in TSW in Fibrol, as compared to the initial Fibrimon, could be observed during the whole selection period.

In spite of the lower TSW as well as seed yield, Fibrol was announced for official variety testing because of its high oil content and favourable fatty acid composition and was registered in 2006. According to the spacing trial the most favourable grain and oil yield can be achieved at 30 cm plant distance.

M1 melléklet

IRODALOMJEGYZÉK

1. BAINYNER K. (1967): Gazdasági állatok takarmányozása. 2. kiadás. 1-3. kötet, Budapest: Mezőgazdasági Kiadó. 383 p.
2. BAKEL van H. et al. (2011): The draft genome and transcriptome of *Cannabis sativa*. *Genome Biology*. 12:R 102. p.
3. BEKE F. (1962): A kender fejlődés- és növekedéstana. 50-52. p. In: MÁNDY Gy., BÓCSA I. (Szerk.) *A kender (Cannabis sativa L.) Magyarország kultúrflórája*. Budapest: Akadémiai Kiadó. 114 p.
4. BÓCSA I. (1958): Kísérletek a magyar egylaki kender előállítására. *MTA Közleményei*. XIV. kötet. 65-84. p.
5. BÓCSA I. (1960): A kender heterózis nemesítésének problémái. *MTA Közleményei*. XVIII. kötet. 3-4. p.
6. BÓCSA I. (1962): A rostkender termesztése. 63-116. p. In: AGÓCS P. (Szerk.) *A rostkender és a rostlen termesztése*. Budapest: Mezőgazdasági Kiadó. 283 p.
7. BÓCSA I., KARUS M. (1998): The cultivation of hemp. Sebastopol (California): Hemptech. 184 p.
8. BÓCSA I. (2004): A kender és a termesztése. Budapest: Agroinform Kiadó. 112 p.
9. BÓCSA I., FINTA-KORPELOVÁ Z., MÁTHÉ P. (2005): Preliminary results of selection for seed oil content in hemp (*Cannabis sativa L.*). *Journal of Industrial Hemp*. 10(1): 5-15. p.
10. BREDEMANN G. (1945): Untersuchungen über die Nährstoffaufnahme und den Nährstoffbedarf des Hanfes (*Cannabis sativa L.*) *Zs. Pfl. Ern.* (36) 167-204. p.
11. BREDEMANN G. (1952): Weitere Beobachtungen bei Züchtung des Hanfes auf Fasergehalt. *Der Züchter*. B.22:9:257-269. p.
12. CALLAWAY J.C., LAAKKONEN T.T. (1996): Cultivation of *Cannabis* oil seed varieties in Finland. *Journal of Industrial Hemp*. 3(1):32-34. p.
13. CALLAWAY J.C. (2004): Hempseed as a nutritional resource: An overview. *Euphytica*. (140) 65-72. p.
14. CALLAWAY J.C., TENNILÄ T., PATE D.W. (1997): Occurrence of “omega-3”stearidonic acid (*cis*-6,9,12,15-octadecatetraenoic acid) in hemp (*Cannabis sativa L.*) seed. *J. Internat. Hemp Assoc.* 3, 61-63. p.

15. CALLAWAY J.C., PATE D.W. (2009): Hempseed oil. Chapter 5:185-213. p. In: MOREAU R.A., KAMAL-ELDIN A. (Szerk.): *Gourmet and Health-Promoting Specialty Oils*. Urbana (Ill.): American Oil Chemists Society Press. 587 p.
16. CALLAWAY J.C. (2010): Material Safety and Data Sheet for Finola® Hempseed Oil. <http://www.finola.com/Finola%20Oil%20MSDS%20181209.pdf>.
17. CLARKE R.C. (1981): Marijuana botany. Berkeley (California): And/Or Press, 197 p.
18. 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.
19. DUDITS D., HESZKY L. (2003): Növényi biotechnológia és géntechnológia. Budapest: Agroinform Kiadó. 312 p.
20. FAOSTAT (2010): <http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor>
21. FRANK J. (1999): Napraforgó biológiája, termesztése. Budapest: Mezőgazda Kiadó. 346 p.
22. FRANZ-WARKENTIN P. (2011): Hemp crop looking good. *Grainews*. <http://www.grainews.ca/news/hemp-crop-looking-good/1000638386/>
23. HAJÓSNÉ-NOVÁK M. (1999): Genetikai variabilitás a növénynemesítésben. Budapest: Mezőgazda Kiadó. 142 p.
24. 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.
25. HAMMOND C.T., MAHLBERG P.G. (1977): Morphogenesis of capitate glandular hairs of *Cannabis sativa* (Cannabaceae). *Amer. J. Bot.* 64: 1023-1031. p.
26. HOFFMANN W. (1938): Das Geschlechtsproblem des Hanfes in der Züchtung. *Zeitschrift für Pflanzenzüchtung*. 22: 453-467. p.
27. HOFFMANN W. (1947): Die Vererbung der Geschlechtsformen des Hanfes (*Cannabis sativa* L.). *Der Züchter*. 17/18. 9. 257-277. p.
28. HOFFMANN W. (1952): Die Vererbung der Geschlechtsformen des Hanfes (*Cannabis sativa* L.). *Der Züchter*. 22:147-158. p.
29. HORKAY E. (1976): A rosttartalom és kórótermő-képesség örökölhetősége a Kompolti kendernél, és alkalmazhatósága a javító fajtafenntartásban. Doktori értekezés. GATE, Gödöllő – Kompolt. 104 p.
30. HORKAY E. (1986): Az ön- és idegentermékenyülés részarányának megállapítása populációgenetikai módszerrel egylaki kenderállományban. *Növénytermelés*. 35.3:177-186. p.

31. IVÁNYINÉ I. (2005): A rostkender termesztése. 309-318. p. In: ANTAL J. (Szerk.): *Növénytermesztés 2*. Budapest: Mezőgazda Kiadó. 595 p.
32. JAKOBEY I. (1953): A kenderkóró rosttartalmi értékének meghatározása oldalágai útján. *Növénytermelés*. 2: 238-244. p.
33. JAKOBEY I. (1962): A kender kémiai összetétele. 83-87. p. In: MÁNDY Gy., BÓCSA I. (Szerk.): *A kender (Cannabis sativa L.). (Magyarország kultúrflórája.)* Budapest: Akadémiai Kiadó. 114 p.
34. JÁKY M. (1946): Növényi zsíros olajok kémiája és ipari előállítása. (*Országos Magyar Mezőgazdasági Ipari Kísérleti Intézet kiadványa*), Budapest: Athenaeum. 203 p.
35. KRALOVÁNSZKY U.P., MATHNÉ, SHILL J. (1994): Adatok a kendermag beltartalmi és használati értékeléshez. *Növénytermelés*. 43(5)439-446. p.
36. LEIZER C. et al. (2000). The composition of hemp seed oil and its potential as an important source of nutrition. *Journal of Nutraceuticals, Functional and Medical Foods*. 2(4) 35-53. p.
37. LESON G. (2006): Hemp Foods in North America: Trends and Results from Nutritional Studies. *Journal of Industrial Hemp*. 1.11(1): 89-93. p.
38. MANDOLINO G. et al. (2003): Qualitative and quantitative aspects of the inheritance of chemical genotype in *Cannabis*. *Journal of Industrial Hemp*. 1.8(2): 51-72. p.
39. MÁNDY GY., BÓCSA I. (1962): A kender (*Cannabis sativa L.*). (*Magyarország kultúrflórája.*) Budapest: Akadémiai Kiadó. 114 p.
40. MATHIEU J.-P. (1980): Chanvre (hemp). *Techn. Agric.* 5: 1-10. p.
41. MEHMEDIC Z. et al. (2010): Potency trends of Δ^9 -THC and other cannabinoids in confiscated cannabis preparations from 1993 to 2008. *J. Forensic Sci.* 55:1209-1710. p.
42. MEYER L. et al. (1991) Supercritical Fluid Extraction (SFE), Advantages, Applications and Instrumentation for Sample Preparation. *ISCO Applications Bulletin*, 69: 15-19. p.
43. MÖLLEKEN H., THEIMER R.R. (1997): Survey of minor fatty acids in *Cannabis sativa L.* fruits of various origin. *Journal of Industrial Hemp*. 4(1):13-16. p.
44. OSBURN L. (1992): Hemp seed: The most nutritionally complete food source in the world. *Hemp Line Journal*, I. (1) 14-15. p.
45. PEPÓ P. (2005): Olaj- és ipari növények. 221-223. p. In: Antal J. (Szerk.): *Növénytermesztés 2*. Budapest: Mezőgazda Kiadó. 595 p.
46. PRJANISNIKOV D.N. (1930): *Spezieller Pflanzenbau*. Berlin: Springer Verlag. 382 p.
47. ROULAC J.W. (1997): *Hemp Horizons: The Comeback of the World's Most Promising Plant*. Vermont: Chelsea Green Publishing. 212 p.

48. SCHEIFELE G. (2000): 1999 Studies on factors effecting hemp oil extraction from hemp grain grown in northern Ontario. www.gov.on.ca/omafra
49. SCHEIFELE G. (2011): Szóbeli közlés. Nem publikált adat
50. SENGBUCH R. V. (1952): Ein weiterer Beitrag zur Vererbung des Geschlets bei Hanf als Grundlage für die Züchtung eines monozischen Hanfes. *Zeitschrift für Pflanzenzüchtung*. B.31:H.: 319-338. p.
51. SIMOPOULOS A.P., LEAF A., SALEM N. (2000): Workshop statement on the essentiality of and recommended dietary intakes from omega-6 and omega-3 fatty acids, Prostaglandins Leukot. *Essent. Fatty Acids*. 63(3), 119-121. p.
52. SLASKI J.J. et al. (2008): Development of industrial hempfeedstocks in Alberta for manufacturing biocomposites and other high-value materials. In: s.l. (Szerk.): *Flax and Other Bast Plants*. S.n.: Saskatoon (Canada). 417 p.
53. SMALL E. (1979): Practical and natural taxonomy for *Cannabis*. Volume I, 171-211. p. In: SMALL E. (Szerk.): *The species problem in Cannabis*. Toronto (Canada): Corpus. 280 p.
54. SOÓ R. (1953): Fejlődéstörténeti növényrendszertan. Budapest: Tankönyvkiadó. 560 p.
55. SVÁB J. (1967): Biometriai módszerek a mezőgazdasági kutatásban. Budapest: Mezőgazdasági Kiadó. 518 p.
56. SVÁB J. (1971): A populációgenetika alapjai. Budapest: Mezőgazdasági Kiadó. 191 p.
57. THEIMER R.R., MÖLLEKEN H. (1995): Analysis of the oils from different hemp (*Cannabis sativa* L.) cultivars-perspective for economic utilization. 536-545. p. In: s.l. (Nova Institute) (Szerk.): *Bioresource Hemp. Proceedings of the symposium*. Frankfurt: Hemptech. 627 p.
58. WEIL A. (1993): Therapeutic hemp oil. *Natural Health*, March/April, 10-13. p.
59. WEHMER C. (1929): Die Pflanzenstoffe. 2. Aufl., Jena: G. Fischer Verlag. 518 p.
60. 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.

M2

Alapadatok és varianciaanalízis MQ-táblázatok

1. táblázat. A Kompolti rostkender anyatóveinek olajtartalma (%)

| Kolaj (Kompolti)alappopuláció olajtartalma | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|-------|---------|-------|---------|-------|---------|-------|---------|-------|---------|-------|---------|-------|---------|-------|---------|-------|---------|-------|---------|-------|
| sorszám | olaj% | sorszám | olaj% | sorszám | olaj% | sorszám | olaj% | sorszám | olaj% | sorszám | olaj% | sorszám | olaj% | sorszám | olaj% | sorszám | olaj% | sorszám | olaj% | sorszám | olaj% |
| 1 | 25,8 | 21 | 24,4 | 22 | 25,2 | 43 | 27,6 | 64 | 24 | 85 | 23,2 | 10 | 26,6 | 12 | 26,2 | 14 | 25,4 | 16 | 26,8 | 19 | 25,8 |
| 2 | 24,2 | 22 | 25,4 | 23 | 24 | 44 | 26,4 | 65 | 26,4 | 86 | 23,6 | 10 | 27,7 | 12 | 24 | 14 | 24,8 | 17 | 23,8 | 19 | 24,2 |
| 3 | 22,4 | 23 | 23,2 | 24 | 27,4 | 45 | 24,6 | 66 | 26,2 | 87 | 25 | 10 | 25 | 12 | 27 | 15 | 26,6 | 17 | 24,8 | 19 | 22,4 |
| 4 | 19 | 24 | 24,2 | 25 | 24,6 | 46 | 25 | 67 | 25,6 | 88 | 28 | 10 | 26,8 | 13 | 29,8 | 15 | 24,1 | 17 | 24 | 19 | 19 |
| 5 | 20 | 25 | 20,4 | 26 | 24,2 | 47 | 25,2 | 68 | 25,2 | 89 | 26,4 | 11 | 24,8 | 13 | 26,8 | 15 | 27 | 17 | 26,4 | 19 | 20 |
| 6 | 22,6 | 26 | 26,4 | 27 | 24,6 | 48 | 26,4 | 69 | 24,6 | 90 | 22,4 | 11 | 25,2 | 13 | 23,8 | 15 | 24,3 | 17 | 24,4 | 19 | 22,6 |
| 7 | 25,2 | 27 | 24,8 | 28 | 27,2 | 49 | 22,2 | 70 | 24,4 | 91 | 24,2 | 11 | 25,4 | 13 | 26,2 | 15 | 25,4 | 17 | 25,8 | 19 | 25,2 |
| 8 | 24,2 | 28 | 26,2 | 29 | 24,2 | 50 | 26,4 | 71 | 22,4 | 92 | 22 | 11 | 24,6 | 13 | 24,8 | 15 | 23,6 | 17 | 26,6 | 19 | 24,2 |
| 9 | 15 | 29 | 23,2 | 30 | 24,8 | 51 | 23,8 | 72 | 25 | 93 | 22,8 | 11 | 24,4 | 13 | 27,6 | 15 | 25,6 | 17 | 27,2 | 19 | 15 |
| 10 | 24,6 | 30 | 26 | 31 | 21,4 | 52 | 24 | 73 | 23 | 94 | 23 | 11 | 24,5 | 13 | 26 | 15 | 25,7 | 17 | 24,8 | 19 | 24,6 |
| 11 | 23,2 | 31 | 26,6 | 32 | 31,4 | 53 | 25 | 74 | 24,4 | 95 | 24,2 | 11 | 21,6 | 13 | 23,4 | 15 | 25,8 | 17 | 28,4 | 20 | 23,2 |
| 12 | 23,2 | 32 | 24,4 | 33 | 24,4 | 54 | 24,2 | 75 | 24,4 | 96 | 25,8 | 11 | 26 | 13 | 26,4 | 15 | 20,4 | 18 | 24,4 | 20 | 23,2 |
| 13 | 25,4 | 33 | 25,2 | 34 | 26,4 | 55 | 16,6 | 76 | 25,2 | 97 | 22,8 | 11 | 29 | 13 | 27,4 | 16 | 25 | 18 | 28,8 | 20 | 25,4 |
| 14 | 22,4 | 34 | 27,4 | 35 | 24,6 | 56 | 22,4 | 77 | 27,2 | 98 | 23,6 | 11 | 25,9 | 14 | 24,2 | 16 | 24,1 | 18 | 24,4 | 20 | 22,4 |
| 15 | 23,2 | 35 | 26,2 | 36 | 25,4 | 57 | 27,4 | 78 | 28 | 99 | 24,8 | 12 | 24,8 | 14 | 24,4 | 16 | 25,2 | 18 | 26,6 | 20 | 23,2 |
| 16 | 20,8 | 36 | 23,6 | 37 | 22,6 | 58 | 26,2 | 79 | 24,2 | 100 | 24,4 | 12 | 22,2 | 14 | 26,2 | 16 | 24,3 | 18 | 26,8 | 20 | 20,8 |
| 16 | 27,6 | 37 | 26,6 | 38 | 25,4 | 59 | 22,8 | 80 | 23,4 | 101 | 25 | 12 | 14,4 | 14 | 23,8 | 16 | 24,4 | 18 | 26,4 | 20 | 27,6 |
| 17 | 24,8 | 38 | 23,2 | 39 | 26 | 60 | 25 | 81 | 26,2 | 102 | 24,2 | 12 | 26,8 | 14 | 26,2 | 16 | 27,5 | 18 | 22,8 | 20 | 24,8 |
| 18 | 23,4 | 39 | 23,8 | 40 | 27,6 | 61 | 25,2 | 82 | 24 | 103 | 23,6 | 12 | 25,4 | 14 | 25,8 | 16 | 27 | 18 | 24,8 | 20 | 23,4 |
| 19 | 23,6 | 40 | 27,2 | 41 | 24,4 | 62 | 25,8 | 83 | 23,8 | 104 | 25 | 12 | 20 | 14 | 25 | 16 | 27 | 18 | 25,4 | 20 | 25 |
| 20 | 27,6 | 41 | 26,8 | 42 | 25,6 | 63 | 26,4 | 84 | 23,8 | 105 | 24 | 12 | 26,2 | 14 | 25,6 | 16 | 25,8 | 18 | 24,8 | 21 | |
| Átlag | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 24,8 | |
| Szórás | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 2,1 | |

2. táblázat. A kompolti rostkender anyatövek olajtartalma (%) egy év szelekció után.

| Kolaj (Kompolti) szelektált részpopuláció olajtartalma | | | | | | | | | | | |
|---|-------|---------|-------|---------|-------|---------|-------|---------|-------|---------|-------|
| sorszám | olaj% | sorszám | olaj% | sorszám | olaj% | sorszám | olaj% | sorszám | olaj% | sorszám | olaj% |
| 1 | 27,6 | 6 | 26,6 | 11 | 27,4 | 16 | 27 | 21 | 27,4 | 26 | 28,4 |
| 2 | 26,4 | 7 | 27,2 | 12 | 26,4 | 17 | 29 | 22 | 27 | 27 | 26,8 |
| 3 | 26,2 | 8 | 27,2 | 13 | 27,2 | 18 | 26,8 | 23 | 27 | | |
| 4 | 26,6 | 9 | 31,4 | 14 | 28 | 19 | 27,6 | 24 | 26,4 | | |
| 5 | 26,2 | 10 | 26,4 | 15 | 28 | 20 | 26,4 | 25 | 27,2 | | |
| Átlag | | | | | | | | | | 27,25 | |
| Szórás | | | | | | | | | | 1,1 | |

3. táblázat. A Kolaj utódpopuláció olajtartalma (%) két év szelekció után

| sorszám | olaj% | sorszám | olaj% | sorszám | olaj% | sorszám | olaj% | sorszám | olaj% |
|---------------|-------|---------|-------|---------|-------|---------|-------|---------|-------|
| 1 | 28,4 | 21 | 26,6 | 41 | 24,6 | 61 | 26 | 81 | 26,6 |
| 2 | 26,4 | 22 | 28 | 42 | 27,4 | 62 | 27,6 | 82 | 26,4 |
| 3 | 28 | 23 | 26,8 | 43 | 29,8 | 63 | 26,6 | 83 | 28,2 |
| 4 | 27,2 | 24 | 26,2 | 44 | 28,4 | 64 | 28,2 | 84 | 26,6 |
| 5 | 25 | 25 | 27,4 | 45 | 27,4 | 65 | 25,6 | 85 | 28 |
| 6 | 27,4 | 26 | 25,2 | 46 | 27,8 | 66 | 26,2 | 86 | 26,8 |
| 7 | 24,6 | 27 | 26,4 | 47 | 27 | 67 | 26,2 | 87 | 26,2 |
| 8 | 28,6 | 28 | 26 | 48 | 25,6 | 68 | 27 | 88 | 27,4 |
| 9 | 27 | 29 | 28,2 | 49 | 28 | 69 | 24,8 | 89 | 25,2 |
| 10 | 25,4 | 30 | 26,6 | 50 | 27,4 | 70 | 28,2 | 90 | 26,4 |
| 11 | 27,2 | 31 | 29 | 51 | 25,2 | 71 | 25,2 | 91 | 26 |
| 12 | 29 | 32 | 27,6 | 52 | 26,8 | 72 | 24,6 | 92 | 28,2 |
| 13 | 27 | 33 | 30 | 53 | 28,2 | 73 | 25,4 | 93 | 26,6 |
| 14 | 27,4 | 34 | 27 | 54 | 25,2 | 74 | 24,8 | 94 | 29 |
| 15 | 23,4 | 35 | 26,6 | 55 | 26,6 | 75 | 26,8 | 95 | 27,6 |
| 16 | 25,6 | 36 | 27,6 | 56 | 27,2 | 76 | 28,2 | 96 | 30 |
| 17 | 28,2 | 37 | 29,8 | 57 | 26,2 | 77 | 26,4 | 97 | 27 |
| 18 | 26,6 | 38 | 26 | 58 | 26,8 | 78 | 27,4 | 98 | 26,6 |
| 19 | 25,6 | 39 | 27,6 | 59 | 25,6 | 79 | 25,4 | 99 | |
| 20 | 28,4 | 40 | 26,6 | 60 | 25,2 | 80 | 28,2 | 100 | |
| átlag | | | | | | | | | 26,84 |
| szórás | | | | | | | | | 1,32 |

4. táblázat. A szelekció hatása a Kolaj extrahált olajtartalmának (%) alakulására. (Három év magjai egy évben elvetve.)

| Kezelés | Ismétlés | | | | Átlag |
|--------------------|----------|-------|-------|-------|-------|
| | I. | II. | III. | IV. | |
| Kolaj 1999 | 33,73 | 33,47 | 34,16 | 33,58 | 33,74 |
| Kolaj 2000 | 35,42 | 35,24 | 35,14 | 35,23 | 35,26 |
| Kolaj 2001 | 35,03 | 35,73 | 35,78 | 35,21 | 35,44 |
| Kompolti(kontroll) | 33,29 | 32,75 | 32,19 | 32,22 | 32,61 |

5. táblázat. A Kolaj olajtartalmának varianciaanalízise.

| Tényező | SQ | FG | MQ | F | |
|----------|-------|----|----------|-------------------------|--------------|
| Összes | 23,3 | 15 | 1,535333 | | |
| Ismétlés | 0,225 | 3 | 0,075 | | |
| Kezelés | 21,49 | 3 | 7,163333 | | |
| Hiba | 1,315 | 9 | 0,146111 | 49,02662 | |
| | | | | SzD_{5%} | 0,61% |

6. táblázat. A szelekció hatása a Tibolaj extrahált olajtartalmának (%) alakulására (Három év magjai egy évben elvetve.)

| Kezelés | Ismétlés | | | | Átlag |
|-------------------------|----------|--------|-------|-------|-------|
| | I. | II. | III. | IV. | |
| Tibolaj 1999 | 32,52 | 33,27 | 33,65 | 33,40 | 33,21 |
| Tibolaj 2000 | 33,53 | 32,224 | 33,68 | 35,20 | 33,66 |
| Tibolaj 2001 | 35,24 | 34,01 | 33,92 | 34,35 | 34,38 |
| Tiborszállási(kontroll) | 32,00 | 33,05 | 32,96 | 30,52 | 32,13 |

7. táblázat. A Tibolaj extrahált olajtartalmának varianciaanalízise.

| Tényező | SQ | FG | MQ | F | |
|----------|----------|----|----------|-------------------------|--------------|
| Összes | 21,01 | 15 | 1,400503 | | |
| Ismétlés | 0,30171 | 3 | 0,116724 | | |
| Kezelés | 10,64101 | 3 | 3,547003 | 3,187089 | |
| Hiba | 10,01636 | 9 | 1,112929 | | |
| | | | | SzD_{5%} | 1,69% |

8. táblázat. A szelekció hatása a Fibrol extrahált olajtartalmának (%) alakulására (Három év magjai egy évben elvetve.)

| Kezelés | Ismétlés | | | | Átlag |
|--------------------|----------|-------|-------|-------|-------|
| | I. | II. | III. | IV. | |
| Fibrol 1999 | 35,21 | 34,54 | 36,15 | 34,76 | 35,16 |
| Fibrol 2000 | 34,32 | 34,52 | 36,12 | 35,73 | 35,17 |
| Fibrol 2001 | 34,72 | 36,02 | 36,10 | 36,76 | 35,89 |
| Fibrimon(kontroll) | 34,53 | 33,73 | 33,21 | 33,65 | 33,78 |

9. táblázat. A Fibrol extrahált olajtartalmának varianciaanalízise

| Tényező | SQ | FG | MQ | F | |
|----------|-------|----|------|-------------------------|--------------|
| Összes | 16,32 | 15 | 1,09 | | |
| Ismétlés | 1,514 | 3 | 0,50 | | |
| Kezelés | 9,347 | 3 | 3,12 | 5,1366551 | |
| Hiba | 5,459 | 9 | 0,61 | | |
| | | | | SzD_{5%} | 1,25% |

10. táblázat. A Fibrol fajta parcellánkénti magtermése (g/parcella) különböző tőtávolságnál Kompolton

| Kezelés | Ismétlés | | | | |
|---------|----------|------|------|------|-------|
| | I. | II. | III. | IV. | Átlag |
| 20 cm | 1520 | 1594 | 2379 | 2179 | 1918 |
| 30 cm | 1431 | 2462 | 2540 | 2503 | 2234 |
| 50 cm | 832 | 1854 | 2737 | 2009 | 1858 |
| 70 cm | 1816 | 2120 | 1764 | 2127 | 1957 |

11. táblázat. A Fibrol fajta parcellánkénti magtermésének (g/parcella) varianciaanalízise

| Tényező | SQ | FG | MQ | F | F kritikus |
|---------|---------|----|--------|-------------------------|-------------|
| Összes | 3700497 | 15 | | | |
| Kezelés | 332953 | 3 | 110984 | | |
| Hiba | 3367545 | 9 | 374172 | 0,30 | 3,49 |
| | | | | SzD_{5%} | 943g |

12. táblázat. A tenyészterület hatása a Fibrol fajta olajtermésére (g/1000g mag)

| Kezelés | Ismétlés | | | | |
|---------|----------|-----|------|-----|--------|
| | I. | II. | III. | IV. | Átlag |
| 20 cm | 300 | 300 | 305 | 300 | 301,25 |
| 30 cm | 310 | 325 | 315 | 315 | 316,25 |
| 50 cm | 317 | 300 | 300 | 320 | 309,25 |
| 70 cm | 320 | 305 | 320 | 310 | 313,75 |

13. táblázat. A Fibrol fajta olajtermésének (g/1000 g mag) varianciaanalízise

| Tényező | SQ | FG | MQ | F | F kritikus |
|---------|--------|----|-------|-------------------------|--------------|
| Összes | 1173,8 | 15 | | | |
| Kezelés | 520,8 | 3 | 173,6 | | |
| Hiba | 653 | 9 | 72,3 | 2,39 | 3,49 |
| | | | | SzD_{5%} | 13,1g |

14. táblázat. A tenyésztület hatása a Fibrol fajta ezermagtömegére (g)

| Kezelés | Ismétlés | | | | Átlag |
|---------|----------|------|------|------|-------|
| | I. | II. | III. | IV. | |
| 20 cm | 15,4 | 16,4 | 16,8 | 16,2 | 16,20 |
| 30 cm | 15,6 | 16,2 | 16,2 | 16,2 | 16,05 |
| 50 cm | 17,2 | 16 | 16 | 15,8 | 16,25 |
| 70 cm | 16,4 | 17 | 16,8 | 15,6 | 16,45 |

15. táblázat. A Fibrol fajta ezermagtömegének varianciaanalízise

| Tényező | SQ | FG | MQ | F | F kritikus |
|---------|------|----|-------|-------------------------|--------------|
| Összes | 4,02 | 15 | | | |
| Kezelés | 0,33 | 3 | 0,109 | | |
| Hiba | 3,69 | 9 | 0,41 | 0,26 | 3,49 |
| | | | | SzD_{5%} | 0,99g |

16. táblázat. A tenyésztület hatása a Fibrol fajta növénymagasságára (cm)

| Kezelés | Ismétlés | | | | Átlag |
|---------|----------|-----|------|-----|-------|
| | I. | II. | III. | IV. | |
| 20 cm | 236 | 250 | 251 | 259 | 248,5 |
| 30 cm | 226 | 240 | 245 | 245 | 239 |
| 50 cm | 236 | 267 | 255 | 239 | 249,3 |
| 70 cm | 246 | 244 | 245 | 246 | 245,3 |

17. táblázat. A Fibrol fajta növénymagasságának varianciaanalízise

| Tényező | SQ | FG | MQ | F | F kritikus |
|---------|--------|----|-------|-------------------------|--------------|
| Összes | 1408 | 15 | | | |
| Kezelés | 261,5 | 3 | 87,17 | | |
| Hiba | 1146,5 | 9 | 127,4 | 0,68 | 3,86 |
| | | | | SzD_{5%} | 18 cm |

18. táblázat. A tenyésztület hatása a Fibrimon fajta növénymagasságára (cm)

| Kezelés | Ismétlés | | | | Átlag |
|---------|----------|-------|-------|-------|-------|
| | I. | II. | III. | IV. | |
| 20 cm | 251,5 | 248,3 | 269,5 | 212 | 245,3 |
| 30 cm | 256,1 | 244,5 | 215,6 | 270,4 | 246,8 |
| 50 cm | 255,5 | 250,1 | 178,5 | 289,5 | 268,8 |
| 70 cm | 252,7 | 262,6 | 256,8 | 274 | 261,8 |

19. táblázat. A Fibrol fajta növénymagasságának varianciaanalízise eltérő tenyésztületnél

| Tényező | SQ | FG | MQ | F | F kritikus |
|---------|--------|----|-------|-------------------------|----------------|
| Összes | 6239,8 | 15 | | | |
| Kezelés | 1584,8 | 3 | 528,3 | | |
| Hiba | 4655 | 9 | 517,2 | 1,02 | 3,49 |
| | | | | SzD_{5%} | 35,1 cm |

20. táblázat. A tenyésztület hatása a Fibrimon fajta egyedi magtermésére (g/növény)

| Kezelés | Ismétlés | | | | Átlag |
|---------|----------|------|------|------|-------|
| | I. | II. | III. | IV. | |
| 20 cm | 1431 | 2462 | 2540 | 2503 | 2234 |
| 30 cm | 1180 | 2093 | 1242 | 2017 | 1633 |
| 50 cm | 897 | 1660 | 2172 | 2277 | 1752 |
| 70 cm | 1964 | 1745 | 2018 | 1485 | 1803 |

21. táblázat. A Fibrimon fajta egyedi magtermésének varianciaanalízise különböző tőtávolságoknál

| Tényező | SQ | FG | MQ | F | F kritikus |
|---------|---------|----|--------|-------------------------|--------------|
| Összes | 3773446 | 15 | | | |
| Kezelés | 825363 | 3 | 275121 | | |
| Hiba | 2948083 | 9 | 327565 | 0,83 | 3,49 |
| | | | | SzD_{5%} | 882 g |

22. táblázat. A tenyészterület hatása a Fibrimon fajta olajtömegére (g/1000g mag)

| Kezelés | Ismétlés | | | | Átlag |
|---------|----------|-----|------|-----|-------|
| | I. | II. | III. | IV. | |
| 20 cm | 280 | 260 | 270 | 289 | 274,8 |
| 30 cm | 280 | 260 | 260 | 260 | 265 |
| 50 cm | 289 | 245 | 260 | 280 | 268,5 |
| 70 cm | 270 | 250 | 260 | 260 | 260 |

23. táblázat. A Fibrimon fajta olajtömegének varianciaanalízise különböző tőtávolságok esetén

| Tényező | SQ | FG | MQ | F | F kritikus |
|---------|--------|----|-------|-------------------------|---------------|
| Összes | 2608,9 | 15 | | | |
| Kezelés | 461,2 | 3 | 153,2 | | |
| Hiba | 2147,8 | 9 | 238,6 | 0,644 | 3,49 |
| | | | | SzD_{5%} | 23,8 g |

24. táblázat. A tenyészterület hatása a Fibrimon fajta ezermagmagtömegére (g)

| Kezelés | Ismétlés | | | | Átlag |
|---------|----------|------|------|------|-------|
| | I. | II. | III. | IV. | |
| 20 cm | 20,6 | 19,6 | 21,4 | 19,8 | 20,35 |
| 30 cm | 19,8 | 19,8 | 19,6 | 19,4 | 19,65 |
| 50 cm | 20,2 | 18,6 | 20,2 | 20,6 | 19,9 |
| 70 cm | 20,8 | 20,2 | 20,8 | 20,6 | 20,6 |

25. táblázat. A Fibrimon fajta ezermagmagtömegének varianciaanalízise különböző tőtávolságoknál

| Tényező | SQ | FG | MQ | F | F kritikus |
|---------|------|----|-------|-------------------------|---------------|
| Összes | 6,95 | 15 | | | |
| Kezelés | 2,21 | 3 | 0,736 | | |
| Hiba | 4,74 | 9 | 0,526 | 1,398 | 3,49 |
| | | | | SzD_{5%} | 1,12 g |

7. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Hálával tartozom az első témavezetőmnek, Bócsa Iván akadémikus úrnak, akitől a szakmát tanultam, és aki lehetővé tette, hogy dolgozhassam ezen a nemesítési feladaton.

Köszönöm a jelenlegi témavezetőmnek, Hajósné dr. habil. Novák Mártának, aki szabadidejét feláldozva ellenőrizte a dolgozatom szakmai és nyelvi helyességét, és akinek erkölcsi támogatása nélkül nem születhetett volna meg a szakdolgozatom.

Köszönetet szeretnék nyilvánítani témavezetőmnek, Dr. Iványi Lajosné dr.habil. GergeIy Ildikónak, lelkiismeretes szakmai és formai segítségével, támogatásért.

Köszönöm a Fleischmann Rudolf Kutatóintézet dolgozóinak, Forgó Józsefnének, Bódi Ferencnének, Juhász Attilánének és mindenkinek, aki segített a kísérletek kivitelezésben és az adat-felvételezésben.

Köszönöm a jelenlegi munkáltatóm, az Agromag Kft. dolgozóinak megértését és családomnak a támogatást és bátorítást.