

Egyetemi doktori (PhD) értekezés tézisei

A cirokfélék energetikai hasznosítási lehetőségei

Jóvér János

Témavezető: Prof. Dr. Blaskó Lajos
egyetemi tanár



DEBRECENI EGYETEM
Kerpely Kálmán Doktori Iskola

Debrecen, 2018

1. A DOKTORI ÉRTEKEZÉS ELŐZMÉNYEI ÉS CÉLKITŰZÉSEI

A bioetanol termelése és felhasználása a közúti közlekedésben egy igen meghatározó elem a megújuló energiák részarányának növelésében, ennek érdekében az Európai Unióban is jól nyomon követhető annak intenzív terjedése. Az EU jogharmonizációjának és közös szankcionálási rendszerének eredményeképpen már minden tagállamban jelen van a bioetanol, amely önmagában, vagy bizonyos részarányban benzinhoz keverve tankolható. Azonban némely országok egészen kiemelkedő mennyiségben állítják elő és használják ezt a megújuló energiaforrást. A mezőgazdasági termékek olykor problematikus értékesítési lehetőségei piaci szempontból lehetővé teszik a biohajtóanyag termelését, míg energiapolitikai és környezetvédelmi szempontok pedig hosszabb távon adnak szakmai indokot a biomassza eredetű folyékony hajtóanyagok előállításában rejlő potenciál nagyobb mértékű kihasználására. Ezen eljárások igen alkalmasak a termelés biztonságának fokozására, hiszen diverzifikálják a gazdálkodók tevékenységét és piacképes, de akár saját felhasználásra is alkalmas termékeket állítanak elő.

Az első generációs biohajtóanyagok alkalmazása minden bizonnyal a hatékonyabb technológiák versenyképessé válásáig és elterjedéséig – a közlekedéspolitika módosításával - szükséges és indokolt. A tömegközlekedésben való alkalmazás mennyiségi, műszaki, környezetvédelmi és ellenőrzési szempontból is releváns megoldásnak tekintendő. Magyarországi tapasztalatokra alapozva megállapítható, hogy az elterjedés gátja jellemzően a gazdasági okokban rejlik, ugyanis a bioetanol a jelenlegi közgazdasági-szabályozási viszonylatokban a gazdaságosság határán mozog. A második- és harmadik generációs biohajtóanyagok esetében a helyzet még kedvezőtlenebb, ugyanis az előállítási technológia negatív gazdasági mutatói miatt, előállításuk és széleskörű alkalmazásuk még várat magára.

Bár a hazai biohajtóanyag-előállításának és felhasználásának vonatkozásában intenzív fejlesztések a figyelhetők meg, továbbra is indokolt az töltőállomásokon megvásárolható üzemanyagok biokomponens-tartalmának növelése, valamint a töltőállomásokat kiszolgáló rendszerek technológiai fejlesztése. E technológiai fejlesztésben fontos támpont lehet a melléktermékek hatékony felhasználása, amely a másodikgenerációs bioalkohol-előállításában és a biomassza-tüzelésben is jelenthet lehetőségeket, illetve további kutatási igényeket.

Kutatómunkám szellemi előzménye a Dr. Balogh István vezetésével 2006-2008 között folytatott, „Biomasszára alapozott, komplex, kapcsolt hő- és villamosenergia előállítása technológia” című kutatási projekt volt, amelynek keretein belül a Karcagi Kutatóintézetben

különböző silócirok hibridek energetikai értékelése valósult meg. A projekt eredményei, illetve tapasztalatai alapján kerültek megfogalmazásra jelen írásmű célkitűzései is.

Az értekezés átfogó célkitűzései:

A kutatómunka alapvető célja volt, a silócirokban – mint potenciális energianövényben – rejlő bioenergetikai lehetőségek számszerű meghatározása mind a biohajtóanyag-előállítás, mind a biomassa-tüzelés vonatkozásában köztermesztésben is jelenlévő hibridek vizsgálata által. További célként tűztem ki, a silócirok másodikgenerációs biohajtóanyag előállítása szempontjából fontos összetett szénhidrátok mennyiségi meghatározásának módszertani fejlesztését, valamint a silócirokban – mint energianövényben – rejlő potenciál területegységre vonatkoztatott értékelését, valamint egy térbeli döntéstámogatási módszertan kidolgozását annak érdekében, hogy számszerű képet kaphassunk a potenciálisan számításba vehető, energetikai célú ciroktermesztésre alkalmas területek nagyságáról és elhelyezkedéséről.

Az értekezés részletes célkitűzései:

Az értekezés célja a silócirok hibridekre jellemző maximális cukortartalom és cukorfelhamozódási dinamika vizsgálata volt hat silócirok hibrid alapján, továbbá a silócirok alapú bioetanol-előállítás melléktermékeként keletkező préselési maradék (bagasz) kalorimetrikus égéshőinek vizsgálata és összehasonlító értékelése egyéb biomassa-tüzelési alapanyagokkal. Cél volt a vizsgált silócirok hibridek bagaszaiban lévő, különböző detergenssek által meghatározott poliszacharidok kvantitatív jellemzése a hibridek második generációs bioetanol-előállításban betölthető potenciális szerepük tisztázása érdekében, valamint a detergensrost frakciók mennyiségi meghatározásának módszertani fejlesztése non-invazív spektroszkópiai módszerekkel.

További célkitűzés a hazai klimatikus és edafikus viszonyok tükrében a magyarországi silócirok alapú bioenergia potenciál kvantitatív becslése AGROTOPO, CORINE és CarpatClim térképállományok alapján, amely egy regionális szintű döntéstámogatási rendszer alapját is képezheti.

2. ANYAG ÉS MÓDSZER

2.1. A bioetanol potenciál meghatározásának módszertana

A szántóföldi kísérletek a Debreceni Egyetem Agrártudományi Központ Karcagi Kutatóintézetben voltak. A kísérleti időszakban a parcellák az Intézet B2, H2 és I2 jelzésű tábláin helyezkedtek el a helyes vetésváltási szabályok betartása mellett. A kísérleteket kötött réti csernozjom talajon állítottuk be. Az alapművelés minden esetben őszi szántás volt, amelyet tavasszal fogas borona segítségével munkáltunk el, míg a magágy előkészítése minden esetben kombinátor segítségével történt. A kísérlet vetésére rendszerint az április 25. - május 5. időszakban került sor. A vetés 70 cm sortávolság és 5 cm tőtávolság mellett történt, míg a vetésmélység 4,6 cm volt. A vetés HEGE 95 típusú önjáró szemenkénti parcellavetőgéppel történt. A kísérletekben 100 kg/ha N hatóanyagának megfelelő ammónium-nitrátot juttatunk ki, melynek talajba dolgozása a magágy-készítéssel egy menetben történt. A vetést követően, a vetőágy zárása minden esetben gyűrűshengert alkalmaztunk.

A bioetanol potenciálra vonatkozó mérések hat a hazai köztermesztésben lévő silócirok hibridre fókuszáltak, amely hibridek a Nemzeti Fajtajegyzékben és az EU szántóföldi növények fajtalistáján is szerepelnek. A szántóföldi kísérletek mintázása jellemzően augusztus közepén kezdődtek és egészen a betakarításig tartottak átlagosan 10 napos időközök mellett. A vizsgálatok elvégzéséhez silócirok hibridek 4 m²-es mintaterületeiről takarítottuk be a teljes növényeket. Minden hibrid esetében két ismételtsben történt meg a mintavétel. A kísérlet ismételéseinek csökkentett számát a betakarított anyag minőségromlásának elkerülése indokolt. A mintavételt követően megmértük a friss minták tömegét, majd a növénymintákat egy AL-KO dynamic H1600 típusú szecskázógéppel leszecskáztuk. A szecskázott mintából meghatározott mennyiséget Nüve FN400 szárítószekrénybe helyezve, 105°C hőmérsékleten tömegállandóságig szárítva, négy ismételtsben megmértük az egyes mintákra jellemző nedvességtartalmat.

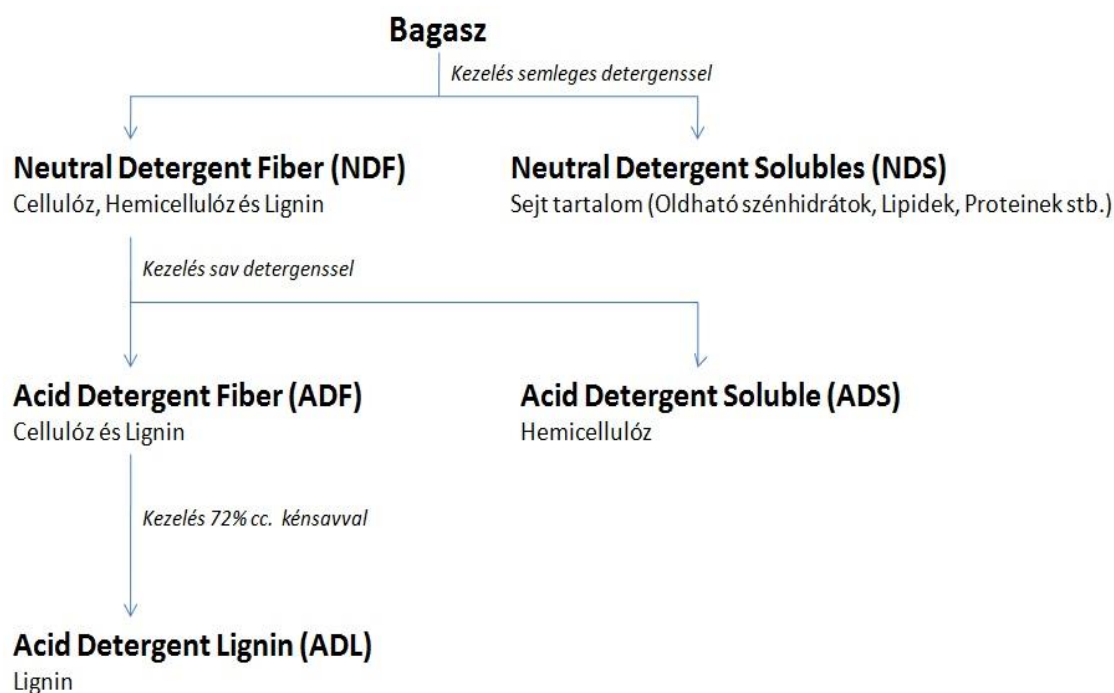
A silócirok szárából nyert híg fázis refrakciós szárazanyagtartalmát refraktométer segítségével határoztuk meg, amely érték szoros korrelációt mutat a tényleges cukortartalommal (Kawahigashi et al., 2013). A kipréselt lé refrakciós szárazanyagtartalmát Brix%-ban határoztuk meg, amelyet az előzőekben említett szakirodalmak eredményei alapján a továbbiakban cukortartalomként kezeltünk. A refrakciós szárazanyagtartalmak meghatározása mintaterenként négy párhuzamos méréssel történt. A mérések során a frissen vett minták

esetében – az Állami Fajtakísérletek mérési gyakorlatával összhangban – a cirok szárának 4. és 5. nódusza közötti internódiumból történt a lé kézi présel történő kinyerése.

A potenciális bioetanol-hozamok meghatározását a vizsgált hibridekre vonatkozóan MS Office Excel táblázatkezelő szoftver alkalmazásával, az *Institution of Japan Energy* (2006) által közzétett számítási képletek felhasználásával számítottam ki.

A bagasz elkészítéséhez a friss cirokmintákat egy Bologna S.T.M. AMP/E 50/2 csigás présgéppel préseltem, amelyet követően a préselési maradékot egy Nüve FN400 típusú szárítószekrényben 105°C hőmérsékleten tömegállandóságig szárítottunk.

A 0,1-2 mm méretűre darált cirok bagasz lignocellulóz-tartalmát a *Georging és Van Soest* (1975) által kidolgozott analitikai eljárással határoztuk meg, amelynek eredményeképpen a szoros egymásutániségben végrehajtott, egymásra épülő reakciók segítségével meghatározásra kerültek a bagasz minták neutrális detergens rost (Neutral Detergent Fiber – NDF), sav detergens rost (Acid Detergent Fiber - ADF) és sav detergens lignin (Acid Detergent Lignin – ADL) frakciói (1. ábra).



1. ábra: A detergens rostfrakciók kimutatásának módszere

A minták NDF tartalma a cellulóz, hemicellulóz és lignin összességét képezi, míg az ADF a cellulóz és lignin molekulákat tartalmazza. Az ADL a minták lignin-tartalmával egyenértékű. A mérési eredmények alapján a minták cellulóz-, hemicellulóz- és lignintartalmának kiszámítása az alábbiak szerint történt:

NDF – ADF = hemicellulóz

ADF – ADL = cellulóz

ADL = lignin

Az összetett szénhidráttartalomra vonatkozó spektroszkópai méréseket AvaSpec NIR256-2.5-HSC Fiber Optic típusú spektrométer segítségével végeztük el 1000-2400 nm hullámhossz-tartományban. A mérések során a hullámhosszúságok közötti átlagos osztályköz 6,43 nm volt. A megfelelő mérési pontosság biztosításához a méréseket egy speciális, spektrális mérésekhez rendszeresített „black box”-ba helyett mintákon végeztük el a külső eredetű fény kizárása érdekében. A mérések alatt az optikai szál vége 5 mm távolságra volt a minta felszínétől. A spektrális adatokat AvaSoft 8.2 szoftver segítségével rögzítettük. A rögzített eredmények 30 mérés átlagát jelentették, amelyet háromszoros pixelfinomítás mellett jelenítettünk meg vizuálisan. A spektrális adatokat .xls formátumú fájlként exportáltuk és MS Office Excel szoftver segítségével ábrázoltuk a spektrális jellegeket mutató görbéket.

Mivel a 2000 nm és 2200 nm közötti hullámhossz-tartományú elektromágneses sugarakra a cellulóz érzékeny (Nagler *et al.*, 2003), lehetőség nyílt a CAI (*Cellulose Absorption Index*) kiszámítására, amely index általánosan elfogadott az elhalt növényi maradványok talajfelszíntől való elkülönítésére (Daughtry *et al.*, 2004). A mért reflektancia értékek alapján a CAI meghatározása a 1. egyenlet szerinti képlettel történt.

1. egyenlet:

$$CAI = 0.5 (\rho_{2000} + \rho_{2200}) - \rho_{2100}$$

Ahol:

ρ : a reflektancia értéke az adott hullámhosszon

2.2. A cirokfélék biomassza-tüzelési aspektusainak értékelési módszere

A kalorimetrikus égéshő meghatározásához a silócirok esetében a betakarított biomasszája szárított, szecskázott mintáit használtuk. A szántóföldi növények melléktermékek köréből az őszi búza, kukorica és napraforgó betakarítása után visszamaradó növénymaradványok szárított, aprított mintáit használtuk, míg a vizsgált fajok (nyár, éger, akác, fűz) esetében a vizsgálandó anyagból készített fakockákat alkalmaztunk mintaként a mérések során. Minden égéshő mérés során 1,00 g mennyiségű mintát mértünk be. A mérésekhez használt minták

nedvességtartalma 4-6% között változott. A kalorimetrikus vizsgálatokhoz a szárított mintákat Condux növénydarálón 1-2 mm nagyságúra daráltuk, majd ezután a kaloriméterhez rendszeresített tablettázó prés segítségével 1,00 g tömegű tablettákat készítettünk. Ezt követően szárítószekrényben 45°C-on történő szárítással meghatároztuk a tabletták nedvességtartalmát, ami átlagosan 8-10 % között változott. A méréseket analitikai mérlegen négy tizedes pontossággal végeztük, ami az energetikai meghatározáshoz is követelmény.

A kalorimetrikus vizsgálatokhoz alkalmazott komposzt egy a régióban működő biogázüzemből származott, ahol a fermentorból kikerülő fermentlevet szeparálják, majd a szilárd fázist komposztálják, míg az olajpogácsa minták egy szintén a régióban működő olajpréselő üzemből származtak.

A mérések elvégzéséhez IKA C2000 Basic típusú adiabatikus kalorimétert használtunk. A tökéletes égés érdekében a kaloriméter-bombát tiszta oxigénnel töltöttük fel 20-30 bar nyomástartományban.

A kaloriméter I rendszerét egy speciális kialakítású kaloriméter bomba képezte, amelyben egy égető téglában helyezkedtek el a megfelelő módon előkészített és tablettázott minták. A mérés során a tiszta oxigénben lévő minták gyújtását pamutszál biztosította. Az I rendszer által leadott Q hőmennyiséget teljes egészében az ismert C hőkapacitású II rendszer vette fel, ami jelen esetben víz volt. A Q hőmennyiség felvétele következtében a II rendszer hőmérséklete ΔT változást szenvedett. A zavaró hőáramokat elhanyagolható mértékűre szükséges csökkenteni, amelyet az eszköz környezettől való termikus szigetelése biztosított. A ΔT mennyiségének méréséből adódóan a kalorimetrikus égéshő meghatározása az 2. *egyenlet* szerinti energiamérlegen alapult.

2. *egyenlet*:

$$Q = -C * \Delta T$$

A hőmennyiség értékét a kaloriméter automatikusan számította ki a bemért mintatömeg és a ΔT értékének pontos értékeiből, amely az adiabatikus kaloriméterek általános jellemzőjének tekinthető (Erdey-Grúz és Proszt, 1962). A mérési eljárás során alkalmazott szoftver a mérőeszközhöz rendszeresített CalWin Version 2.00.030. 1999-es verziója volt. Minden mintát húsz párhuzamos méréssel mértük a statisztikai megbízhatóság érdekében. A méréseket kalibrálás előzte meg, ismert égéshőjű benzoésav tablettával négy mérést elvégezve, a négy mérés átlagából kapott C értékkel kalibráltunk (26470 KJ/kg).

A növénytermesztési és bioenergetikai melléktermékek mintái esetében a mérést követően laboratóriumi analitikai mérlegen négy tizedes pontossággal (g) megmértük a visszamaradó hamu mennyiségét.

A hamu analitikai vizsgálatainak alapanyagául szolgáló hamumaradékok kontrollált előállítását *OM SZÖV TypeOH 63* izzítókemencében végeztük. A kemencében történő égetésnél a mintákból átlagosan 6 g, pontosan ismert tömegű légszáraz mintát mértünk be az ismert tömegű kerámiaedényekbe. Az izzítás három lépésben történt annak érdekében, hogy elkerüljük a minták szétpattogását. Először a bemért mintákat ~ 257 °C-ra izzítottuk, majd 570 °C-ra, végül a hevítés harmadik fázisában ~ 650 °C-ra emeltük az izzítási hőmérsékletet. Az izzítást 2 órán keresztül végeztük. A hamumaradékot tartalmazó kerámiaedényeket a kemencéből kivéve exsikkátorba helyeztük, hogy megvédjük az esetleges nedvességtől, illetve hogy az izzítási maradékok felvegyék a környezet hőmérsékletét.

Az analitikai vizsgálatokat négy párhuzamos méréssel végeztük. A P, K, Na, Ca és Mg kvantitatív meghatározásához a 0,4 g darált mintát DK-20 blokkroncsolóban (VELP Scientifica) 360 °C-on, 4,0 cm³ cc. kénsavval, 40 percen át roncsoltunk atmoszferikus nyomáson szelén katalizátor jelenlétében. A roncsolási maradékot 100 cm³ jelzésig töltöttük fel, és ebből végeztük a meghatározásokat.

A P-tartalmat spektrofotometriásan vanado-molibdenát (ammónium-molibdenát, ammónium-metavanadát) reagenssel határoztuk meg Spekol 1100 spektrofotométerrel (Carl Zeiss Jena) 440 nm hullámhosszon.

A K, Na, Ca és Mg-tartalmat lángfotométerrel határoztuk meg levegő acetilén lángban, Spectra AA-10 atomabszorpciós spektrofotométer (Varian) segítségével.

A Cu, Zn, és Mn meghatározáshoz a minták 0,5 g mennyiségét HNO₃-H₂O₂ elegyében mikrohullámú roncsolóval tártuk fel, 190 °C-on, 27 bar nyomáson, 30 perc reakcióidővel egy MARS Xpress (CEM) típusú mikrohullámú roncsolóban. A minták elemtartalmát lángfotométerrel határoztuk meg levegő-acetilén lángban, Spectra AA-20 atomabszorpciós spektrofotométerrel (Varian).

A mért eredmények felhasználásával *Carillo et al.* (2014) nyomán az 3. egyenlet segítségével meghatároztuk a hamuféleségek alkálifém-tartalmát a salakosodás okozta kockázatok kvantitatív értékelése érdekében.

3. egyenlet:

$$\text{Alkálifém} - \text{tartalom} \left(\frac{kg}{GJ} \right) = \left(\frac{1 * 10^6}{100} \right) * \left(\frac{\text{Hamu}\%}{100} \right) * \left(\frac{K\% * Na\%}{100} \right)$$

3.3. A termőhelyi kockázatok értékelésének módszertana

Az adatgyűjtést Karcagon, a Debreceni Egyetem Agrártudományi Központ Karcagi Kutatóintézetében (DE ATK KKI) végeztük. A meteorológiai paraméterek rögzítése egy VAISALA gyártmányú QLC-50 típusú meteorológiai mérő automata segítségével történt 10 perces gyakorisággal. A mért adatokból az 1995-2016 időszakból kiválogattuk a legkésőbbi tavaszi fagyok és talajmenti fagyok, valamint a legkorábbi őszi fagyok és talajmenti fagyok értékeit és időpontjait. A kapott időpontokat 5 napos osztályközökbe rendeztük és meghatároztuk azok 20 éven belüli előfordulási gyakoriságukat, a jelenségek valószínűségét, amely által lehetőség nyílt a tenyészidőszak hosszából adódó kockázatok értékelésére.

A 20 éves időintervallumra meghatároztuk a Karcagra jellemző hőösszeg értékeket, majd kiszámítottuk a cirok effektív hőösszegét különböző bázishőmérsékletek alkalmazásával.

Az effektív hőösszeg számításának hagyományos formulája a napi minimum és maximum hőmérsékleteket veszi figyelembe, ezekből számít átlaghőmérsékletet, majd értékét csökkenti az adott növényre jellemző bázishőmérséklettel (*Dorka, 2005*), így a számításokat az 4. egyenlet alapján végeztük.

4. egyenlet:

$$H\ddot{o} \text{ eff} = i \sum_1^n \frac{(T_{i,MIN} + T_{i,MAX})}{2} - T_B$$

Ahol:

$T_{i,MIN}$: a napi minimum hőmérséklet (°C)

$T_{i,MAX}$: a napi maximum hőmérséklet(°C)

T_B : bázishőmérséklet (°C)

n: a fenofázis hossza nap.

A számítások két tenyészidőszak hossz mellett (május 1. – szeptember 30. illetve április 21. – október 10.) kerültek meghatározásra 8°C és 15°C közötti bázishőmérsékleti értékek alkalmazásával.

A vizsgálatok során lehatároltuk a cukorcirok termesztésének potenciális zónáit Magyarországon, melyhez különböző térinformatikai adatbázisokat használtunk fel. A

modellezés egyik fontos adatbázisa a földhasználati térkép volt, amit a CORINE felszínborítás (*Corine Land Cover – CLC*) adatbázisa biztosított.

Az országos CLC térkép 29 felszínborítási és földhasználati kategóriát tartalmaz, melyből a modellezés szempontjából szükséges „nem öntözött szántóterületeket” (*Non-irrigated arable land*) IDRISI Selva térinformatikai környezetben klasszifikáltuk.

Mivel az ország agroökológiai potenciálját jól jellemzi az MTA Talajtani és Agrokémiai Kutatóintézet által 1991-ben elkészített 1:100000 felbontású Agrotopográfiai adatbázis (AGROTOPO), így ez képezte elemzéseim másik főbb adatállományát.

A ciroktermesztés több talajtípuson is lehetséges, ugyanakkor érdemes figyelembe venni azt, hogy egyes talajtípusokon célszerűbb adott esetben nagyobb profitot hozó növényeket (pl. kukorica, stb.) termeszteni. Jelen írásműben ezért két csoportra osztottuk a leválogatott területeket, úgymint ciroktermesztés szempontjából „lehetséges”, valamint ciroktermesztés szempontjából „preferált” területek. A „lehetséges” kategóriába tartozó területek a cirokfélék termesztése szempontjából megfelelőek, azonban ezeken a területeken egyéb szántóföldi növények is eredményesen termeszthetők, úgymint pl.: a kukorica. A „preferált” kategóriába azon területek tartoztak, amelyeken az AGROTOPO adatbázisában szereplő talajtani paraméter miatt a szántóföldi kultúrák többségének termesztése csak kompromisszumokkal vagy számottevő termés kieséssel lehetséges, míg a cirokfélék számára talajtani szempontból az igények optimumát képviselik. Ezek alapján a ciroktermesztés szempontjából „lehetséges” területek jelen esetben azok a területek, ahol cirokfélék a talajtani adottságokat tekintve eredményes termesztési viszonyok mellett integrálhatók a vetésváltásba, míg a ciroktermesztés szempontjából „preferált” területek egy szűkebb kategóriát képeznek, ahol a talajtani jellegek alapján a cirok várhatóan versenyképesebb választás lehet a kukoricával szemben.

A klimatikus viszonyok értékelése érdekében a talajtani szempontok alapján létrehozott „lehetséges” és „preferált” területeket ábrázoló térképeket további fedvényekkel láttuk el. Országos léptékben az Ellenberg (1988) által kidolgozott index fedvényét helyeztük a talajtani eredményeket ábrázoló térképekre, amely index a július havi középhőmérséklet és az éves csapadékösszeg hányadosa, amelyet ezerrel szorzunk, vagyis a júliusi időszak hőmérsékleti adatai alapján állapítja meg az esetleges aszálykárak valószínűségét. (5. egyenlet)

5. egyenlet:

$$EQ = (T_{07}/P_{ann})*1000$$

Ahol:

EQ: Ellenberg index értéke

T₀₇: július havi középhőmérséklet

P_{ann}: éves csapadékösszeg

Az indexeket tartalmazó térképi fedvényeket a 2001-2010 időszak értékelésére, 0,1° * 0,1° felbontásban a CarpatClim online adatbázisából töltöttem le, amelynek célja alapvetően a Kárpát-medence éghajlatának részletes vizsgálata egy egységes módszertan alapján. Az aszályjelenségek pontos földrajzi viszonyainak tisztázása érdekében az Alföldön, a CarpatClim adatai alapján az 1991-2010 között regisztrált csapadékmennyiségek felhasználásával térképi fedvényeken ábrázoltam a csapadékhiány következtében termesztési kockázatokat hordozó területeket, a cirok és a kukorica vízellátás szempontjából kritikus időszakainak figyelembevétele mellett. A kukorica esetében a vízigények szempontjából kritikusnak számító időszakot a kukorica generatív fejlődésének időszaka, vagyis július és augusztus hónapok jelentették, míg a cirok esetében ez a vetést követő kelési időszak volt, amely május volt. A talajtani és egyes klimatikus fedvények átfedését értékelve határoztuk meg az adott területegységre jellemző termesztési sajátosságokat a cirok vonatkozásában.

Mivel az AGROTOPO adatbázis vektoros állományok formájában tárolja az egyes termőhelyi adottságokat és az adott poligonhoz több attributív adat is tartozik, ezért első lépésként az egyes talajparamétereket külön válogattuk, amit Global Mapper programban hajtottunk végre. Ezeket a poligonokat, az előzőekben említett Corine (raszter alapú) adatbázis vágóterületeként használtuk fel. Mivel az egyes talajparaméterek több felszínborítási kategóriát is lefedtek (pl. az AGROTOPO alapján réti csernozjom talajon lehet erdő, szántó, városi környezet, stb.), így a már kivágott földhasználati kategória térképről szegmentálással leválogattuk a szántókat.

Minden, a modellezés szempontjából szükséges termőhelyi adottságú kategória esetében elvégeztük a szántóterület leválogatását. Ezt követően összeadtuk a térképeket, így lehatárolhatóvá váltak azok a területek, ahol az adott talajparaméterek között átfedés van. Az átfedések esetében az „ÉS” térinformatikai logikai műveletet alkalmaztuk, így kikerültek az elemzésekből azok a területek, amelyek legalább egy paraméter tekintetében nem feleltek meg az adott kritériumoknak.

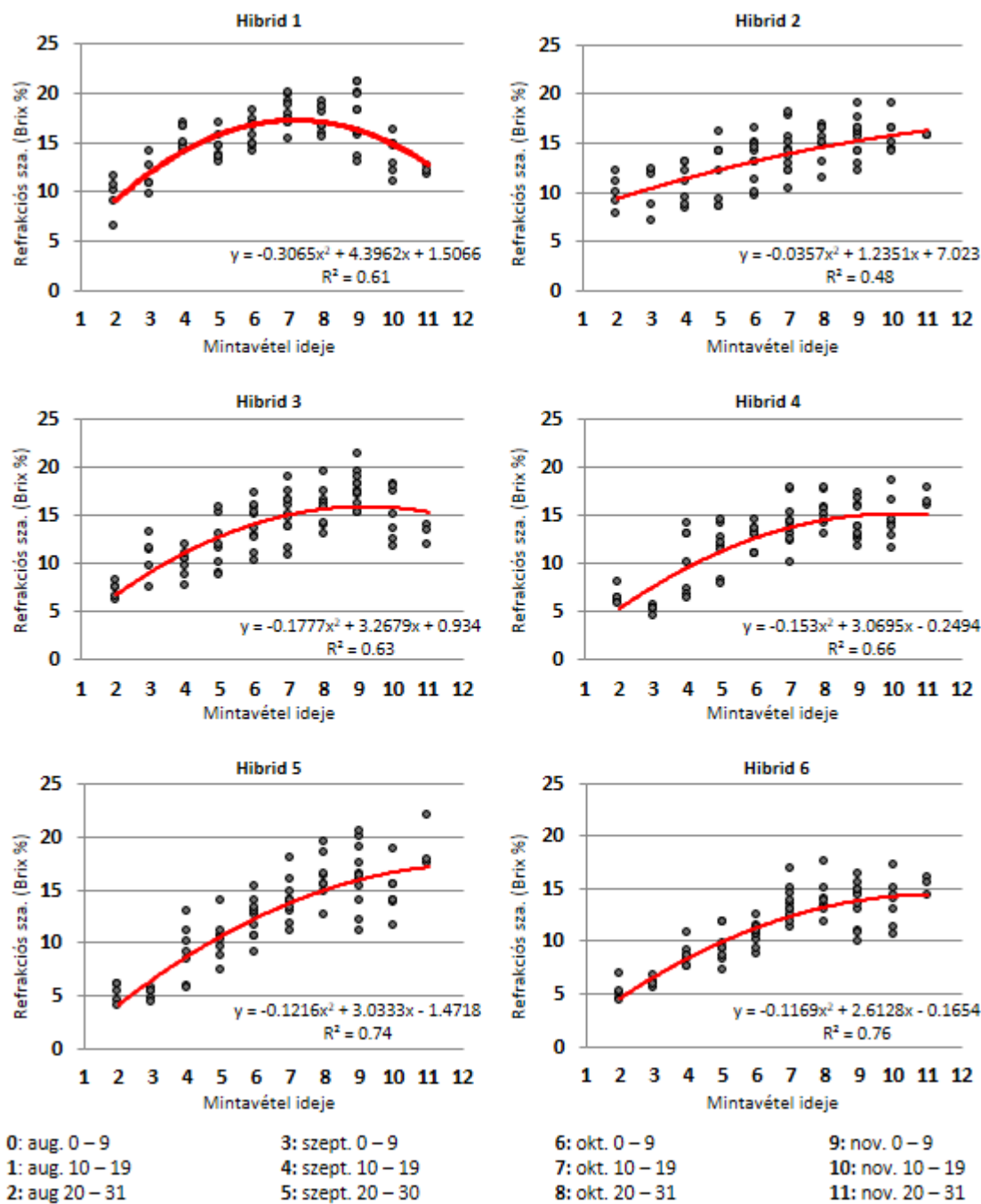
A továbbiakban a CarpatClim adatállománya alapján létrehozott fedvényeket szintén „ÉS” logikai művelettel adtuk össze, így az „alkalmas” és „preferált” területeket ábrázoló térképi fedvényeken feltüntettük a csapadék-mennyiségek által klimatikus kockázatokkal bíró potenciális termesztési területek.

3. EREDMÉNYEK

3.1. A bioetanol potenciál meghatározásának eredményei

A cukor-felhalmozódási görbék jellemzően harang-görbe jelleget mutatnak, amelynek csúcspontját a magok viaszérésének állapotában éri el a növény, így a hibridre jellemző maximális cukortartalom elérésének ideje szoros összefüggésben áll az adott hibrid tenyészidejének hosszával. Az eredmények ezen állítással összhangban vannak, ugyanis a vizsgált hibridek körében a Hibrid 1, mint középkorai éréscsoportba tartozó fajta, érte el legkorábban a cukor-felhalmozódási görbe csúcspontját, míg más, hosszabb tenyészidejű hibridek esetében ez a maximális érték csak későbbi időpontokban volt meghatározható. (2. ábra) A jelenség alakulása különösen hangsúlyozott a Hibrid 2, Hibrid 5 és Hibrid 6 jelzésű fajták esetében, ahol a görbék leszálló ága nem volt modellezhető a tenyészidőszak hosszából adódóan, ami e fajták esetében a termőhely klimatikus sajátosságaiból is adódik, vagyis a szóban forgó hibridek számára a vizsgálati területen az őszi lehűlések következtében a fenológiai fejlődés jellemzően csak a viaszérés állapotáig volt lehetséges.

A görbejellegeken túlmenően különbségek mutatkoztak a maximális cukortartalom mennyiségének alakulásában is. A Hibrid 6 esetében a maximális cukortartalom 15,25 Brix% volt, míg a Hibrid 4 esetében ez 14,5 Brix% volt. Minden más hibrid esetében 15 Brix% feletti cukortartalmat határoztam meg. A felhalmozódási görbék csúcspontján mért értékek alapján megállapítottam, hogy a Hibrid 1 esetében az átlagos maximális cukortartalom 17,8 Brix%, míg a Hibrid 5 esetében ez az érték 19,1 Brix% volt. A variancianálízis alapján megállapítható, hogy a vizsgált hibridek között szignifikáns különbség van a cukorfelhalmozódási dinamika csúcspontjának időpontjában potenciálisan előállítható bioetanol mennyiségét illetően, ahol a legkisebb szignifikáns differencia értéke 745 l/ha.

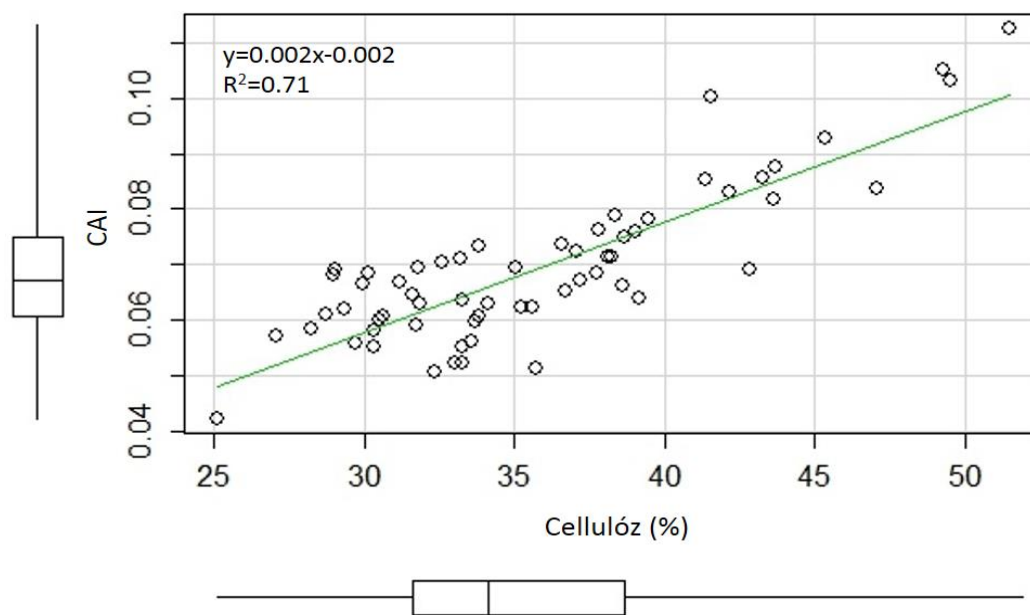


2. ábra: A cukorfelhalmozódási görbék alakulása a vizsgált hibridek esetében

A számított bioetanol-potenciálok alapján megállapítottam, hogy ezen érték egy erős összefüggés mutat az adott hibrid hozamával, míg a cukortartalommal való összefüggés elhanyagolható volt. A megállapítás alapját a Pearson-féle korrelációs együttható alakulása képezte, amely lényegesen erősebb lineáris kapcsolatot támasztott alá a bioetanol potenciál és a zöldhozamok között ($R=0,73$), mint a bioetanol potenciál és a cukortartalom viszonyrendszerében, ahol ez az együttható $R=0,38$ értéket vett fel.

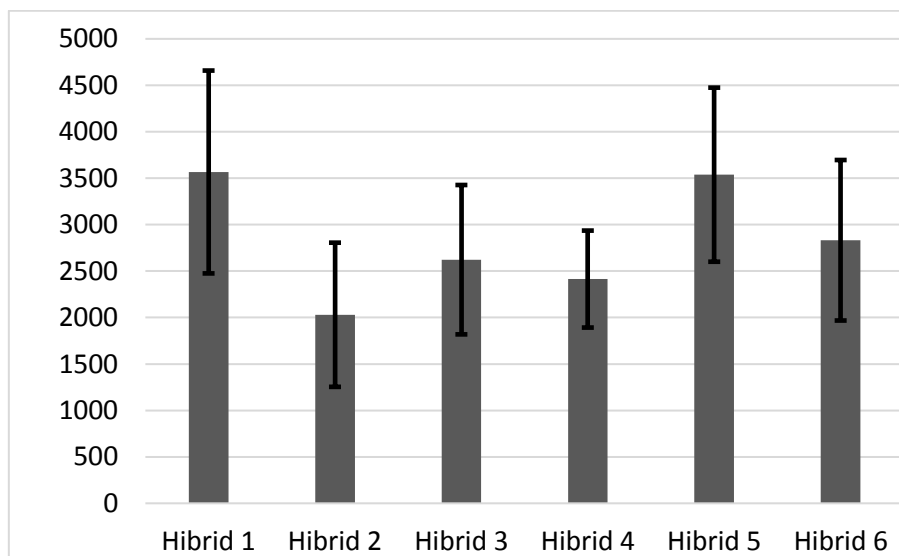
A vizsgált növényi minták préselési maradékeinek összesített értékelése alapján megállapítható, hogy a cellulóz, hemicellulóz és lignin alkotta a neutrális detergens rost (Neutral Detergent Fiber – NDF) frakciók átlagosan 72 %-ban voltak jelen a mintákban. Megállapítást nyert továbbá, hogy a minták szárazanyag-tartalmának jellemzően 32%-a hemicellulóz, 36%-a cellulóz, 4%-a lignin, míg átlagosan 28 %-ban egyéb komponensek vannak jelen a növényi minták szárazanyagában. Tekintettel arra, hogy az NDF tartalom átlagosan 50%-ban cellulózból és 45%-ban hemicellulózból állt, megállapítottuk, hogy a cirokfélék préselési maradéka kifejezetten jó alapanyag lehet a második generációs bioalkohol-előállítás számára. A varianciaanalízis eredményei alapján megállapítottam, hogy a hemicellulóz- és lignintartalom tekintetében a hibridek között nincs, szignifikáns különbség, míg a cellulóz-tartalom esetében a hibridek között szignifikáns eltérést igazoltam ($SzD_{5\%}=4,9\%$). A másodikgenerációs, vagyis a cellulóz és hemicellulóz alapú bioetanol potenciálokat tekintve megállapítást nyert, hogy a cukorcirok hibridek préselési maradék anyaga igen jelentős biohajtóanyag előállítás vonatkozásában. Ezt támasztja alá az a tény is, hogy minden vizsgált hibrid esetében az átlagos elméleti másodikgenerációs bioetanol potenciál 900 l/ha fölött alakult, sőt egyes hibridek esetében (Hibrid 1, Hibrid 5, Hibrid 6) ez az érték több mint 1000 l/ha volt.

A CAI nem közvetlenül a cellulóz spektrális jellegeire lett kidolgozva, hanem magas cellulóz-tartalmú anyagok mennyiségi becslésére, ebből adódóan a minták cellulóz-tartalma jelen esetben túl szűk intervallumon belül változott, ami nem tette lehetővé a szélesebb skálán esetlegesen megjelenő összefüggések feltárását. A számított CAI értékek átlagosan $0,069\pm0,013$ értékkel voltak jellemezhetők, amely jelenség alátámasztja a feltételezést a cellulóz-tartalmak szűk intervallumára vonatkozóan, tekintettel arra, hogy ezen index értékei jellemzően -2 és 4 között alakulnak, ahol a negatív értékek a cellulóz hiányát jelölik a vizsgálati térben (*Daughtry et al., 1996*). Mind ezek ellenére az összesített eredmények azt támasztották alá, hogy a CAI és a bagasz cellulóztartalma között szoros korreláció van (3. ábra).



3. ábra: A cellulóz-tartalom és a CAI közötti korreláció

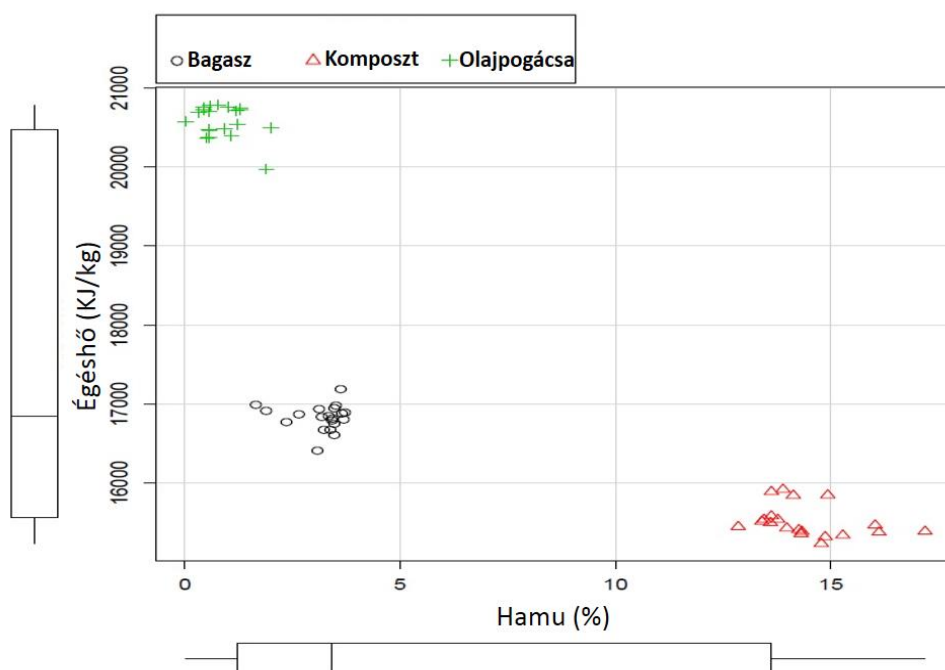
Az elsőgenerációs bioetanol potenciálokat összevetve az átlagos másodgenerációs bioetanol potenciálokkal megállapítható, hogy az egyes hibridek között igen jelentős különbségek vannak az összesített bioetanol potenciál tekintetében. A legkiemelkedőbb eredményekkel a Hibrid 1 (3567 ± 1092 l/ha), illetve Hibrid 5 (3538 ± 864 l/ha) fajták rendelkeztek, míg a legkisebb összesített bioetanol-potenciállal a Hibrid 2 (2030 ± 776 l/ha) rendelkezett. Az eredmények alapján megállapítható, hogy a Hibrid 1 és Hibrid 5 fajták a legígéretesebbek a bioetanol előállítás szempontjából, azonban fontos megjegyezni, hogy a mért paraméterek alakulásában igen jelentős időbeni eltérés van.



4. ábra: A vizsgált hibridek összesített potenciális bioetanol hozamai

3.2. A cirokfélék biomassa-tüzelési vizsgálatának eredményei

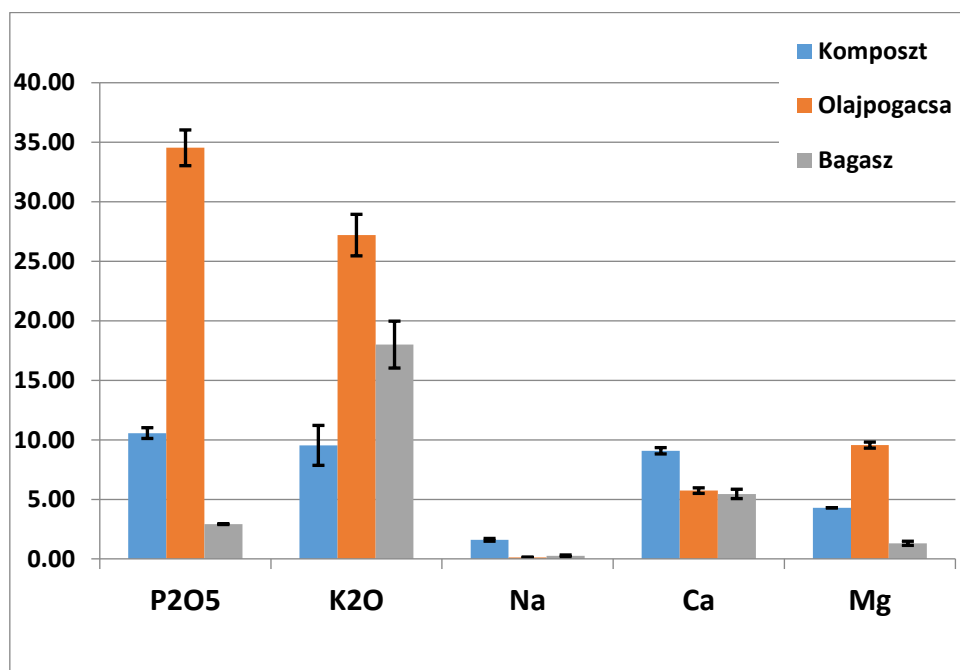
A vizsgált energetikai melléktermékek égéshő eredményei alapján megállapítottam, hogy az olajpogácsa rendelkezik a legmagasabb átlagos égéshő értékkel, amely 20577 KJ/kg volt, míg a 15515 KJ/kg átlagos égéshő érték mellett a komposztra kisebb értékek voltak jellemzőek. A vizsgálati anyagcsoportok eredményei igen jól elkülönültek egymástól, amelyek között a különbség szignifikáns. Az égetés során visszamaradt hamu tömegszázalékos mennyiségének tekintetében szintén elkülönültek a vizsgálati anyagcsoportok. A legtöbb hamu a komposzt esetében keletkezett, amely 14,42 %-os átlagos hamu-mennyiséggel volt jellemezhető, míg az olajpogácsa esetében ez az érték 0,86 % volt. A különbség az anyagok között ebben a tekintetben is szignifikáns volt.



5. ábra: Az egyes mellékterméktípus égéshői és a hozzájuk rendelhető hamutartalmak összefüggései

A hamumaradékok jó foszfor- és kálium-források, mindamellet kielégítő mennyiségű Ca és Mg tartalmaznak, melyek a talajszerkezet javításában fontosak lehetnek. A talajba való kijuttatásuknál elsősorban a két legnagyobb arányban előforduló tápelem, a P és K a mérvadó, tekintettel arra, hogy e hamumaradékok P és K tartalma a foszfor- és kálium-műtrágyák hatóanyagtartalmával egyenértékű. A foszfor-tartalom esetében a három bioenergetikai melléktermék igen jelentős eltéréseket mutatott. A komposzt átlagosan 10,57 %

foszfortartalommal bírt, az olajpogácsa 34,53 % értékkel volt jellemezhető, míg a bagasz esetében csupán 2,93 % értéket mértünk (6. ábra). 27,2% átlagos kálium-tartalom mellett ebben a tekintetben az olajpogácsa bizonyult a legkiemelkedőbbnek, míg a bagasz esetében ez az érték 18 %, a komposzt esetében pedig 9,53% volt. Legnagyobb mértékben ezeket az elemeket az olajpogácsa tartalmazza, amely a napraforgómag beltartalmi értékére vezethető vissza. A K-tartalom tekintetében a bagasz esetében tapasztalt érték kiemelkedő volt.



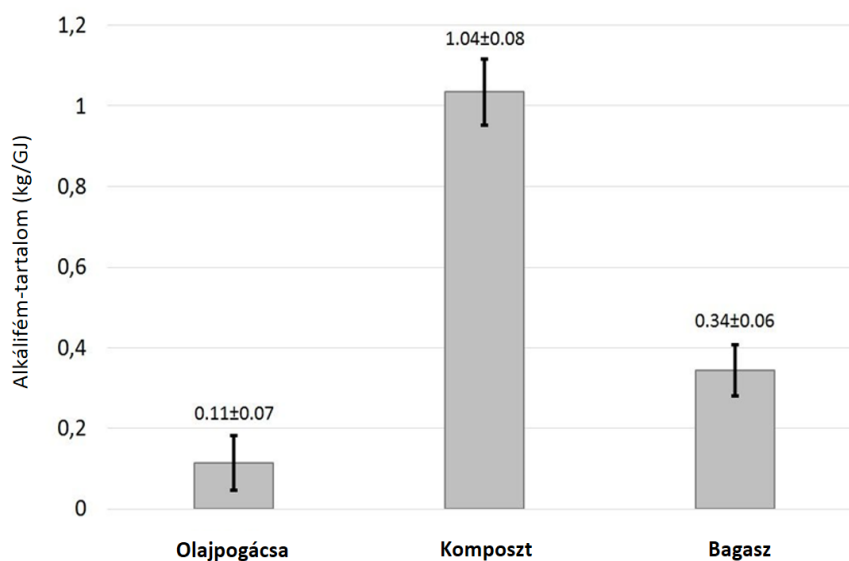
6. ábra: A főbb elemek százalékos mennyisége az égéstermékekben (%)

A Ca és Mg elemeknek a talaj porozításának javításában lehet kedvező szerepük, különösen abban az esetben, ha a talaj Na tartalma magas. Mind a három alapanyagtípus hamuja igen magas arányban tartalmazza ezen elemeket. A Ca-tartalom vonatkozásában a komposzt esetében mért 9,08 % érték, míg a Mg esetében az olajpogácsa esetében tapasztalt 9,56 %-os érték volt a legmagasabb átlagos előfordulási arány.

A Na-tartalom az olajpogácsa és a bagasz esetében alacsony volt, csupán a komposzt esetében mértünk 1,6 %-os nátrium-tartalmat, amely vélhetően a komposzt trágyatartalmával lehet összefüggésben tekintettel arra, hogy a komposztot egy mezőgazdasági alapanyagokat feldolgozó biogázüzem szilárd fázisából készült.

A salakosodási kockázatok tekintetében a komposzt 1,04 Kg/GJ alkálifém-tartalommal volt jellemezhető 0,16 Kg/GJ szórás mellett, amely érték a bioenergetikai melléktermékek között a legnagyobb volt. A bagasz esetében ez az érték $0,34 \pm 0,07$ Kg/GJ volt, míg az olajpogácsa

esetében $0,11 \pm 0,07$ Kg/GJ. *Miles és Miles* (1995) szerint $0,34$ Kg/GJ feletti alkálifém-tartalom már salakosodási problémákhoz vezethet a tartó biomassa tüzelési célú hasznosítás során, amelynek elkerülése érdekében a kockázatokat csökkentő beavatkozásokra van szükség. Ezek alapján a komposzt és bagasz tüzeléses hasznosítása esetén a salakosodási hajlam mindenképp kezelést igényel. A kockázatok mérséklése történhet vizes mosással, alacsony alkálifém-tartalmú tüzelőanyagokkal való keveréssel, vagy a magas alkálifém tartalmú komponens mennyiségének csökkentésével, amennyiben az égetés több alapanyag komponenst tartalmaz.

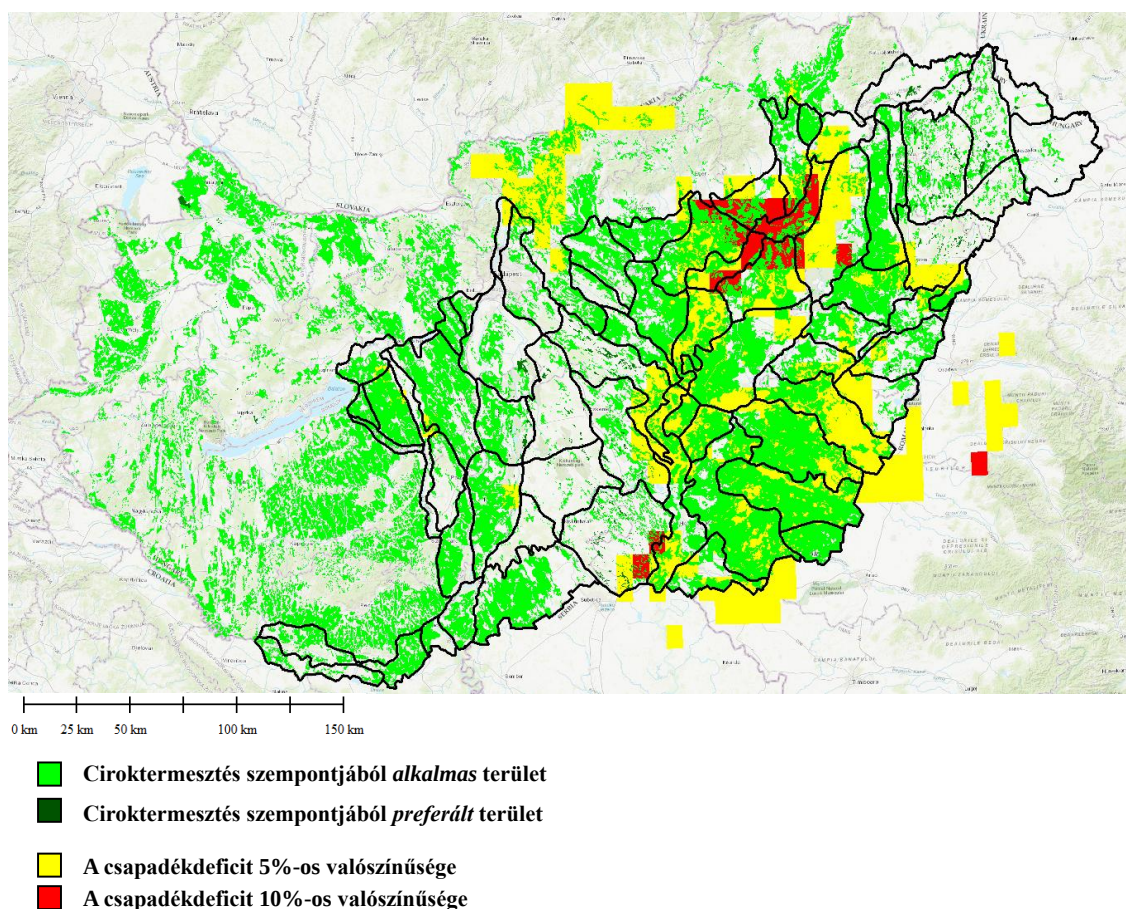


7. ábra: A hamuféleségek alkálifém-tartalmának alakulása (átlag±szórás)

3.3. A termőhelyi kockázatok értékelésének eredményei

Mivel a cirokfélék hőküszöb értéke jellemzően nagyobb, mint a kukoricáé, így hazai körülmények között vetésük is jellemzően később – általában május elején – történik. Ebben az időszakban viszont csapadékhányos állapotban, a csírázó, gyökérváltás állapota előtt lévő cirok állományt károsodás érheti. Az 1991-2010 időszakban a cirokfélék termesztésére talajtani szempontból alkalmas területek közül 698 968 ha területen egyszer, míg 71 160 ha területen kétszer fordult elő, hogy 10 mm-nél kevesebb csapadék hullott május első felében. Ez azt jelenti, hogy az 1991-2010 időszakot, mint referencia időszakot alapul véve a ciroktermesztésre talajtani szempontból alkalmas alföldi területek 33,96%-án 5%-os valószínűséggel számíthatunk csapadék deficitből adódó kockázatok megjelenésére, míg a vizsgált területek 3,46%-án ez a valószínűség 10%. A ciroktermesztés szempontjából preferált alföldi területek

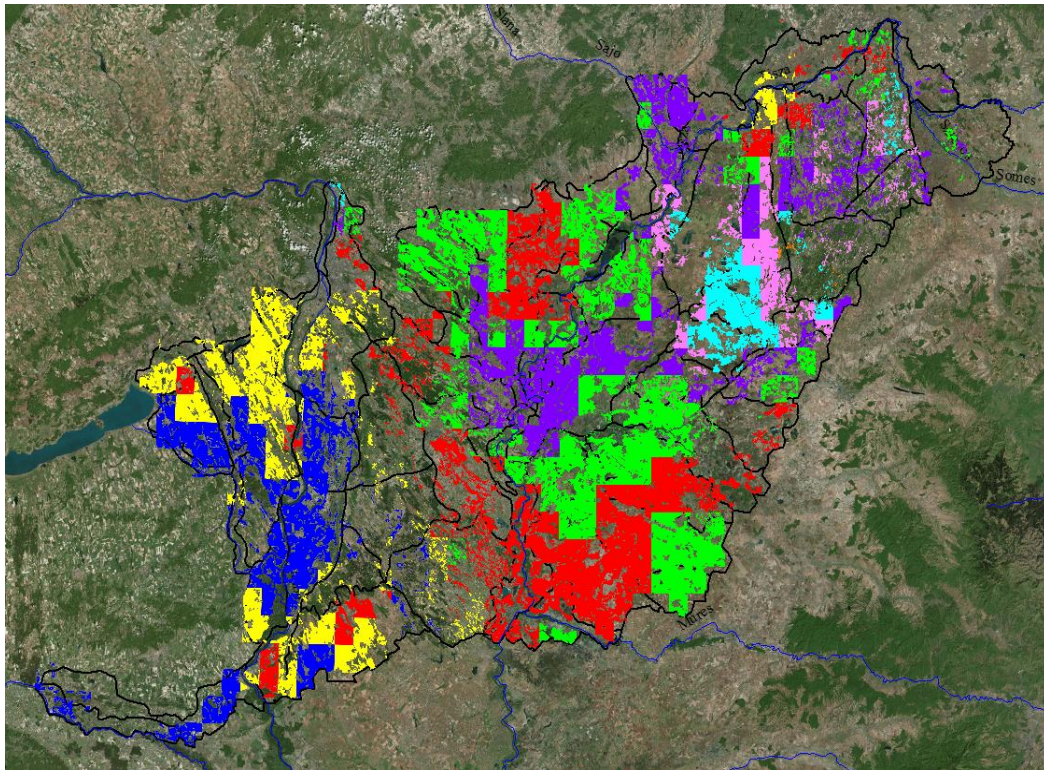
vonatkozásában 2322 ha területen 5%-os, míg 407 ha területen 10%-os valószínűséget állapítottam meg. (8. ábra)



8. ábra: A csapadék deficit valószínűsége a cirokfélék korai fejlődési szakaszában a 1990-2010 időszak alapján

A kukorica generatív fejlődési szakaszát jellemző júliusi és augusztusi időszakban jelentkező csapadékhiányok összevetése által megállapítást nyert, hogy a ciroktermesztésre alkalmas területek 97%-án jelentkezett legalább egy alkalommal extrém csapadékhiány a kukorica generatív fejlődési fázisában az elmúlt két évtizedes időszakban. 1082 ha kiterjedésű területen 40%-os valószínűséggel lehet számítani ilyen mértékű csapadékhiányra, amely egyértelműen az öntözéses gazdálkodás, valamint szárazságtűrő növényfajok irányába tereli a tudatos gazdálkodás képviselőinek gondolatait.

Az eredmények alapján megállapítható, hogy a kukoricatermesztés során a generatív fázis ideje alatt az Alföldön legnagyobb valószínűséggel a Nyírség, a Hajdúság, a Közép-Tisza-vidék és az Észak-alföldi hordalékkúp-síkság tájain jelentkezhet kritikus mértékű vízhiány.



- 5%-os valószínűségű a kritikus vízhiány
- 10%-os valószínűségű a kritikus vízhiány
- 15%-os valószínűségű a kritikus vízhiány
- 20%-os valószínűségű a kritikus vízhiány
- 25%-os valószínűségű a kritikus vízhiány
- 30%-os valószínűségű a kritikus vízhiány
- 35%-os valószínűségű a kritikus vízhiány
- 40%-os valószínűségű a kritikus vízhiány

9. ábra: A júliusi és augusztusi összesített extrém csapadékhiányok területi kockázata

Tekintettel arra, hogy a cirokfélék lényegesen jobban viselik a nyári aszály jelenségeket, ezeken a tájakon a talajtani aspektusokon túlmenően a csapadékhiány értékelése is a cirokfélék termesztését indokolja. Ezek alapján megállapítható, hogy az iméntiekben felsorolt tájak a cukorcirok alapú energiaellőállítás legideálisabb potenciális területeinek tekinthetők. Amennyiben ezeken a területeken a cirokfélék integrálásra kerülnek a vetésváltásba, úgy 2009/28/EK *Irányelv* által megfogalmazott célkitűzések elérése érdekében is komoly lépéseket tehetünk, amely egy igen fontos lépés lenne a magyarországi megújuló energia szektorban.

4. AZ ÉRTEKEZÉS ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEI

1. A kísérletes eredmények alapján megállapítottam, hogy a silócirok hibridek szárában felhalmozódó cukortartalom maximális értékének alakulása (14,5-19,1 Brix%) hibridenként szignifikánsan különböző ($SzD_{5\%}=2,5$ Brix%) lehet, amely egy igen fontos értékmérő tulajdonság az energetikai célú ciroktermesztésben. Megállapítást nyert, hogy a hibridekre jellemző bioetanol potenciál szorosabb összefüggést ($R=0,73$) mutat a betakarításkori hozamok alakulásával, így a bioenergetikai célú ciroktermesztés egyik sarkalatos pontja a betakarításkori zöldhozam.

2. A cukortartalom maximális értékének alakulása mellett a cukorfelhalmozódási dinamika is hibridjelleg, amely szoros összefüggést mutat az adott hibridre jellemző tenyészidőszak-hosszúsággal. Ezek alapján megállapítható, hogy a tudatos hibridválasztás által mérsékelhetők az energetikai célú ciroktermesztés bizonyos kockázatai.

3. A bagasz magas összetett szénhidráttartalommal bír (32% hemicellulóz, 36% cellulóz, 4% lignin), amely felveti a másodikgenerációs bioetanol előállításának lehetőségét. E lehetőség kiaknázásával a területegységre vetített potenciális bioetanol hozamok jelentősen megnövelhetők (825-1126 l/ha). A bagasz cellulóztartalma szoros összefüggést mutatott egyes közeli IR tartományba eső sugarak reflektancia jellegeivel. A Cellulóz Abszorpciós Index és a cellulóztartalom között megállapított korreláció által ($R^2=0,71$) noninvazív módon is becsülhető, az adott potenciális alapanyag cellulóztartalma.

4. A cirok alapú első generációs biohajtóanyag előállítása során keletkező bagasz, tekintélyes kalorimetrikus égéshő értékekkel jellemezhető (16570-16876 KJ/kg), amelynek jelentős szerepe lehet a helyi energiaigények fedezésében. A bagasz biomassa-tüzelési célú hasznosítása esetén jelentős tápanyagokban gazdag hamu keletkezésére számíthatunk, amely kedvező lehet a ciroktermő területek tápanyagutánpótlásában. A hamu keletkezése mellett kiemelt figyelmet kell fordítani a bagaszban jelenlevő magas alkálifém-tartalomra ($0,34\pm0,06$ kg/GJ), amely a tüzelőberendezésekben hosszútávon károsodást okozhat.

5. A karcagi meteorológiai állomás húsz éves adatai alapján megállapítottam, hogy a hosszabb tenyészidejű hibridek termesztésének előnyei a hozamok és a cukortartalom vonatkozásában,

klimatikus kockázatokkal jár együtt. Korai vetés esetén jelentős mértékben megnövekedhet a későtavaszi lehűlésből adódó állománykárosodások valószínűsége, míg a hozamkiesés valamint a cukortartalom jelentős csökkenésének kockázata is megnövekedhet a kései betakarításból adódóan.

6. Az MTA és OMSZ által kiadott adatbázisok felhasználásával egy potenciális térbeli döntéstámogatási rendszer alapmechanizmusait dolgoztam ki, amely által két növénytermesztési szempontból fontos kritérium alapján lehatárolhatók a cirokfélék termesztésére alkalmas, illetve ajánlható területek. A talajtani szempontok alapján alkalmas és preferált ciroktermesztési területekre vonatkozóan meghatároztam bizonyos klimatikus kockázatok mértékét. A döntéstámogatási rendszer, valamint az értekezés többi eredményeinek felhasználásával, mind az Alföld, mind Magyarország vonatkozásában számszerűen kifejezhetővé vált cirok alapú bioenergia potenciál a biohajtóanyag célú hasznosítás vonatkozásában, figyelembe véve a bagaszban rejlő energetikai lehetőségeket is.

5. AZ EREDMÉNYEK GYAKORLATI HASZNOSÍTHATÓSÁGA

1. A cirok hibridekre jellemző maximális cukortartalomban jelentős különbségeket mutattam ki, amely alapvetően meghatározza egy adott silócirok hibrid bioenergetikai célú alkalmazhatóságát. Annak érdekében, hogy az adott hibridben rejlő potenciált messzemenőig kihasználjuk célszerű a betakarítás idejét célszerű a cukorfelhalmozódási görbe maximumának idején elvégezni. Megállapítottam, hogy az energetikai célú ciroknemesítés során a hozamok maximalizálására irányuló törekvések nem alárendelhetők cukortartalomra vonatkozó célkitűzéseknek.

2. A cukorfelhalmozódási dinamika görbéje - mint hibridjelleg - igen diverzifikált, amely tulajdonság mérlegelése a hibridmegválasztás során kiemelkedően fontos lehet. Tekintettel arra, hogy a különböző hibridek a tenyészidőszak hosszúságának változásával eltérő időpontban érhetik el maximális cukortartalmukat, a jelenség felveti különböző cukorakkumulációs görbével rendelkező hibridek blokkokban történő vetésének lehetőségét. A módszer által lehetőség nyílik a betakarítási időszak elnyújtására és a cukorhozamok maximalizálására a betakarítási időszak során.

3. A bagasz szénhidrátpolimer-tartalmának kvantitatív értékelése által megállapítottam, hogy a préselési maradék jelentős bioetanol potenciált képvisel. Az összetett szénhidráttartalom alakulásában a vizsgált anyagok közül csak a cellulóz esetében találtunk szignifikáns különbséget. A mérési eredmények alapján számított legkisebb szignifikáns differencia értéke azonban azt támasztotta alá, hogy a második-generációs bioetanol potenciál alakulását tekintve a hibridek közötti különbségek alakulásában, ez esetben is a hozamok az irányadóak. Megállapítottam továbbá, hogy a hibridek cellulóz alapú második generációs bioalkohol potenciáljának részleges becslésére a CAI, mint távérzékelési index alkalmas lehet.

4. A cirokban felhalmozódó cukros lé kipréselése során keletkező bagasz hasznosítása a másodnyersanyag-gazdálkodás egy igen fontos lépcsőjét jelentheti a cirok alapú bioetanol előállításban. Magas égéshő értékei felvetik a biomassa-tüzelési célú hasznosítás lehetőségét, azonban a gyakorlati megvalósítás során a préselés során visszamaradó anyag nedvességtartalma vizsgálatra szorulhat, amely eredmények további szakmai mérlegelés tárgyát képezhetik. A bagasz biomassa-tüzelési célú üzemi szintű hasznosításában figyelmet

kell fordítani az alkálifém-tartalomra, amely az égetés során hajlamosító tényező a tüzelőberendezés salakosodására és az ebből adódó lerakódások, dugulások kialakulására.

5. A Karcag térségében működő meteorológiai állomás adatai alapján megállapítottam, hogy a bázishőmérséklet alakulása alapvetően meghatározza ciroktermesztés számára rendelkezésre álló potenciális tenyészidőszak hosszúságát. Az energetikai célú silócirok nemesítésben így mindenképp fontos szempont az alacsony hőküszöbértékű hibridek előállítása, amely által lehetségessé válik azon hibridek hőösszeg-igényének kielégítésére, amelyek a cukorfelhalmozódás maximumát később érik el. Megállapítottam azonban, hogy a tenyészidőszak nyújtásával, tavasszal és ősszel is megnövekszik a klimatikus eredetű kockázatok valószínűsége, amely veszélyeztetheti a növényállományt.

6. Az AGROTPO és Carpatclim adatbázisa alapján térben lehatároltam azon területeket, amelyek bizonyos talajtani és csapadékeloszlási viszonyok figyelembevétele mellett alkalmasak lehetnek a cirok termesztésére. A modell további aspektusokkal való kiegészítése által lehetőség nyílik a cirok termesztésén alapuló, termőhelyspecifikus bioetanol előállítás módszertani alapjainak kidolgozására.

6. Irodalomjegyzék

1. Carillo M. A., Staggenborg S. A., Pineda J. A.: 2014. Washing sorghum biomass with water to improve its quality for combustion. *Fuel*. 116. 427-431.
2. Daughtry C. S. T., McMurtrey III JE, Nagler P. L., Kim M. S., Chappelle E.W.: 1996. Spectral reflectance of soils and crop residues. In: A.M.C. Davies & and P. Williams (Eds.): *Near Infrared Spectroscopy: The future waves*, pp 505-511. Chichester, UK: NIR Publications
3. Daughtry C. S. T., Hunt Jr. E. R., J. McMurtrey III. J. E.: 2004. Assessing Crop Residue Cover Using Shortwave Infrared Reflectance. *Remote Sensing of Environment*. 90. 126-134.
4. Dorka D.: 2005. Különböző hőösszagszámítási módszerek vizsgálata a kukoricatermesztésben. Doktori értekezés. Debrecen.
5. Ellenberg, H. 1988: *Vegetation ecology of Central Europe*, 4th ed. Cambridge University Press.
6. Erdey-Grúz T., Proszt J.: 1962. *Fizikai-kémiai praktikum*. Tankönyvkiadó. Budapest.
7. Fodor L.: 2002. Tőzsdék szerepe a mezőgazdasági termékek árkialakításában, likviditásában. Doktori értekezés. Kaposvár.
8. Georging H. K., Van Soest P.J.: 1975. *Agricultural Hand Book*. U.S.D.A.
9. Institution of Japan Energy: 2006. *Biomass Handbook*. Chemistry Industry Press. Beijing. 166-167.
10. Kawahigashi H., Kasuga S., Okuizumi H., Hiradate S., Yonemaru J.: 2013. Evaluation of Brix and sugar content in stem juice from sorghum varieties. *Japanese Society of Grassland Science. Grassland Science*. 59:11–19.
11. Miles T. R., Miles T. R. Jr.: 1995. Alkali deposits found in biomass powerplants — a preliminary investigation of their extent and nature. Golden CO: National Renewable Energy Laboratory (NREL) report. Sub-contract TZ 2–11226-1.
12. Nagler P. L., Inoue Y., Glenn E. P., Russ A. L., Daughtry C. S. T: 2003. Cellulose absorption index (CAI) to quantify mixed soil-plant litter scenes. *Remote sensing of environment*. 87. 310-325.
13. 2009/28/EK Irányelv: Az Európai Parlament és a Tanács 2009/28/EK irányelve (2009. április 23.) a megújuló energiaforrásból előállított energia támogatásáról, valamint a 2001/77/EK és a 2003/30/EK irányelv módosításáról és azt követő hatályon kívül helyezéséről

7. Publikációs jegyzék



**DEBRECENI
EGYETEM**

**DEBRECENI EGYETEM
EGYETEMI ÉS NEMZETI KÖNYVTÁR**

H-4002 Debrecen, Egyetem tér 1, Pf.: 400
Tel.: 52/410-443, e-mail: publikaciok@lib.unideb.hu

Nyilvántartási szám: DEENK/36/2018.PL
Tárgy: PhD Publikációs Lista

Jelölt: Jóvér János
Neptun kód: GNZ0PI
Doktori Iskola: Kerpely Kálmán Doktori Iskola
MTMT azonosító: 10032322

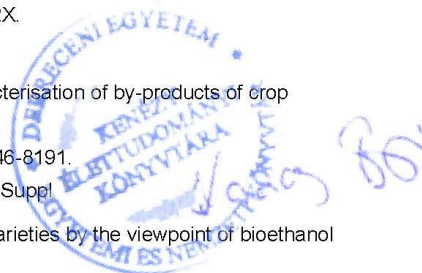
A PhD értekezés alapjául szolgáló közlemények

Magyar nyelvű tudományos közlemények hazai folyóiratban (5)

1. **Jóvér, J.**, Radócz, L.: A posztemergens gyomszabályozás vizsgálata takarmánycirok (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) esetében.
Magy. Gyomkut. Technol. 16 (2), 41-53, 2015. ISSN: 1586-894X.
2. **Jóvér, J.**, Antal, K., Éri, L.: Növénytermesztési melléktermékek kalorimetrikus jellemzése.
Agrártud. Közl. 55, 55-58, 2014. ISSN: 1587-1282.
3. **Jóvér, J.**, Czimbalmos, Á., Györi, Z., Puskás, Á.: Silócirok (*Sorghum bicolor* L. Moench) hibridkombinációk néhány értékmérő tulajdonságának vizsgálata.
Növénytermelés. 63 (4), 71-86, 2014. ISSN: 0546-8191.
4. **Jóvér, J.**, Antal, K., Blaskó, L., Éri, L.: Cirok (*Sorghum bicolor*) és szudánifű (*Sorghum sudanense*) fajták kalorimetrikus vizsgálata.
Növénytermelés. 62 (4), 21-35, 2013. ISSN: 0546-8191.
5. **Jóvér, J.**, Ábrahám, É. B., Blaskó, L.: Különböző silócirok hibridek energetikai szempontú értékelése.
Agrártud. Közl. 51, 107-111, 2013. ISSN: 1587-1282.

Idegen nyelvű tudományos közlemények hazai folyóiratban (3)

6. **Jóvér, J.**, Nagy, A., Tamás, J.: Evaluation of cellulose content by infrared spectroscopy.
J. Agric. Inform. 8 (1), 56-62, 2017. EISSN: 2061-862X.
DOI: <http://dx.doi.org/10.17700/jai.2017.8.1.365>
7. **Jóvér, J.**, Antal, K., Czimbalmos, Á., Zsembeli, J.: Characterisation of by-products of crop growing from the point of view of energy production.
Növénytermelés. 65 (Suppl.), 55-58, 2016. ISSN: 0546-8191.
DOI: <http://dx.doi.org/10.12666/Novenyterm.65.2016.Suppl>
8. **Jóvér, J.**: Evaluation of sweet sorghum and sudangrass varieties by the viewpoint of bioethanol production.
Agrártud. Közl. 59, 57-61, 2014. ISSN: 1587-1282.





Idegen nyelvű tudományos közlemények külföldi folyóiratban (2)

9. **Jóvér, J.**, Antal, K., Zsembeli, J., Blaskó, L., Tamás, J.: Assessment of gross calorific value of crop and bio-energy residues.
Res. Agric. Eng. [Epub], [1-16], 2018. EISSN: 1212-9151.
10. **Jóvér, J.**, Ezenyi, L., Antal, K., Zsembeli, J., Tamás, J.: Assesment of grain sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) hybrid combinations.
Annals of Academy of Romanian Scientists Series on Agriculture, Silviculture and Veterinary Medicine Sciences. 6 (1), 166-173, 2017. ISSN: 2069-1149.

Egyéb folyóiratközlemények (3)

11. **Jóvér, J.**: A cirokfélék termesztése.
Magy. Mezőgazd. 72 (1), 16-17, 2017. ISSN: 0025-018X.
12. **Jóvér, J.**, Czimbalmos, Á.: A silócirok termesztése.
Agroforum. 26 (4), 10-12, 2015. ISSN: 1788-5884.
13. **Jóvér, J.**, Czirák, L., Bosnyák, I.: Karcagi fajták a köztermesztésben: Cirokfélék.
Agroforum. 24 (6), 18-19, 2013. ISSN: 1788-5884.

Magyar nyelvű konferencia közlemények (1)

14. **Jóvér, J.**, Czimbalmos, Á., Puskás, Á., Györi, Z.: Cirok vonalak értékelése.
In: XX. Növénytermesztési Tudományos Nap : Növénytermesztés a megújuló mezőgazdaságban. Szerk.: Veisz Ottó, Magyar Tudományos Akadémia, Budapest, 205-209, 2014. ISBN: 9789638351425

Idegen nyelvű konferencia közlemények (1)

15. **Jóvér, J.**, Antal, K., Zsembeli, J., Blaskó, L., Tamás, J.: Evaluation of burning and reutilization parameters of different crop production by-products.
In: Proceedings of the International Conference on Environmental Science and Technology. Ed.: D. F. Lekkas, Global Network of Environmental Science and Technology, Rhodes, 1-5, 2017.

Magyar nyelvű absztrakt kiadványok (1)

16. **Jóvér, J.**, Antal, K., Czimbalmos, Á., Györi, Z., Puskás, Á., Ábrahám, É. B., Blaskó, L.:
Különböző silócirok hibridek cukortartalmának értékelése.
In: XIX. Növénytermesztési Tudományos Nap : Pannon Egyetem Georgikon Kar, Keszthely, 2013. március 07. : összefoglalók. Szerk.: Hoffmann Borbála, Kolláricsné Horváth Margit, Magyar Tudományos Akadémia, Budapest, 102, 2013. ISBN: 9789639639508



További közlemények

Magyar nyelvű könyvrészletek (6)

17. Gálya, B., Riczu, P., **Jóvér, J.**, Nagy, A., Tamás, J., Blaskó, L.: Aszálykockázat becslése alföldi referencia területen.
In: A talajok gyógyítója: Blaskó Lajos 70 éves. Szerk.: Tamás János, Zsembeli József, Debreceni Egyetem Mezőgazdaság, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar, Debrecen, 113-128, 2017. ISBN: 9789634739661
18. Murányi, E., **Jóvér, J.**, Czibalmos, Á., Csízi, I., Monori, I.: A karcagi nemesítésű fűfajok értékmérő tulajdonságainak értékelése.
In: Öshonos- és tájfajták - Ökotermékek - Egészséges Táplálkozás - Vidékfejlesztés: A XXI. század mezőgazdasági stratégiai konferencia. Szerk.: Irinyiné Oláh Katalin, Kosztyuné Krajnyák Edit, Tóth Csilla, Lajtos István, Nyíregyházi Egyetem, Nyíregyháza, 167-172, 2016. ISBN: 9786155545696
19. Czibalmos, Á., **Jóvér, J.**, Murányi, E.: A tájnemesítés létjogosultsága a búzatermesztésben.
In: Öshonos- és tájfajták - Ökotermékek - Egészséges Táplálkozás - Vidékfejlesztés: A XXI. század mezőgazdasági stratégiai Konferencia. Szerk.: Irinyiné Oláh Katalin, Kosztyuné Krajnyák Edit, Tóth Csilla, Lajtos István, Nyíregyházi Egyetem, Nyíregyháza, 103-109, 2016. ISBN: 9786155545696
20. **Jóvér, J.**, Kovács, G., Czibalmos, Á., Fitosné Hornok, M.: A kölestermesztés és néhány klimatikus tényező összefüggéseinek vizsgálata a Nagykunságban.
In: Helyi termék-hagyomány, hálózat avagy fiatal kutatók vidéken. Szerk.: Kozma Gábor János, Seregi János, Dávidházy Gábor, Paszternák Ferenc, Barancsi Ágnes, Gazsó Tibor, Gál Ferenc Főiskola, Mezőtúr, 35-40, 2015. ISBN: 9786155256172
21. Kovács, Á., Fitosné Hornok, M., **Jóvér, J.**, Czibalmos, Á.: Az évjárat és a tözsámsúrtítás hatása a pannon bükköny termésmennyiségére Karcag térségében.
In: Helyi termék-hagyomány, hálózat avagy fiatal kutatók vidéken. Szerk.: Kozma Gábor János, Seregi János, Dávidházy Gábor, Paszternák Ferenc, Barancsi Ágnes, Gazsó Tibor, Gál Ferenc Főiskola, Mezőtúr, 41-45, 2015. ISBN: 9786155256172
22. **Jóvér, J.**, Seres, E., Budai, J., Czibalmos, Á.: Különböző kölesfajták keményítőtartalmának értékelése.
In: Helyi termék-hagyomány, hálózat avagy fiatal kutatók vidéken. Szerk.: Kozma Gábor, Seregi János, Dávidházy Gábor, Paszternák Ferenc, Barancsi Ágnes, Gazsó Tibor, Gál Ferenc Főiskola, Mezőtúr, 30-34, 2015. ISBN: 9786155256172

Idegen nyelvű közlemények hazai folyóiratban (1)

23. Czibalmos, Á., **Jóvér, J.**, Zsembeli, J.: Effects of fertilization on some quantitative and qualitative characteristics of winter wheat in Great Cumania.
Columella. 1 (1), 17-21, 2014. ISSN: 2064-7816.



Idegen nyelvű közlemények külföldi folyóiratban (2)

24. Jevcsák, S., Murányi, E., Stündl, L., **Jóvér, J.**, Sipos, P.: Effect of different levels of nitrogen on the total polyphenol and total flavonoid content of sorghum and millet flours.
Acta Univ. Sapientiae. Alimentaria. 10, 107-115, 2017. EISSN: 2066-7744.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1515/ausal-2017-0007>
25. Porvaz, P., Gaduš, J., Tóth, Š., **Jóvér, J.**: Biogas production based on *Miscanthus x giganteus* (*Miscanthus Minensis* Anderss.) within dry fermentation process.
Acta Regionalia et Environmentalica. 12 (2), 46-49, 2015. ISSN: 1336-5452.

Egyéb folyóiratközlemények (9)

26. Murányi, E., **Jóvér, J.**, Czibalmos, Á., Csízi, I., Monori, I.: A karcagi nemesítésű fűfajok értékmérő tulajdonságainak értékelése.
Magy. Mezőg. 4 (8), 28-30, 2017. ISSN: 2064-6879.
27. **Jóvér, J.**, Czibalmos, Á., Fitosné Hornok, M.: A fénymag termesztése.
Agrofórum. 27 (4), 22-23, 2016. ISSN: 1788-5884.
28. **Jóvér, J.**, Czibalmos, Á., Fitosné Hornok, M.: A mohar termesztése.
Agrofórum. 27 (4), 24-26, 2016. ISSN: 1788-5884.
29. Kovács, Á., **Jóvér, J.**, Fitosné Hornok, M., Czibalmos, Á.: A pannon bükköny termesztésének aktuális kérdései.
Agrofórum. 26 (4), 90-92, 2015. ISSN: 1788-5884.
30. **Jóvér, J.**, Czibalmos, Á., Czibalmos, R.: Alternatív takarmánynövényünk, a silócirok.
MezőHír. 19 (9), 70-72, 2015. ISSN: 1587-060x.
31. **Jóvér, J.**, Czibalmos, Á.: Gondolatok a szemescirok termesztéséről.
Agrofórum. 26 (4), 14-15, 2015. ISSN: 1788-5884.
32. Fitosné Hornok, M., **Jóvér, J.**, Kovács, Á., Czibalmos, Á.: Pillangós alternatív növényünk: a szegletes lednek.
Agrofórum. 26 (5), 86-88, 2015. ISSN: 1788-5884.
33. Fitosné Hornok, M., **Jóvér, J.**, Czibalmos, Á.: Értékes fehérjenövényünk: az őszi takarmányborsó.
Agrofórum. 26 (9), 48-50, 2015. ISSN: 1788-5884.
34. Czibalmos, Á., **Jóvér, J.**, Fitosné Hornok, M.: Őszi vetésű növények (különös tekintettel az őszi búzára) termésbiztonságának megalapozása.
Értékálló Aranykorona. 15 (8), 17-19, 2015. ISSN: 1586-9652.





Magyar nyelvű konferencia közlemények (2)

35. Kun, Á., Bozán, C., Zsembeli, J., **Jóvér, J.**, Bíróné Oncsik, M.: Karcagi cirokfajták reakciója különböző összetételű öntözővíz hatására.
In: Kihívások a mai modern mezőgazdaságban : Tudományos konferencia előadásai. Szerk.: Futó Zoltán, Szent István Egyetemi Kiadó, [Godólló], 191-196, 2016. ISBN: 9789632695945
36. Puskás, Á., Czibalmos, Á., Győri, Z., **Jóvér, J.**: Őszi árpafajták összehasonlítása különböző vetésidőkben.
In: XX. Növénytermesztési Tudományos Nap : Növénytermesztés a megújuló mezőgazdaságban. Szerk.: Veisz Ottó, Magyar Tudományos Akadémia, Budapest, 364-368, 2014. ISBN: 9789638351425

Idegen nyelvű konferencia közlemények (2)

37. Czibalmos, Á., **Jóvér, J.**, Zsembeli, J.: Effects of fertilization on some quantitative and qualitative characteristics of winter wheat in Great Cumania.
Növénytermelés 63 (Suppl.), 95-98, 2014. ISSN: 0546-8191.
38. Kovács, E., **Jóvér, J.**, Tamás, J.: Feasibility study for biogas production from energy crop, wastes of an integrated agricultural enterprise and sewage treatment plant.
In: LI. Georgikon Napok [elektronikus dokumentum] : Nemzetközi tudományos konferencia : Keszthely, 2009. október 1-2.. Szerk.: Tóth Gergely, Pannon Egyetem, Keszthely, 540-545, 2009. ISBN: 9789639639355

Magyar nyelvű absztrakt kiadványok (3)

39. Murányi, E., Czibalmos, Á., Varga, K., **Jóvér, J.**: Háromvonalas silócirok hibridek (*Sorghum bicolor* L. Moench) refrakciós szárazanyagtartalmának vizsgálata.
In: XXIII. Növénytermesztési Tudományos Nap : Összefoglalók. Szerk.: Veisz Ottó, Magyar Tudományos Akadémia, Budapest, 130, 2017.
40. Czibalmos, Á., Győri, Z., **Jóvér, J.**: Búzafajták termésátlagának alakulása, különös tekintettel a genetikai haladásra.
In: XIX. Növénytermesztési Tudományos Nap : Pannon Egyetem Georgikon Kar, Keszthely, 2013. március 07. : összefoglalók. Szerk.: Hoffmann Borbála, Kollaricsné Horváth Margit, Magyar Tudományos Akadémia, Budapest, 82, 2013. ISBN: 9789639639508
41. Puskás, Á., **Jóvér, J.**, Győri, Z., Blaskó, L.: Szegletes lednek (*Lathyrus sativus* L.) termőtalaj nitrogén (NO₂, NO₃) tartalmára gyakorolt hatása különböző hasznosítások esetén.
In: XIX. Növénytermesztési Tudományos Nap : Összefoglalók. Szerk.: Hoffmann Borbála, Kollaricsné Horváth Margit, Magyar Tudományos Akadémia, Budapest, 132, 2013. ISBN: 9789639639508



Ismeretterjesztő, népszerűsítő cikkek (2)

42. **Jóvér, J.**, Czirák, L., Bosnyák, I.: Alternatív növények a funkcionális élelmiszer-előállítás szolgálatában.

Agronapló 17 (6), 83-84, 2013.

43. **Jóvér, J.**: A biogáz-előállítás kistérségi szintű perspektívái.

Hulladéksors. 11 (1), 34-35, 2010. ISSN: 1586-0280.

A DEENK a Jelölt által az iDEa Tudóstérbe feltöltött adatok bibliográfiai és tudományometriai ellenőrzését a tudományos adatbázisok és a Journal Citation Reports Impact Factor lista alapján elvégezte.

Debrecen, 2018.02.07.



