



**A KENDER (*CANNABIS SATIVA L.*) DOMESZTIKÁCIÓJA,
NEMESÍTÉSÉNEK MÚLTJA, JELENE ÉS JÖVŐJE**

SOMODY GERGŐ – MOLNÁR ZOLTÁN – LAKATOS ERIKA

Széchenyi István Egyetem

Albert Kázmér Mosonmagyaróvári Kar, Mosonmagyaróvár

ÖSSZEFOGLALÁS

A kender (*Cannabis sativa L.*) kutatása és nemesítése a hosszú ideig tartó mellőzöttség és tiltás után, napjainkban reneszánszát éli. A számtalan amatőr termesztő által összegyűjtött megfigyelés és információ tudományos igényességű vizsgálata és rendszerezése napjainkban is zajlik.

A cikkünkben igyekszünk áttekintést nyújtani a kender korai domesztikációjától kezdődően a legújabb nemesítési eredmények bemutatásáig. A XXI. századi széles körű érdeklődés középpontjában a gyógyászati és terápiás célú hasznosítás áll, ezért a leghangsúlyosabb elem a kenderben található speciális hatóanyagok, a kannabinoidok ismertetése, valamint az eltérő kemotípusok létrejöttének, további nemesítési lehetőségének vizsgálata.

Az ipari kender iránt érdeklődő kutatók korábban szándékosan elhatárolódtak a drog típusú változatoktól, ezért fontosnak tartottuk a különböző felhasználási területhez tartozó változatok eredetét, fejlődéstörténetét, hiszen egyetlen fajról beszélünk, amelynek eltérő típusait az ember kulturális, földrajzi, valamint gazdasági tényezői alakították ki.

Kulcsszavak: kender, kedernemesítés, kannabinoidok, CBD, THC

A KENDER RENDSZERTANA KÜLÖNBÖZŐ MEGKÖZELÍTÉSŐL

A kender (*Cannabis sativa* L.) az egyik legkorábban domesztikált mezőgazdasági növényünk, amelyet rekreációs, gyógyászati, valamint ipari célra is felhasználunk (Kovalchuk et al. 2020). A kinyerhető rostok a textil vagy építőipar számára jelentenek alapanyagot, a magtermés magas telítetlen zsírsavakban gazdag, értékes olajforrás; a virágzatból kinyerhető kannabinoid hatóanyagok rekreációs és gyógyászati célokat szolgálnak (Robert és Mark 2020; Chandra et al. 2017; Small 2017).

A *Cannabis* nemzetség rendszertanilag a *Cannabaceae* család tagja, amely a Rózsavirágúak (*Rosales*) rend tagja. *Linnaeus* (1753) *Species Plantarum* c. munkájában említi a *Cannabis sativa* fajt, mint magas, rostos növényt. Lamarck eredetileg két interfertilis fajt, a perzsa eredetű *C. sativa* és az indiai *C. indica*. elkülönítését írta le (Lamarck 1808).

De Candolle (1896) speciális megközelítéssel 4 csoportra osztotta az egyetlen, *C. sativa* fajt. Az α Kif csoportba az erősen pszichoaktív, déli kenderek kerültek, a β *Vulgaris* intermedier, minden más csoport tulajdonságait hordozó növényeket jelöl, a γ *Pedemontana* és δ *Chinensis* északi, rost előállításra alkalmas változatokat tartalmaz.

Small és Cronquist 1976-ban a *C. sativa subsp. sativa* és *C. sativa subsp. indica* alfajokról tett említést.

A *Cannabis* nemzetség rendszertani felosztása azóta is forrásonként eltérő. *Hillig* (2005) különböző földrajzi eredetű növényeket vizsgálva megkülönböztette a *Cannabis sativa*, *Cannabis indica*, valamint a *Cannabis ruderalis* fajokat.

Nagyrészt *Hillig* (2005) kemotaxonómiai kutatására építve *Clarke és Merlin* (2013) földrajzi és kulturális megközelítésből állított össze egy nevezéktant, amely rávilágít az eltérő génállományok szerepére a kender termesztésének és szelekciójának történetében. Öt biotípus csoportot neveztek meg. A keskenylevelű kender (NLH – narrow-leaf hemp), a széleslevelű kender (BLH – broad-leaf hemp), a keskenylevelű droggkender (NLD – narrow-leaf drug), a széles levelű droggkender (BLD – broad-leaf drug), valamint a keskenylevelű és széleslevelű droggkender hibridek (NLD/BLD) alkotják a négy természetesen előforduló *Cannabis* tájfajtákat, valamint a mesterségesen előállított magnélküli állományokat - a spanyol „sin semilla” (magtalan) kifejezés a szakirodalomban is általánosan előforduló megnevezés. Arra utal, hogy a nővirágú egyedek megporzása elmarad, (a hím növényeket eltávolítják, vagy kizárólag termő

egyedeket vetnek) így megtermékenyítetlenül érik be a virágzat, a murvalevelek elhúsosodnak, a kannabinoid tartalom sokszorososa lesz a magot érlelő egyedekhez képest.

A gyakorlati növénynemesítés oldaláról megközelítve azonban nem szerencsés külön fajokról beszélni. Ugyanakkor Hillig (2005) munkájában fontos különbségtétel a kelet-ázsiai NLH említése, mint *Cannabis sativa ssp. chinensis*, valamint az európai NLH, mint *Cannabis sativa ssp. sativa*. A heterózishatás, amely a szülőpárok genetikai különbségének magas fokából adódik, rendkívül fontos tényező az ipari kenderfajták létrehozása során. A kannabinoid és terpenoid profil alapján is végeztek egyetlen fajra alapozott felosztást (Hazekamp et al. 2016).

A *Cannabis* nemzetség földrajzi rasszok szerint is felosztható. Szerebrjakov 5 rasszt említ. Az északi kender (*prol. borealis*) csoportba tartoznak az alacsony, igen korai észak-orosz és finnországi fajták. A közép-orosz (*prol. medioruthenica*) alakkör termesztési körzetére (Oroszország, Ukrajna, Fehéroroszország, Németország, Lengyelország) jellemzőek a hosszú nappalok, valamint a hűvös, csapadékos időjárás. A rassz esetében a közepes tenyészidő és növénymagasság, valamint a kismértékű elágazás és a közepes méretű és levélkeszámú (5-9) egyedek figyelhetők meg. A mediterrán kender (*prol. australis*) hosszú tenyészidejű, 3-4,5 m magasságot elérő alakkör, magtermesztése az 50. északi szélességi foktól délre lehetséges, ettől északabbra csak rostkenderként hasznosítható. A kelet-ázsiai kender (*prol. asiatica*) jellemzői az alacsony, elágazódásra hajlamos szár. A levelek nagyok, 9-13 levélkéből állnak. Hosszú tenyészidejűek (Bócsa 2004).

A különböző rendszertani felosztásokat az 1. táblázat tartalmazza.

2. táblázat: A Cannabis nemzetség taxonómiai felosztása különböző források nyomán

Table 1: : A comparison of taxonomic terminology for *Cannabis* genus based on different authors

Small és Cronquist (1976)	Hillig (2004)	McPartland és Guy (2004)	Clarke és Merlin (2013)	Eredet	Hasznosítás
Termesztett kender					
<i>C. sativa</i> ssp. <i>sativa</i> var. <i>sativa</i>	<i>C. sativa</i> kender biotípus	<i>C. sativa</i> ssp. <i>sativa</i>	<i>C. sativa</i> ssp. <i>sativa</i> NLH	Európa	Rost és mag
	<i>C. indica</i> kender biotípus	<i>C. indica</i> ssp. <i>chinensis</i>	<i>C. indica</i> ssp. <i>chinensis</i> BLH	Kelet-Ázsia	Rost és mag
<i>C. sativa</i> ssp. <i>indica</i> var. <i>indica</i>	<i>C. indica</i> NLD	<i>C. indica</i> ssp. <i>indica</i>	<i>C. sativa</i> ssp. <i>indica</i> NLD	Dél-Ázsia	Drog
	<i>C. indica</i> BLD	<i>C. sativa</i> ssp. <i>afghanica</i>	<i>C. sativa</i> ssp. <i>afghanica</i> BLD	Afganisztán (Közép-Ázsia)	Drog
Vadon növe kender					
<i>C. sativa</i> ssp. <i>sativa</i> var. <i>spontanea</i>	<i>C. sativa</i> vad változat	<i>C. sativa</i> ssp. <i>spontanea</i> + <i>C. ruderalis</i>	<i>C. sativa</i> ssp. <i>spontanea</i> + <i>C. ruderalis</i> NLHA	Európa	Elvadult, meghonosodott rost és mag
<i>C. sativa</i> ssp. <i>indica</i> var. <i>kafiristanica</i>	<i>C. ruderalis</i> + <i>C. indica</i> vad változat	<i>C. indica</i> ssp. <i>kafiristanica</i>	<i>C. indica</i> ssp. <i>kafiristanica</i> NLDA	Dél-Ázsia	Elvadult, meghonosodott drog

A KENDERBEN ELŐFORDULÓ SPECIÁLIS HATÓANYAGOK

A kender sajátos tulajdonsága a kannabinoidok, mint másodlagos anyagcseretermékek termelése. A kannabinoidokon kívül terpének és fenolos vegyületek is szintetizálódnak (Flores-Sanchez és Verpoorte 2008). 90 felett van a szakirodalomban fellelhető

kannabinoidok száma, jöllehet, ezek némelyike bomlástermék (*Elsohly és Slade* 2005; *Brenneisen* 2007; *Radwan et al.* 2009; *Fishedick et al.* 2010.) A legnagyobb mértékben előforduló kannabinoidok a tetrahidrokannabinol-sav (THCA), a kannabidiol-sav (CBDA), a kannabinol-sav (CBNA), a kannabigerol-sav (CBGA), a kannabikromén-sav (CBCA) és a kannabinodiol-sav (CBNDA) (*Elsohly és Slade* 2005). A THCA a drog típusú kenderek meghatározó fitokannabinoidja, míg a rost típusú, ipari kenderekből döntően CBDA mutatható ki, a CBCA a fiatal növényekre jellemző vegyület, éréskor a mennyisége csökken (*de Meijer et al.* 2009). A farmakológiailag inaktív, savas forma nem enzimatis úton alakul át neutrális formává (dekarboxiláció), ez megtörténhet már a növényben az érés során, illetve betakarítás után melegítés hatására (*Flores-Sanches és Verpoorte* 2008). A fitokannabinoidok fő akkumulációs területe a mirigyszőrök szekréciós üregeiben található, amelyek a virágzatban lelhetőek fel a legnagyobb számban. Kisebb mennyiségben a magokból (*Ross et al.* 2000), a gyökérszövetből (*Stout et al.* 2012) vagy a pollenből (*Ross et al.* 2005) is kimutathatóak. A levelek kannabinoid tartalma is csökken az érés során, a legnagyobb mennyiségben a felső levélzetből mutatható ki (*Pacifico et al.* 2008). Azonban ezen vegyületek mennyiségét nagyban befolyásolja a szövet típusa, kora, a fajta, a termesztési körülmények, a betakarítás ideje és a tárolás módja (*Khan et al.* 2014).

A kannabinoidok bioszintéziséhez szükséges prekursorok két különböző módon keletkeznek. A poliketid útvonalon jön létre az olivetol-sav (OLA), a 2-C-metil-D-eritritol-4-foszfát (MEP) vezet a geranil-difoszfát (GPP) szintéziséhez (*Sirikantaramas et al.* 2007). A geranilpirofoszfát-olivetolat-geraniltranszferáz katalizálja az OLA és a GPP alkilációját, amely a CBGA létrejöttéhez vezet (*Fellermeier és Zenk* 1998). A THCA-szintáz, a CBDA-szintáz vagy a CBCA-szintáz oxidociklázok pedig létrehozzák a három leggyakrabban előforduló kannabinoidot (*Sirikantaramas et al.* 2004).

A propil-kannabinoidok, (C3-propil oldallánccal rendelkeznek, az előzőekben bemutatott C5-pentil oldallánc helyett) mint pl. a tetrahidrokannabivarin-sav (THCVA) más úton, a divarinol-savból szintetizálódik (*Flores-Sanchez és Verpoorte* 2008).

Ezek a vegyületek elsősorban az állati endokannabinoid rendszerre vannak hatással, melynek fő összetevője a CB1 és CB2 kannabinoid receptorok, valamint az ezekhez kapcsolódó endogén ligandumok (anandamid és a 2-arachidonoil-glicerol) amelyek számos fiziológiai folyamatért felelősek, így az étvágy, fájdalom, gyulladás, inzulin-érzékenység, zsír és energia háztartás, hangulat és emlékezet működését is befolyásolják

(*De Petrocellis et al.* 2011; *Di Marzo és Piscitelli* 2015). Az anandamidot utánzó, dekarboxilált THC molekulának a CB1 receptorhoz van nagyobb affinitása, így jön létre a pszichoaktív hatása, de ismert gyulladáscsökkentő, fájdalomcsillapító, izomlazító, valamint rákellenes szerepe is (*De Petrocellis et al.*,2011), míg a dekarboxilált CBD egészen más farmakológiai hatással rendelkezik, többek között a THC mellékhatásait (szorongás, immunszuppresszió) mérsékli, valamint szorongás csökkentő, émelygés csillapító, ízületi gyulladást mérséklő, gyulladáscsökkentő és immuno-modulációs hatása is bizonyított, jó terápiás képessége van az epilepszia, a sclerosis multiplex, skizofrénia, különböző neurodegeneratív betegségek, valamint az étvágy szabályozásnak terén (*Burstein*, 2015; *Englund et al.* 2012; *Hill et al.* 2012). A CBD rendkívül perspektivikus antibakteriális, valamint gombaellenes hatású vegyület (*Appendino et al.* 2008). A harmadik legnagyobb mértékben detektálható kannabionoid a CBC, amely gyulladáscsökkentő, nyugtató, fájdalomcsillapító és antibakteriális hatású (*Delong et al.* 2010; *Davis és Hatoum* 1983; *Eisohly et al.* 1982). A CBN a THC bomlásterméke, jóval kisebb affinitása van a CB1 receptorokhoz, így nem a központi idegrendszerrel fejt ki a hatását, hanem az immunrendszer sejtjeinél (*McPartland és Russo* 2001).

A kannabinoidok káros hatásait nézve megállapítható, hogy a THC tartalom és a rövid vagy hosszú távú kockázatok összefüggenek. A memóriazavarok, a kognitív képességek csökkenése, a függőség kialakulása, valamint krónikus pszichózisok pl. skizofrénia megjelenése mind a THC tartalomhoz köthető állapotok, ugyanakkor a CBD mérsékli ezeket a negatív hatásokat (*Volkow et al.* 2014; *van Amsterdam et al.* 2015; *Iseger és Bossong* 2015).

A kannabinoidokon kívül, már több, mint 100 terpént mutattak ki a kenderből, amelyek az illatért és ízért felelősek (*Rothschild et al.* 2005; *Brenneisen* 2007). A monoterpének, az illékony frakció meghatározó elemei, ide tartozik a D-limonén, β -mircén, α - és β -pinén, terpinolén és linalol. A szeszkviterpének pl. a β -kariofillén vagy az α -humulén is kimutatható a kender extraktumokból (*Fischedick et al.* 2010). A gyökérszövetből a friedelin és epifriedelanol triterpének (*Slatkin et al.* 1971), a rostokból a β -amyrin (*Gutiérrez és del Rio* 2005), a magolajból a cikloartenol, β -amyrin és a dammaradienol is kinyerhető (*Paz et al.* 2014). A terpének és a kannabinoidok mennyisége pozitív korrelációt mutat, hiszen a mono- és szeszkviterpének ugyanazokban a mirigyszőrökben szintetizálódnak, ahol a kannabinoidok is termelődnek (*Fischedick et al.* 2010; *Meier és Mediavilla* 1998).

A polifenolok, szűkebben véve a fenilpropanoidok gyakori másodlagos anyagcseretermékek a növényvilágban. A kenderben 20 flavonoidot detektáltak (*Flores-Sanches és Verpoorte* 2008). Ezek a vegyületek a növényben elsősorban antioxidánsként funkcionálnak, az oxidatív stressztől védik az egyedeket. Az ember esetében a flavonok és flavonolok gyulladáscsökkentő, rákellenes, idegvédő hatással rendelkeznek (*Andre et al.* 2010).

A kannabinoidok, terpének és polifenolok antagonistá és szinergikus hatását több szerzőnél is nyomon követhetjük (*Wright et al.* 2013; *Klein et al.* 2011; *Smith* 2015; *McPartland és Russo* 2001).

A KENDER EREDETE, A KEMOTÍPUSOK FEJLŐDÉSTÖRTÉNETE

A kulturális vagy földrajzi hatások miatt a kender hasznosítása sokféleképpen alakult az emberiség történetében. Ennek megfelelően az alkalmazott agrotechnika, valamint a szelekció iránya is eltérően alakult. Ezen körülmények egyenes következménye a XX. századi fajtanemesítés rostcélú, magtermesztési célú, vagy pszichoaktív irányú fejlődése (*Clarke és Merlin* 2016).

A fenotípusos változások is tetten érhetőek az évezredes szelekciónak köszönhetően. A rosttípusú (NLH és BLH) fajták hosszabb internódiával és kevesebb elágazással rendelkeznek, a magcélú kenderek ezzel szemben rövidebb szártagokkal és több oldalhajtással bírnak. A hagyományos erősen pszichoaktív tájfajták akár 20% THC tartalommal rendelkeznek, míg az európai fajták ennek alig 1%-val (*Small és Marcus*, 2003). Ugyanakkor, a vad és a nemesített egyedek között akár hússzoros különbség is megfigyelhető az ezermagtömeg tekintetében (*Clarke és Merlin* 2013).

A morfológiai változások mellett, hangsúlyosak a fiziológiai eltérések is. A kendermag olajtartalma és zsírsavösszetétele jelentősen módosult a domesztikáció hatására (*Mölleken és Theimer* 1997).

A szár rosttartalmában és rostminőségében is jelentős változás figyelhető meg, néhány kivételes genetikai állományú fajtában a rosttartalom akár 35% is lehet (*Bócsa* 1994).

A virágzat morfológiai változása is a tudatos szelekciónak köszönhető. A tudatmódosító hatásra szelektált, főként NLD/BLD „sinsemilla” hibridek virágzata nagyobb, sűrűbben helyezkednek el az egyedi virágok és a felső levelek, a magok biztos beérése teljesen

lényegtelen szempont, hiszen ezek a tövek vegetatív úton tarthatóak fenn (*Clarke és Merlin* 2013).

A természetes és mesterséges két irányú evolúció is megfigyelhető a kender esetében. A Pleisztocén időszakában az eredeti kender géncentrum szétszakadt, eltérő fotoperiódus igényű ökotípusok jelentek meg és stabilizálódtak a földrajzi izoláció következtében. Az ezt követő domesztikációnak köszönhetően létrejött a két teljesen eltérő, északi, rövid tenyészidejű NLH fajták, valamint a késői virágzású NLD (kolumbiai, indiai, thaiföldi) változatok (*Clarke és Merlin* 2016).

A THC és CBD szintézisért felelős allélek magas örökölhetőségi értékkel bírnak, kitartó szelekcióval egyik, vagy másik irányban szétválaszthatóak a populációk (*McPartland és Guy* 2010).

A kender a természetes szelekció következtében kemotípusát tekintve a II. csoportba tartozik, tehát a kinyerhető THC:CBD aránya közel azonos, intermedier forma, akárcsak az afgán hasis típusú növények. A mesterséges szelekció következtében magas THC tartalmú, tudatmódosító hatású populációk jöttek létre, amelyeket érzékszervi vizsgálattal ki tudtak válogatni, létrehozva az I. kemotípusba tartozó magas THC:CBD arányú növényeket. Ezzel szemben az északi termesztési környezetben a magas THC tartalom eléréséhez nem kedvezőek a hosszú nappalok, valamint a relatíve rövid nyarak, hiszen a virágzási idő lerövidül. Ezáltal a természetes szelekció is alacsonyabb szinten tartotta a kelet-ázsiai BLH és az európai NLH tájfajták THC tartalmát. A teljes kétirányú szelekció a modern fajták szisztematikus, jogszabályok által megkövetelt, extrém alacsony THC tartalmú elit növények kiválogatásával vált teljessé. A III. kemotípus magas kannabidiol tartalmú egyedein - lévén a pontos CBD tartalom csak analitikai háttérrel igazolható, a modernkori szelekció eredményei (*Clarke és Merlin* 2016).

A tiszta kemotípusok beltenyésztéses vonalai döntően vagy THC (I. típus) vagy CBD (III. típus) domináns egyedeket tartalmaznak. A tiszta vonalak egymással történő keresztezésének hatására intermedier utódok jönnek létre (II. típus). A második generációban, a mendeli szegregáció mintájára 1:2:1 arányban hasadnak I., II. és a III. típusba tartozó tövek. Ez azt sugallja, hogy a kannabinoid szintézisért felelős THCA és CBDA szintézisért felelős enzimek génjei kodominánsak, egyetlen lókuszon (*de Meijer et. al.* 2003).

Kojoma et al. (2006), valamint *Bakel et al.* (2011) genetikai vizsgálatai ennél árnyaltabb képet mutatnak, több homológ allélt feltételeznek, külön lókuszonon, valamint ezek

egymással való kapcsolata, esetleg az allélek eltérő enzimatisus hatásfoka magyarázhatja az utódnemzedékek eltérő szegregációját.

Weiblen et al. (2015) a két legfontosabb kannabinoid bioszintézise kapcsán felismerte, hogy a CBDA szintáz nagyobb affinitással rendelkezik a prekursor CBGA molekula átalakításához, mint a THCA szintáz. Amikor mind a két enzim aktív, sokkal több kannabidiol-sav szintetizálódik a kannabigerol-sav molekulából. Ezért az alacsony pszichoaktív kannabinoidot tartalmazó ipari kenderben is található aktív THCA szintáz enzim, viszont, elsődlegesen CBDA szintézisére kerül sor. Az I. kemotípusba tartozó drogekenderek egy nem funkcionáló CBDA szintáz alléllal rendelkeznek, így nincs kompetíció a két enzim között, tisztán THCA keletkezik a prekurborból. Genetikai szempontból a marijuána típusú THCA szintáz allél a domináns. Az egyébként recesszív, nem funkcionáló CBDA szintáz enzim egyértelmű előjele annak, hogy a kender növény drog típusú.

Így összességében a különálló lókuszok heterozigotizása, a génkettőződés, a CBD szintáz gének szelekciója (nem funkcionális enzim), a fenotípusát tekintve nagyobb méretű és mennyiségű mirigyszórt tartalmazó egyedek kiválogatása, valamint a hibrid vigor (NLD és BLD hibridek) vezettek a modern pszichoaktív marihuánák megjelenéséhez.

Az ázsiai NLD egyedek magas THC tartalmát elitnövények kiemelésével biztosították.

Az intermedierek tekinthető afgán kenderekről a pszichoaktív hasis begyűjtése nem egyedileg történt, hanem állomány szinten. Ez nem tette lehetővé az elitnövények szelekcióját, ezért a populációban egyaránt jelen vannak a magas THC tartalmú és a magas CBD tartalmú növények. Ez a tendencia a kelet-ázsiai BLH tájfajtákhoz hasonlít, amelyeknek a hatóanyag tartalma alacsonyabb, lévén nem volt szelekciós szempont a nagy virágzati tömeg, és a mirigyszőrök magas száma. A modern „sinsemilla” hibridek ötvözik az extrém magas THC tartalmat az NLD szülőtől, valamint az alig kimutatható CBD tartalmat a BLD felmenőtől (*Clarke és Merlin* 2016).

A kannabinoid tartalomra nemesített hibridek előállításának sémája a megfelelő anyanövények kiválasztásával kezdődik, lehetőleg genetikailag sokszínű eredettel. Ezeket a nővirágú egyedeket öntermékenyítik, méghozzá olyan módon, hogy a hormonháztartást befolyásoló vegyi anyagokkal hím virágokat indukálnak. Ezt ismétlik több generáción keresztül, a homozigotizáció eléréséig. Legvégül, az így nyert vonalat

kereszteztek a genetikailag legkevésbé rokon beltenyésztett vonallal, a vigor helyreállítása céljából (*de Meijer* 2014).

A KENDERNEMESÍTÉS MÉRFÖLDKÖVEI

A XX. század folyamán az európai kendernemesítők igyekeztek továbbfejleszteni a helyben elérhető tájfajtákat, valamint keresztezéssel magasabb rosttartalmat és maghozamot akartak biztosítani. Az európai kenderfajták többsége közös felmenőkkel rendelkezik, kevésbé különbözőek genetikailag, mint a velük rokon tájfajták (*de Meijer* 1995; *Hillig* 2004).

A kender természetes módon kétlaki növény, az egyivarú hím és nővirágok különböző növényeken találhatóak. Azonban a szexuális fenotípus flexibilitást mutathat, egylaki vagy hermafrodita növények is megjelenhetnek. A 9 pár autoszomális kromoszóma mellett 1 pár nemi kromoszóma is megtalálható, a hím egyedek esetén heterogametikus (XY), a nővirágú egyedeknél homogametikus (XX). Stresszt okozó környezeti hatások vagy hormonális kezelés hatására a nemi kromoszómák ellenére kialakulhatnak az eltérő ivarhoz tartozó virágok is (*Moliterni et al.* 2004).

Tehát a kender alapvetően kétlaki növény, a nővirágú egyedeket számtalan hím egyed megporozhatja, ezért nagy kihívás a kontrollált körülmények között végrehajtott, irányított beporzás. Az egylaki fajták öntermékenyülésre is képesek az idegentermékenyülésen kívül. A mesterségesen kialakított, tisztán nőegyedekből álló populációk alkalmasak hibrid anyavonalak előállításra. Az ilyen tisztán uniszexuális állományokat egylaki és kétlaki állományok keresztezésével lehet elérni (*Hoffmann* 1944).

Az ipari kender populációk három fő csoportba sorolhatóak. A legrégebben domesztikáltak a tájfajták, amelyek ismétlődő tömegszelekciós eljárás eredményei. A szintetikus fajták általában a tájfajták bizonyos egyedeinek keresztezéséből alakultak ki. Európában ezek az ősök az északi, a közép-ország, a dél-európai, valamint a kelet-ázsiai ökotípus populációiból származnak (*de Meijer* 1995). A XX. század első évtizedeiben az érésidő, a magasság, a szárkörméret, valamint a vegetatív tömeg alapján válogattak. A kórótömeg és a vegetációs idő hossza pozitív korrelációban állnak egymással, e tekintetben viszonylag gyorsan létrejöttek a homogén populációk. A minőségi

tulajdonságok azonban összetettebbek. A családtenyésztés révén alakultak ki az első magyar, román és olasz fajták a Carmagnola tájfajtából (*Ranalli 2004*).

A harmadik csoportba a két szintetikus fajta keresztezéséből származó fajták tartoznak. A legalapvetőbb nemesítési módszerek közé sorolhatjuk a szelekciót, a kombinációs nemesítést, a heterózis nemesítést, valamint a marker alapú szelekciót. Ugyanakkor az indukált mutációs- valamint a poliploid nemesítésre is találunk példát (*de Meijer et al., 2003; Di Candilo et al. 2000; Hoffmann, 1953; Mandolino et al., 2003; Parsons et al., 2019*).

A legelső szintetikus kendernemesítési eredmények között tartjuk számon a Kymington, Chington és Arlington fajtákat, amelyeket *Dewey (1927)* hozott létre kínai tájfajtákból.

A rostkender nemesítésének történetében mérföldkőnek számít *Bredemann* munkássága, aki felismerte, hogy a rosttartalom növelésében mindkét szülő tulajdonságai meghatározóak, így a hím kenderek bírálatát még a virágzás előtt elvégezte, hogy csak a legkiválóbbak termékenyíthessenek. A szabályozott megporzás révén jóval hatékonyabban tudták javítani e tulajdonságot (*Bredemann 1924, 1937, 1953; Bredemann et al. 1961*).

A legelső klasszikus keresztezéses eredmény *Dewey (1927)* munkájához köthető, aki a Kymington és Ferrara keresztezésével hozott létre jobb rostkihozatali paraméterekkel rendelkező fajtát. Ugyanakkor a legsikeresebb heterózis-nemesítéssel előállított hibridek Magyarországhoz köthetők (*Bócsa és Karus 1998*).

A genetikai marker alapú szelekció hasznos a hím egyedek korai felismerése szempontjából, valamint az egylaki nemesítési programokban (*Mandolino et al. 1999*). A kemitípusok azonosítása során is megkerülhetetlenné váltak a markerek (*de Meijer et al. 2003; Mandolino et al. 2003*).

Napjainkban a legtöbb európai fajta egylaki. A francia Fibrimon fajtát közvetlenül egy beltenyésztett egylaki vonalból állították elő. Ez a vonal egyetlen, hím és nővirágzatot egyaránt hordozó egyedből került felszaporításra, amelyet egy közép-oroszországi NLH populációból izoláltak. A pszeudo-egylaki fajtákat a Fibrimon, mint pollenadó és egy magas rosttartalmú német NLH populáció, vagy egy késői olasz, török tájfajta keresztezésével, majd az utódok Fibrimonnal történő visszakeresztezésével hozták létre. Az egylakiak genetikai homogenitását minden évben biztosítani kell, hiszen szelekció

nélkül a következő generációkban visszarendeződik a természetes kétlakiság (*de Meijer* 1995).

Az olasz fajták többsége kétlaki, a legismertebb és legősibb a Carmagnola, amely a híres olasz textilipar alapfajtája volt (*Allavena* 1967). Ebből alakították ki a Carmagnola Selezionata fajtát. A tömegszelekció módszerével hozták létre a termesztési körzetnek megfelelő ökotípust: Bolognese, Toscana, Ferrarese. Magas rosttartalmú német törzsek keresztezésével készült az Eletta Campana és a Fibranova fajta (*Allavena*, 1967; *Barbieri és Tedeschi*, 1968). 1995-ben kezdődött egy új nemesítési program, melyben célul tűzték ki a magasabb termést, a rost minőség javulását, valamint az alacsony THC tartalmat. Ennek eredményeként született meg a Red Petiole, Asso, Fibrimor kétlaki fajták, valamint az Ermes, Carmono, Carma, Codimono egylaki fajták (*Di Candilo et al.* 2002; *Ranalli* 1998).

A magyar kendertermesztés szintén a kétlaki kenderformákat preferálta, lévén a rostelőállítás volt a mérvadó. Magyarországon *Fleischmann* (1931, 1934) munkája számít úttörőnek. A Kompolti kender magas rosttartalomra válogatták ki egy olasz eredetű fajtából. A hibridek előállításának gyakorlata, így az uniszexuális populációk termesztési megvalósítása magyar gyökerekkel rendelkezik. A Kompolti és az egylaki Fibrimon keresztezésével létrehozott Uniko-B egy uniszexuális hibrid, elhanyagolható pollentermelésre képes, nagy részben nővirágú egyedekből áll, így magtermése kiemelkedő. A második generációban elveszti ezt a tulajdonságát, nagy számban megjelennek valódi hímvirágú egyedek is. A Kompolti Hibrid TC egy háromvonalas hibrid, előállításának első lépcsője az uniszexuális (kínai eredetű BLH egylaki és kétlaki keresztezés) nemzedék, a Kínai Uniszex létrehozása volt. Ezután a Kínai Uniszex és a pollenadó Kompolti keresztezéséből létrejön a háromvonalas hibrid, 50% nő- és hímvirág aránnyal, hibrid vigorral, valamint megnövekedett rosttartalommal. A hazai nemesítés következő érdekessége, elsősorban a papíripari feldolgozásra szánt Kompolti sárgaszárú, amely egy klorofill-hiányossá váló, virágzaskor sárga szárszínű fajta. A kiinduló mutáns egyedek egy korai finn NLH és egy olasz késői NLH/BLH kender keresztezésével jöttek létre. Ezt többször visszakeresztették a Kompoltival, hogy az új szárszín homozigóta formában rögzüljön (*Bócsa és Karus* 1998).

A lengyel fajták egylakiak. A Bialobrzieskie fajta több orosz eredetű NLH sorozatos keresztezésének terméke, amelyet végül Fibrimonnal kereszteztek, majd magas

rosttartalomra válogattak. Egy másik Fibrimon hibrid egyedi utódszelekciójának eredménye a Beniko fajta (*de Meijer, 1995*).

Romániában kettő kutatóintézetben folyik kendernemesítő munka. Az SCDA Seuieni főleg egylaki fajtákat, míg az SCDA Lovrin kétlaki fajtákat állít elő. Tevékenységüket fémjelzik a közelmúltban nemesített egylaki Olivia és Successiv fajták (*Popa et al. 2022; Popa et al. 2019*).

A francia fajták, lévén a kettős hasznosítású kender az elterjedt, döntően egylakiak. A fajták egy részét a Fibrimomból válogatták ki, amely keresztezéses nemesítés eredménye, von Sengbusch egy közép-orosz eredetű vonalban előforduló spontán egylaki egyedekből, valamint magas rosttartalmú kétlaki szelektált vonalokból és késői, olasz és török eredetű tájfajtákból hozott létre az 1950-es években. Ilyen valódi egylakinak mondható szelekciók a Fibrimon 21, Fibrimon 24, Fibrimon 56, valamint a korai Ferimon 12. A pseudo-egylaki fajták a Fibrimon és valamely kétlaki keresztezésének termékei. Ide sorolható a Fedora 19, Felina 34 vagy a Futura 77 is (*de Meijer 1995*). Ugyanakkor az új generációs kannabinoid profilra nemesített fajták képviselője a Santhica, amelyet magas CBG tartalomra szelektáltak (*de Meijer 2004*).

A Finola finn kétlaki fajtát 1999-ben regisztrálták. Ez egy korai, az északi régiókban termesztendő, alacsony fajta. Kanadában elsősorban a magjáért és az olajáért termesztik (*Small és Marcus 2002*).

Az egykori Szovjetunió területén is nagy múltra tekint vissza a kender nemesítése. A korábbi fajtáik vagy a déli, késői érésű csoportba tartoztak, vagy a közép-orosz és mediterrán eredetű kender hibridjei voltak. A híres dél-orosz Kuban fajta egy tíz cikluson keresztül folytatott családselekciónak eredménye, amelyben a szülőfajták a Szegedi 9 és a Krasnodarskaya 56 voltak. A Szegedi 9 egy magyar eredetű, a Tiborszállásból szelektált fajta (*Serebriakova 1940; de Meijer 1995*). Az USO-11 egylaki fajta a déli alakköre jellemző növekedési ütemet produkál, azonban északi területeken természetesen a hosszabb vegetatív szakasz hosszabb szárát, magasabb rosttermést eredményez. A neve is erre utal, az orosz rövidítés a déli egylaki kifejezést takarja (*de Meijer 1995*).

Napjainkban is aktívan folyik a kender nemesítése Ukrajnában is, jó példa erre a magas rostminőségű és magolaj tartalmú Artemida fajta (*Mishchenko et al 2021a*), valamint a magas CBG tartalmú Vik 2020 (*Mishchenko et al. 2021b*).

Szerbiában 1992-ben reaktiválták a nemesítési munkát. Regisztrálták a kétlaki Marina, az egylaki Helena és a hibrid Diana fajtákat (Sikora és Koren 2020).

A drog típusú kenderek elterjedése kezdetben a dél-ázsiai NLD tájfajták különböző földrajzi övezetekben történő honosítását jelentette. Az 1960-as és 1970-es években az Európába és Észak-Amerikába relatíve nagy mennyiségben elérhető NLD tájfajták jelentették a genetikai alapot. A kolumbiai és thai marihuána egyenlítői elterjedése miatt az északi területeken nem tudtak beérni szabadföldi körülmények között, ellenben a mexikói és jamaikai fajták korábbiak, így a virágzat beérése még a tél beállta előtt lehetséges. Az 1970-es évek elejétől az NLD hibridek a mexikói-jamaikai, valamint a jóval termőképesebb, de késői kolumbiai, indiai, panamai és thai keresztezéseket jelentették. Kezdetben, eltávolították az összes hím virágú egyedeket, így csak a megtermékenyítetlen nővirágú példányok maradtak (sinsemilla tövek), amelyeknek potenciális kannabinoid tartalma jóval meghaladja a megtermékenyített töveknél mérhető értékeket.

Később, néhány hím tövet izoláltak, néhány anyatövet megtermékenyítettek a saját vetőmagellátásuk biztosítása érdekében. Az importált NLD tájfajták multihibrid utódainak köszönhetően az 1980-as évekre az észak-amerikai sinsemilla kenderek váltak a legértékesebb drog típusú változatokká. A korai NLD törzsek közé tartozik pl. az Original Haze.

A széles-levelű drog típusú kender (BLD) Afganisztánból került Észak-Amerikába és Európába az 1970-es években. Jellegzetességük közé tartozik az elágazások magas száma, valamint a mindössze 1-2 méteres magasság. Alacsonyabbak és sűrűbb habitusúak, levelük szélesebb, sötétebb színű, mint az NLD példányoknak. Ezért hívják tévesen az NLD törzseket „sativának”, a BLD afgán hasis kendereket, pedig „indicának”. Az NLD és BLD hibridek korábban értek, mint a tiszta NLD vonalak, alacsonyabb, kompaktabb benyomást keltettek, valamint a heterózishatás következtében a kinyerhető kannabinoid tartalmuk is magasabbnak bizonyult. Azonban hosszútávon a hibridek meg gondolatlan előállítás, a szelekció elhanyagolása mellett, jelentősen rontott a korábbi hatóanyagtartalom és minőségen.

Az NLD/BLD hibridek jelentősen megváltoztatták a drognak termesztett kender agrotechnikáját, hiszen a hidegtűrőségük, gyors érésük miatt az északi mérsékelt éghajlaton termesztették szabadföldön is.

A beltéri termesztés az egyre nagyobb arányú tiltások, a megvilágító rendszerek fejlődése, valamint az alacsonyabb, kompaktabb méretű hibridek térhódítása miatt terjedhetett el. Ez a termesztési modell beszűkítette az elérhető genetikai forrásokat, a környezeti feltételekkel szembeni érzékenység nem volt többé szelekciós szempont (Clarke és Merlin 2016).

A KENDERNEMESÍTÉS JELENKORI PROBLÉMÁI ÉS JÖVŐKÉPE

Összegzésként elmondható, hogy a *Cannabis* növények a természetes és mesterséges szelekciónak köszönhetően nagy genetikai változatosságot mutatnak, mely a fenotípusok sokféleségén is tetten érhető. Mindazonáltal a nemesítői szándékot befolyásolták a jogszabályi előírások, a tiltások, így a genetikai diverzitás egyre inkább csökkent. Az európai ipari kender fajták nagy része néhány közös szelekciós anyagból származik. A kétlakiak orosz és kínai tájfajták keresztezésének eredményei, az egylakiak a Fibrimon fajtából származnak. A drog változatok génkészlete ehhez hasonlóan jelentősen beszűkült, a beltenyésztés, a szándékos, vagy véletlen öntermékenyítés miatt, valamint a vegetatív szaporításból származó kereskedelmi klónok túlsúlyából adódóan. Ha ez a folyamat továbbra is ebbe az irányba tart, a szexuális rekombináció hiányából adódóan az állati károsítókkal, kórokozókkel szembeni fogékonyság, valamint a klimatikus érzékenység növekedhet.

A múltban találunk példát hasonló jelenségekre, mint pl. az 1845-ös burgonyavész járvány Írországbán, ahol a burgonyaterületek jelentős részén egyetlen fajta, az „Irish Lumper” termett, ami a magas virulenciával rendelkező, új HERB-1 *Phytophthora infestans* törzsnek nem tudott ellenállni, így a következmények katasztrofálisak voltak (Kelly 2012).

A szőlő szaporítóanyag előállítás korábban gyökeres dugványokon alapult, akárcsak a modern „sinsemilla” kendertővek. A XIX. század közepén az amerikai eredetű filoxéra (*Daktulosphaira vitifoliae*) letarolta az európai szőlőültetvények jelentős részét. A megoldást kezdetben az észak-amerikai *Vitis aestivalis* és európai *Vitis vinifera* tövek keresztezésében keresték, de sem a kártevő elleni rezisztencia, sem a korábbi termésminőség feltétele nem teljesült. A megoldást az amerikai alanyok bevonása jelentette, melyekre ráoltották az európai fajtákat. Mysles et al. (2011) felhívja a figyelmet a vegetatív szaporítás kockázataira a károsítók egyre nagyobb nyomásának

függvényében, hiszen ez a fajtafenntartási módszer eredményes a valódi, homogén vonalak kialakítása szempontjából, viszont a szőlő természetes genetikai diverzitását oly módon beszűkíti, hogy a szőlőtermesztés hosszútávú fenntarthatóságát veszélyezteti.

A XX. század közepén a kender mesterséges szelekciója, nemesítése új irányba terelődött. A hagyományos rost, mag vagy drog típusú tájfajták termesztésével felhagytak, modern fajták termesztésére álltak át, vagy keresztezések révén egyesítették azokat. *Watson és Clarke (1997)* arra figyelmeztetett, hogy a genetikai erőforrások nem megfelelő megőrzése, a jogszabályi előírások a különféle kenderellenes rendelkezések miatt, a tájfajták teljes eltűnéséhez vezetnek. A génbankokban tárolt különféle, nagy genetikai értékkel bíró szaporítóanyagok kitermesztése, felszaporítása nehézkes. Arról nem is beszélve, hogy a kétlaki állományoknak megfelelő méretűeknek kell lennie ahhoz (akár 2000 egyed), hogy a lehetséges allélok reprodukálhatóak legyenek, megőrizhessük azokat a magban (*Crossa et al. 1993*).

A jövőben a kendernemesítés kihívásai egyrészt a minőségi és mennyiségi fejlődést szolgálják, cél a magasabb és jobb minőségű rosttartalom, a megfelelő kannabinoidok mellett (alacsony THC és magasabb CBD), jobb feldolgozhatóság, károsítókkal szembeni ellenállóképesség. A textil és papíripari hasznosíthatóság feltételeinek javítása érdekében a szárban található cellulóz, lignin és pektintartalomért felelős gének szekvenálása új irányt jelenthet (*Mandolino és Carboni 2004*).

A magtermés megfelelő protein és zsírsavtartalmára történő nemesítés, valamint a feldolgozhatóság optimalizálása az élelmiszeripari hasznosítást segíti (*Salentijn et al. 2014*). A rostminőség sokkal összetettebb tulajdonság, ellenben a magok zsírsav és fehérje bioszintéziséért felelős gének száma alacsonyabb, így az erre irányuló nemesítés hatékonyabb lehet (*Weightman és Kindred 2005*).

A hagyományos ipari kenderek egy új hasznosítási formája is terjedőben van. A cséplési aljban, vagy egyéb nem hasznosított biomasszában található kannabinoidokat kivonják, azt táplálékkiegészítőként, gyógyászati segédanyagként értékesítik. Erre adott válaszként a nemesítők igyekeznek olyan fajtákat előállítani, amelyeknél a magas CBD, alacsony THC tartalommal társul. Kínában nagy hagyománya van a kender többcélú felhasználásának, így a rost vagy magtermelés mellett gyógynövényként is termesztették. Az elmúlt évtizedben magas CBD tartalmú ipari kenderfajtákat is regisztráltak (*Salentijn et al. 2015*).

Nagy érdeklődés övezi a ritka, egyébként kis mennyiségben előforduló kannabinoidokat (CBC, CBG). Az ezekre történő nemesítésre is találunk példát (*Mishchenko et al.* 2021b).

A gyógyszerészeti alapanyagként felhasználható magas CBD tartalmú populációk létrehozása gyakran követi a hagyományosnak mondható „sinsemilla” drogkender előállítását. Első lépésben néhány ígéretes keresztezést hajtanak végre, majd sorozatosan öntermékenyítik a kiválogatott egyedeket, vagy visszakereszteznek valamely szülővel. A hibrid vigort a kiválasztott, különböző beltenyésztéses vonalak keresztezésével hozzák helyre (*de Meijer* 2004).

A jövőben a biotechnológiai eredmények bevonásával egészül ki a kendernemesítés. Ennek egyik első lépéseként Japánban sikerrel vittek át THC-szintáz géneket dohány (*Nicotiana tabacum L.*) növényekbe (*Sirikantaramas et al.* 2005). A legelső kender genom szekvenciát 2011-ben publikálták (*van Bakel et al.* 2011).

Génszerkesztéssel, indukált mutációval új olajkender fajták létrehozására is lehetőség nyílik (*Bielecka et al.* 2014).

A kannabinoid bioszintézist kódoló gének átvihetők egyéb organizmusokba, például mikrobákba (*Luo et al.* 2019). Igaz, a mag nélküli szárított kender virágzat önmagában is képes 20% THC vagy CBD tartalmat felhalmozni, mégis konkurenciát jelenthetnek a transzgenikus mikroorganizmusokat tartalmazó bioreaktorok.

A molekuláris markerek nagyarányú alkalmazása felgyorsíthatja a nemesítési folyamatot. A kívánatos tulajdonságokat hordozó egyedek már egészen korai fenológiai fázisban kijelölhetőek (*de Meijer* 2004). A komplex tulajdonságok is rövidebb idő alatt fejleszthetőek, az előnyös, ritka génmutációk detektálhatóak (*Salentijn et al.* 2014).

ÖSSZEGZÉS

Összességében elmondható, hogy a kender az egyik legrégebben hasznosított mezőgazdasági növényünk. Kulturális, földrajzi okokból sokféle alfaj és változat alakult ki, döntően emberi közreműködéssel. A növényfaj modern kori reneszánszát éli, ennek köszönhetően tudományos kutatása is megélné. Különösen a magas kannabinoid-tartalomra nemesített változatok esetén megfigyelhető tendencia a „kedvetlenségből” termesztők által összegyűjtött technológiai, növényélettani információk tudományos igényű rendszerezése, publikálása. Sajnos a legtöbb országban a jogi szabályozás gátat

szab a kutatómunkának is, amely nemcsak a megismerést korlátozza, hanem nagyon sok, kiváló adaptív tulajdonsággal rendelkező tájfajtát, növényanyagot elveszítünk, konzerválásuk az utókor számára kitermesztés nélkül igencsak korlátozott. Jelen munkámmal igyekeztem a drog típusú változatokat is bemutatni, annak ellenére, hogy az ipari kenderrel foglalkozó szakirodalmak igyekeznek elhatárolódní ettől a hasznosítási körtől, pedig akárhonnán is közelítjük meg, egyetlen rendkívül változatos fajról beszélünk, közös géncentrummal, melynek diverzitását az emberiség kulturális igényei nagyban befolyásolták.

A *C. sativa* nemesítésének módszerei hatalmas fejlődés elé néznek. Amennyiben nagy területen visszatalálunk ehhez a multifunkcionális növényhez, úgy a biotechnológiai, molekuláris genetikai ismeretanyag bővülésével is feltétlenül számolnunk kell, amely valamennyi hasznosítási módjára kedvezően hathat. De a jelen korban elérhető fajták is nagyobb figyelmet érdemelnek, hiszen a kenderből számos olyan nyersanyag kinyerhető (építőipar, textilipar, vegyipar, papíripar stb.) amelyből aktuálisan hiányt szenvedünk, vagy legalábbis jóval fenntarthatóbb, a környezetre nézve minimális kockázatot jelentő alternatívát nyújthatnak.

THE PAST, PRESENT AND FUTURE OF BREEDING AND DOMESTICATION OF HEMP (*CANNABIS SATIVA L.*)

GERGŐ SOMODY – ZOLTÁN MOLNÁR – ERIKA LAKATOS

Széchenyi István University

Albert Kazmer Agricultural Faculty

SUMMARY

The research and breeding of hemp (*Cannabis sativa L.*) is experiencing a renewal after a long period of neglect and prohibition. The observations and information collected by countless amateur growers is still being scientifically analyzed and systematized today.

Our article tries to provide an overview from the early domestication of hemp to the presentation of the latest breeding results. The widespread interest in the 20th century is the utilization for medicinal and therapeutic purposes, therefore the most important element is the description of the special active substances found in hemp: the

cannabinoids, as well as the investigation of the creation and further breeding of the different chemotypes.

Previously, researchers interested in industrial hemp deliberately distanced themselves from drug-type varieties, so we considered the origin and development history of the plants belonging to that field of use to be important, since we are talking about a single species, the different types of which have been shaped by human cultural, geographical and economic factors.

Keywords: hemp, hemp breeding, cannabinoids, CBD, THC

IRODALOMJEGYZÉK

Allavena D. (1967): CS, eine neue Sorte des zweihausigen Hanfes. *Fibra*, 12, 17-24.

Andre C. M. - Larondelle Y. - Evers D. (2010): Dietary antioxidants and oxidative stress from a human and plant perspective: a review. *Current Nutrition & Food Science*, 6(1), 2-12.

Appendino G. - Gibbons S. - Giana A. - Pagani A. - Grassi G. - Stavri M. - Smith E. - Rahman M. M. (2008): Antibacterial cannabinoids from *Cannabis sativa*: a structure-activity study. *Journal of natural products*, 71(8), 1427-1430.

Barbieri R. - Tedeschi P. (1968): Eletta campana e T4, nuove cultivar di canapa per l'ambiente campano. *Sementi Elette*, 6, 412-417.

Bielecka M. - Kaminski F. - Adams I. - Poulson H. - Sloan R. - Li Y. - Larson T. R. - Winzer T. - Graham I. A. (2014): Targeted mutation of $\Delta 12$ and $\Delta 15$ desaturase genes in hemp produce major alterations in seed fatty acid composition including a high oleic hemp oil. *Plant Biotechnol J*, 12(5), 613-623. doi:10.1111/pbi.12167

Bócsa I. (1994): *Professor Dr. Ivan Bócsa, the breeder of Kompolti hemp (interview by the JIHA)*. (Vol 1), J. Int. Hemp Assoc.

Bócsa I. (2004): *A kender és termesztése*: AGROINFORM KIADÓ.

Bócsa I. - Karus M. - Hemptech. (1998): *The Cultivation of Hemp: Botany, Varieties, Cultivation and Harvesting*: Hemptech.

Bredemann G. (1924): Beitrage zur Hanfzüchtung II. Ansele faserreicher. Mannchen zur Befruchtung durch Faser-bestimmung an der lebeden Pflanze vor deu Blüte. *Angew Bot*, 6, 348-360.

Bredemann G. (1937): Züchtung des hanfes auf Fasergehalt. *Z Pflanzen*, 12, 259-268.

- Bredemann G.* (1953): Verdreifachung des Fasergehalts bei Hanf durch fortgesetzte Maanthen und Weib-chenauslese. *Mater Veg*, 2, 167-187.
- Bredemann G. - Garber K. - Huhnke W. - von Sengbusch R.* (1961): Die Züchtung von monöozischen und diöozischen, faserertragreichen Hanfsorten Fibrimon und Fibridia. *Zeitschrift für Pflanzenzüchtung*, 46, 235-245.
- Brenneisen R.* (2007): Chemistry and Analysis of Phytocannabinoids and Other *Cannabis* Constituents. In *ElSohly M. A.* (szerk.), *Marijuana and the Cannabinoids* (pp. 17-49). Totowa, NJ: Humana Press.
- Burstein S.* (2015): Cannabidiol (CBD) and its analogs: a review of their effects on inflammation. *Bioorganic & medicinal chemistry*, 23(7), 1377-1385.
- Candolle A. d. - International Botanical Congress Paris F.* (1867): *Lois de la nomenclature botanique*. Paris: V. Masson et fils.
- Chandra S. - Lata H. - ElSohly M. A. - Walker L. A. - Potter D.* (2017): *Cannabis* cultivation: Methodological issues for obtaining medical-grade product. *Epilepsy Behav*, 70(Pt B), 302-312. doi:10.1016/j.yebeh.2016.11.029
- Clarke R. C. - Merlin M. D.* (2013): *Cannabis Evolution and Ethnobotany* (1 ed.): University of California Press.
- Crossa J. - Hernandez C. - Bretting P. - Eberhart S. - Taba S.* (1993): Statistical genetic considerations for maintaining germ plasm collections. *Theoretical and Applied Genetics*, 86(6), 673-678.
- Davis W. M. - Hatoum N. S.* (1983): Neurobehavioral actions of cannabichromene and interactions with delta 9-tetrahydrocannabinol. *General pharmacology*, 14(2), 247-252.
- de Meijer E.* (2004): The breeding of *Cannabis* cultivars for pharmaceutical end uses. *Medicinal Uses of Cannabis and Cannabinoids*. Pharmaceutical Press: London, 55-70.
- de Meijer E.* (2014): 89The Chemical Phenotypes (Chemotypes) of *Cannabis*. In *Pertwee R.* (szerk.), *Handbook of Cannabis* (pp. 0): Oxford University Press.
- de Meijer E. P.* (1995): Fibre hemp cultivars: a survey of origin, ancestry, availability and brief agronomic characteristics. *J. Int. Hemp Assoc.*, 2(2), 66-73.
- de Meijer E. P. - Bagatta M. - Carboni A. - Crucitti P. - Moliterni V. M. - Ranalli P. - Mandolino G.* (2003): The inheritance of chemical phenotype in *Cannabis sativa* L. *Genetics*, 163(1), 335-346. doi:10.1093/genetics/163.1.335

de Meijer E. P. M. - Hammond K. M. - Sutton A. (2009): The inheritance of chemical phenotype in *Cannabissativa* L. (IV): cannabinoid-free plants. *Euphytica*, 168(1), 95-112. doi:10.1007/s10681-009-9894-7

de Monet de Lamarck J. B. P. A. - Poiret J. L. M. (1808): *Encyclopédie méthodique botanique: pt. 2, p. 345-752 (1 Aug. 1785)*; Panckoucke.

De Petrocellis L. - Ligresti A. - Moriello A. S. - Allarà M. - Bisogno T. - Petrosino S. - Stott C. G. - Di Marzo V. (2011): Effects of cannabinoids and cannabinoid-enriched *Cannabis* extracts on TRP channels and endocannabinoid metabolic enzymes. *Br J Pharmacol*, 163(7), 1479-1494. doi:10.1111/j.1476-5381.2010.01166.x

DeLong G. T. - Wolf C. E. - Poklis A. - Lichtman A. H. (2010): Pharmacological evaluation of the natural constituent of *Cannabis sativa*, cannabichromene and its modulation by Δ^9 -tetrahydrocannabinol. *Drug and alcohol dependence*, 112(1-2), 126-133.

Dewey L. H. (1927): Hemp varieties of improved type are result of selection.

Di Candilo M. - Ranalli P. - Diozzi M. - Gianpaolo G. (2002): Attività di miglioramento genetico per la costituzione di nuove varietà di canapa dioiche. *Agroindustria*, 1, 14-18.

Di Marzo V. - Piscitelli F. (2015): The Endocannabinoid System and its Modulation by Phytocannabinoids. *Neurotherapeutics*, 12(4), 692-698. doi:10.1007/s13311-015-0374-6

Eisohly H. N. - Turner C. E. - Clark A. M. - Eisohly M. A. (1982): Synthesis and antimicrobial activities of certain cannabichromene and cannabigerol related compounds. *Journal of Pharmaceutical Sciences*, 71(12), 1319-1323.

Englund A. - M Stone J. - D Morrison P. (2012): *Cannabis* in the arm: what can we learn from intravenous cannabinoid studies? *Current pharmaceutical design*, 18(32), 4906-4914.

Fellermeier M. - Zenk M. H. (1998): Prenylation of olivetolate by a hemp transferase yields cannabigerolic acid, the precursor of tetrahydrocannabinol. *FEBS Lett*, 427(2), 283-285. doi:10.1016/s0014-5793(98)00450-5

Fishedick J. T. - Hazekamp A. - Erkelens T. - Choi Y. H. - Verpoorte R. (2010): Metabolic fingerprinting of *Cannabis sativa* L., cannabinoids and terpenoids for chemotaxonomic and drug standardization purposes. *Phytochemistry*, 71(17-18), 2058-2073. doi:10.1016/j.phytochem.2010.10.001

Fleischmann R. (1931): Hanf- und Flachskultur in Ungarn. *Faserforsch*, 9, 143-149.

Fleischmann R. (1934): Beiträge zur Hanfzüchtung. *Faserforsch*, 11, 156-161.

- Flores-Sanchez I. - Verpoorte R. (2008): Secondary metabolism in Cannabis., 7, 615-639. doi:10.1007/s11101-008-9094-4*
- Gutiérrez A. - Jose C. (2005): Chemical characterization of pitch deposits produced in the manufacturing of high-quality paper pulps from hemp fibers. Bioresource technology, 96(13), 1445-1450.*
- Hazekamp A. (2016): Cannabis: From Cultivar to Chemovar II—A Metabolomics Approach to Cannabis Classification. Cannabis and Cannabinoid Research, 1(1), 202-215. doi:10.1089/can.2016.0017*
- Hill A. J. - Williams C. M. - Whalley B. J. - Stephens G. J. (2012): Phytocannabinoids as novel therapeutic agents in CNS disorders. Pharmacology & therapeutics, 133(1), 79-97.*
- Hillig K. W. (2004): A chemotaxonomic analysis of terpenoid variation in Cannabis. Biochemical Systematics and Ecology, 32(10), 875-891. doi:https://doi.org/10.1016/j.bse.2004.04.004*
- Hillig K. W. (2005): Genetic evidence for speciation in Cannabis (Cannabaceae). Genetic Resources and Crop Evolution, 52(2), 161-180. doi:10.1007/s10722-003-4452-y*
- Hoffmann W. (1944): Hanf, Cannabis sativa L. in Roemer-Rudorf. In: Paul Parey Berlin.*
- Iseger T. A. - Bossong M. G. (2015): A systematic review of the antipsychotic properties of cannabidiol in humans. Schizophrenia research, 162(1-3), 153-161.*
- JM McPartland G. G. (2010): THC synthase in Cannabis has undergone accelerated evolution and positive selection pressure. Paper presented at the Proceedings of the 20th Annual Symposium on the Cannabinoids., Research Triangle Park.*
- Kelly J. (2012): The Graves Are Walking: The Great Famine and the Saga of the Irish People: Henry Holt and Company.*
- Khan B. A. - Warner P. - Wang H. (2014): Antibacterial Properties of Hemp and Other Natural Fibre Plants: A Review. BioResources; Vol 9, No 2 (2014). Retrieved from https://ojs.cnr.ncsu.edu/index.php/BioRes/article/view/BioRes_09_2_Khan_Antibacterial_Hemp_Fibre_Review*
- Klein C. - Karanges E. - Spiro A. - Wong A. - Spencer J. - Huynh T. - Gunasekaran N. - Karl T. - Long L. E. - Huang X.-F. (2011): Cannabidiol potentiates Δ^9 -tetrahydrocannabinol (THC) behavioural effects and alters THC pharmacokinetics during acute and chronic treatment in adolescent rats. Psychopharmacology, 218(2), 443-457.*
- Kojoma M. - Seki H. - Yoshida S. - Muranaka T. (2006): DNA polymorphisms in the tetrahydrocannabinolic acid (THCA) synthase gene in "drug-type" and "fiber-type"*

Cannabis sativa L. Forensic Sci Int, 159(2-3), 132-140. doi:10.1016/j.forsciint.2005.07.005

Kovalchuk I. - Pellino M. - Rigault P. - van Velzen R. - Ebersbach J. - Ashnest J. R. - Mau M. - Schranz M. E. - Alcorn J. - Laprairie R. B. - McKay J. K. - Burbridge C. - Schneider D. - Vergara D. - Kane N. C. - Sharbel T. F. (2020): The Genomics of *Cannabis* and Its Close Relatives. Annu Rev Plant Biol, 71, 713-739. doi:10.1146/annurev-arplant-081519-040203

Luo X. - Reiter M. A. - d'Espaux L. - Wong J. - Denby C. M. - Lechner A. - Zhang Y. - Grzybowski A. T. - Harth S. - Lin W. - Lee H. - Yu C. - Shin J. - Deng K. - Benites V. T. - Wang G. - Baidoo E. E. K. - Chen Y. - Dev I. - Petzold C. J. - Keasling J. D. (2019): Complete biosynthesis of cannabinoids and their unnatural analogues in yeast. Nature, 567(7746), 123-126. doi:10.1038/s41586-019-0978-9

Mahmoud A. E. - Desmond S. (2005): Chemical constituents of marijuana: The complex mixture of natural cannabinoids. Life Sciences, 78(5), 539-548. doi:https://doi.org/10.1016/j.lfs.2005.09.011

Mandolino G. - Bagatta M. - Carboni A. - Ranalli P. - de Meijer E. (2003): Qualitative and quantitative aspects of the inheritance of chemical phenotype in *Cannabis*. Journal of Industrial Hemp, 8(2), 51-72.

Mandolino G. - Carboni A. (2004): Potential of marker-assisted selection in hemp genetic improvement. Euphytica, 140(1), 107-120.

Mandolino G. - Carboni A. - Forapani S. - Faeti V. - Ranalli P. (1999): Identification of DNA markers linked to the male sex in dioecious hemp (*Cannabis sativa* L.). Theoretical and Applied Genetics, 98(1), 86-92.

McPartland J. M. - Russo E. B. (2001): *Cannabis* and *Cannabis* extracts: greater than the sum of their parts? Journal of Cannabis Therapeutics, 1(3-4), 103-132.

Meier C. - Mediavilla V. (1998): Factors influencing the yield and the quality of hemp (*Cannabis sativa* L.) essential oil. J. Int. Hemp Assoc, 5(1), 16-20.

Mishchenko S. - Kyrychenko H. - Laiko I. (2021): A new multiple purposes variety of industrial hemp 'Artemida' with a high oil content and fiber quality. Plant Varieties Studying and Protection, 17, 43-50. doi:10.21498/2518-1017.17.1.2021.228208

Mishchenko S. - Laiko I. - Kyrychenko H. (2021): Breeding of industrial hemp with a high content of cannabigerol by the case of 'Vik 2020' cultivar. Plant Varieties Studying and Protection, 17, 105-112. doi:10.21498/2518-1017.17.2.2021.236514

- Moliterni V. M. C. - Cattivelli L. - Ranalli, P. - Mandolino G. (2004): The sexual differentiation of *Cannabis sativa* L.: a morphological and molecular study. *Euphytica* 140, 95–106. doi: 10.1007/s10681-004-4758-7
- Montserrat-de la Paz S. - Marín-Aguilar F. - García-Gimenez M. D. - Fernández-Arche M. (2014): Hemp (*Cannabis sativa* L.) seed oil: analytical and phytochemical characterization of the unsaponifiable fraction. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 62(5), 1105-1110.
- Mölleken H. - Theimer R. (1997): Survey of minor fatty acids in *Cannabis sativa* L. fruits of various origins. *Journal of the International Hemp Association*, 4(1), 13-17.
- Myles S. - Boyko A. R. - Owens C. L. - Brown P. J. - Grassi F. - Aradhya M. K. - Prins B. - Reynolds A. - Chia J.-M. - Ware D. - Bustamante C. D. - Buckler E. S. (2011): Genetic structure and domestication history of the grape. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108(9), 3530-3535. doi:doi:10.1073/pnas.1009363108
- Pacifico D. - Miselli F. - Carboni A. - Moschella A. - Mandolino G. (2007): Time course of cannabinoid accumulation and chemotype development during the growth of *Cannabis sativa* L. *Euphytica*, 160, 231-240. doi:10.1007/s10681-007-9543-y
- Parsons J. - Martin S. - James T. - Golenia G. - Boudko E. - Hepworth S. (2019): Polyploidization for the Genetic Improvement of *Cannabis sativa*. *Front. Plant Sci.* 10:476. doi: 10.3389/fpls.2019.00476
- Popa L. D. - Buburuz A. A. - Isticioaia S. F. - Gauca C. - C T. G. (2019): "Succesiv" - A new monoecious hemp cultivar created at ARDS Secuieni, Neamt County. *Romanian agricultural research*, 36, 79-84.
- Popa L. D. B., A A - Trotus, E - Vladut, N C - Teliban G. C. A., A L - Puiu I. B., M Meluca, C - Pintille P. L. - Matei G. (2022): Recent progress in monoecious hemp variety for seed, obtained in Romania. *Romanian agricultural research*, 39, 1-8.
- Radwan M. M. - Elsohly M. A. - Slade D. - Ahmed S. A. - Khan I. A. - Ross S. A. (2009): Biologically active cannabinoids from high-potency *Cannabis sativa*. *J Nat Prod*, 72(5), 906-911. doi:10.1021/np900067k
- Ranalli P. (1998): Hemp. In *Pagnotta G. T. S. M. M. A.* (szerk.), *Italian Contribution to Plant Genetics and Breeding* (pp. 803-811). Tuscia: University of Tuscia.
- Ranalli P. (2004): Current status and future scenarios of hemp breeding. *Euphytica*, 140(1), 121-131. doi:10.1007/s10681-004-4760-0

- Robert C. C. - Mark D. M. (2016): *Cannabis* Domestication, Breeding History, Present-day Genetic Diversity, and Future Prospects. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 35(5-6), 293-327. doi:10.1080/07352689.2016.1267498
- Ross S. - Mehmedic Z. - Murphy T. - Elsohly M. (2000): GC-MS analysis of the total Δ^9 -THC content of both drug- and fiber-type *Cannabis* seeds. *Journal of analytical toxicology*, 24, 715-717. doi:10.1093/jat/24.8.715
- Ross S. A. - ElSohly M. A. - Sultana G. N. - Mehmedic Z. - Hossain C. F. - Chandra S. (2005): Flavonoid glycosides and cannabinoids from the pollen of *Cannabis sativa* L. *Phytochem Anal*, 16(1), 45-48. doi:10.1002/pca.809
- Rothschild M. - BERGSTRÖM G. - WÄNGBERG S.-Å. (2005): *Cannabis sativa*: volatile compounds from pollen and entire male and female plants of two variants, Northern Lights and Hawaiian Indica. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 147(4), 387-397.
- Salentijn E. M. - Zhang Q. - Amaducci S. - Yang M. - Trindade L. M. (2015): New developments in fiber hemp (*Cannabis sativa* L.) breeding. *Industrial crops and products*, 68, 32-41.
- Serebriakova T. I. (1940): Fiber plants. In Wulff E. V. (szerk.), *Flora of Cultivated Plants*. Moszkva: State Printing Office.
- Sikora V. - Koren A. (2020): Achievements in the improvement of industrial hemp production in the Institute of Field and Vegetable Crops, Novi Sad. *Alternative Crops and Cultivation Practices*, 2, 9-15.
- Sirikantaramas S. - Taura F. - Tanaka Y. - Ishikawa Y. - Morimoto S. - Shoyama Y. (2005): Tetrahydrocannabinolic Acid Synthase, the Enzyme Controlling Marijuana Psychoactivity, is Secreted into the Storage Cavity of the Glandular Trichomes. *Plant & cell physiology*, 46, 1578-1582. doi:10.1093/pcp/pci166
- Slatkin D. J. - Doorenbos N. J. - Harris L. S. - Masoud A. N. - Quimby M. W. - Schiff P. L. (1971): Chemical constituents of *Cannabis sativa* L. root. *Journal of Pharmaceutical Sciences*, 60(12), 1891-1892.
- Small E. (2017): Classification of *Cannabis sativa* L. in Relation to Agricultural, Biotechnological, Medical and Recreational Utilization. In Chandra S., Lata H., & ElSohly M. A. (Eds.): *Cannabis sativa* L. - Botany and Biotechnology (pp. 1-62). Cham: Springer International Publishing.
- Small E. - Cronquist A. (1976): A PRACTICAL AND NATURAL TAXONOMY FOR *CANNABIS*. *TAXON*, 25(4), 405-435. doi:https://doi.org/10.2307/1220524

- Small E. - Marcus D. (2002):* Hemp: A new crop with new uses for North America. Trends in new crops and new uses, 24(5), 284-326.
- Small E. - Marcus D. (2003):* Tetrahydrocannabinol Levels in Hemp (*Cannabis sativa*) Germplasm Resources. Economic Botany, 57(4), 545-558. Retrieved from <http://www.jstor.org/stable/4256739>
- Stout J. M. - Boubakir Z. - Ambrose S. J. - Purves R. W. - Page J. E. (2012):* The hexanoyl-CoA precursor for cannabinoid biosynthesis is formed by an acyl-activating enzyme in *Cannabis sativa* trichomes. Plant J, 71(3), 353-365. doi:10.1111/j.1365-313X.2012.04949.x
- Taura F. - Sirikantaramas S. - Shoyama Y. - Yoshikai K. - Shoyama Y. - Morimoto S. (2007):* Cannabidiolic-acid synthase, the chemotype-determining enzyme in the fiber-type *Cannabis sativa*. FEBS Letters, 581(16), 2929-2934. doi:<https://doi.org/10.1016/j.febslet.2007.05.043>
- Van Amsterdam J. - Brunt T. - van den Brink W. (2015):* The adverse health effects of synthetic cannabinoids with emphasis on psychosis-like effects. Journal of psychopharmacology, 29(3), 254-263.
- Van Bakel H. - Stout J. M. - Cote A. G. - Tallon C. M. - Sharpe A. G. - Hughes T. R. - Page J. E. (2011):* The draft genome and transcriptome of *Cannabis sativa*. Genome Biology, 12(10), 1-18.
- Volkow N. D. - Baler R. D. - Compton W. M. - Weiss S. R. (2014):* Adverse health effects of marijuana use. New England Journal of Medicine, 370(23), 2219-2227.
- Von Linne C. (1753):* *Species plantarum*.
- Watson D. P. - Clarke R. C. (1997). The genetic future of hemp.* Paper presented at the Nova Institute, Bioresource Hemp Symposium Proceedings, Frankfurt am Main.
- Weiblen G. D. - Wenger J. P. - Craft K. J. - ElSohly M. A. - Mehmedic Z. - Treiber E. L. - Marks M. D. (2015):* Gene duplication and divergence affecting drug content in *Cannabis sativa*. New Phytologist, 208(4), 1241-1250. doi:<https://doi.org/10.1111/nph.13562>
- Weightman R. - Kindred D. (2005):* Review and analysis of breeding and regulation of hemp and flax varieties available for growing in the UK. Project NF0530. Final report for the Department for Environment, Food and Rural Affairs. London, UK: ADAS Centre for Sustainable Crop Management.

Wright Jr M. J. - Vandewater S. A. - Taffe M. A. (2013): Cannabidiol attenuates deficits of visuospatial associative memory induced by Δ^9 tetrahydrocannabinol. *British journal of pharmacology*, 170(7), 1365-1373.

A szerzők levélcíme – Address of the authors:

SOMODY GERGŐ

Széchenyi István Egyetem,
Albert Kázmér Mosonmagyaróvári Kar,
Növénytudományi Tanszék
9200 Mosonmagyaróvár, Vár tér 2.
somodygergo@gmail.com

MOLNÁR ZOLTÁN

Széchenyi István Egyetem,
Albert Kázmér Mosonmagyaróvári Kar,
Növénytudományi Tanszék
9200 Mosonmagyaróvár, Vár tér 2.
molnar.zoltan@sze.hu

LAKATOS ERIKA

Széchenyi István Egyetem,
Albert Kázmér Mosonmagyaróvári Kar,
Élelmiszertudományi Tanszék
9200 Mosonmagyaróvár, Lucsony utca 15-17.
lakatos.erika@sze.hu