



CUKORCIROK TERMESZTÉSTECHNOLÓGIA KIDOLGOZÁSA ALTERNATÍV ENERGETIKAI CÉLOKRA

DOKTORI ÉRTEKEZÉS

Kovács Gergő Péter

Gödöllő

2014

A doktori iskola megnevezése:

Növénytudományi Doktori Iskola

Tudományága:

Növénytermesztési és kertészeti tudományok

Vezetője:

Dr. Helyes Lajos

Intézetigazgató, egyetemi tanár

SZIE, Mezőgazdaság- és Környezettudományi Kar

Kertészeti Technológia Intézet

Témavezető:

Dr. Gyuricza Csaba

Egyetemi docens, PhD

SZIE, Mezőgazdaság- és Környezettudományi Kar

Növénytermesztési Intézet

.....
Az iskolavezető jóváhagyása

.....
A témavezető jóváhagyása

TARTALOMJEGYZÉK

1	BEVEZETÉS.....	5
2	IRODALMI ÁTTEKINTÉS	7
2.1	A primer energiaforrásokra alapozott globális energiafogyasztás jelenlegi helyzete	7
2.2	A megújuló energiaforrások szerepe a világon	8
2.3	A magyar energiafelhasználás jelenlegi struktúrája	12
2.4	Megújuló energiaforrásaink hazai helyzete.....	14
2.5	Cukorcirok, mint alternatív energianövényünk.....	18
2.6	A témához kapcsolódó szakirodalom összegző értékelése	28
3	ANYAG ÉS MÓDSZER	29
3.1	A kísérleti terület agroökológiai jellemzői.....	29
3.2	A kísérlet beállítási és kezelési	34
3.3	A vizsgálatok módszerei és eszközei	37
4	EREDMÉNYEK.....	41
4.1	Talajfizikai paraméterek hatása a cukorcirok zöldtömegére	41
4.2	A talajművelés hatása a cukorcirok zöldtömegére	48
4.3	A tápanyag-ellátás hatása cukorcirok zöldtömegére	52
4.4	A talajművelés hatása a refraktométeres szárazanyag-tartalomra (Brix %).....	59
4.5	A tápanyag-ellátás hatása a refraktométeres szárazanyag-tartalomra (Brix %).....	63
4.6	Összefüggés a zöldtömeg és a refraktométeres-szárazanyag (Brix %) eloszlása között	69
4.7	A szárazanyag-tartalom (Brix %) eloszlása a cukorcirok szárában	71
4.8	Új tudományos eredmények.....	78
5	KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK.....	79
6	ÖSSZEFOGLALÁS	83
7	SUMMARY.....	84
8	MELLÉKLETEK	85
8.1	M1. Irodalomjegyzék	85
8.2	M2. Melléklet.....	96
8.3	M3. Nyilatkozat.....	125
9	KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS	126

1 BEVEZETÉS

Napjainkban az emberiség energiaszükségletének túlnyomó részét, megközelítőleg 75%-át olaj, szén és földgáz elégetéséből nyeri. Ezek a források természetesen végesek, ezért egyre sürgetőbb azoknak a megújuló energiaforrásoknak a kutatása, amelyek hosszú távon fedezni tudják az emberiség energiaszükségletét (GHATAK 2011). Magyarország a 2007-ben elfogadott klímaegyezményben vállalta, hogy 2020-ig a jelenlegi 6%-ról 13%-ra növeli a megújuló energiák részarányát az összenergia-felhasználáson belül. Magyarország fosszilis energiahordozókban szegény, ugyanakkor területének fele szántóföldi művelés alatt áll, és agroökológiai sajátosságai is kedveznek a biomassa-termelésnek. Ebből adódóan a jövőben alternatív energiaforrásként a biomasszaként megtermelt energia jelentheti a fő perspektívát hazánkban. Az energetikai célú növénytermesztésnek elsősorban azokon a területeken van létjogosultsága, ahol a hagyományos takarmány vagy élelmiszer célú növénytermesztés feltételei nem, vagy csak részben adottak (LUKÁCS 2009), ugyanakkor megfelelnek valamely alternatív fás- vagy lágyszárú energianövény termesztési feltételeinek (GYURICZA 2008, GUO et al. 2010). Az energetikai és termesztési szempontokat is figyelembe véve az elmúlt évtizedben növekedett a magas cukor, keményítő és cellulóz tartalmú biomassa növények jelentősége. A hazai kutató és felsőoktatási intézmények ezért egyre nagyobb figyelmet fordítanak a bioetanol és biogáz előállítás szempontjából előremutató energianövénynek, a cukorciroknak (*Sorghum bicolor* L. Moench). A növény felhasználási lehetőségei szerteágazóak. A szemes cirok a humán ételmezésben is jelentős szerepet tölt be, mivel a kukorica, rizs, búza és árpa után az ötödik helyet foglalja el (MEKBIB 2006). HUBBARD et al. (1950) szerint cirokszem nagy mennyiségben tartalmaz riboflavint, piridixint, pantoténsavat, nikoténsavat és biotint. 2012-ben a szemes cirok betakarított területe közel 38 millió hektár volt, a termés mennyisége elérte az 58 millió tonnát. Ciroktermesztési hagyományokkal rendelkező afrikai országok pl. Nigéria (5,5 millió hektár), Szudán (4,1 millió hektár), Burkina Faso (1,4 millió hektár) és Etiópia (1,3 millió hektár). Az ázsiai földrészen India a legnagyobb ciroktermesztő, ott a betakarított terület nagysága eléri a 6,6 millió hektárt. Az Amerikai Egyesült Államokban a 2000-es évekig folyamatosan nőtt a növény vetésterülete (közel 3 millió hektár), majd a szemes kukoricából előállított bioetanol-ipar fellendülése miatt fokozatosan csökkent a jelentősége (FAO 2012). Jelenleg az Amerikai Egyesült Államok adja a világ bioetanol-termelésének közel felét, ami 2012-ben 13,3 millió gallon volt (EIA 2012). Kontinensekre bontva Afrikában 42, Ázsiában 952, Ausztráliában 71, Európában 1179, Észak- és Közép-Amerikában 13768 és Dél-Amerikában 5800 millió gallon bioetanolt állítottak elő 2012-ben (RFA ETHANOL INDUSTRY OUTLOOK 2013). Az Egyesült Államokban és Európában kukorica vagy valamely

más keményítő tartalmú gabonanövényt, míg Brazíliában cukornádat használnak fel bioetanol előállítására. Indiában a cukornád feldolgozási technológiájával megegyező módon a bioetanol gyártás alapanyaga a szélsőséges időjárási tényezőknek jobban ellenálló cukorcirok. A biomassa energetikai célú felhasználásánál, különös tekintettel az első generációs üzemanyagok előállítására, szem előtt kell tartani, hogy az ne jelentsen konkurenciát a humán élelmezés és állati-takarmány célú növénytermesztés számára. Ennek megfelelően prioritást élvez a kedvezőtlen adottságú, természetvédelmi értéket nem képviselő területek (aszályos, belvizes, árterületi, alacsony termőképességű) ilyen célú hasznosítása (NE 2011). Ezeknek a területeknek perspektivikus növénye lehet a cukorcirok, mivel az amerikai szakirodalom „tevenövényként” (HARANGOZÓ 1988) említi, ezzel utalva szárazságtűrő-képességére. Gépesítése nem kíván speciális gépkapcsolatokat, a kukorica termesztés során használt agrotechnikai eszközökkel maradéktalanul meg lehet valósítani sikeres termesztését. Az Európai Unió felé tett kötelezettségeink az energetikai, és a klímapolitikai célok elérése (14,65% megújuló részarány elérése) miatt az energiatermelésünk – elsősorban hőenergia - jelentős részét a biomasszára alapozott decentralizált kistérségi erőművekre kellene alapozni. A megújuló energiaforrások térnyerésének motorja lehet az ipari tömegtermelés, a technológiai újítások és a fogyasztói tudatosság erősödése, amelyek segítségével egyszerűbbé és olcsóbbá válhat a napjainkban még nagy társadalmi szkepticizmussal szemlélt technológiák erősödése. Magyarország és számos hazai alternatív és megújuló energiaforrással foglalkozó tudományos műhely számára a legnagyobb kihívás az, hogy Európában és globálisan is a kutatás-fejlesztés élmezőnyében maradjon.

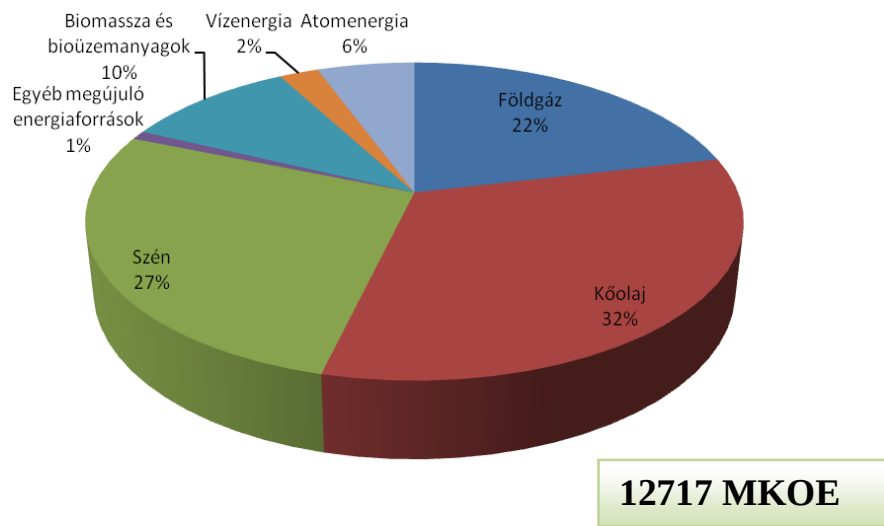
A dolgozat elkészítéséhez kapcsolódó kutatás során arra kerestük a választ, hogy a jelenleg használatos agrotechnikai eljárások miképpen befolyásolják a cukorcirok termesztési tulajdonságait kedvezőtlen adottságú és szélsőséges időjárási tényezőknek kitett körülmények között. A kutatási célok az alábbiak voltak:

- A tápanyag-ellátottság hatásának megfigyelése a cukorcirok hozamára;
- Kedvezőtlen klimatikus- és talajadottságok mellett az egyes talajművelési eljárások hatásának vizsgálata a cukorcirok biomassa-produkciójára;
- Összefüggések feltárása a cukorcirok beltartalmi paraméterei és az évjáráthatás között;
- A tápanyag-ellátottság és talajművelés cukortartalomra gyakorolt hatásának vizsgálata;
- Talajfizikai paraméterek és a zöldtömeg közötti összefüggések megállapítása;
- Cukortartalom eloszlásának vizsgálata a cirok szárában.

2 IRODALMI ÁTTEKINTÉS

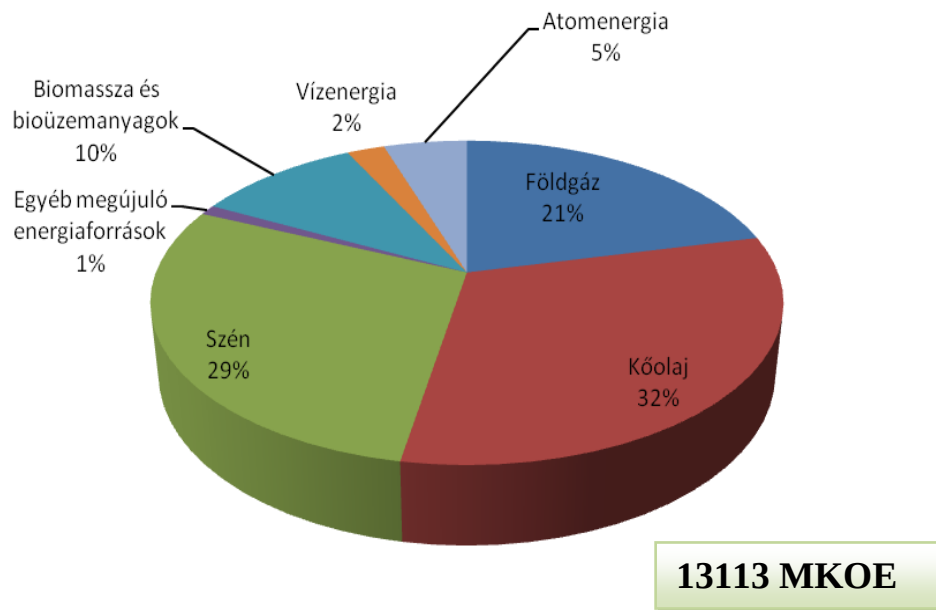
2.1 A primer energiaforrásokra alapozott globális energiafogyasztás jelenlegi helyzete

2009-ben a globális energiafogyasztás meghaladta a 11 milliárd tonna kőolaj-egyenértéket (KOE) (1. ábra). A primer energiafogyasztás – amelybe beletartozik a kőolaj, földgáz, szén, atomenergia és vízenergia – 2009 és 2012 között 1,1%-kal növekedett. Az energia felhasználás az OECD országokban ezzel szemben 1,2%-kal csökkent 2011-hez képest. A nem OECD országokban 2011-hez képest 5,6%-kal növekedett az energia-fogyasztás (Ázsia, Közel-Kelet és Kína). Kína energia felhasználása 8,7%-kal növekedett, és előreláthatólag ez a tendencia maradni is fog az elkövetkező évtizedben (BP STATISTICAL 2013). A felhasznált energia előállításban a fosszilis energiahordozók túlsúlya a 2011-es évben a teljes energiaszükséglet közel 80%-os (1. és 2. ábra). Az elmúlt években a szén felhasználása növekedett, a kitermelés mértéke a 2010-es évhez képest 5,5%-kal nőtt. A kirobbanó növekedés oka Kína jelentős energiaéhsége, amelyet leggazdaságosabban szénkitermelésének növelésével tud mérsékelni. Az atomenergia termelés 10,5%-kal csökkent 2010-hez képest. Ennek háttérében a Fukusimai atombaleset áll, amelynek hatására atomerőmű-leszerelési hullám kezdődött meg.



1. ábra Világ energiatermelésének megoszlása 2010-ban (KOE)

Forrás: International Energy Agency, Key World Energy Statistics 2012



2. ábra A világ energiatermelésének megoszlása 2011-ben (KOE)

Forrás: International Energy Agency, Key World Energy Statistics 2013

2.2 A megújuló energiaforrások szerepe a világon

Napenergia

A Nap sugárzásából származó közvetlen energiafelhasználás már régóta ismert tény az emberiség számára. A geotermikus és árapály energia kivételével minden megújuló energia, sőt a fosszilis tüzelőanyagok energiája is a Nap energiájából erednek. A megújuló napenergia a fosszilis forrásokkal szemben hosszú távon jelent megoldást az emberiség energiaszükségleteinek kielégítésére, hiszen folytonosan, vagy bizonyos gyakorisággal fordul elő a természetben. Az elmúlt években a napenergia felhasználása egyre nagyobb teret hódít a fejlett és a fejlődő országok energiatermelésében. Kormányzati segítséggel és a gyártási technológiák fejlődésével a fotovillamos (PV) egységek ára megfizethetőbb szintre süllyedt, és ennek hatására a lakosság számára is elérhetővé váltak a Nap fotovillamos energiáját hasznosító rendszerek. 2000 és 2010 között a PV rendszerek növekedtek a legdinamikusabban a megújuló energiaforrások közül. A kumulált üzembe helyezett kapacitás 2010-re elérte a 40 GW-ot, amely óriási előrelépés, mivel 2000-ben csupán 1,5 GW volt az összteljesítmény. A világ össztermelésének 90%-át Németország, Spanyolország, Japán, az Amerikai Egyesült Államok, Olaszország és Dél-Korea adja. Az Európai Unióban Németország után Spanyolország és Olaszország a legnagyobb napenergia hasznosítók. Spanyolországban, a 2008-as évtől rohamosan terjedtek el a naperőművek, amelyben jelentős

szerpe volt az átgondolt kormányzati politikának és támogatási rendszereknek. Az ázsiai országok közül Japán a 2009-es évben 500 MW teljesítménnyel növelte napenergia felhasználását. Kína 2010-ben a napenergia hasznosítás terén lemaradással küzdött, de a tömeges gyártásnak, és az olcsó PV paneleknek köszönhetően 2012-ben már 7000 MW kapacitással rendelkezett (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY PVPS 2012 REPORT). Az Amerikai Egyesült Államokban ugyancsak jelentős növekedés figyelhető meg a napenergia hasznosítás terén, 2012-ben 3300 MW-nyi beruházást végeztek el.

Szélergia

Eredetét tekintve a szélergia a Nap energiájából származik, és egyike azon megújuló energiaforrásoknak, amelyet az emberiség már évezredek óta használ. A Nap energiájának becslések szerint 3%-a alakul át szélergiává, ez közel százszorosa a növényvilág fotoszintézise során megkötött kémiai energiának. Az elmúlt évtizedben a szélergia hasznosítása drámai növekedésen ment keresztül. A szélerőművek 2010-ben globálisan 197 GW energiát állítottak elő, ami a 2000-ben termelt 17 GW-hoz viszonyítva tízszeres növekedést jelent. Kína területi adottságait kihasználva, és hogy enyhítse energiahiányát, nagy volumenű szélergia programba kezdett. Négy év alatt megötszörözte szélerőműveinek számát. Éves termelése 2010-ben 45 GW volt, amely csaknem negyede a világ termelésének. Háromszor akkora kapacitással rendelkezik, mint ázsiai riválisa, India és tízszer annyival, mint Dánia. Kína a megnövekedett energiaszükséglet, az energiabiztonság és a környezetszennyezés visszaszorítása érdekében 2006-ben elfogadott öt éves tervben fogalmazta meg a megújulókkal kapcsolatos fejlesztési lépéseket. A tervben 5 GW teljesítmény szerepelt 2010-re és 30 GW 2020-ra. A kínaiak elszántságát mutatja, hogy már 2010-re közel 45 GW kapacitással rendelkeztek. 2012-ben a kumulált szélergia teljesítmény meghaladta a 283 GW-ot (GLOBAL WIND ENERGY COUNCIL 2012, WORLD WIND ENERGY ASSOCIATIONWORLD WIND ENERGY REPORT 2013).

Vízenergia

A vízenergia az emberiség egyik legrégebben használt megújuló energia-forrása. A világban a vezető vízenergia hasznosítók Kína, Kanada, Brazília, az Amerikai Egyesült Államok és Oroszország. Brazília és Kanada villamos energia előállításának 80 illetve 60%-át biztosítják az országban található vízerőművek. A világ legnagyobb vízienergia-készlete Afrikában található, ugyanakkor a kontinens országai nem rendelkeznek megfelelő tőkével a beruházások elkezdéséhez. Jelenleg a Három szoros gát a világ legnagyobb kapacitású vízi-, sőt bármilyen elektromos áramot

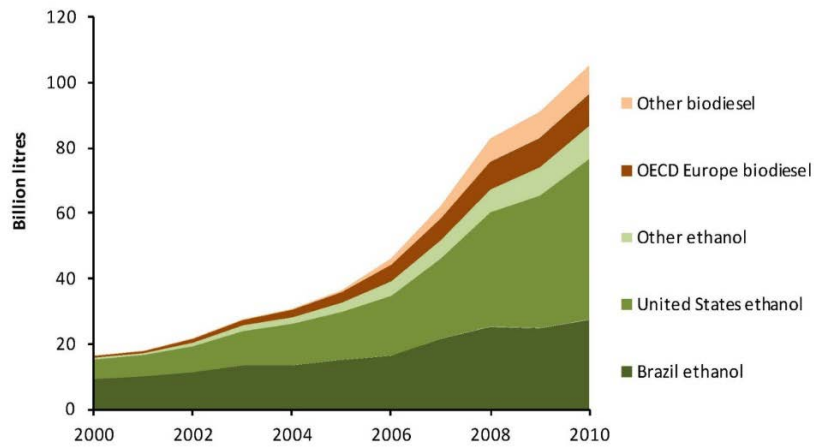
termelő erőműve. 18 millió kilowattnyi elektromos teljesítményt állít elő, amely a kínai áramtermelésnek kilencede, és ráadásul olyan területek energia ellátását biztosítja, amelyek eddig nehezen jutottak hozzá.

Geotermikus villamos energia

A geotermikus energia a Föld belső hőjéből származó, megújuló energiaforrás. Mivel a Föld belsejében sokkal magasabb hőmérséklet uralkodik, mint a felszínen, ezért a hőenergia folyamatosan áramlik a földképenyből. A Föld belsejében lefelé haladva kilométerenként átlag 30 °C-kal emelkedik a hőmérséklet. 2009-ben a világ megközelítőleg 11 GW geotermális erőműi kapacitással rendelkezett, és 67 TWh energiát állított elő. Jelentős kapacitásokkal rendelkeznek a Fülöp-szigetek (10 TWh), Izland (4,5 TWh) és Új- Zéland (4 TWh). A világ vezető geotermikus energia-hasznosítói az Amerikai Egyesült Államok, Fülöp-szigetek, Indonézia, Mexikó, Németország és Olaszország. Az elmúlt évtizedben az Amerikai Egyesült Államok és Indonézia végzett jelentős mértékű beruházásokat a geotermikus villamos energia termelése terén (BERTANI 2010).

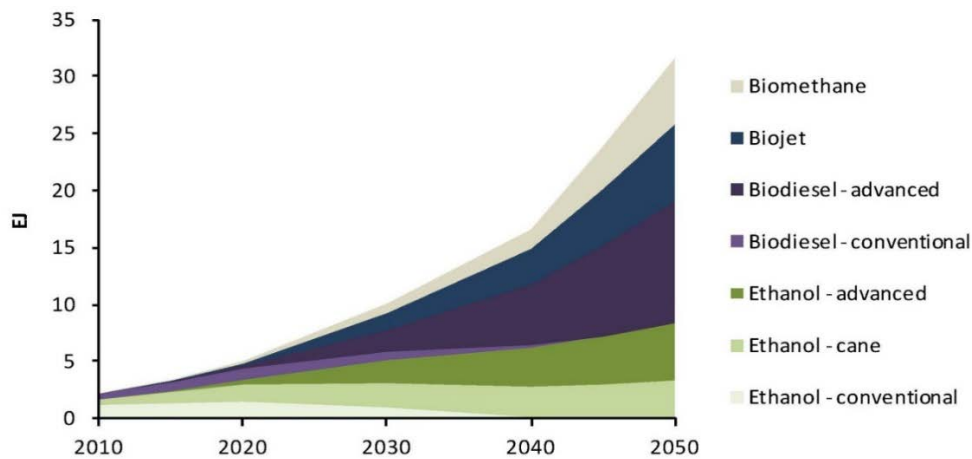
Biomassza és bio-üzemanyagok

KNIGHT és WESTWOOD (2005) publikációja alapján a világ bioetanol kereskedelem 2000-ben 866 millió amerikai dollárt tett ki, és 2004-ben már meghaladta az 1,28 milliárd dollár éves forgalmat. Jelenleg az Amerikai Egyesült Államok állítja elő a globális termelés 52,9%-át, ezzel utolérte Brazíliát (33,9%). A bioetanol-termelés az utolsó évtizedben indult rohamos fejlődésnek. A bio-üzemanyagok termelése a 2000-ben előállított 16 milliárd literről 100 milliárd literre növekedett 2010-re (3. ábra). Brazíliában a tömegközlekedés 21%-ban, az Egyesült Államokban 4%-ban, és az Európai Unióban 3%-ban használja a bio-üzemanyagokat. Nepál és Etiópia összenergia szükségletét csaknem teljesen biomasszából elégíti ki (PECZNIK 2004). Az első generációs bio-üzemanyagokat az elkövetkező évtizedben fogják leváltani a fejlett technológiájú második generációs bio-üzemanyagok. Ilyen technológiák például a cellulózból bioetanol, a bioszintézis gáz és egyéb innovatív technikák, amelyek a következő évtized vívmányai lehetnek (4. ábra).



3. ábra Bioüzemanyag termelése (2000-2010)

Forrás: International Energy Agency, Clean Energy Progress Report 2010



4. ábra Második generációs bioüzemanyagok várható térhódításának üteme

Forrás: International Energy Agency, Clean Energy Progress Report 2010

A bizakodásra okot adó hírek ellenére 1990 óta a megújulókból előállított villamos energia csupán 2,7%-kal növekedett évente. Míg 1990-ben a világ villamos energia előállítását 19,5%-ban az alternatív energiaforrások biztosították, addig 2008-ra már ez az érték csupán 18,5% volt. A visszaesés feltehetően azzal magyarázható, hogy az OECD országokban a vízerőművek korszerűsítése, és újak építése megtorpant politikai és környezetvédelmi okok miatt. A légköri széndioxid-koncentráció növekedésének megállítása érdekében a szélenergiának 17%-os, a napenergiának 22%-os növekedést kellene évente elérnie. Az előrejelzések szerint 2040-re a világ energia-fogyasztása eléri majd a 13,5 milliárd tonna kőolaj-egyenértéket (KOE), amelynek közel felét (6,44 milliárd KOE - 47,7%) remélhetőleg a megújulókból előállított energia fogja adni (ZERVOS 2004).

2.3 A magyar energiafelhasználás jelenlegi struktúrája

Magyarország energiafelhasználása megközelítőleg 1 exajoule (SEMBERY-TÓTH 2004). A hazai energiafelhasználás a rendszerváltás előtti időszakban érte el a maximumát (1200-1300 petajoule), majd ezt követően fokozatosan csökkent. A 2012-es évben Magyarország összességében 999 petajoule energiát használt fel, amely a feldolgozóipari volumen visszaesésének köszönhetően 5,1%-kal kevesebb, mint az előző év energiafelhasználása (KSH 2012). A gazdaság relatív energiaigényessége – a GDP 1,7%-os mérséklődése mellett – 3,5%-kal esett vissza. Az előző évekhez hasonlóan 2012-ben az energiaigények fedezésére szolgáló források 39%-a hazai termelésből, 61%-a pedig importból származott. A hazai termelés 1,7%-kal kevesebb volt, mint az előző évben. Döntő részét (39%-át) az atomerőműi villamos energia adta, amelynek termelése folyamatosan nőtt, 2000-hez képest 10%-kal. A megújuló energiaforrások (pl. biomassa-, víz- és szélenergiák) villamos energia, tüzfű) mennyisége 2012-ben 85 petajoule volt (több mint kétszerese a 2000. évinek), amely a hazai energiatermelés 19%-át adja. A fosszilis energiahordozók szerepe az ezredforduló óta folyamatosan csökkent, így legnagyobb mértékben a szén és a kőolaj termelése esett vissza, közel a felére, emellett földgázból is 30%-kal kevesebbet termeltek ki.

Hazánkban a villamosenergia-termelésen belül a fosszilis energiahordozók (szén és szénhidrogének), és a nukleáris energia részesedése összesen 92%. 2012-ben az energiahordozó-behozatal 3%-kal volt kevesebb az egy évvel korábbinál. Ezen belül a legnagyobb mennyiségben importált energiahordozók közül a kőolaj és kőolajtermékek behozatala 8,2%-kal csökkent, míg a földgázé 2,2%-kal emelkedett. A termelésből és a behozatalból származó összes rendelkezésre álló energia 32-32%-a földgáz és kőolaj, 15%-a pedig atomerőműi villamos energia volt. Az év folyamán a kivitel 158,9 petajoule volt, 5,7%-kal több mint egy évvel korábban, és közel a duplája a 2000. évinek.

Az alternatív energiaforrások kiaknázása az uniós országok többségében jóval elterjedtebb a hazainál, és nemcsak ott, ahol a természeti adottságokból adódóan a víz erejét használják döntően (Svédország 44%, Finnország 31%, Ausztria 29%) energianyerésre. A felhasználás a balti államokban (Lettország 30%, Észtország 19%, Litvánia 15%), Dániában és Németországban (18-18%) is jelentős. Összességében az Unió összes energiafelhasználásának 12,5%-át nyerik alternatív forrásokból, eközben Magyarországon ez az arány 2012-ben 8,7%-ot tett ki. Az uniós vállalás 2010-re 12%, 2020-ra 20% volt. Magyarország az első időpontra vállalt 3,6%-ot sikeresen teljesítette, a 2020-as cél pedig 14,7%.

A 2014. év elején született orosz-magyar megállapodás értelmében 2015-ben elkezdődik a paksi atomerőmű bővítése. Az orosz Roszatom által kivitelezett két új blokkal egy időre

megduplázódik Paks termelése, amely ezzel a hazai villamos energia 80 százalékát adhatja. Később a régi blokkok leállítása után ez az arány 50 százalék lesz. Így kevesebb Oroszországból beszerzett gázra és olajra lehet szükségünk, valamint a megújuló energiaforrásokra alapozott villamosenergia-termelés is háttérbe szorulhat egy időre. Biztonságpolitikai kockázatokat is felvet, hogy a szénhidrogén-ellátási források koncentráltak, a potenciális ellátó térségek száma csekély. A megújuló energiaforrások terén azonban versenyképes lehetőségekkel rendelkezünk:

- a művelés alól kivont mezőgazdasági területek jelentős mennyiségű energianövény termesztését – s feldolgozásukkal növényi üzemanyagok előállítását – teszik lehetővé.
- geotermális készleteink nemzetközi szinten is jelentősek.
- számottevő szél és napenergia forrásokkal rendelkezünk.

E források hasznosítása azonban elsősorban nem energetikai kérdés, rövid távon ugyanis gazdaságosan nem képesek teljes körben kiváltani a gyakran olcsóbb hagyományos energiahordozókat. Hosszabb távon azonban vidékfejlesztési hatása jelentős, hozzájárul a növénytermesztés szerkezetének átalakításához, az esetleges termékfelesleg értékesítéséhez, új munkahelyek teremtéséhez (JOLÁNKAI 2009).

2.4 Megújuló energiaforrásaink hazai helyzete

A megújuló forrásokból származó villamosenergia-termelés hazánkban 2011-ben 10%-kal csökkent, és az összes villamosenergia-felhasználáson belüli részaránya az előző évi 7%-ról 2011-ben 6%-ra mérséklődött. Ennek háttérében a folyamatosan csökkenő, de még mindig legnagyobb arányú biomassza alapú termelés visszaszorulása áll. Az utóbbi évek dinamikus növekedését 2011-ben 25%-os csökkenés váltotta fel, amelyet két, tisztán biomassza tüzelésű erőmű (a Szakolyi és a Borsodi) leállása okozta, valamint az, hogy egyes vegyes tüzelésű blokkok (a Bakonyi és a Mátrai) kikerültek a kötelező átvételből.

A biogáz, depónia- és szennyvízgáz alapú villamosenergia-termelés évek óta töretlenül bővül, egyrészt a beépített teljesítmények, másrészt a termelők számának növekedése miatt. A szélenergia zöldáram-termelésén belüli aránya az utóbbi 4 évben 9-ről 23%-ra emelkedett, és jelenleg a biomassza után a második. A zöldáram 8%-át képviselő vízenergia termelése a 2010. évi – árvízvédelmi okokkal magyarázható – csökkenés után újra emelkedett

Vízenergia

A vízenergia világszerte meghatározó része a megújuló energiáknak, nálunk azonban szinte tabu témának számít. BÜKI (2011) akadémikus, *Megújuló energiák hasznosítása* címet viselő tanulmányában részletesen foglalkozik ezzel a témakörrel. Három kérdést fogalmaz meg a tanulmányban:

- Figyelemfelkeltésként, és főleg a szükséges tanulságok levonása érdekében utal Bős–Nagymaros kudarcára, és a vitás kérdések rendezésének mielőbbi szükségességére.
- A Duna Budapest alatti szakaszán, a Tiszán és egyéb folyóinkon eddig ki nem használt és a komplex vízgazdálkodás keretében kihasználandó vízenergia lehetőségére.
- A szivattyús tározós vízerőműök létesítésére, amelyek kialakításával villamosenergia-rendszerünk lényegesen rugalmasabbá válna.

Magyarország folyóin a kiaknáztatlan villamos energia mennyiség megközelítőleg 989 MW. A Dunán, a bős-nagymarosi vízlépcsőt figyelmen kívül hagyva, a Budapest alatti szakaszon két vízlépcső kiépítése jöhetne szóba, Adonynál és Fajsznál, 150-170 MW villamos teljesítménnyel (RAFFAI 2010). A NEMZETI CSELEKVÉSI TERVBEN környezetvédelmi, és vízgazdálkodási megfontolások miatt, újabb nagy vízlépcsők, duzzasztóművek telepítésének lehetőségét elvetették.

A kisebb folyók szabályozhatóságában fontos szerepet betöltő 10 MW alatti – törpe vízerőművekkel – valamint a folyómedrekbe telepített 100-500 kW teljesítményű átáramlásos turbinákkal viszont számoltak. Felmérések szerint a törpe vízierőművek telepítésének lehetőségei alapján 2020-ig összesen 16-17 MW villamos energia teljesítmény installálásának lehet realitása.

Szélerenergia

Az elmúlt években végzett felmérések alapján meghatározásra kerültek azok a helyszínek hazánkban, ahol a természetvédelmi és a környezetvédelmi szempontok figyelembevételével gazdaságosan telepíthetők nagyobb szélturbinák. Ez alapján Magyarország összesített szélerenergia potenciálja több ezer MW teljesítmény. A NEMZETI CSELEKVÉSI TERVBEN szélerenergia vonatkozásában a 2020. évi nemzeti célkitűzés a villamos energia rendszer szabályozhatósági korlátjához igazodik, amely a jelenlegi ismertek alapján kb. 740 MW összteljesítményig képes a szélerenergiát befogadni. Amennyiben a hazai teljes szélerőmű-kapacitás eléri a 740 MW-ot, és a jelenlegi kb. 22%-os kihasználtság helyett 25%-kal működnek a szélparkok, az általuk termelt kb. 1600 GWh villamos energia árhatását 0,6 Ft/kWh mértékűre becsülik változatlan fogyasztás és KÁT árak mellett. Amennyiben a villamosenergia hálózat rugalmassága megnövekszik (smart grid, vagy új rugalmasan szabályozható erőműi egységek), illetve az energiatárolásra vonatkozó fejlesztések (pl. hibrid szél-hidrogén rendszerek) gazdaságosan hasznosítható eredménnyel járnak, akkor a szélerenergia-termelés a fenti célkitűzést meghaladhatja. Jelenleg 155db szélerőmű működik az ország területén, melyek összteljesítménye közel 296 MW. A MAGYAR SZÉLERENERGIA TÁRSASÁG számításai szerint minden 100 MW plusz beépített szélerőmű-kapacitás, mai árakon számolva, 61 millió m³ földgázt (piaci értéke kb. 4,3 milliárd Ft), illetve 126 ezer tonna CO₂ -t (piaci értéke 540 millió Ft) válthat ki.

Geotermikus energia

A termálenergia hasznosítására hazánkban már az 1920-as években is találunk példákat. A margitszigeti hévízkút vizével több bérházat fűtöttek Budapesten, ezenkívül a városligeti termálkút a Széchenyi fürdő mellett az Állatkertet és a Szabolcs utcai kórházat is ellátta hőenergiával (SEMBERY-TÓTH 2004). Hazánk kedvező geotermális adottságainak háttérében a földkéreg vastagsága áll. Magyarország területe alatt a földkéreg vastagsága a világ átlagának kb. fele (15-25 km), így a hőáram a kontinentális átlagnak mintegy kétszerese. A felszínen mérhető hőáram jellemző értéke 0,06-0,07 W/m². A geotermális energia hordozója a termálvíz (vagy gőz). Mindez használható vízgyógyászat, fürdés, ivóvíz nyerése vagy energetikai célú hasznosításra, fűtésre, melegvíz-ellátásra, villamos áram termelésre. A geotermális energia a lemélyített fúrásokból nyerhető hévizek révén jut a felszínre (FARKAS 2003). Jelentős potenciál rejtőzik a geotermikus energia hőellátásban történő szerepének növelésében, ami Magyarországon (pl. kertészetek) már jelenleg is elterjedt fűtési mód. A geotermikus energia esetében a kútlétesítés és visszasajtolás (amely nem minden esetben lenne indokolt) közvetlen költségén kívül a hőellátási és elosztási rendszer kiépítésének ráfordításai miatt a legjelentősebb korlátozó tényezőt a finanszírozás biztosítása jelenti. A fűtési alkalmazásokon kívül, a geotermikus energia alkalmazható villamosenergia termelésére is. Magyarországon készültek már tervek a megvalósításra, sőt, a Magyar Villamos Művek által 1997-ben kiírt erőmű építési tenderre benyújtottak pályázatot 65 megawatt kapacitású erőmű megépítésére. A Békés megyei Nagyszénás és Fábiansebestyén térségében feltörő, 170 Celsius-fokos vízgőz felhasználásával indult volna meg az energiatermelés.

Napenergia

Magyarországon a századforduló óta végeznek rendszeres megfigyeléseket a napsugárzás és a napsütés időtartamának regisztrálására. Országunkban a sugárzás értéke a déli órákban, átlagos napsütés esetén a téli félévben (október-március) 250-600 W/m², a nyári félévben (április-szeptember) 600-1000 W/m² között változik. A szórt sugárzás részaránya elérheti a 40-50%-ot is, ezért hazai viszonyokra a sík kollektorok alkalmasabbak, mivel azok szórt és direkt sugárzást egyaránt jól hasznosítják (FARKAS 2003). Magyarországon a teljes napsugárzás évi átlagos összege 4200-4700 MJ/m² között változik. Az elvi potenciál több tízezer MW teljesítmény lehet, a legjelentősebb korlátozó tényező a berendezések magas árához kapcsolódóan a rendelkezésre álló támogatási keret. Mindazonáltal a magyarországi napsütéses órák számát tekintve a termikus napenergia-hasznosítás a kifejlett technológia révén igen jó eszköz a megújuló energiaforrások elterjesztésében, a fotovoltaiikus napenergia esetén a felgyorsult gyakorlatorientált kutatás-fejlesztési munkák és rövid időn belül várható eredmények versenyképes rendszerek terjedését teszik lehetővé.

Biomassza

Magyarország kiváló agroökológiai adottságokkal rendelkezik a biomassza versenyképes előállítására. A teljes biomassza készlet 350-360 millió tonnára becsülhető, ebből 105-110 millió tonna újraképződik, és felhasználásra kerül. Az évenként keletkező elsődleges biomassza 54 millió tonna (száraz anyagban számítva), amelyből a mezőgazdasági termelés 46 millió tonna, az erdészeti termelés 8 millió tonna (BAI et al. 2002). Az élelmezési és takarmány szükségletet jelentősen meghaladó mennyiségben képes a magyar mezőgazdaság fenntarthatóan biomasszát előállítani. Jelenleg szántóföldi növénytermesztés által hasznosított terület 4,5 millió hektár, a gyepek 1 millió hektár. A hasznosítási forma megváltoztatását az is indokolja, hogy az érintett szántóterületek egy része kedvezőtlen termőhelyi adottságú (17 AK alatti, belvízveszélyes stb.), amelyeken nem lehet rentábilisan 166 élelmiszeripari célú növény termesztését folytatni, ugyanakkor energetikai termelésre gazdaságosan hasznosíthatóak (NEMZETI CSELEKVÉSI TERV 2010). A fás- és lágyszárú energianövények telepítésével bővíthető az energetikai biomassza kínálat, amely tehermentesítheti az erdészeti forrású biomasszát. A fás- és lágyszárú energianövények hőenergia és/vagy villamos energia hasznosítása az ország egész területén biztonsággal megoldható (GYURICZA et al. 2013). Magyarország számára a legnagyobb lehetőséget a decentralizált erőművek jelenthetik, amelyek egy adott mezőgazdasági, ipari vállalkozás, egy település, közintézmények stb. számára termel energiát a térségre jellemző és gazdaságosan elérhető alapanyagokra építve (GYURICZA 2008). Hő és villamos energia mellett a biomasszából bioüzemanyagok is előállíthatók, amelyek segítségével csökkenthető a közlekedés egyoldalú kőolaj felhasználása. Magyarországon a MOL 2005 nyarán megkezdte a biológiai eredetű alapanyagokból előállított benzinkomponens, a bio-ETBE gyártását és felhasználását motorbenzineinkben. Az etanolból előállítható ETBE kiváló benzinkomponens, amely növeli a benzin oktánszámát, és semmilyen műszaki vagy alkalmazástechnikai problémát nem okoz. Magyarországon a bioetanol előállítás rohamosan bővül, összhangban az Európai Unió ajánlásával, ami szerint a felhasznált üzemanyagok közül a bioeredetűek részesedésének 2010-re el kell érnie az 5,75 %-ot. Hazánkban 2007. július 1. óta adókedvezménnyel kerülhet forgalomba a minimálisan 4,4 % bioetanol tartalmú üzemanyag. Az Unió országaiban 2008-tól kötelező a 4,4 % biokomponens-arány. A bioetanol hazai előállításának mennyiségi felfuttatása érdekében a cukor alapú gyártás mellett más poliszacharidok nyersanyagként való felhasználását is növelni kell (BAI 2004). Hagyományosnak mondható a burgonya- vagy kukoricakeményítéskészítésből történő gyártás. Mellettük egyéb termesztett növények, pl. rozs, tritikálé, csicsóka, cukorcirok felhasználása is előtérbe kerülhet. Hazánkban a cukorcirok bioenergetikai hasznosítása még kevésbé terjedt el. Csekély vízigénye és kedvezőtlen

adottságú termőterületekhez való adaptációs képessége révén ígéretes növénye lehet a hazai biogáz és második generációs bioetanol termelésnek is.

2.5 Cukorcirok, mint alternatív energianövényünk

A cirokfélék eredete és elterjedése

A cirokfélék Afrika sztyeppe- és szavannaterületein őshonosak (BERENJI et al. 2011). Kiváló szárazságtűrő és alkalmazkodó képességét forró égövi eredetének köszönhetjük. A cirok géncentrumának pontos helye a mai napig nem tisztázott. VINALL (1936) a cirokfélék származását Afrika és azon belül Etiópia és Szudán sztyeppe és szavanna területeire helyezte el, míg LINNÉ (1753) a jelenlegi India területét jelölte meg a cirok géncentrumának. Állítását az itt előforduló rendkívül sokrétű fajtaváltozatoknak tulajdonította. VAVILOV (1926) a „Termesztett növények keletkezési központjai,” című művében a cirok géncentrumának Etiópiát és Abesszíniát jelölte meg, ahol vad változatai a mai napig fellelhetők. Termesztett típusait i.e. 3000 tájékán választhatták ki. Valószínűleg már Indiában is ismerték a kereszténység kezdete óta vagy már azelőtt. Szíriában i.e. 700 előtt kezdték termeszteni, Európában a mediterrán térség országaiban jelent meg először. DE CANDOLLE (1894) cáfolja, hogy India a cirok géncentruma lenne, mert kutatásai alapján a cirok szanszkrit neve ismeretlen. Ennek az állításnak ellentmond, hogy Indiában is megtalálható az a sokrétű cirokanyag, amely Kínában van (KAPÁS 1969). Az Amerikai Egyesült Államokban (USA) a cirok megjelenéséről a XIX. század harmincas éveitől kezdve tesznek említést. SORSBY (1855) beszámolója szerint Georgia állam területén az 1838-as évektől kezdve egy fehér és egy vörös szemű változat termesztésével kezdtek foglalkozni a földbirtokosok. BROWNE (1855) feljegyzéseiben az USA-ba Indiából, Kínából és Franciaországból érkeztek az első cirok szaporítóanyagok. A honosításba bevont cirokváltozatok termesztési sajátosságait OLCOTT (1857) vizsgálta. Az Afrikából származó változatokat Leonard Wray importálta, aki az 1860-as évekre már több mint 15 változatot mutatott be a termesztőknek. A gazdák hamar felfedezték a növényben rejlő lehetőségeket és annak sokrétű felhasználását is. Az Egyesült Államokban napjainkban is töretlen a cirokfélék sikere a humán élelmezés, takarmányozás és ipari felhasználás terén.

A cirokfélék hazai termesztéséről először 1775-ből találunk írásos irodalmi adatokat (BOCZ 1992). A feljegyzések alapján hazánkba elsőként a seprűcirok került. NAGYVÁTHY 1821-ben már említést tesz a czir-kölesről, amit a kukoricához hasonlóan kell termeszteni, magja a lovaknak kitűnő abrak, szára pedig szobaseprésre kiválóan alkalmas (CSAJBÓK 2005). KÖRNICKE (1885) említést tesz arról, hogy Magyarországon a kukoricaföldek szegélyeként tesztik a seprűcirkot. 1888-ban BALÁZS és HENSCH már a cukorcirok hazai termesztéséről is ír. A cirok termesztése

akkor vált jelentősebbé, amikor a SURÁNYI által felkarolt *Sumac* nevű barna cukorcirok változat elterjedt. A két világháború között jelentős volt a hazai cukorcirok termesztés, majd a második világháború után a belőle kipréselt cukorszirup helyettesített a cukrot (BOCZ 1992). Az 1950-es évektől kezdődően több tudományos műhelyben is elkezdődött a cirokfélék hazai nemesítése. Kecskeméten BAUER FERENC és VILLÁS JÁNOS a *Mezőkovácsházi* törpe cirokból egyedkiválasztással előállította a *Kecskeméti seprűcirkot*, amely 1957-ben előzetesen fajtaminősítési fokozatot kapott, ám azt a Mezőgazdasági Tanács később visszavonta. Szarvason 1959-ben kezdték el a ciroknemesítést. Az első eredmény a *Szarvasi barna szemes cirok* előállítása volt, amelynek minősítését 1967-ben visszavonták (KAPÁS 1969). Szarvashoz hasonlóan Szegeden is 1959-ben kezdődött el a nemesítési munka. A szegediek fő célja a hazai körülményekhez adaptált biztosan beérő, kombájn betakarításra alkalmas hibridek előállítása volt. Martonvásáron 1951-ben SURÁNYI és BARABÁS vezetésével kezdődött el a cirokfélék agrotechnikai eljárásainak a fejlesztése. Külföldi tapasztalatok alapján BARABÁS 1955-től hímsterilitás felhasználásával folytatta tovább a nemesítési munkáját. Az első jelentős eredményt BARABÁS és FARAGÓ (1980) a *Hybar Mv 301*-es szudánifű hibriddel érte el, amely 40%-kal több zöldtömeget termelt, mint az akkori külföldi és hazai referencia fajták. A hibrid 1967-ben államilag elismert nemesített fajtaminősítésben részesült. A silócirok termőterülete 1980-ban elérte a 4200 ha-t. Az új köztermesztésbe vont fajtáknak köszönhetően 1983-ra 11000 hektárra nőtt a termesztési területe (HARANGOZÓ 1988). A KSH adatai alapján 2012-ben a szemes cirok termesztési területe közel 4500 hektár, amelyről 12437 tonna termést takarítottak be, 2810 kg/ha termésátlaggal. A hazai nemesítéssel foglalkozó intézményekben jelenleg is aktív kutatómunka folyik annak érdekében, hogy a cirokfélékben rejlő genetikai potenciált minél jobban ki tudják használni a termesztésükkel foglalkozó termelők.

Termőhelyigény

A cirokfélék keléséhez és fejlődéséhez tartósan 12-14 °C körüli hőmérséklet szükséges, szántóföldi növényeink közül a legnagyobb hőigényűek (GRABNER 1942, JÓZSA 1976, BOCZ 1992), hőösszeg-igényük megközelítőleg 2600-3300 °C. Hűvös tavaszon vagy nyáron lassan fejlődnek (LÁNG 1966). Hazai termesztése során a hőmérséklet kritikus tényező minden fenofázisban. A cirok a csírázáshoz 12-15 °C-ot igényel, erőteljes csírázás 14 °C fölött indul meg. Kelés utáni időszakban minimálisan 16 °C-ra van szüksége. A bugahányás és virágzás időszakában 23 °C fölötti hőmérsékletet igényel (CSAJBÓK 2005). Kezdeti fejlődése nagyon vontatott, ezért a kezdetben gyenge növények jobban kitettek a homokverésnek, és az elgyomosodásnak (ANTAL et al. 1966, BOCZ 1992). SURÁNYI (1926) hasonló eredményeket kapott, tapasztalatai alapján a cukorcirok hőigénye nagyobb, mint kukoricáé, ezért korai vetését kerülni kell, mert ekkor gyengén

és lassan fejlődik, s emiatt lényegesen kevesebb termést ad, mint a kukorica-csalamádé. A keléstől számított 4-5. héten kezdődik a cukorcirok robbanásszerű növekedése, amikor a talaj és a levegő felmelegszik. Ebben az időszakban a heti növekedési intenzitása a 40-50 cm-t is elérheti. Kedvező feltételek között (tápanyag, hő és állománysűrűség) viaszéréskor (szeptember vége–október eleje) 3-4 m magasságot is elérheti. Hazánk a cukorcirok termesztés északi határán fekszik. Biztonságos termesztéshez az ország déli területei ajánlottak. Megfelelő fejlődéséhez 21 °C-ot megközelítő júliusi középhőmérsékletre van szüksége (KÉSMÁRKI 2005). SEVELUHA (1985) kutatásai alapján a többi gabonanövényhez hasonlóan a szemes cirok növekedési folyamatainak üteme legnagyobb mértékben a hőmérsékleti viszonyoktól függ. A cirok növekedési maximuma a legmagasabb nappali hőmérsékleti periódusra esik, a minimum pedig a legalacsonyabb hőmérsékleti szakaszra, reggel 5 és 6 óra közé. A cirok maximális gyarapodását 27-30 °C között figyelte meg, a növekedés jelentős gyengülését pedig 23 °C hőmérsékleten. Silócirok termesztésre az ország északi területei is alkalmasak (BOCZ 1992) azonban, a cirokfélék vetőmagtermesztése csak az ország déli részein oldható meg biztonságosan (ANTAL et al. 1966). BAJAI és LÁNG (1970) javaslatai alapján az északi és északkeleti területeken főleg zöldtakarmány termesztésre rendezkedjünk be: Dunántúlon a Rába vonaláig, Duna-Tisza-közén Pest vonaláig, a Tiszántúlon a Szikszó-Bükk-Mátra lejtőjétől délre, a Szamos felső folyásáig terjedően. A hazai viszonyok között a takarmánycirok élettani igényeinek a 160 napos tenyészidejű fajták és hibridek felelnek meg. A gyakori szeptemberi fagyok miatt augusztus végére a szemtermésnek el kell jutnia a viaszérésig, hogy a termés ne semmisüljön meg (BÁCS 1973).

A cirokfélék jól alkalmazkodtak a szemi-arid övezetben hulló alacsony évi csapadékmennyiséghez (ZHANG et al. 2010), amely nem haladja meg a 300-350 mm-t. A 375-1800 mm csapadéku övezetekben is sikeresen termesztethető, egyes fajtái a 3-4 hetes vízborítást is elviselik (HARANGOZÓ 1988). A cirok szárazságtűrését nagy kiterjedésű gyökérrendszerének (SCHERTZ 1979, PATEL et al. 1994), nagyszámú hajszálgököreinek, szár- és levélzete felépítésének köszönheti, amelyek közül az utóbbiak jelentősen csökkentik a transzspirációt. A gyökerek vízfelvevő aktivitása kétszerese a kukoricáénak, az ehhez tartozó levélfelület pedig lényegesen kisebb. A cirok nemcsak jobb vízmegkötő-képességgel, hanem hatékony párologtatás-szabályozással is rendelkezik (SZABÓ 1983). Hosszabb aszályos periódus után, amikor az időjárás újra csapadékosabbra fordul, a cirok regenerálódni képes (SÁRKÖZY 1994, ANTAL 2000). Szárazság alatt anyagcsere-folyamatait le tudja állítani. A silócirok kiváló szárazságtűrő képességét (BITTERA 1930, VILLAX 1947, BÁLINT 1966, SIKLÓ SINÉ 1991, NÉMETH 2002, LINTON et al. 2011) mutatja, hogy termésingadozása az évek között nem jelentős (IZSÁKI és NÉMETH 2008). A silócirok szárazságtűrő képessége és kiváló zöldtakarmány értéke indokolná (BERÉNYI

és SZABÓ 2001), hogy a különösen a szárazságnak kitett homok és egyéb talajainkon a silókukorica helyett termesszük (ANTAL et al. 1966).

A cirokfélék a talajjal szemben nem igényesek, általában a gyengébb adottságú (CHRAPPAN és FAZEKAS 2004), kisebb termékenységgű talajokon is sikerrel termesztethetők, jól tűrik a magas sótartalmat (VASILAKOGLU 2011) és az 5,5 pH-ig savanyú talajokat, vagyis a cirok a kedvezőtlen adottságú termőhelyek növénye (GRÁBNER 1942, GYÖKÉR 1978, SIKLÓ SINÉ 2001, CSAJBÓK 2005, GOSHADROU et al. 2011). Nemcsak a kötött, hanem a jobb homoktalajokon is sikerrel termesztethető (ANTAL et al. 1966; GYÖKÉR 1977). A silócirok talajigénye valamivel alacsonyabb a szemes cirokéval, ugyanakkor vetőmagtermesztés esetén a talajigénye megegyezik a szemes cirokéval. Ezért termesztését kerülni kell a nehezen felmelegedő hideg talajokon. (KÉSMÁRKI 2005). VINALL és társai (1936) szerint minden talajtípuson lehetséges a termesztése, de csapadékszegény évben a homokos talajokon jobb termést ad, mint kötött nehéz talajokon, ahol az aszálytól jobban szenved. HARANGOZÓ (1988) szerint gazdaságosan csak a könnyen felmelegedő, megfelelő vízháztartású talajokon termesztethető. Sekély termőrétegű, szélsőséges vízgazdálkodású talajokon lassan fejlődik, és az esetek nagy részében bugát sem hoz. Jól elviseli mind a lúgos, mind a savanyú talajokat. BOCZ (1992) SIKLÓ SINÉ és HARMATI (2001) szerint sikeres termesztés folytatható az 1% humuszt meghaladó lazább talajokon, az enyhén szikes, a gyengébb termőképességű réti, dombvidéki erodált és mindazokon a talajokon, ahol mind a szemes-, mind a silókukorica termését a cirok meghaladja.

A cirok termesztéstechnológiája

A cukorcirok termesztése nem bonyolult, azonban kellő odafigyelést igényel. Termesztésünk sikerét a gondos talaj-előkészítés és az időben elvégzett növényvédelmi beavatkozások fogják meghatározni.

Elővetemény

A cirok az előveteményre nem igényes, következhet nyáron vagy ősszel betakarított elővetemény után is. Jobb homoktalajokon a silózásra hasznosított cukorcirok és a zöldtakarmányozásra használt szudánifű korán lekerülő őszi takarmánykeverék után, másodvetésként is termesztethető. A szemes cirok és a vetőmagtermesztés azonban csak fővetésben oldható meg biztonságosan (ANTAL et al. 1966). Vetésforgóba jól beilleszthető (ROCATELI et al. 2012), és ezáltal feloldható a hazai gyakorlatban szereplő egyoldalú kukorica-búza vetésszerkezet. Elővetemény-értéke a kukoricához hasonló, a szemes cirok után jelentős mennyiségű szármaradvány marad. Önmaga után legfeljebb 2-3 évig vethető (KÉSMÁRKI 2005). A cirokfélék

után lehetőleg tavaszi növény kultúra következzen, mert a talaj vízkészletét jelentősen csökkentik. Nagy tömegű gyökér és szármaradványaik lassan bomlanak le, ezért erős pentozánhatással is számolnunk kell.

Talajművelés

A cirok a lehető leggondosabb talaj-előkészítést kívánja. Az őszi alapművelést (szántásos, tárcsás vagy kultivátoros művelés) időben és megfelelő módon kell elvégezni. A művelésnek napjainkban mind fontosabb célja a nedvesség-megtartás mellett a talaj vízbefogadó képességének növelése (VÁRALLYAY 2007). Könnyen ülepedő, kötött, erózióra hajlamos vályogtalajokon az őszi alapművelés mélysége megközelítően 30-35 cm legyen. LADDHA et al. (1997) szoros összefüggést figyeltek meg a cirok termése és az elvégzett alapművelés között. A mélyítő műveléssel elérhető a jobb talajnedvesség-gazdálkodás, és a további talajmunkák alapjait is megteremthetők (OUÉDRAOGO et al. 2007). KERESZTESY (1985) szerint a cirok meghálálja a mély alapművelést. A talajmunkák során gondoskodni kell a vízbefogadó-képesség javításáról, a cirok a nagy zöldtömeg felépítéséhez ugyanis sok vizet igényel (KÉSMÁRKI 2005). A cirok másodlagos gyökerei kezdetben a felszín közelében vízszintesen haladnak, majd a főgyökérrel párhuzamosan a talaj felső 100 cm-es rétegét átszövik (BÁNYAI 1967). Tömörödsre érzékeny talajokon kerülni kell a direktvetést. Direktvetésnél a talaj a téli csapadékot nem képes kellő mértékben befogadni és raktározni. A nedvesség-veszteség csökkentése, valamint a kora tavaszi gyomok kelésének elősegítése érdekében a művelt talajfelszínt hengerrel le kell zárni.

Vetés

A cirok fokozottan igényes a magágy minőségére. A mag kezdeti fejlődéséhez elengedhetetlen a kellő hőmérsékletű magágy és a beérett talaj (VINALL et al. 1936). A vetést előkészítő talajmunkák lényege az legyen, hogy a vetés idejére a felső talajrétegek alatt nyirkos, morzsás, a mag körül feltétlenül apróbb szerkezetű magágyba vessük a magokat (BIRKÁS 2010). A cirok vetésére akkor kerülhet sor, ha a talaj hőmérséklete 14-16 °C, amely április vége - május elejére tehető. A túl késői vetés esetén a hosszabb tenyészidejű fajták nem képesek bugát hozni, és a szárban lévő cukor mennyisége is elmarad a fajtától várható átlagtól (TSUCHIHASHI és GOTO 2004). A vetés a talaj kötöttségétől és nedvességtartalmától függően 2-4 cm-nél ne legyen mélyebb (LÁNG 1966, ANTAL 2000). A területegységre jutó töszám alapvetően befolyásolja a tápanyagfelvételt és a várható termést mennyiségét (BALASUBRAMANIAN és RAMAMOORTHY 1996).

Növényvédelem

A cirok a betegségekre nem fogékony, a vetőmag csávázásán kívül más kémiai beavatkozásra a növény növekedése során nincs szükség. A vetőmag minden esetben legyen csávázott a penészesedés és egyéb gombás betegségek elkerülése végett. A csávázással elkerülhető a *Gibberellás* gombabetegség és a *Sphacelotheca sorghi* (ROSS és DUNGAN 1957).

Termesztési céltól függően a sortávolság 50-70 cm között változhat. A cukorcirok kezdeti fejlődése meglehetősen vontatott, ezért különösen fontos, hogy a talaj gyommentes legyen, mert a gyomok elnyomják a csíranövényeket. Az eredményes gyomirtás érdekében célszerű a vetést megelőzően és kelést követően is mechanikai gyomszabályozást végezni (BOCZ 1992). Fejlődése kezdeti szakaszában érzékeny a vegyszerekre, ezért a sorközművelésnek fontos szerepe van a gyomszabályozásban. Késő tavasszal a már kikelt állományban többszöri sorközművelés is szükséges a gyomok visszaszorítására (VINALL et al. 1936). A sorközi kultivátorozás akkor hatásos, ha a gyomok még kicsik, és fejletlenek. A mély és túl gyakori kultivátorozást azonban, a gyökérzet károsításának elkerülése érdekében kerülni célszerű (SZABÓ 1983). Legfontosabb gyomnövényei a parlagfű (*Ambrosia artemisiifolia*), a fenyércirok (*Sorghum halepense*), a kakaslábű (*Echinochloa crus-galli*), és a csattanó maszlag (*Datura stramonium*). A cirok hazai termesztésében kis mértékben, de előfordulhat a kukoricát is megtámadó csíkos mozaikvírus (MDMV). Baktériumos betegségei közül érdemes megemlíteni a baktériumos levélcsíkosságot (*Pseudomonas andropogoni*) és a vörösrzsdát (*Ramulispora sorghi*). Gombás fertőzések közül a fuzárium (*Fusarium oxysporum*) fellépése fordul elő a leggyakrabban. A leginkább előforduló kártevői a kelés időszakában károsító drótférgek és cserebogár-pajorok (KÉSMÁRKI 2005). A megerősödött cirokállományban később nem tapasztalható jelentős kártétel, mivel a növény hidrogén-cianid tartalmú toxint termel, amely a legtöbb kártevő ellen védelmet nyújt.

Tápanyag-ellátás

Bár a cukorcirok a szélsőséges vízgazdálkodású nehezen felmelegedő talajokon kívül az ország egész területén biztonsággal termeszthető, a közhiedelemmel ellentétben a talaj tápanyag-ellátottságára igényes (SÁRI 1980, MÉM 1982, HARANGOZÓ 1988).

PHOLSEN et al. (2001) kísérletükben igazolták a cukorcirok nagyon jó nitrogén-hasznosító képességét, amelyet a növény átlagon felüli biomassza tömeggel hálált meg. Megállapítható, a csírázást, illetve a növény további fejlődését alapvetően meghatározza a tápanyag-ellátottság. Homoktalajokon is sikeresen termeszthető a cirok, ha kezdeti tápanyagigényét és későbbi nitrogénigényét kielégítik. A cirokfélék meghálálják a nagyobb nitrogén adagokat. A nitrogén elősegíti a hibriditás érvényesülését, a vegetatív részek dinamikus fejlődését és a beltartalmi paraméterek javulását (WAGGLE et al. 1967, PATEL et al. 1992). A jobb homokon is elég jól megterem, ha elegendő nitrogént talál (LÁNG 1966). A hosszabb tenyészidejű hibridek nitrogén-,

kálium- és foszforfelvétele nagyobb, mint a kukoricáé és a rizsé (HAN et al. 2011). Megfigyelések szerint, ha a felső 0-30 cm-es termőréteg szervesanyag-tartalma nem éri el az 1%-ot, akkor csak kedvező csapadékviszonyok között adnak számottevő termést (ANTAL et al. 1966). A komplex műtrágyák használatával érhetőek el a legjobb eredmények. A foszfor- és kálium-műtrágyákat az őszi alapművelés előtt okszerű kijuttatni. VILLAX (1940) a foszfor- és káliumtartalmú trágyák kombinációjának kipróbálást szorgalmazta.

BOCZ (1992) az alábbi műtrágya-szinteket fogalmazta meg a cukorcirok tápanyag-igényéhez:

- Fajlagos tápanyagigény:
N 3,4-5,2; P₂O₅ 2,2-3,5; K₂O 3,4-5,0 kg/t
- A gyengébb kategóriájú talajokon
N 130-140; P₂O₅ 88-112; K₂O 125-168 kg ha⁻¹
- Jobb adottságú talajokon
N 136-170; P₂O₅ 88-110; K₂O 136-170 kg ha⁻¹

BUZÁS (1983) közel azonos fajlagos tápanyag-igényeket fogalmazott meg:

- Szemes cirok
N 29; P₂O₅ 10; K₂O 31 kg/t
- Szudáni fű
N 4,5; P₂O₅ 1,2; K₂O 3,5 kg/t
- Cukorcirok
N 4,2; P₂O₅ 1,4; K₂O 3,2 kg/t
- Seprűcirok
N 33; P₂O₅ 12; K₂O 33 kg/t

ROSS és DUNGAN (1957) szerint a cirok tápanyag-igénye a kukoricáéval megegyező és a tápanyagok kijuttatásának az időpontja is azonos. BOKORI és KOVÁCS (1996) felhívják a figyelmet arra, hogy a nagy adagú nitrogén műtrágya a növény nitrát tartalmát olyan mértékben megnövelheti, amely már mérgező lehet. MATHERS et al. (1982) vizsgálták a szerves-trágya hatását szemes cirokban, s azt tapasztalták, hogy a kezeletlen kontrollhoz képest a szerves-trágyázott parcellákon háromszoros volt a szemtermés.

Betakarítás

A betakarítás módja a hasznosítási és termesztési céltól függően különböző lehet. Takarmány céljából viaszeréskor járva szecskázóval takarítjuk be az egész növényt, ekkor a legnagyobb a cukortartalom és a szár nedvességtartalma is (BOCZ 1996). Etanol előállítás céljából pedig célszerű csak a lelevelezett szárat betakarítani, ugyanis a levél cukortartalma csekély, és a betakarítás időpontjára már nagy részük el is száradt. ALABUSHEV et al. (1996) és TAIXERIA et al. (1999) leírta, hogy a silócirok betakarítás időpontját a beltartalmi értékek optimális szintje határozza meg. A cirok silózásra akkor a legalkalmasabb, amikor a szem a viaszerés állapotában van. A cukorcirok cukortartalma is ekkor a legmagasabb, szárazanyagtartalma pedig 30% körüli (NÉMETH 2009). Kedvező időben betakarítva a nyersrosttartalom a szárazanyag 25-30%-át nem haladja meg. Az elvénuült növény (CAKMAKCI et al. 1999) nyersrosttartalma a 40%-ot is eléri vagy meg is haladja (BOKORI és KOVÁCS 1996).

A cukorcirok energetikai hasznosításának lehetőségei

A cukorcirok energetikai hasznosítása sokrétű (GRIMES és MUSICK 1963, SAKELLARIOU et al. 2007), szinte az egész növény felhasználható energiatermelésre. Az energiatermelésen kívül a ciroknak fontos szerepe van a humán ételmezésben és a takarmányellátásban is. GOSSE (1996) a cirok három felhasználási lehetőségét említi meg: elektromos áram és hőenergia előállítás direkt égetés során vagy indirekt formában, a biogáz erőművekben. A harmadik lehetőség az első (BULAWAYO et al. 1996) és második generációs bioetanol üzemekben való felhasználási lehetősége (FOGARASSY 2001, RUANE et al. 2010, RUSSO és FISH 2012, XUE et al. 2012). A cukorcirok azokon a területeken is termesztethető, ahol a cukornád termesztési feltételei nem adóttak (CHAVAN et al. 2009). A biomassa eltüzelése a legősibb energianyerési forma. A tüzelésre felhasználható biomassa elsősorban mezőgazdasági vagy erdőgazdasági, illetve faipari termelés melléktermékeként jelenik meg (PECZNIK 2004). A cukorcirok szárának energia értéke 16-18 MJ/kg (BONARI et al. 1996, PANTSKHAVA és POZHARNOV 2006). IVARSSON és NILSSON (1988) ehhez hasonló értékeket mértek, a szár energiatartalma 18,5 MJ/kg volt, a buga elégetése során még 13,8 MJ/kg keletkező energiát mértek. Korábbi kutatások bebizonyították, hogy 1 tonna biomassa szárazanyagban kifejezve megegyezik 0,4 tonna olaj egyenértékkel (DOLCIOTTI et al. 1998). A cirok a magas rosttartalmának köszönhetően igen jól alkalmas égetésre. Égetési kísérletekben 10,5 százalékos víztartalom mellett, egy kilogramm szárazanyag mennyiségre vetítve 16,37 MJ/kg energiát jelent, amely megegyezik a Magyarországon használatos barnaköszén fűtőértékével. Az égés során 1,6 - 4,3 százalék hamu keletkezik (1. táblázat). Az égetés gyakorlati megvalósítása a szántóföldön kaszálással vagy

deszikkálással kezdődik. A leszártított növényt bálázzák, a cirokszárat pedig maximum négy centiméteres darabokra aprítják. Ezt követően az erre a célra kialakított kazánokban égethető.

1. táblázat A cukorcirok pellet tüzeléstechnikai jellemzői

Tüzelőanyag		Cukorcirok pellet
Nedvességtartalom	%	6,91
Széntartalom	%	45,50
Hidrogéntartalom	%	4,65
Kéntartalom	%	0,11
Hamutartalom	%	1,61
Oxigéntartalom	%	40,17
Nitrogéntartalom	%	1,05
Összesen	%	100,00
Fűtőérték	kJ/kg	15668

A növény szárának magas a cukortartalma, amely préseléssel könnyen kinyerhető, és bioetanol előállításra használható (GNANSOUNOU 2005, TARPLEY és VIETOR 2007, ERDEI et al. 2010, RATNAVATHI et al. 2010, YU et al. 2010, KWON et al. 2011). A szár két részből épül fel, mégpedig a külső támasztó szövetekből, amely nagy cellulóz-, és igen alacsony erjeszthető cukortartalmú (0,51%). A belső szivacszerű bélrészt 14% száraz rostanyagot és 86% levét és benne 15-17% erjeszthető cukrot tartalmaz (FECZÁK 2006) SMILOVENKO és POIDA (1999) a cirokszár cukortartalmának intervallumát 13-20% közzé állapították meg saját kutatásaik alapján. A bél léhozama 28-32000 l ha⁻¹, cukorhozama 15%-nál 4,2-4,8 t ha⁻¹, amely 0,6-os szorzóval számolva 2500-2900 l 96%-os alkohol előállítására elegendő (TÁLAS 2009). AVASI és PÉTER (2007) részletesen foglalkoztak a silócirok tartósítási előnyeivel és hátrányaival. Vizsgálataik alapján a cirokszár magas lignintartalma csökkentette a szilázs emészthetőségét, azonban a cirok szára gazdag szénhidrátokban ezért jól silózható tömegtakarmány. A takarmányként való hasznosítása mellett, a magas szénhidráttartalma miatt ideális biogáz és bioetanol üzemek alapanyagaként. ÁBRAHÁM (2011) kutatásai alapján 50 t cirokszárból 4,5-5 tonna cukrot lehet kinyerni. A szárban található cukortartalom mennyisége nagymértékben függ az évhatástól, és a választott fajtától is (EL RAZEK et al. 2009). Hűvös és csapadékos évben a szárban mérhető cukor mennyiség csupán 8-10% körüli. Az Ázsiai kontinens számos országában a cirokra mind potenciális bioenergetikai alapanyagra tekintenek (TIAN et al. 2009). Ezen országokban az egész évben rendelkezésre álló magas hőmérsékletnek és csapadékos időjárásnak köszönhetően egy évben kétszer is lehetőség nyílik a betakarítására (BUXTON et al. 1999). Betakarítás során a bugát eltávolítják a szárról, és a szárat lelevelezzik. A bugának fontos szerepe van a humán ételmezésben,

mivel belőle nagy tápértékű liszt készíthető, amely glutént nem tartalmaz, így a lisztérzékenyek is biztonságosan fogyaszthatják. A levelek cukortartalma rendkívül alacsony, ezért nem érdemes a száron hagyni őket. A leveleket elégetik vagy biogázként hasznosítják, és ezzel biztosítják a technológiai folyamatokhoz szükséges hő- és villamos energiát. A szárakat ezután préselik (RÁSONYI PAPP 1943), amely során a szárban található lé 65-75% eltávozik. A ciroklevet ezután fermentációs tartályokba vezetik, ahol megtörténik az alkohol erjesztése (SMITH et al. 1987, SHEN et al. 2011). BLOTKAMPF et al. (1981) és HOLTON et al. (1980) a cukorcirok felhasználásának egyik leggazdaságosabb módjának az etanol előállítását tartja. Az első generációs bioüzemanyag előállításán kívül a második generációs bioüzemanyagok nyersanyaga is lehet a cukorcirok. Alkoholt ipari méretekben cellulózból annak savas hidrolízisével az 1. és a 2. világháborúban állítottak elő, s ezt a technológiát az 1940-es évek végén továbbfejlesztették. Napjainkban a lignocellulóz alapú bioetanol (HORTON et al. 1980) gazdaságilag versenyképes lehet a kukorica-keményítőből gyártott etanollal szemben (PECZNIK 2004). A cirok szára jól bontható cellulózzal és hemicellulózzal is rendelkezik (BAN et al. 2008). ZHAO et al. (2009) kísérletei alapján a szárban található cellulóz mennyisége 206-265 g/kg, a hemicellulóz pedig 159-191 g/kg. Hasonló eredményekre jutott DOLCIOTTI et al. (1998) is, a méréseik alapján a cirok szárazanyagának 25% cellulóz és 23 % hemicellulóz. A lignocellulóz alapvetően három módon alakítható át fermentálható alacsonyabb rendű cukrokká: egylépcsős töménysavas, kétlépcsős híg savas és enzimes hidrolízissel (SIPOS et al. 2009, ZHANG et al. 2011).

ANTONOPOULOU et al. (2008) ajánlása alapján a cukorcirok a hidrogén előállításban is fontos szerepet tölthet be, mert 10,4 l H₂ nyertek ki 1 kg cukorcirok léből. A kísérletükben nemcsak a hidrogén-képződést vizsgálták, hanem a metán-képződést is. 78 l CH₄-et kaptak 1 kg friss cukorcirokból üzemi körülmények között. KARELLAS et al. (2010) úgy találta, a cukorcirok önmagában is erjeszthető a fermentorokban, ugyanakkor kukoricával, és egyéb adalékanyagokkal keverve jobb gázkihozatali értékeket érhetők el. A cukorcirok szilázs biogáz kihozatali átlaga 560 Nl/kg, a szudánifűé 467 Nl/kg az almos trágyáé pedig 380 Nl/kg. A cukorcirok tehát perspektivikus növénye lehet a hazai és nemzetközi (WEILAND 2000) biogáz és bioetanol iparnak, annak ellenére, hogy a tárolása és termesztéstechnológiája terén vannak még megoldandó feladatok. Mérsékelt éghővön a legnagyobb problémát a növény szezonálitása jelenti. A szeptember végi október eleji betakarítás után a leszecskázott szár két-három napon belül bepenészesedik.

2.6 A témához kapcsolódó szakirodalom összegző értékelése

A megújuló energiaforrásokat tekintve a Nap, a szél, a geotermikus energia, és a biomassa terén Magyarország jelentős potenciállal rendelkezik. Jelenleg úgy tűnik, hogy hazánkban a legjelentősebb megújuló energiaforrásként a biomassa jöhet számításba. A bioenergia hasznosítás legegyszerűbb, és az energiamérleg szempontjából is legkedvezőbb változata a biomassa eredeti, vagy az eredetihez közeli állapotában történő energetikai felhasználása. Napjainkig a tüzelőanyagok történelme lényegében a bio-tüzelőanyagok történelme volt. Eltekintve a forrásoktól, a tengerpartokon, illetve a felszínre bukkanó szénrétegeknél talált széntől, a XVII. századig a biomassa volt az egyetlen hőforrás a Napon kívül (PECZNIK 2004). Ezt szem előtt tartva a különböző biomasszák közül a közvetlen tüzelésre alkalmas erdő- és mezőgazdasági termények és melléktermények, valamint fás- és lágyszárú energianövények felhasználása a legkedvezőbb hő-, illetve villamosenergia termelés, valamint a bio-üzemanyagok termelése céljából.

A cukorcirok termesztésével kapcsolatos szakirodalom értékelése során az alábbi következtetések vonhatók le:

- Kiváló genetikai háttérrel rendelkező hazai nemesítési fajták szélsőséges körülmények között 15-20 t/ha szárazanyag termésre, és 50-70 t/ha zöldtömegre képesek.
- A cukorcirok a hazai termesztésben kisebb mérvű levélfoltosságon kívül más betegségekre nem fogékony. A cukorcirok állományban fellépő rovarkártétel elhanyagolható.
- Kiváló aszálytűrésének és talajnedvesség hasznosításának köszönhetően a gyengébb termőképességű talajokon is biztonsággal termeszthető.
- A betakarításhoz szükséges speciális munkagépen kívül a kukoricatermesztés során használatos gépparkkal minden ciroktermesztési feladatot el lehet látni.
- Bioenergetikai elterjedésének egyik hátráltatója, hogy a növény mérsékelt égvön csak szezonálisan áll rendelkezésre, míg a trópusi és szub-trópusi területeken egy évben kétszer is tudnak betakarítani.
- A másik lényeges probléma, hogy a betakarítás után a szár nem tárolható, mert cukorlében dús, és a cukorbontó mikroorganizmusok 2-3 napon belül megjelennek rajta.
- Jelenleg Magyarországon nincs cukorcirok feldolgozására alkalmas bioetanol üzem.
- A nagyobb területen történő betakarítás levezetéséhez a géppark fejlesztésére lesz szükség. A bioetanol-előállításra alkalmas szárrészek betakarításához speciális munkagép szükséges.

3 ANYAG ÉS MÓDSZER

3.1 A kísérleti terület agroökológiai jellemzői

Talajadottságok

A kísérleti terület a Gödöllői-dombság kistájon helyezkedik el, amely átmenetet képez a Cserhát és a Duna-Tisza homokhát között. Tengerszint feletti magassága 247 m. A terület az északi szélesség 47°46' és a keleti hosszúság 19°21' koordinátáinak metszéspontján található. A termőhely enyhén dél-kelet felé lejtő dombvidék, amelynek éghajlati jellemzői kisebb eltérést mutatnak. Az évi napfénytartam 1950 óra, az évi középhőmérséklet sokévi átlaga 9,7 °C. A lehullott sokévi átlagos csapadékmennyiség 564 mm, amelyből a tenyészidőre 313 mm jut. Az uralkodó szélirány ÉNY-i.

A dombvidéket sakktáblaszerűen összetöredezett, és különböző mértékben kiemelkedett dombsági kipreparált karbonátos felszínek jellemzik. Gödöllő környékén felsőpannoniai homokos-agyagra, illetve folyóvízi üledékekre települt felszínt borító lösz, homok és lejtőagyag közt néhol felszínre bukkan a felsőpannoniai édesvízi mészkő- és márga. A pleisztocénben a terület kiemelkedett és kialakult egy erősen tagolt, néhol meredek lejtőkkel jellemzett dombvidék, ahol a talajerózió és defláció következtében jelentős áthalmozódások mentek végbe. A kísérleti terület talaja a magyarországi genetikai talajosztályozás alapján főként homokon kialakult rozsdabarna erdőtalaj (Luvic Calcic Phaeozem). A harmadkori homok és márga alapkőzetén kialakult rozsdabarna erdőtalaj altípus a Ramann-féle barna erdőtalaj talajtípusba tartozik. A talaj fizikai félesége homokos vályog, amely tömörödéssel érzékeny. A talaj felső 20 cm rétegében 53% homok, 26% vályog és 20% agyagfrakciót tartalmaz. A feltalaj (0-35 cm) agyagtartalma 26%, vízáteresztő képessége jó, az altalaj gyenge. A degradációs folyamatok következtében közepes termőrétegű, gyengén humuszos változat alakult ki (STEFANOVITS 1999, MÁTÉ 2005). A terület eróziótól veszélyeztetett, tömörödéssel fokozottan érzékeny.

A talajképző tényezők közül a humuszosodás és a kilúgzás az uralkodó folyamatok. Az agyagosodás, mint jellemző folyamat jelentkezik, az agyagvándorlás, a kovárványképződés, és a savanyodás kísérő folyamat lehet. A humuszos „A” szint vastagsága kb. 40 cm, színe barna, szerkezete morzsás, kémhatása gyengén savanyú, semleges vagy gyengén lúgos. A Ramann-féle barnaföldek vízgazdálkodása általában kedvező, vízáteresztő-képességük jó, víztartó-képességük közepes, s többnyire a növények számára elegendő hasznosítható vízkészlettel rendelkeznek. A homokon kialakult rozsdabarna erdőtalajok vízgazdálkodási tulajdonságai elmaradnak a

barnaföldek kedvező tulajdonságaitól. Termékenységük az alacsonyabb humusztartalom és tápanyag-ellátottság miatt kisebb.

A kísérleti terület fontosabb talajparamétereit a 2. és 3. táblázat tartalmazza. A MÉM-NAK rendszer szerint a talaj N ellátottsága gyenge, P_2O_5 ellátottsága igen jó, K_2O ellátottsága jó.

2. táblázat A kísérleti helyszín talajszelvényének leírása

Ap szint (0-25 cm)	Barna (10YR 3/3), friss, laza, gyengén szerkezetes, apró morzsás szerkezetű, gyökerekkel sűrűn átszőtt, homok. Gilisztajaratokban gazdag. Meszet nem tartalmaz. Átmenete a következő szintbe éles, egyenes.
A ₂ szint (25-40 cm)	Barna (10YR 3/3), nyirkos, enyhén tömött, gyengén szerkezetes, apró morzsás szerkezetű, gyökerekkel átszőtt, homok. Gilisztajaratok vannak. Meszet nem tartalmaz. Átmenete a felhalmozódási szintbe fokozatos, hullámos.
B szint (40-60 cm)	Vöröses barna (2,5YR 3/6), nyirkos, tömődött, szemcsés szerkezetű, gyökerekkel kevésbé átszőtt, vályog. Az átmenet a következő szintbe fokozatos, hullámos.
BC szint (60-70 cm)	Kevert szín (10YR 3/3 és 10YR 7/4), friss, enyhén tömődött, szerkezet nélküli agyag. Átmenet a következő szintbe fokozatos, zsákos.
C szint (70-100 cm)	Világos sárgásbarna (10YR 7/4), száraz, erősen tömődött, szerkezet nélküli, iszapos agyag.

3. táblázat A kísérleti terület fontosabb talajtani adatai (2009-2011)

Genetikus	pH	K _A	humusz	CaCO ₃	Σ só	összes N	AL-P ₂ O ₅	AL-K ₂ O
talajszintek	(H ₂ O)		(%)	(%)	(%)	mg kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	mg kg ⁻¹
A (0-40 cm)	6,76	30	1,32	0,00	0,044	16,8	371,1	184,0
B (40-60 cm)	7,08	40	1,04	0,00	0,052	11,9	33,0	112,0
BC (60-70 cm)	7,66	61	0,88	0,00	0,060	2,0	123,0	127,1
C (70-100 cm)	8,10	60	0,54	5,57	0,075	16,8	107,5	110,8

Genetikus	pH	K _A	humusz	CaCO ₃	Σ só	összes N	AL-P ₂ O ₅	AL-K ₂ O
talajszintek	(H ₂ O)		(%)	(%)	(%)	mg kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	mg kg ⁻¹
A (0-40 cm)	7,25	27	1,16	0,00	0,020	15,2	345,3	206,2
B (40-60 cm)	7,32	42	0,94	0,00	0,025	9,3	48,8	182,5
BC (60-70 cm)	7,78	59	0,85	0,00	0,042	7,1	110,0	155,3
C (70-100 cm)	8,24	60	0,60	4,32	0,051	5,5	57,5	143,3

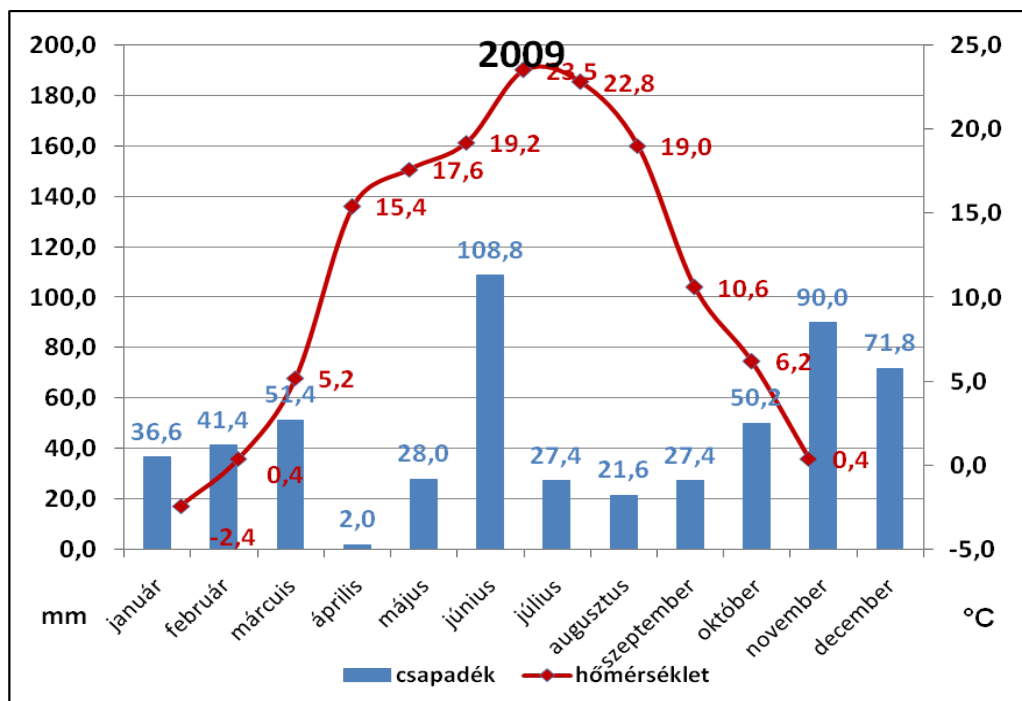
Genetikus	pH	K _A	humusz	CaCO ₃	Σ só	összes N	AL-P ₂ O ₅	AL-K ₂ O
talajszintek	(H ₂ O)		(%)	(%)	(%)	mg kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	mg kg ⁻¹
A (0-40 cm)	6,54	33	1,24	0,00	0,040	16,2	332,6	156,0
B (40-60 cm)	7,00	40	1,10	0,00	0,048	12,5	210,0	134,7
BC (60-70 cm)	7,26	60	1,02	2,17	0,062	10,0	154,8	111,3
C (70-100 cm)	7,65	60	0,78	4,73	0,066	8,8	122,,7	97,6

Klimatikus adottságok

A Gödöllői-dombság az ország szárazabb régiójába tartozik. Az évi átlagos csapadékmennyiség 5-600 mm között alakul. Az évi középhőmérséklet $9,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ felett van, A legmelegebb hónap a július, ekkor az átlagos középhőmérséklet megközelíti a $22\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ot. Ezzel szemben a leghidegebb hónap január átlagos középhőmérséklete $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ fok alatt alakul. Időjárására jellemző, hogy napfényben igen gazdag, a napsütéses órák száma meghaladja a 2100 órát is. Az uralkodó szélirány ÉNY-i, az átlagos szélesebség pedig eléri a $2,9\text{ m/s}$. Az éghajlatváltozás azonban az ország ezen részén is érezteti hatását. Az elmúlt 30 évben közel $3\text{ }^{\circ}\text{C}$ -kal nőtték a nyári maximumhőmérsékletek értékei, és az előrejelzések szerint a nyári átlaghőmérséklet a jövőben akár $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ -kal is emelkedhet.

A vizsgálati évek meteorológiai adatai

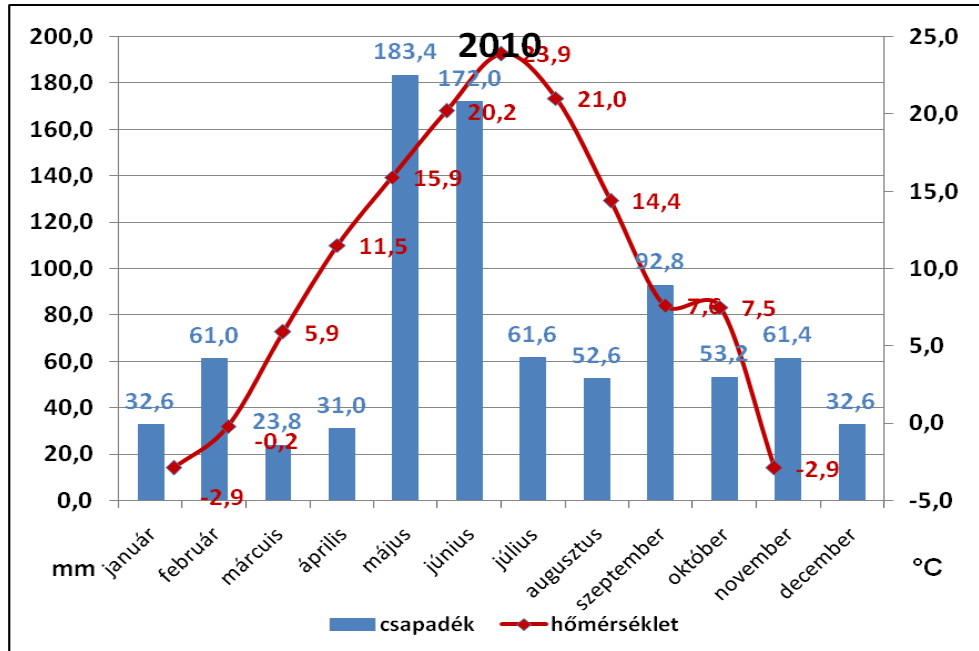
2009-ben az éves átlagos középhőmérséklet $11,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ volt. A vegetációban $265,4\text{ mm}$ csapadék hullott, amely a sokéves átlag alatt maradt (5. ábra). Az éves csapadék $556,6\text{ mm}$ volt. Az április ($2,0\text{ mm}$) nagyon száraz volt, de a július-szeptember időszakban is az átlagnál kevesebb csapadék hullott.



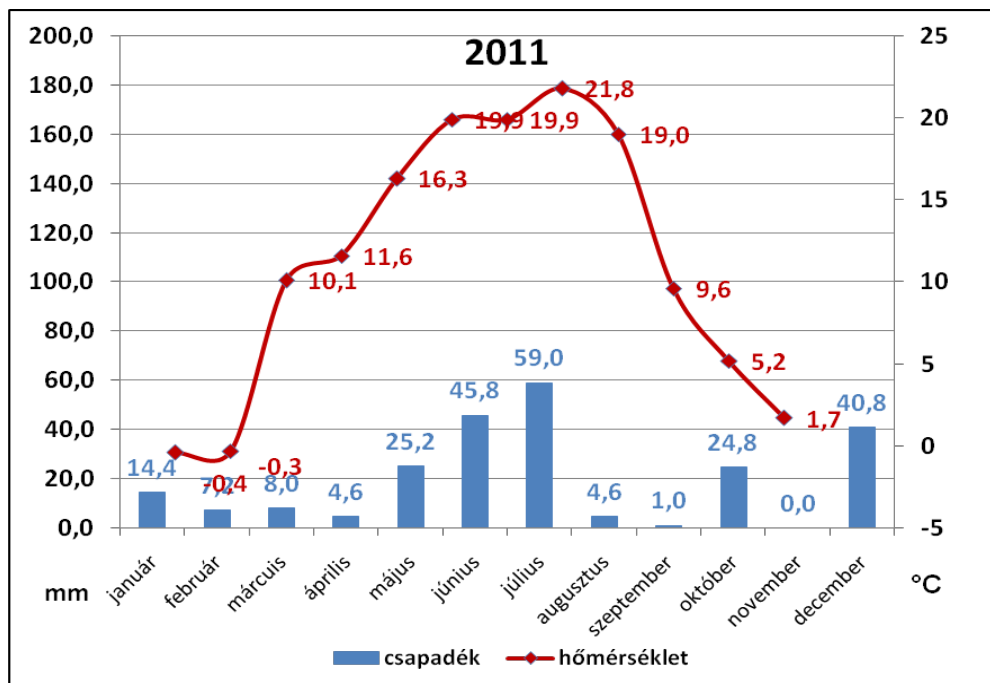
5. ábra A hőmérséklet és a csapadék havi eloszlása (Gödöllő, 2009)

2010-ben az évi átlagos középhőmérséklet $10,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ volt. A vegetációban $646,6\text{ mm}$ csapadék hullott, az ekkor lehullott mennyiség meghaladta a sokéves átlagot. Az egész éves csapadék $858,0\text{ mm}$ volt (6. ábra). Különösen a május ($183,4\text{ mm}$), a június ($172,0\text{ mm}$) és a szeptember ($92,8\text{ mm}$)

hónapok bővelkedtek csapadékban. 2011-ben az évi átlagos középhőmérséklet 11,1 °C volt. A vegetációban csak 172,0 mm csapadék hullott. Az éves csapadék csak 235,4 mm volt, különösen a február (7,2 mm), az április (4,6 mm), az augusztus (4,6 mm), a szeptember (1,0 mm), és a november (0,0 mm) hónapok mutatkoztak igen száraznak (7. ábra).



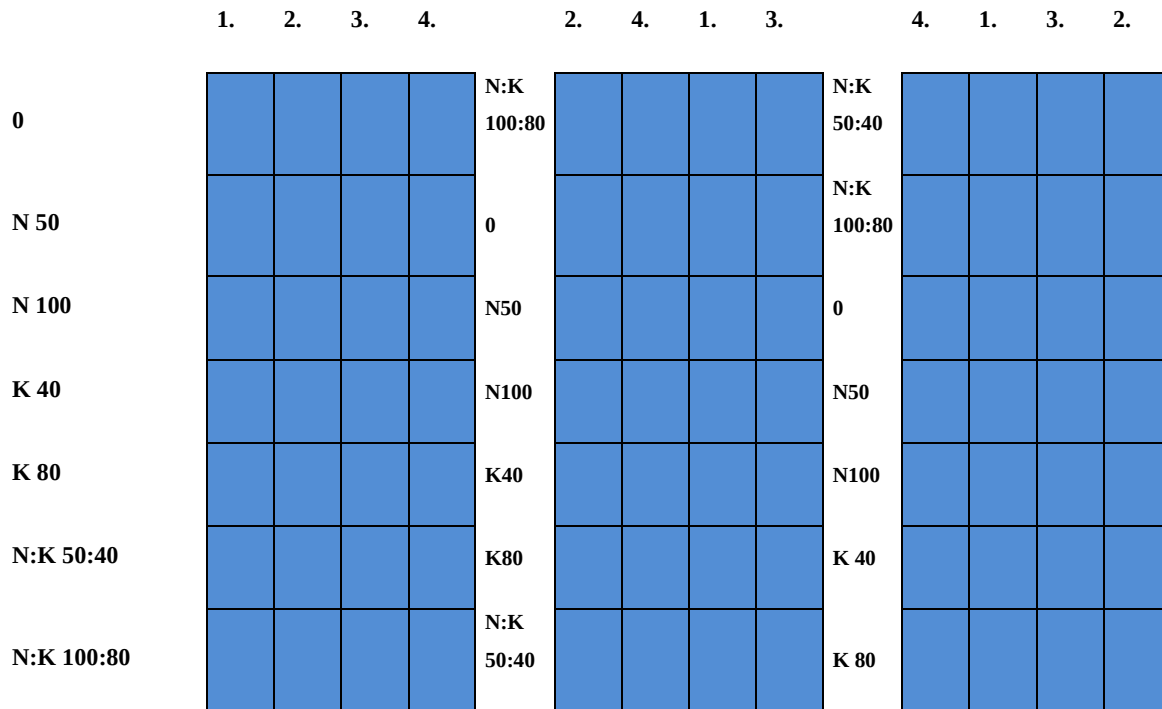
6. ábra A hőmérséklet és a csapadék havi eloszlása (Gödöllő, 2010)



7. ábra A hőmérséklet és a csapadék havi eloszlása (Gödöllő, 2011)

3.2 A kísérlet beállításai és kezelései

A technológia-fejlesztési kísérletet sávos elrendezéssel, három ismétlésben (8. ábra) állítottuk be, négy különböző talajművelési eljárást (szántás, kultivátor, tárcsa, direktvetés), és 7 különböző tápanyag-ellátási szintet alkalmazva.



8. ábra. Cukorcirok technológiafejlesztési kísérlet (Gödöllő 2009-2011)

Tápanyag-kezelések: N_0K_0 (kontrol) N_1K_1 (50kg/ha N, 40kg K_2O)
 N_1K_0 (50kg/ha N) N_2K_2 (100kg/ha N, 80kg K_2O)
 N_2K_0 (100kg/ha N)
 N_0K_1 (40kg/ha K_2O)
 N_0K_2 (80kg/ha K_2O)

Talajművelési eljárások: M_1 . Szántás (22-25cm)
 M_2 . Kultivátoros művelés (15-25cm)
 M_3 . Tárcsázás (16-20cm)
 M_4 . Direktvetés

A parcella mérete: 500 m²

Az ismétlések közti utak szélessége: 2 m

Teljes területigény: 1,5 ha

Vetési idő: 2009. április 21.
2010. április 26.
2011. április 20.

A kísérletben a Sucrosorgo 506 hosszú tenyészidejű silócirok hibridet vizsgáltuk. A hibrid jellemzői a következők:

- Fajtatulajdonos Northrup-King Seed Company/Syngenta USA.
- Minősítés éve 1991.
- Kései érésű, általában szeptember közepétől betakarítható.
- Kiváló aszálytűrő és termőképességű cukorcirok típusú hibrid.
- Magassága 260-280 cm, lédús vastag szárú, jó szárszilárdságú, nagy cukortartalmú (15-20%).
- Zöldhozama 75-85 t ha⁻¹
- Vetésnorma 250-300 ezer mag ha⁻¹
- Ajánlott csíraszám 15-20 csíra m⁻¹

A kísérletben elvégzett agrotechnikai eljárások

Mindhárom vizsgált évben a cirok előveteménye őszi búza volt. Az alapművelést tarlóhántás, maradványok sekély talajba keverése előzte meg. A tarló kigyomosodása után mechanikai tarlóápolást végeztünk. A vegetációs időszak során sorközművelő kultivátorral 2009-ben és 2011-ben egy, 2010-ben két alkalommal történt mechanikai gyomszabályozás. A kártevők és kórokozók elleni kémiai védekezésre nem volt szükség. A magágy-készítést minden esetben kombinátorral végeztük. Köztes védőnövények, zöldtrágyanövények, talajszerkezet-javító növények termesztése nem történt. A talajfelszínt tarlómaradványokkal nem takartuk, mulcsot a talaj védelme és a nedvességvesztés csökkentése érdekében sem hagytunk.

A kísérlet beállításához használt agrotechnikai eszközök és eljárások

Erőgépek

	Típus	Motortelj. KW	Életkor év	Megjegyzés
1.	MTZ 9.52	67	9	tarlólánhátas, vetés, műtrágyaszórás
2.	John Deere 7430	118	5	alapművelés

Talajművelő eszközök

	Típus	Vontatóerő igény	Életkor év	Megjegyzés
1.	Kverneland	150	9	váltvaforgató eke
2.	Metalwolf	130	5	kultivátor
3.	Metalwolf	80	8	tárcsa
4.	MaterMacc MS4100	40		csúszócsoreszlyás vetőgép
5.	Bogbelle	50		műtrágyaszórás
6.	Metalwolf	80		kombinátor
7.	Metalwolf	40		cambridge henger /gyűrűs henger

		Szántásos kezelés	Kultivátoros kezelés	Tárcsás kezelés	Direktvetés
Agrotechnikai eljárások	1.	Tarlólánhátas hagyományos tárcsával	Tarlólánhátas hagyományos tárcsával	Tarlólánhátas hagyományos tárcsával	Tarlólánhátas hagyományos tárcsával
	2.	Tarlóápolás hagyományos tárcsával	Tarlóápolás hagyományos tárcsával	Tarlóápolás hagyományos tárcsával	Tarlóápolás hagyományos tárcsával
	3.	Szántás váltvaforgató ekével	Alapművelés kultivátorral	Alapművelés tárcsával	Magágykészítés kombinátorral
	4.	Elmunkálás felszínlezárás hengerrel	Elmunkálás felszínlezárás hengerrel	Elmunkálás felszínlezárás hengerrel	Vetés
	5.	Magágykészítés kombinátorral	Magágykészítés kombinátorral	Magágykészítés kombinátorral	Felszínlezárás és tömörítés hengerrel
	6.	Vetés	Vetés	Vetés	
	7.	Felszínlezárás és tömörítés hengerrel	Felszínlezárás és tömörítés hengerrel	Felszínlezárás és tömörítés hengerrel	

3.3 A vizsgálatok módszerei és eszközei

A talajfizikai paraméterek meghatározására talajellenállás és talajnedvesség méréseket végeztem. A vizsgálatok ezenfelül kiterjedtek a cukorcirok biomassza hozamára és refraktométeres száraz-anyagvizsgálatára (Brix).

A talajellenállás mérése

A Szarvasi penetrométer működési elve: a fogantyú megfogása után a talajfelszín felé nyomó mozgást végzünk a kívánt talajrétegig. A kívánt talajmélységet a szondán elhelyezett beosztáson figyelhetjük meg, a mérőműszer elejéről pedig leolvashatjuk a mérési eredményt. Az értékeket csúszógyűrű mutatja meg. A szondakúp talajba juttatásának optimális sebessége 2 cm/sec. A mérések végzésekor ügyelni kell arra, hogy merőlegesen hatoljon le a szonda a talajba, ha a mérés nem így történik, akkor valótlan eredményeket kaphatunk, és a mérőműszer meghibásodásának is nagyobb az esélye. A méréseket 50 cm mélységig, 10 cm-enként öt mélységben végeztük a vegetációs időszakban 3-4 alkalommal. A talajellenállás mérések eredményeit az eredmények fejezetben ismeretem. A talaj fizikai állapotának minősítésére valamennyi kezelésben talajellenállás-mérést végeztünk a MOBITECH Bt. Szarvasi penetrométerével. A készülék 50 cm mélységig alkalmas a talaj tömörödöttségének lokális megállapítására (DARÓCZI és LELKES 1999).

A talajnedvesség mérése

A méréseket egy Aquaterr T-300-as talajnedvesség mérővel végeztem. Ez az Egyesült Államokban kifejlesztett mérési eljárás százalékos magasfrekvenciás mérésen alapszik. Ez a mérési módszer független az egyéb talajtulajdonságoktól, mint pl. pH-érték, sótartalom, hőmérséklet, stb., ezért optimális megoldást jelent a mobil, pontszerű talajnedvesség méréshez. A módszer egyszerű: A szenzort a talajba kell szúrni, és az LCD-kijelzőn leolvasható a százalékos volumetrikus nedvességtartalom. A mérőszenzor a szonda csúcsán található és csak 10 cm hosszú, ez lehetővé teszi, hogy meghatározza a nedvességtartalmat az egyes talajszintekben és áttekintést adjon a talaj vízáteresztő ill. vízmegtartó képességéről. A T-300 mérőkészülék az M-300 készülékkel szemben beépített hőmérsékletszennzorral is rendelkezik. A készülékkel a nedvességtartalom meghatározása mellett gyors hőmérsékletmérés is végezhető. A digitális kijelző °C értékben mutatja a talajhőmérséklet adatokat. A mérő elektronikája egy leárnycolt, robusztus alumínium burkolatban található, folyamatos szabadföldi használatra lett tervezve.

Refraktométeres szárazanyag (Brix) meghatározása

Mérési elv:

A refraktométert átlátszó folyadékok (présnedvek, oldatok) szárazanyag vizsgálatára használják. A refraktométerrel közvetlen módon a cukortartalom határozható meg. A ciroklé szárazanyagtartalma és a cukortartalom között bizonyítottan 90% feletti a korreláció. Méréseimet erre az összefüggésre alapoztam.

Kellékek:

- Atago PR-201 típusú digitális refraktométer
- desztillált víz
- törlőkendő
- metszőolló
- alkoholos filc
- mintatároló zacskó
- digitális mérleg



9. ábra Atago PR-201 digitális refraktométer

Mintavételi eljárás:

Az első lépés a refraktométer kalibrálása, amit minden mérési nap kezdetén elvégeztünk. A kalibráláshoz desztillált vizet használtunk. SVÁB (1981) módszertani leírásait alapul véve végeztük el a mintavételezéseket. Kezelésenként a középső sorokból 5 növényt vizsgáltunk. A kiválasztott növényeket metszőollóval vágtuk ki. A szárat és a leveleket különválasztottuk. A szárat metszőollóval megfelelő méretűre vágtuk. A méréshez szükséges lémenynyiséget préssel nyertük ki (9. ábra). A lé mintát a digitális refraktométer prizmájára csöppentettük, majd a kapott mérési eredményeket jegyzőkönyvben rögzítettük. Minden egyes mérést követően a megmért lémintát desztillált vízzel lemostuk a mérőműszer prizmájáról az eredmények pontosságának maximalizálása érdekében.

Zöldtömeg meghatározása

A cukorcirok biomassa hozamának meghatározásra minden egyes parcellából egy 10 folyóméteres referencia területről történt a betakarítás. A mintákat ezután Kern De típusú ipari táramérlegen lemértük, amelynek osztásléptéke 100 gramm.

Statisztikai értékelés

A statisztikai értékelést az IBM SPSS 12 program segítségével végeztem. Statisztikai értékelésre egytényezős variancia- és regresszió-analízist alkalmaztam (BARÁTHNÉ et al. 1996; KETSKEMÉTY et al. 2011). A varianciaanalízis előtt elvégeztem a kapott adatok homogenitás vizsgálatát. A kezelések összehasonlítására a post-hoc analízisek is megtörténtek. A post-hoc analízis jelzi, hogy megvizsgáltuk mely mintapárok átlagai közötti eltérés szignifikánsak. A kezelési átlagok közötti különbségek igazolására a legkisebb szignifikáns differencia módszerét alkalmaztam (LSD) 5%-os valószínűségi szinten. A statisztikai elemzések kiterjedtek a talajjellenállásra, a talajnedvesség-tartalomra, a cukorcirok zöldtömegére és a cukortartalomra is. A statisztikai elemzések táblázatai a mellékletben találhatóak meg.

4 EREDMÉNYEK

4.1 Talajfizikai paraméterek hatása a cukorcirok zöldtömegére

A talajellenállás mérések eredményeit a 4. 5. és 6. táblázat tartalmazza. A talajellenállás mérések három mélységben történtek (0-10 cm, 10-20 cm, 20-30 cm). Az elvégzett vizsgálatokra a vetés és a betakarítás előtt került sor. Minden évben megfigyelhető az értékek növekedése a betakarítási időpontra. A vetés előtti méréseknél egyik talajművelési kezelés sem érte el a szakirodalom szerinti (HAKANSSON 1994; BIRKÁS 2001), a talajra és a növények fejlődésére károsnak tartott 3,0-3,5 MPa penetrométeres rezisztenciaértéket. Az eredmények post-hoc analízise is megtörtént LSD (least significance difference) módszerrel 0,05 szignifikancia szinten. Az ANOVA és a post-hoc analízis számításai a mellékletben találhatóak az egyes kezelések szignifikancia értékei pedig a szöveges rész táblázataiban vannak feltüntetve.

Szignifikáns különbség figyelhető meg az egyes talajművelési kezelések talajellenállás értékei között (4. 5. és 6. táblázat) (1. 2. 3. 4. 5. és 6. melléklet). A 2009-es vizsgálati évben a vetés előtti talaj-ellenállási értékek közül a szántás esetén mértük a legkisebb (1,5 MPa), a direktvetés esetén pedig a legnagyobb (2,8 MPa) rezisztencia értékeket. Mindhárom vizsgálati évben a vetés előtti és a betakarítás előtti méréseknél is magasabb penetrációs ellenállást mértünk a direktvetés esetén, mint a szántásos, kultivátoros és tárcsás műveléseknél. 2009-ben és 2011-ben a vetés előtti méréseknél a direktvetéshez viszonyítva szignifikáns különbség figyelhető meg a szántásos, kultivátoros és a tárcsás kezeléseknél (7. melléklet).

2009-ben a szántásos kezelésnél 64%, kultivátorosnál 70%, tárcsásnál 71% és a direktvetéses kezelésnél 63%-al magasabb talajellenállást mértünk a vetés és betakarítási előtti talajállapotok között. A 2010-es szélsőségesen csapadékos évben a szántásos kezelésnél 63%, kultivátorosnál 61%, tárcsásnál 69% és a direktvetéses kezelésnél 60%-al magasabb penetrációs ellenállást mértünk a vetés és betakarítási előtti talajállapotok között. A 2011-es aszályos évben az a szántásos kezelésnél 59%, kultivátorosnál 75%, tárcsásnál 72% és direktvetéses kezelésnél 76%-al magasabb ellenállási értékeket kaptunk. Minden esetben a direktvetéses kezelésnél mértünk a legmagasabb penetrációs rezisztencia értékeket. Az egyes talajművelési kezelések közötti interakciókat a melléklet post-hoc analízis táblázatai tartalmazzák (7. melléklet). Összegzőként megállapítható, hogy aszályos években a betakarítás idejére a talaj tömörödöttsége nagyobb

mértékben növekszik, mint átlagos és csapadékos évek esetén. Azonban ez a megállapítás nem minden esetben terjeszthető ki más termőhelyi adottságokkal rendelkező területekre is. A kísérleti területet nagyfokú erodáltság jellemzi, amely talaj tömörödéssre is érzékeny.

A művelési mélységek talajellenállás értékei között is szignifikáns különbségek fedezhetők fel (2 *melléklet*). 2009-ben a vetés előtti talajellenállási értékek intervalluma 1,5-2,8 MPa között változik. Betakarítás idejére a mért értékek 0,9-1,1 MPa-al megnövekedtek. 2010-ben a vetés előtti talajellenállás határértékei 1,0-2,4 MPa-ig terjedtek. A betakarítás előtt mért értékek alapján mindhárom mélységben átlagosan 0,8 MPa-al emelkedett a penetrométeres rezisztencia. A 2011-es aszályos évben a vetés előtt 1,7-3,1 MPa-ig terjedt a talajellenállás, amely a betakarítás idejére 0,9-1,1 MPa-al megnövekedett. A Vetés előtt 2009-ben és 2011-ben a 0-10 és 10-20 cm mélységben nem igazolható statisztikai különbség, azonban 2010-ben mindhárom mélységben megfigyelhetők az eltérések.

4. táblázat A talajművelés hatása a talajellenállásra (Gödöllő 2009)

Művelési mélység	Talajművelési kezelések / Talajjellenállás (MPa)					
Vetés előtt	M1	M2	M3	M4	Átlag	SzD _{5%}
0-10 cm	1,5	1,6	1,6	2,1	1,7	0,39
10-20 cm	1,6	1,8	1,9	2,5	1,9	0,45
20-30 cm	1,8	2,4	2,4	2,8	2,3	0,50
Átlag	1,6	1,9	2,0	2,4	SzD5% talajművelés = 0,32	
SzD _{5%}	0,40	0,36	0,55	0,78	SzD5% művelési mélység = 0,28	
Betakarítás előtt	M1	M2	M3	M4	Átlag	SzD _{5%}
0-10 cm	2,2	2,4	2,6	3,1	2,6	0,62
10-20 cm	2,4	2,7	2,9	4,1	3,0	0,50
20-30 cm	2,8	2,9	2,9	4,2	3,2	0,47
Átlag	2,5	2,7	2,8	3,8	SzD5% talajművelés = 0,33	
SzD _{5%}	0,54	0,50	ns	0,89	SzD5% művelési mélység = 0,47	

5. táblázat A talajművelés hatása a talajellenállásra (Gödöllő 2010)

Művelési mélység	Talajművelési kezelések / Talajellenállás (MPa)					
Vetés előtt	M1	M2	M3	M4	Átlag	SzD _{5%}
0-10 cm	1,0	1,0	1,3	1,5	1,2	0,42
10-20 cm	1,2	1,4	1,6	1,7	1,5	0,31
20-30 cm	1,4	1,6	2,0	2,4	1,9	0,44
Átlag	1,2	1,3	1,6	1,8	SzD5% talajművelés = 0,31	
SzD _{5%}	0,59	0,28	0,55	0,46	SzD5% művelési mélység = 0,25	
Betakarítás előtt	M1	M2	M3	M4	Átlag	SzD _{5%}
0-10 cm	1,7	1,8	2,1	2,6	2,0	0,44
10-20 cm	1,8	1,9	2,3	3,1	2,3	0,44
20-30 cm	2,1	2,7	2,6	3,3	2,7	0,49
Átlag	1,9	2,1	2,3	3,0	SzD5% talajművelés = 0,31	
SzD _{5%}	0,43	0,69	0,48	0,60	SzD5% művelési mélység = 0,39	

6. táblázat A talajművelés hatása a talajellenállásra (Gödöllő 2011)

Művelési mélység	Talajművelési kezelések / Talajellenállás (MPa)					
Vetés előtt	M1	M2	M3	M4	Átlag	SzD _{5%}
0-10 cm	1,7	2,1	2,2	2,8	2,2	0,57
10-20 cm	1,9	2,3	2,5	2,9	2,4	0,72
20-30 cm	2,2	2,7	2,9	3,1	2,7	0,69
Átlag	1,9	2,4	2,6	2,9	SzD5% talajművelés = 0,30	
SzD _{5%}	0,28	ns	0,50	ns	SzD5% művelési mélység = 0,35	
Betakarítás előtt	M1	M2	M3	M4	Átlag	SzD _{5%}
0-10 cm	2,9	2,9	3,0	3,6	3,1	0,36
10-20 cm	3,0	3,2	3,9	3,8	3,5	0,54
20-30 cm	3,5	3,6	4,0	4,2	3,8	0,51
Átlag	3,2	3,2	3,6	3,8	SzD5% talajművelés = 0,36	
SzD _{5%}	0,54	0,64	0,53	0,62	SzD5% művelési mélység = 0,29	

7. táblázat A talajművelés hatása a talajnedvességre (Gödöllő 2009)

Művelési mélység	Talajművelési kezelések / Talajnedvesség (%)					
Vetés előtt	M1	M2	M3	M4	Átlag	SzD _{5%}
0-10 cm	19,9	18,9	19,3	18,9	19,3	ns
10-20 cm	21,6	19,5	19,9	20,2	20,3	ns
20-30 cm	22,4	21,3	20,7	20,0	21,1	ns
Átlag	21,3	19,9	20,0	19,7	SzD5% talajművelés = ns	
SzD _{5%}	ns	ns	ns	ns	SzD5% művelési mélység = ns	
Betakarítás előtt	M1	M2	M3	M4	Átlag	SzD _{5%}
0-10 cm	10,5	10,1	10,3	8,7	9,9	0,8
10-20 cm	11,5	11,0	11,2	9,6	10,8	0,47
20-30 cm	12,1	11,9	12,0	10,6	11,7	0,33
Átlag	11,4	11,0	11,2	9,6	SzD5% talajművelés = 0,80	
SzD _{5%}	1,03	0,64	0,40	1,01	SzD5% művelési mélység = 0,66	

8. táblázat A talajművelés hatása a talajnedvességre (Gödöllő 2010)

Művelési mélység	Talajművelési kezelések / Talajnedvesség (%)					
Vetés előtt	M1	M2	M3	M4	Átlag	SzD _{5%}
0-10 cm	23,1	23,8	23,4	21,0	22,8	ns
10-20 cm	23,5	24,4	23,6	22,6	23,5	ns
20-30 cm	25,5	24,5	24,4	24,2	24,6	ns
Átlag	24,0	24,2	23,8	22,6	SzD5% talajművelés = ns	
SzD _{5%}	0,91	ns	ns	ns	SzD5% művelési mélység = ns	
Betakarítás előtt	M1	M2	M3	M4	Átlag	SzD _{5%}
0-10 cm	17,1	17,0	16,6	15,2	16,5	0,75
10-20 cm	17,8	17,5	17,2	15,5	17,0	0,68
20-30 cm	18,9	18,1	17,5	16,1	17,7	0,73
Átlag	18,0	17,5	17,1	15,6	SzD5% talajművelés = ns	
SzD _{5%}	ns	ns	ns	ns	SzD5% művelési mélység = 0,82	

9. táblázat A talajművelés hatás a talajnedvességre (Gödöllő 2011)

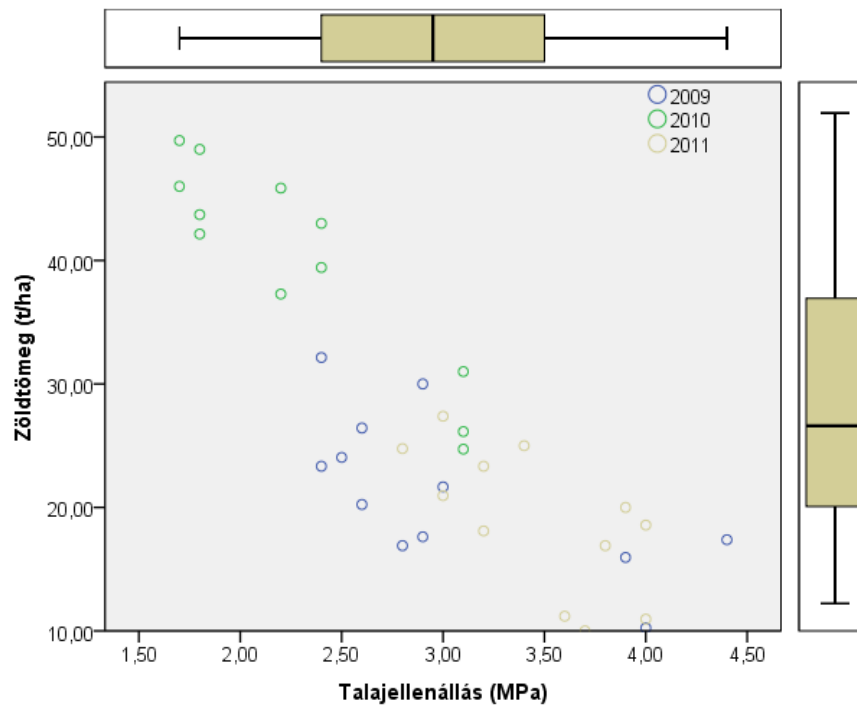
Művelési mélység	Talajművelési kezelések / Talajnedvesség (%)					
Vetés előtt	M1	M2	M3	M4	Átlag	SzD _{5%}
0-10 cm	18,0	17,3	17,3	16,9	17,4	ns
10-20 cm	18,9	18,0	18,3	17,3	18,2	ns
20-30 cm	19,4	19,4	19,2	18,9	19,2	ns
Átlag	18,7	18,3	18,3	17,7	SzD5% talajművelés = ns	
SzD _{5%}	ns	ns	ns	ns	SzD5% művelési mélység = ns	
Betakarítás előtt	M1	M2	M3	M4	Átlag	SzD _{5%}
0-10 cm	8,7	8,8	8,8	7,5	8,5	0,30
10-20 cm	9,1	9,1	9,2	7,8	8,8	0,38
20-30 cm	9,7	9,8	9,8	8,4	9,4	0,56
Átlag	9,2	9,2	9,2	7,9	SzD5% talajművelés = ns	
SzD _{5%}	ns	ns	ns	ns	SzD5% művelési mélység = 0,58	

A talajjellenállással egy időben célszerű a talajnedvesség méréseket is elvégezni. A szakirodalom (RÁTONYI 1999), és tapasztalataink szerint magasabb talajnedvesség esetén a talajjellenállása mértéke csökken. A mért értékek a 7. 8. és 9. *táblázatban* láthatóak. 2009-ben és 2010-ben a vetés előtt mért nedvesség közel 20% fölötti volt minden mélységben. 2011-ben a talajnedvesség egyik mélységben sem érte el a 20%-ot. Noha a cukorcirok igen jól alkalmazkodik a csapadékszegény környezethez, csírázásához és kezdeti fejlődéséhez feltétlenül szükséges a talaj megfelelő nedvességtartalma. A betakarítás előtt mért nedvesség értékek mindhárom kísérleti évben kevesebbek voltak, mint a vetés előttié. 2009-ben és 2011-ben a talajnedvesség csökkenésének mértéke meghaladta a 10%-ot. 2010-ben nem tapasztalható ilyen drasztikus csökkenés, ennek hátterében, a júliusban (61,6 mm), augusztusban (52,6mm) és szeptemberben lehullott szokatlanul nagy mennyiségű és heves intenzitású esőzés húzódik.

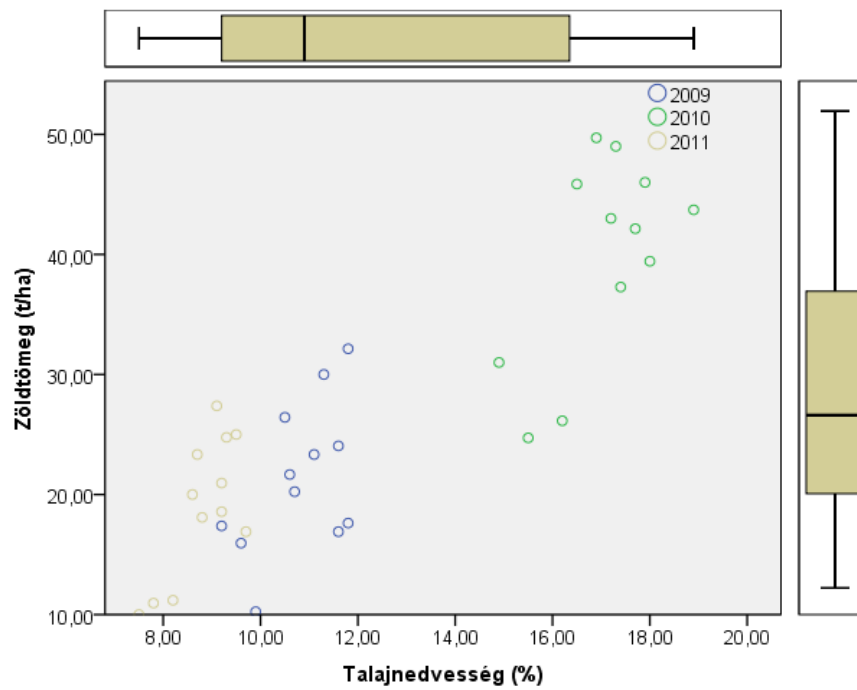
A művelésnek hatása volt a talajjellenálláson kívül a talajnedvességre is. 2009-ben nincs szignifikáns különbség a vetés előtt mért értékek között (7. *táblázat*). A talajművelési eljárásoknak nem volt hatása a talajjellenállásra. Ez a tendencia figyelhető meg a 2010-es és 2011-es években is. A kezelések ellenére a vetés idején a talaj nedvességtartalma kiegyenlített volt mindhárom évben annak ellenére, hogy 2009 és 2011 aszályos év volt. Mindhárom évben a direktvetéses kezelésnél mértük a legkisebb talajnedvesség értékeket a betakarítás idején (7-9. *táblázat*). Az egyes kísérleti évek statisztikai értékelését az 1-6. *melléklet* tartalmazza.

A betakarítás idejére mindhárom évben szignifikáns különbségek mutatható ki a talajrétegek nedvességtartalma között (10. *melléklet*). A betakarítás idejére csökkent a talaj nedvesség-tartalma. A betakarításkor mért adatok között minden évben statisztikailag megbízható az egyes művelési mélységek közötti talajnedvesség különbségek.

Regresszió-analízis felhasználásával összefüggéseket kerestünk a zöldtömeg-talajjellenállás és a zöldtömeg-talajnedvesség között. A statisztikai értékelés, és az eredmények bemutatása kontroll (N₀K₀) tápanyag kezelés esetén történt a 0-30 cm talajréteg átlagában. A zöldtömeg és a talajjellenállás között 0,726-os R² értéket kaptunk (11. *melléklet*), a zöldtömeg és a talajnedvesség között pedig 0,757-es R²-et (12. *melléklet*). Mindkét regressziónál elmondható, hogy a változók között pozitív összefüggés van, de a korreláció nem eléggé erős. Az évjáratok jól nyomon követhetőek a 10. és 11. *ábrán*. A 16. *ábra* szerint a 1,5-2,5 MPa közötti – adott talajon kedvező – talajjellenállás érték párosul a legmagasabb zöldtömeg értékekkel. A 11. *ábra* alapján megállapítható, hogy a magasabb talajnedvesség-tartalom jelentősen befolyásolja a hektáronkénti biomassza hozamot.



10. ábra Összefüggés a zöldtömeg és a talajellenállás között



11. ábra Összefüggés a zöldtömeg és a talajnedvesség között

4.2 A talajművelés hatása a cukorcirok zöldtömegére

A talajművelés hatása a cukorcirok hozamára az egyes kísérleti években a 10. 11. 12. táblázatokban követhető nyomon. A betakarításra mindhárom évben a teljes érés fázisában került sor. A kísérletben a beállított tőszám megközelítően 260 000-265 000 tő ha⁻¹ volt a három év során. 2009-ben a betakarítást i október 5-én végeztük. Ebben az évben a talajművelési eljárások közül a forgatásos alpművelésnél mértük a legnagyobb zöldtömeget. A kezelések átlagában 41,4 t ha⁻¹ zöldtömeget kaptunk. Kultivátoros műveléssel 28,1 t ha⁻¹, tárcsás műveléssel 26,4 t ha⁻¹ volt a zöldtömeg, direktvetéssel pedig 15,0 t ha⁻¹, vagyis a legkisebb (18. ábra). A direktvetéses kezelésnél kialakult talajállapot kedvezőtlen volt a cukorcirok egyedfejlődésére. A talajművelési kezelések közötti statisztikai értékelést a 13. melléklet tartalmazza. 2009-ben a kultivátoros kezelés esetén bizonyítható a statisztikai különbség (SzD_{5%}=5,1). A szántásos, tárcsás és direktvetéses kezeléseknél nincs szignifikáns differencia a hozam és a kezelés között.

2010-ben ugyancsak a szántásos művelés bizonyult a legeredményesebbnek, a direktvetéses kezeléshez képest. Betakarításkor (október 11.) a kezelések átlagában a szántásosnak 55,4 t ha⁻¹, a kultivátorosnak 48,7 t ha⁻¹, a tárcsásnak 48,6 t ha⁻¹ és a direktvetésnek 32,8 t ha⁻¹ volt a zöldhozama. Ebben a vizsgálati évben kimutatható az egyes kezelések közötti szignifikáns különbség (15. melléklet). A 2009-es évtől eltérően a szántásos (SzD_{5%}=4,4), a tárcsás (SzD_{5%}=2,2) és a direktvetéses (SzD_{5%}=1,8) kezelés esetén is bizonyítható a különbség.

2011-ben a betakarítás szeptember 21-én történt. Az előző évektől eltérően a kezelések átlagában nem a forgatásos alpművelés bizonyult a legtöbb zöldhozamot eredményező eljárásnak, hanem a kultivátoros kezelés. Szántásos kezelésnél 34,5 t ha⁻¹, kultivátorosnál 37,2 t ha⁻¹, tárcsásnál 28,1 t ha⁻¹, és a direktvetésesnél 14,5 t ha⁻¹ volt a betakarításkor mért zöldtömeg (12. táblázat). A kezelések közötti szignifikancia a 2011. évben is igazolható (17. melléklet). A 2010. évhez hasonlóan a direktvetés és szántásos parcellák hozama szignifikánsan eltér a tárcsás és a kultivátoros művelésektől, ezen felül a tárcsás és a kultivátoros kezelések különbsége is igazolható (17. melléklet). A kezelések közötti kölcsönhatásokat a 14. 16. és 18. melléklet tartalmazza. A direktvetéses viszonyítva a szántásos, kultivátoros és tárcsás kezeléseknél a talajművelési eljárásoknak hozamnövelő hatása volt.

Az eredmények arra utalnak, hogy a talajhoz adaptált alpművelés befolyásolja a hektáronkénti biomassa hozamot. A mélyebb művelések hatására a talaj vízbefogadó és raktározó

képessége megnövekedett, ezáltal a cukorcirok vízfelhasználását jobban elősegítő művelési eljárásokkal nagyobb terméshozamokat lehetett elérni.

10. táblázat A talajművelés és tápanyag-ellátás hatása a cukorcirok zöldtömegére (Gödöllő 2009)

Kezelések	Zöldtömeg t ha ⁻¹					
	M ₁	M ₂	M ₃	M ₄	Átlag	SzD _{5%}
N ₀ K ₀	26,5	21,4	22,9	14,5	21,3	ns
N ₁ K ₀	40,6	25,6	28,3	13,7	27,1	4,3
N ₂ K ₀	56,1	35,2	34,1	15,2	35,2	9,4
N ₀ K ₁	39,8	19,0	19,8	14,0	23,1	7,2
N ₀ K ₂	37,9	22,7	26,0	14,2	25,2	9,8
N ₁ K ₁	42,8	24,6	27,0	12,1	26,6	3,8
N ₂ K ₂	46,4	49,0	30,2	21,2	36,7	ns
Átlag	41,4	28,2	26,9	15,0	SzD _{5%} talajművelés = 6,14 SzD _{5%} tápanyag = 10,53	
SzD 5%	ns	5,1	ns	ns		

11. táblázat A talajművelés és tápanyag kezelés hatása a cukorcirok zöldtömegére (Gödöllő 2010)

Kezelések	Zöldtömeg t ha ⁻¹					
	M ₁	M ₂	M ₃	M ₄	Átlag	SzD _{5%}
N ₀ K ₀	31,6	30,9	29,9	19,1	27,9	ns
N ₁ K ₀	42,1	35,7	36,9	25,8	35,1	2,6
N ₂ K ₀	44,4	39,1	38,7	26,4	37,1	5,1
N ₀ K ₁	32,5	30,6	33,3	19,2	28,9	3,1
N ₀ K ₂	33,3	31,2	29,9	19,8	28,5	5,6
N ₁ K ₁	43,0	35,3	36,7	25,1	35,0	2,2
N ₂ K ₂	44,5	35,6	37,7	25,6	35,8	6,7
Átlag	38,8	34,1	34,7	23,0	SzD5% talajművelés = 4,27 SzD5% tápanyag = 7,97	
SzD 5%	4,4	2,2	3,5	1,8		

12. táblázat A talajművelés és tápanyag-ellátás hatása a cukorcirok zöldtömegére (Gödöllő 2011)

Kezelések	Zöldtömeg t ha ⁻¹					
	M ₁	M ₂	M ₃	M ₄	Átlag	SzD _{5%}
N₀K₀	21,3	25,2	18,5	10,7	18,9	2,0
N₁K₀	39,2	39,0	27,5	14,1	30,0	2,1
N₂K₀	46,3	49,8	34,2	18,5	37,2	2,6
N₀K₁	26,2	23,3	22,7	10,2	20,6	1,4
N₀K₂	29,0	25,7	23,0	11,8	22,4	1,4
N₁K₁	39,8	41,4	30,9	16,7	32,2	1,8
N₂K₂	47,2	56,0	41,3	19,3	41,0	2,7
Átlag	35,6	37,2	28,3	14,5	SzD5% talajművelés = 5,53 SzD5% tápanyag = 8,28	
SzD 5%	1,9	1,4	1,5	0,9		

4.3 A tápanyag-ellátás hatása cukorcirok zöldtömegére

A tápanyagellátást hatását a cukorcirok biomassza hozamára 10. 11. és 12. táblázatban figyelhető meg. Az egyes kezelések szignifikancia értékeit a táblázatok tartalmazzák a kezelések közötti összefüggéseket pedig a mellékletekben található Post-Hoc analízisek mutatják (19. 21. és 23. melléklet) 2009-ben a maximális biomassza-hozam $56,1 \text{ t ha}^{-1}$, míg a minimális $12,1 \text{ t ha}^{-1}$ volt. Szignifikáns különbség figyelhető meg a N_1K_0 , N_2K_0 , N_0K_1 , N_0K_2 és N_1K_1 kezelések között (10. táblázat). A 100 kg ha^{-1} N hatóanyag az N_2K_0 kezelésnél $13,8 \text{ t ha}^{-1}$, míg az N_2K_2 kezelésnél $15,4 \text{ t ha}^{-1}$ terméstöbbletet eredményezett. A kontrollhoz viszonyítva 2009-ben az N_1K_0 kezelésnél $5,8 \text{ t ha}^{-1}$, N_0K_1 $1,8 \text{ t ha}^{-1}$, N_0K_2 $3,9 \text{ t ha}^{-1}$ és N_1K_1 $5,3 \text{ t ha}^{-1}$ terméstöbbletet takarítottunk be.

Az évjárat hatás mértéke jól megfigyelhető a 2010. kísérleti évben. A 2009. évhez képest a kezelések átlagában közel 15 t ha^{-1} terméstöbblet látható a 11. táblázat. A vizsgálati évben közel 300 mm csapadékkal több hullott a kísérleti területre, mint az azt megelőző aszályos évben. A 11. táblázat értékeit elemezve szembevetve a N kezelések hatása a terméstöbbletre. A kontrollhoz N_0K_0 viszonyítva statisztikailag igazolható hozamnövekmény figyelhető meg N_1K_0 , N_2K_0 , N_0K_1 , N_0K_2 , N_1K_1 és a N_2K_2 kezeléseknél. A terméstöbblet a kezelések átlagában $11,3 \text{ t ha}^{-1}$. A 2009. évhez hasonlóan a K_0K_1 ($SzD_{5\%}=3,1$) és N_0K_2 -es ($SzD_{5\%}=5,6$) kezeléseknél is szignifikánsan igazolható a zöldtömeg növekedés (20. melléklet).

A 2011. évben is statisztikailag igazolható az egyes tápanyag kezelések hatása a cukorcirok hozamára (22. melléklet). A kezelések átlagában a termésmaximumok a 100 kg ha^{-1} nitrogén kezeléseknél figyelhető meg. A nitrogéntrágyázás terménynövelő hatása minden esetben kimutatható a kontrolkezeléshez képest. Az N_2K_2 kezelésnél a trágyadózis hatására 22 t ha^{-1} terméstöbblet mutatkozott a kontrollhoz (N_0K_0) képest. A kísérleti évben a káliumtrágyázásnak (N_0K_1 $1,7 \text{ t ha}^{-1}$; N_0K_2 $3,5 \text{ t ha}^{-1}$) szintén volt hozamnövelő hatása a kontrollhoz (N_0K_0) képest.

Összegzésként elmondható, hogy a 100 kg ha^{-1} nitrogén műtrágyaadag mindhárom évben növelte a cukorcirok zöldhozamát. A kísérleti terület magas kálium-ellátottsága ($156\text{--}206 \text{ mg kg}^{-1}$) ellenére a kálium kezeléseknek szintén statisztikailag igazolható hatása a volt a cirok biomassza tömegére. A túlzott K-ellátottság nem okozott termésdepressziót. ALMODARES et al (2008) kutatásai során ezzel megegyező eredményeket kapott, kísérletük során statisztikailag igazolható módon az 50 kg ha^{-1} kálium adagoknak biomassza növelő hatását tapasztalta.

A nitrogén és kálium kezelések hatása a cukorcirok zöldtömegére

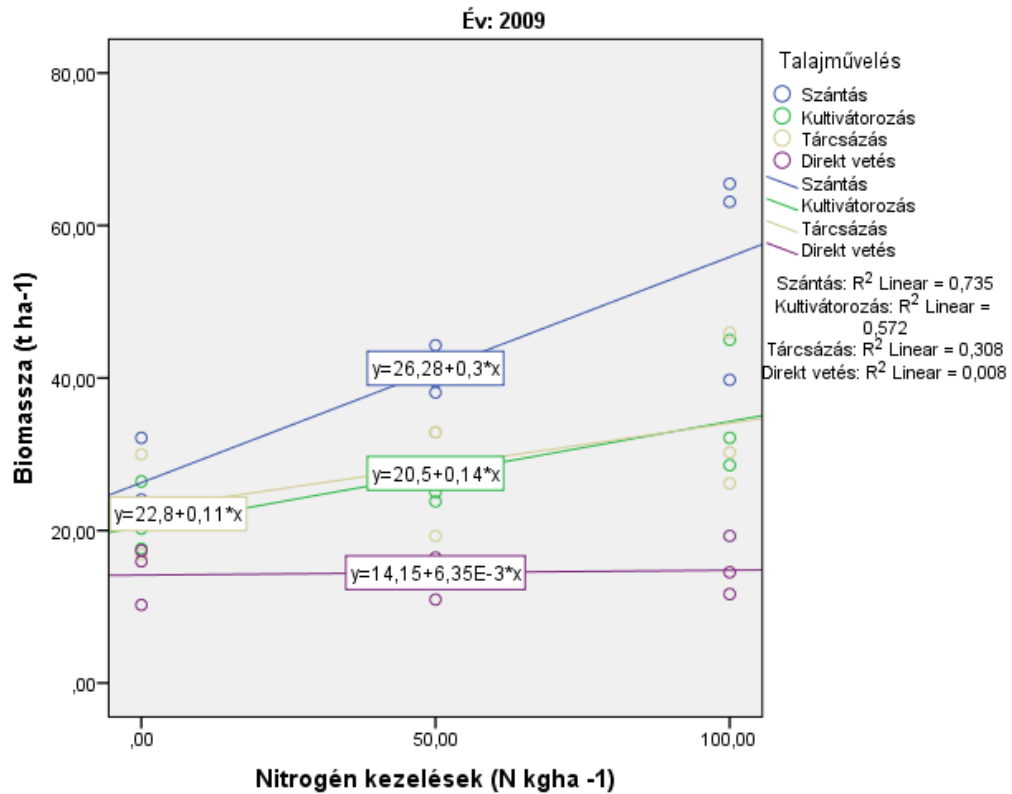
A 12. 13. és 14. ábra a nitrogén kezelések és a zöldtömeg közötti összefüggések szorosságát mutatja a kísérlet 3 évében. Az összefüggés vizsgálatnál az eltérő talajművelési kezeléseket külön vizsgáltam. A N-ellátottság és a biomassa közötti összefüggést vizsgálva megállapítottuk, hogy a szántásos kezelésnél az 50 kg ha⁻¹ és a 100 kg ha⁻¹ nitrogén adagok hatására növekedett a zöldhozam és igazolható a szoros pozitív korreláció ($R^2=0,735$). Kultivátoros és tárcsás kezeléseknél is pozitív összefüggés figyelhetünk meg, azonban nem beszélhetünk szoros korrelációról egyik esetben, sem mert az R^2 értékek túl alacsonyok. Kultivátoros kezelésnél az $R^2=0,572$ a tárcsás kezelésnél pedig $R^2=0,308$. ebben A direktvetésnél nem tapasztaltunk összefüggést a növekvő nitrogén adagok és a zöldtömeg között ($R^2=0,008$). 2010-ben pozitív korreláció figyelhető meg a nitrogén adagok és a biomassa között. A szántásos kezelésnél az $R^2=0,654$, a kultivátorosnál $R^2=0,666$, a tárcsásnál $R^2=0,632$ és a direktvetésnél pedig $R^2=0,682$. 2011-ben igen szoros pozitív összefüggés figyelhető meg a növekvő nitrogén adagok és a zöldtömeg között. A szántásos kezelésnél az $R^2=0,902$, a kultivátorosnál $R^2=0,953$, a tárcsásnál $R^2=0,890$ és a direktvetésnél pedig $R^2=0,851$.

A 15. 16. és 17. ábra a kálium kezelések és a zöldtömeg közötti korrelációk szorosságát szemlélteti. 2009-ben a növekvő trágyaadagú kálium kezelések és a biomassa között nem tapasztaltunk összefüggést. A 2010-es évben sem bizonyítható a kálium és a zöldtömeg közötti korreláció. 2011-ben a szántásos ($R^2=0,681$) és tárcsás ($R^2=0,601$) kezeléseknél pozitív korreláció figyelhető meg.

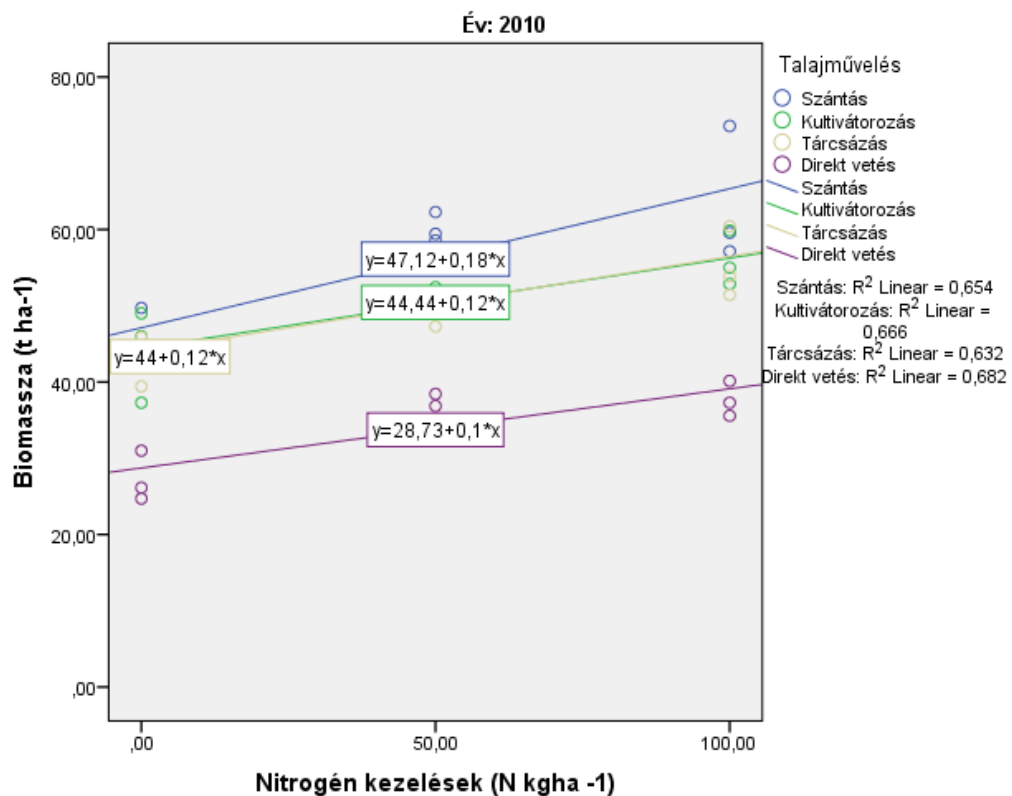
A 18. 19. és 20. ábra a kombinált trágya kezelések (N és K) és biomassa közötti összefüggések szorosságát tartalmazza. 2009-ben a kultivátoros kezelésnél ($R^2=0,650$) figyelhető meg pozitív korreláció, azonban az összefüggés nem elég erős. 2010-ben a szántásos ($R^2=0,529$), tárcsás ($R^2=0,614$) és direktvetéses ($R^2=0,581$) kezeléseknél igazolható a korreláció, ami egyik kezelés esetén sem elég erős.

KAIEN et al. (2012) szintén hasonló eredményeket kapott kutatásai során. A cukorcirok és egyéb magas cellulóztartalommal rendelkező biomassa növénynek jól hasznosítják a kijuttatott nitrogént. 96%-os összefüggést talált a biomassa hozam és a növekvő nitrogén adagok között. A kísérletben a cukorcirok 220 kg ha⁻¹ nitrogén hatóanyagnál érte el a maximális biomassa hozamot,

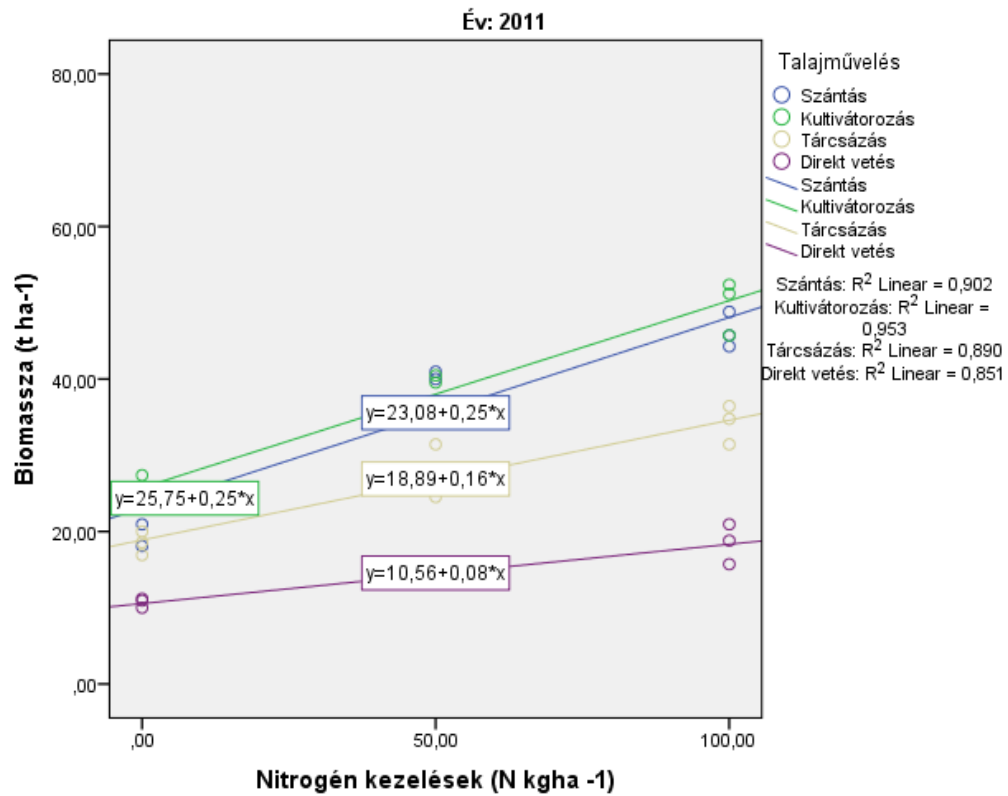
de ebben az esetben a termesztés már nem volt gazdaságos. 125 kg ha⁻¹ nitrogén hatóanyag szintnél állapította meg a cukorcirok gazdaságos termesztését, amely megegyezik saját tapasztalatainkkal.



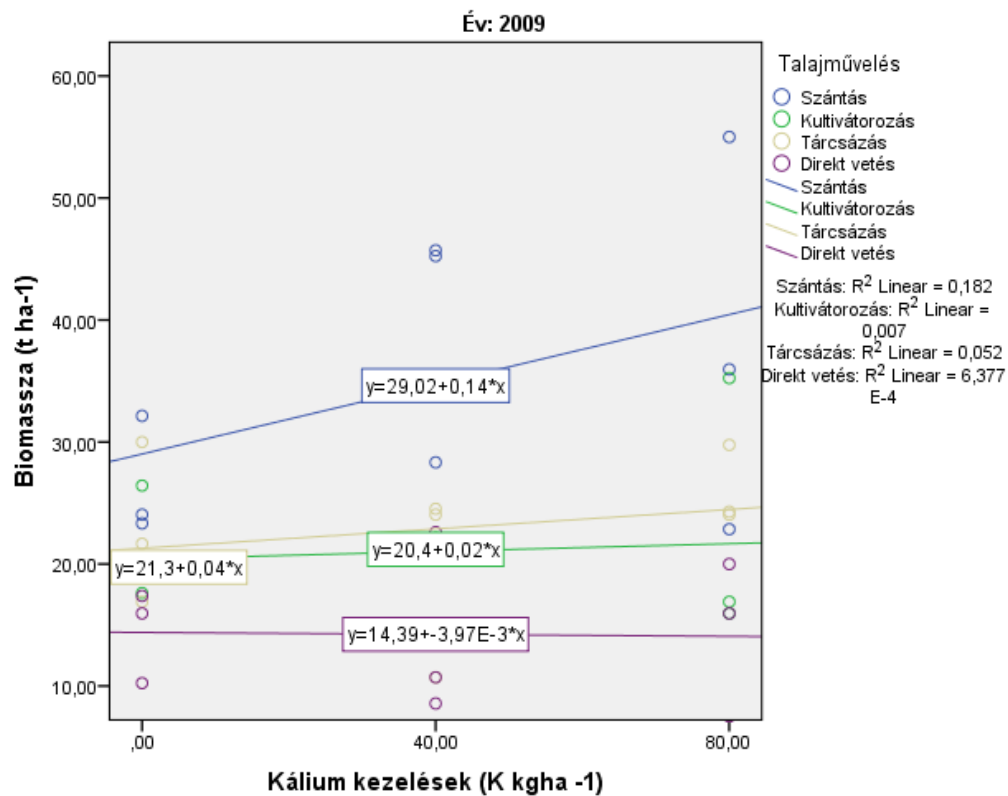
12. ábra Nitrogén kezelések hatása a cukorcirok zöldtömegére (Gödöllő 2009)



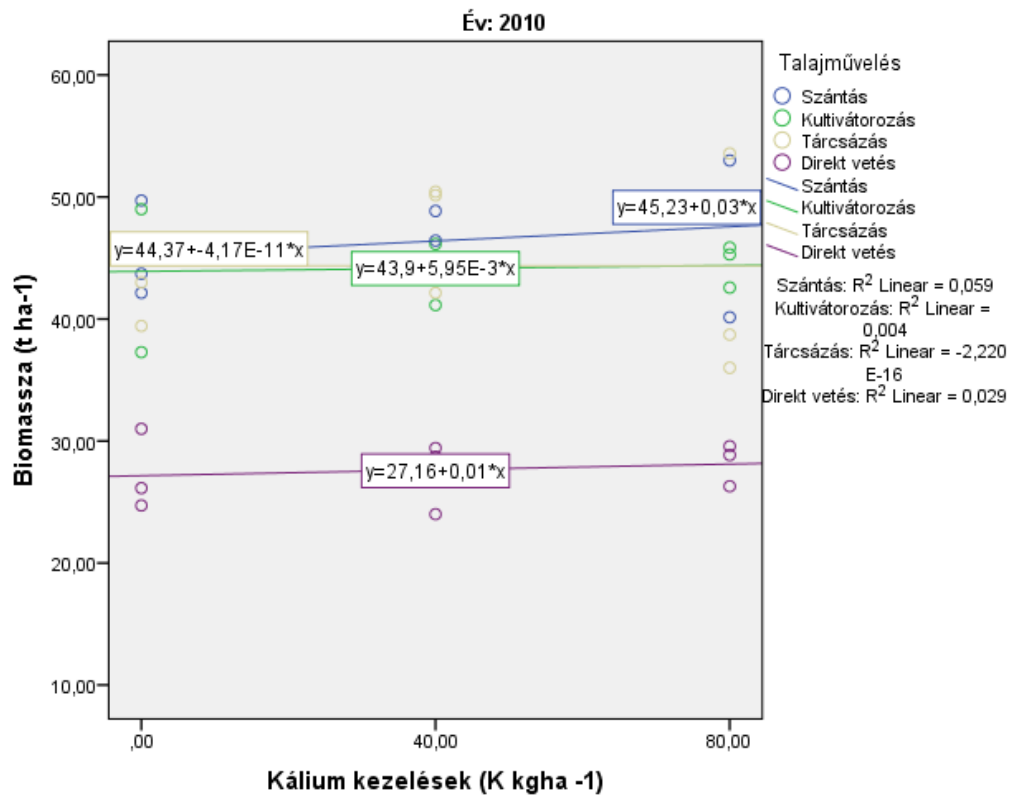
13. ábra Nitrogén kezelések hatása a cukorcirok zöldtömegére (Gödöllő 2010)



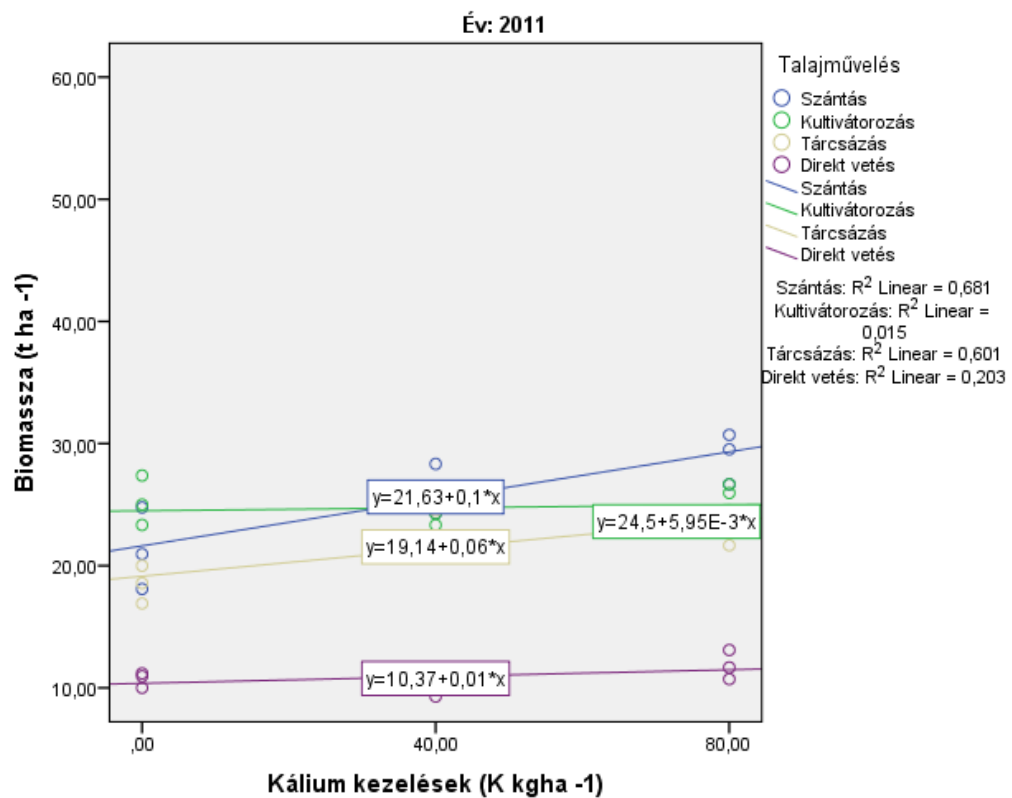
14. ábra Nitrogén kezelések hatása a cukorcirok zöldtömegére (Gödöllő 2011)



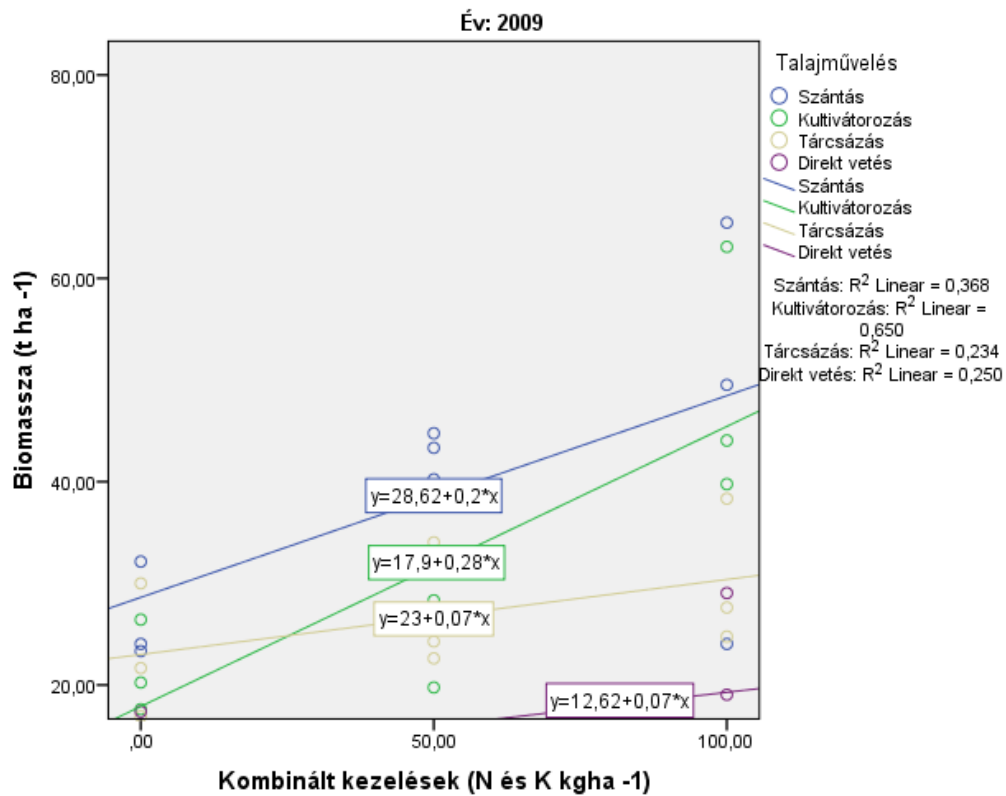
15. ábra Kálium kezelések hatása a cukorcirok zöldtömegére (Gödöllő 2009)



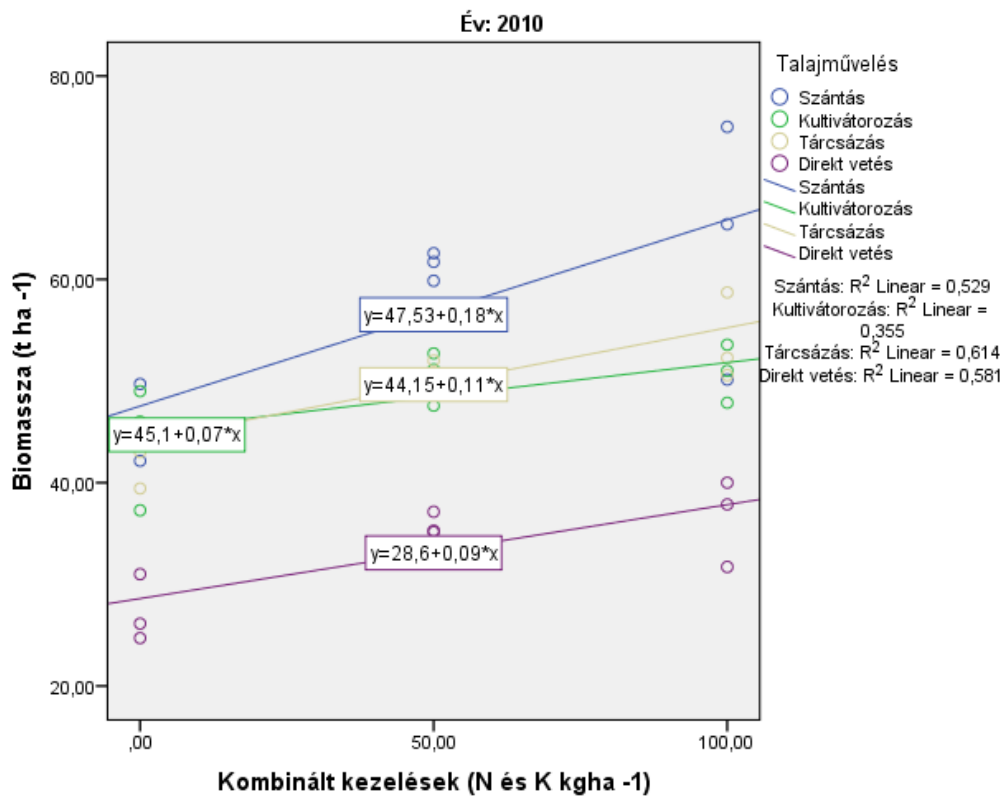
16. ábra Kálium kezelések hatása a cukorcirok zöldtömegére (Gödöllő 2010)



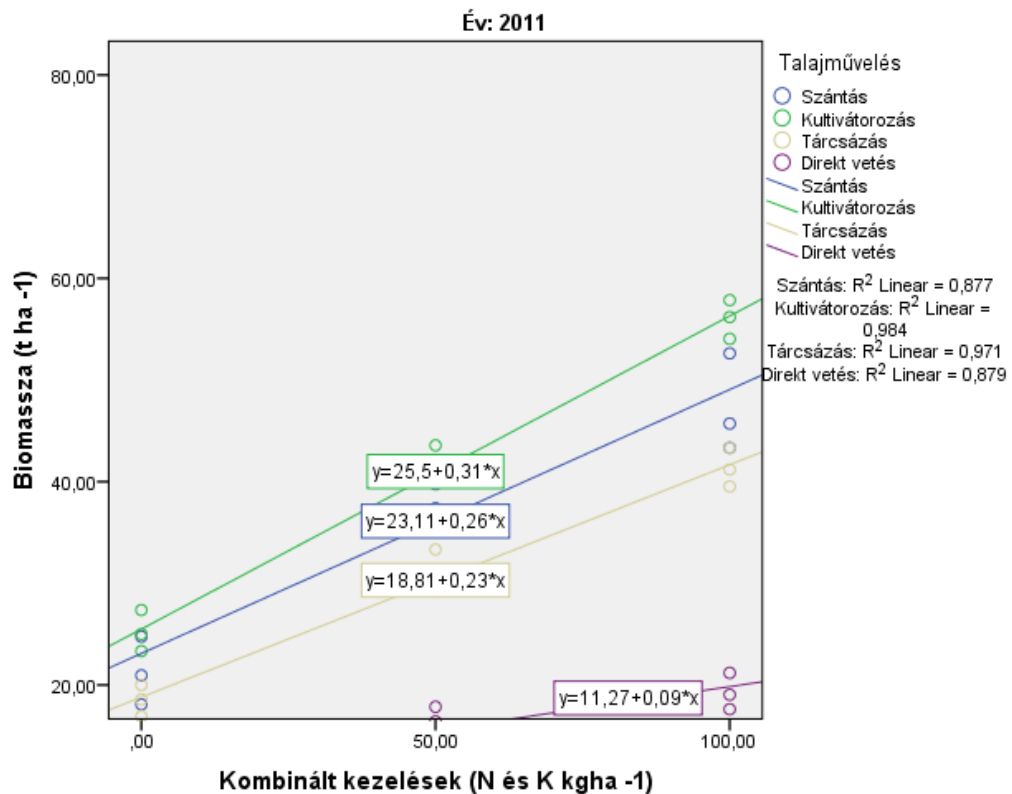
17. ábra Kálium kezelések hatása a cukorcirok zöldtömegére (Gödöllő 2011)



18. ábra Kombinált kezelések hatása a cukorcirok zöldtömegére (Gödöllő 2009)



19. ábra Kombinált kezelések hatása a cukorcirok zöldtömegére (Gödöllő 2010)



20. ábra Kombinált kezelések hatása a cukorcirok zöldtömegére (Gödöllő 2011)

LÁSZTITY (1996) kísérleti eredményei szerint a nitrogén műtrágyázás hatására statisztikailag igazolható módon nő a cukorcirok kálium felvétele. A javuló nitrogén ellátottság hatására jelentősen nő a növény kálium felvétele. NÉMETH (2009) kutatásai alapján a cirok kálium felvétele a szárbaindulás végig intenzív, majd a bugahányás fázisától egy mérsékeltebb felvételei szakasz következik.

4.4 A talajművelés hatása a refraktométeres szárazanyag-tartalomra (Brix %)

A cukorcirok szárában található cukortartalom meghatározására a Brix-fokot használtuk. A Brix-fok vagy cukorfok az oldatok cukortartalmának hagyományos mértékegysége. 1 Brix-fok a cukortartalma annak az oldatnak, amelynek 100 grammja 1 gramm szacharózt tartalmaz. A szakirodalomban számos publikáció található (ALMODARES et al 2008, AUDILAKSHMI et al. 2010, GUIGOU et al. 2011,) amelyek a cukortartalom meghatározására a refraktométeres szárazanyag vizsgálatot (Brix) használják. ERDEI és PEPÓ (2008) kutatásai is azt igazolták, hogy a cukorcirok szárában a refraktométeres szárazanyag-tartalom és a vízdoldható cukortartalom között szoros pozitív ($R^2=0,8348$) korreláció van. Ezzel megegyező megállapításokra jutott RONGHOU et al. (2008) is.

A cirok refraktométeres-szárazanyag vizsgálatát a betakarításkor végeztük el az anyag és módszerben leírtak szerint. Az eredmények a 13. 14 és 15. *táblázatban* láthatóak. A kezelések közötti interakciókat a 26. 27. és 28. *mellékeltek* tartalmazzák.

2009-ben a szántásos kezelésnél mértük a legmagasabb 16,8%-os refrakciósázalékot. Kultivátoros műveléssel 16,2%, tárcsás műveléssel 16,7% volt a refraktométeres szárazanyag-tartalom, direktvetéssel pedig 15,4%, vagyis a legkisebb. Statisztikailag igazolható különbség csak a kultivátoros kezelésnél ($SzD_{5\%}=1,1$) figyelhető meg. A szántásos, tárcsás és direktvetéses kezeléseknél nincs szignifikáns különbség.

2010-ben a talajművelési kezelések átlagában a kultivátoros eljárásnál figyelhető meg a legmagasabb 8,0%-os, a direktvetés estén pedig a legalacsonyabb 6,5%-os Brix érték. Statisztikailag egyik talajművelésnél sem igazolható a szignifikáns differencia. A 2011-es évben a szántásos ($SzD_{5\%}=0,9$) és kultivátoros ($SzD_{5\%}=0,9$) kezeléseknél igazolható a statisztikai különbség. A legalacsonyabb értéket a direktvetéses kezelés estén kaptam (15,8%). A szántásos, kultivátoros és tárcsás kezelések értékei szinte megegyezők (16,8-17,1%).

Összességében megállapítható, hogy a talajművelési kezeléseknél nem volt jelentős hatása a cukorcirok refraktométeres szárazanyag-tartalmára. A cirok fenológia paramétereire (zöldtömeg) nagyobb hatással bír a helyesen kiválasztott talajművelési eljárás, mint annak beltartalmi tulajdonságaira.

13. táblázat A talajművelés és tápanyag-ellátás hatása a refraktométeres szárazanyag-tartalmára (Gödöllő 2009)

Kezelések	Refraktométeres szárazanyag-tartalom (%) Brix					
	M ₁	M ₂	M ₃	M ₄	Átlag	SzD _{5%}
N ₀ K ₀	15,9	13,8	15,8	13,7	14,8	ns
N ₁ K ₀	18,0	16,2	16,6	15,3	16,5	ns
N ₂ K ₀	17,2	18,2	18,0	17,7	17,7	ns
N ₀ K ₁	15,0	13,4	16,9	13,9	14,8	ns
N ₀ K ₂	17,0	16,7	16,8	17,4	17,0	ns
N ₁ K ₁	17,9	17,2	17,4	14,8	16,8	ns
N ₂ K ₂	16,4	17,9	15,6	15,1	16,3	0,6
Átlag	16,8	16,2	16,7	15,4	SzD _{5%} talajművelés = 1,19 SzD _{5%} tápanyag = 1,44	
SzD 5%	ns	1,1	ns	ns		

14. táblázat A talajművelés és tápanyag-ellátás hatása a refraktométeres szárazanyag-tartalmára (Gödöllő 2010)

Kezelések	Refraktométeres szárazanyag-tartalom (%) Brix					
	M ₁	M ₂	M ₃	M ₄	Átlag	SzD _{5%}
N ₀ K ₀	7,7	8,3	8,5	6,4	7,7	0,8
N ₁ K ₀	7,5	9,0	7,9	7,0	7,9	ns
N ₂ K ₀	6,2	7,2	8,2	6,5	7,0	ns
N ₀ K ₁	7,9	8,0	7,7	7,0	7,7	ns
N ₀ K ₂	6,7	7,5	7,3	5,9	6,8	ns
N ₁ K ₁	6,8	7,9	6,2	7,4	7,1	ns
N ₂ K ₂	7,9	7,9	7,9	5,0	7,2	1,0
Átlag	7,2	8,0	7,7	6,5	SzD _{5%} talajművelés = 0,74 SzD _{5%} tápanyag = 1,07	
SzD 5%	ns	ns	ns	ns		

15. táblázat A talajművelés és tápanyag-ellátás hatása a refraktométeres szárazanyag-tartalmára (Gödöllő 2011)

Kezelések	Refraktométeres szárazanyag-tartalom (%) Brix					
	M ₁	M ₂	M ₃	M ₄	Átlag	SzD _{5%}
N ₀ K ₀	15,4	14,8	15,5	14,3	15,0	ns
N ₁ K ₀	17,3	16,5	17,0	14,7	16,4	ns
N ₂ K ₀	17,3	18,1	17,6	16,7	17,4	ns
N ₀ K ₁	14,0	13,5	16,1	15,6	14,8	ns
N ₀ K ₂	16,8	17,3	17,1	17,0	17,1	ns
N ₁ K ₁	20,0	19,4	18,1	15,1	18,1	1,2
N ₂ K ₂	18,5	18,0	17,5	17,1	17,8	ns
Átlag	17,1	16,8	17,0	15,8	SzD _{5%} talajművelés = 1,15 SzD _{5%} tápanyag = 1,27	
SzD 5%	0,9	0,9	ns	ns		

4.5 A tápanyag-ellátás hatása a refraktométeres szárazanyag-tartalomra (Brix %)

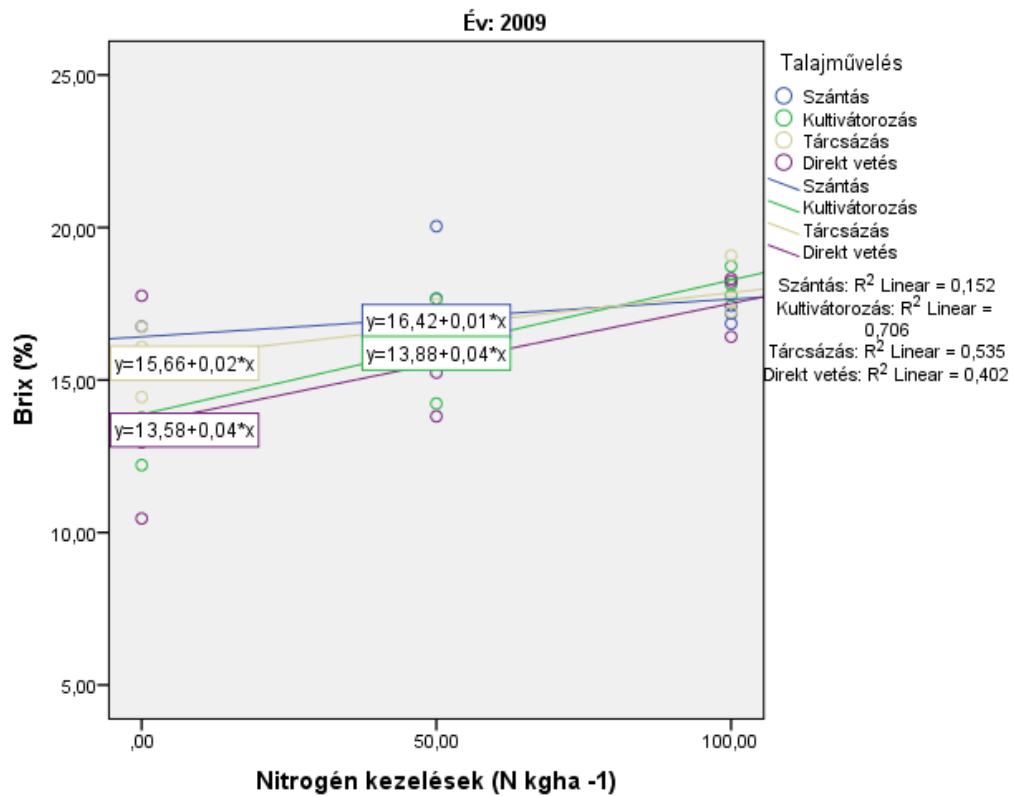
Számos hazai és nemzetközi publikáció született, amelyben a tápanyag-ellátás és a szárlé beltartalmi paramétereinek összefüggéseit vizsgálták (WANJARI et al. 1996). ALMODARES et al. (2008) megállapítása szerint a kálium műtrágyázás hatására a szárban található vízdoldható cukor tartalma növekszik. A kálium pozitívan befolyásolja a növény szénhidrát anyagcseréjét. Ezenfelül a kálium kedvező hatást gyakorol a növény vízháztartására, és stressztűrő-képességére is. A kezelések közötti interakciókat a 29. 30. és 31. melléklet tartalmazza.

Az eredmények értékelése előtt fontos megjegyezni, hogy a vizsgálati terület kálium és foszfor-ellátottsága jónak, és igen jónak mondható. A 13. 14. 15. táblázatban jól szemlélteti az egyes tápanyagkezelések közötti különbséget. 2009-ben statisztikailag igazolható különbség az N_2K_2 kezelésnél figyelhető meg ($SzD_{5\%}=0,6$). A kezelések átlagában a refraktométeres szárazanyag-tartalom 16,3%. A legalacsonyabb szárazanyag értékeket a N_0K_0 és N_0K_1 kezeléseknél mértük (14,8%). A legmagasabb átlag értéket (17,7%) pedig az N_2K_0 kezelésnél.

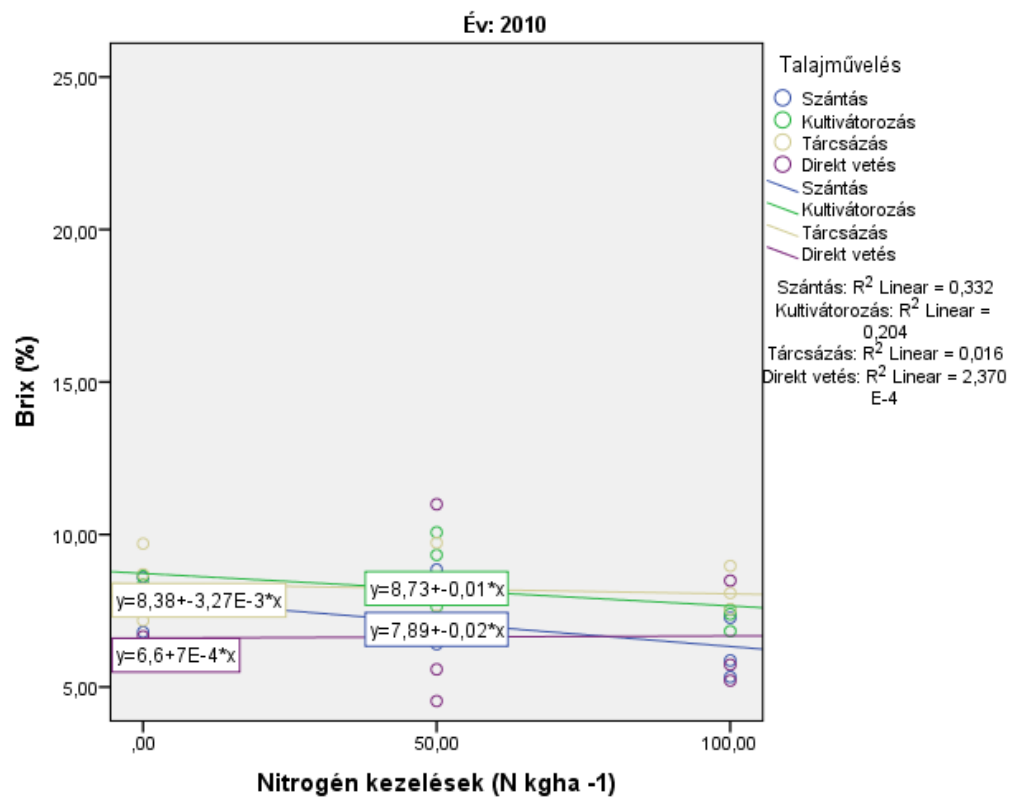
2010-ben az átlagos szárazanyag-tartalom 7,3%. Szignifikáns differenciát az N_0K_0 ($SzD_{5\%}=0,8$) és N_2K_2 ($SzD_{5\%}=1,0$) kezeléseknél tapasztaltam. A kontrolhoz képest (N_0K_0) azonban 0,5%-al csökkent a szárazanyag-tartalom az N_2K_2 kezelésnél. A 100 kg ha^{-1} nitrogén és 80 kg ha^{-1} kezelésnek szárazanyag csökkentő hatása volt a 2010-es évben, amely szignifikánsan is igazolható. A refrakciósázalék intervallum értékei 6,8-7,9%-ig terjedtek.

2011-ben a legkisebb Brix-értéket a N_0K_0 kezelés érte el. A legnagyobb Brix-értéket pedig az N_1K_1 kezelésnél állapítottam meg. A kezelések átlagos Brix-értéke 16,6%. Pozitív szignifikáns differenciát az N_1K_1 kezelésnél figyelhetünk meg. A kezelésnél a kontrolhoz képest 3,1%-os volt a szárazanyag növekedés. A 2009-es és 2011-es évek hasonló átlagértékeket mutatnak.

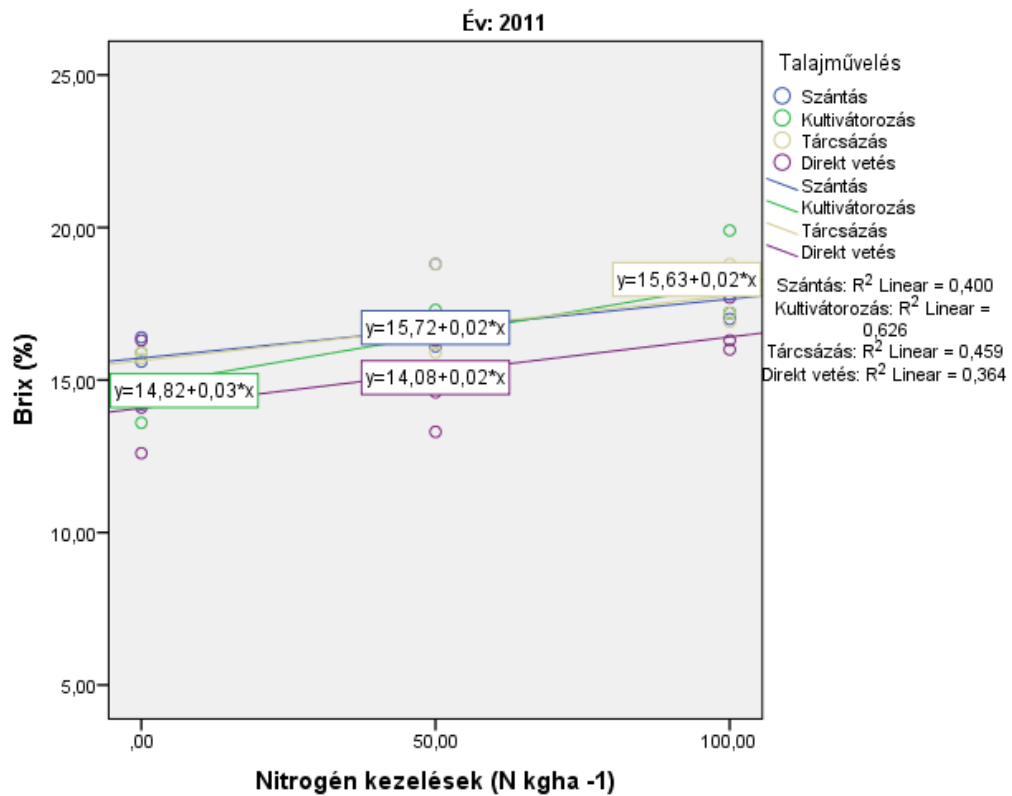
KAPOCSI et al. (1984) és HUNSIGI et al. (2010) kutatásaik során hasonló eredményeket kaptak. A cirokszár préselése nyomán 10-16% cukortartalmú levét sikerült előállítaniuk. A 2011. aszályos év hatása hasonló tendenciát mutat a 2009. évihez. MUMINOV (1997), valamint IZSÁKI és NÉMETH (2004) tapasztalatai alapján a nagy adagú nitrogén műtrágyázás hatására csökken a szár cukortartalma. A kálium szárazanyagra gyakorolt csekély hatását publikálta CAPSTICK et al. (1962), valamint WALL és ROSS (1970) is.



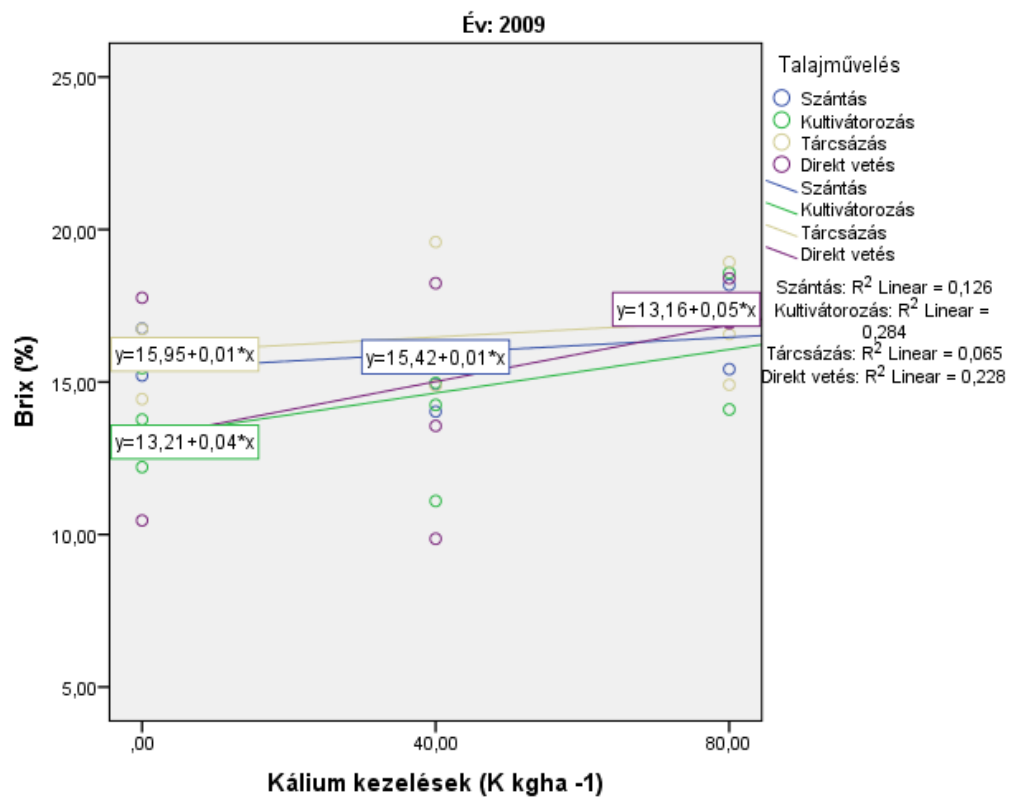
21. ábra Nitrogén kezelések hatása a cukorcirok refrakciósázalékára (Gödöllő 2009)



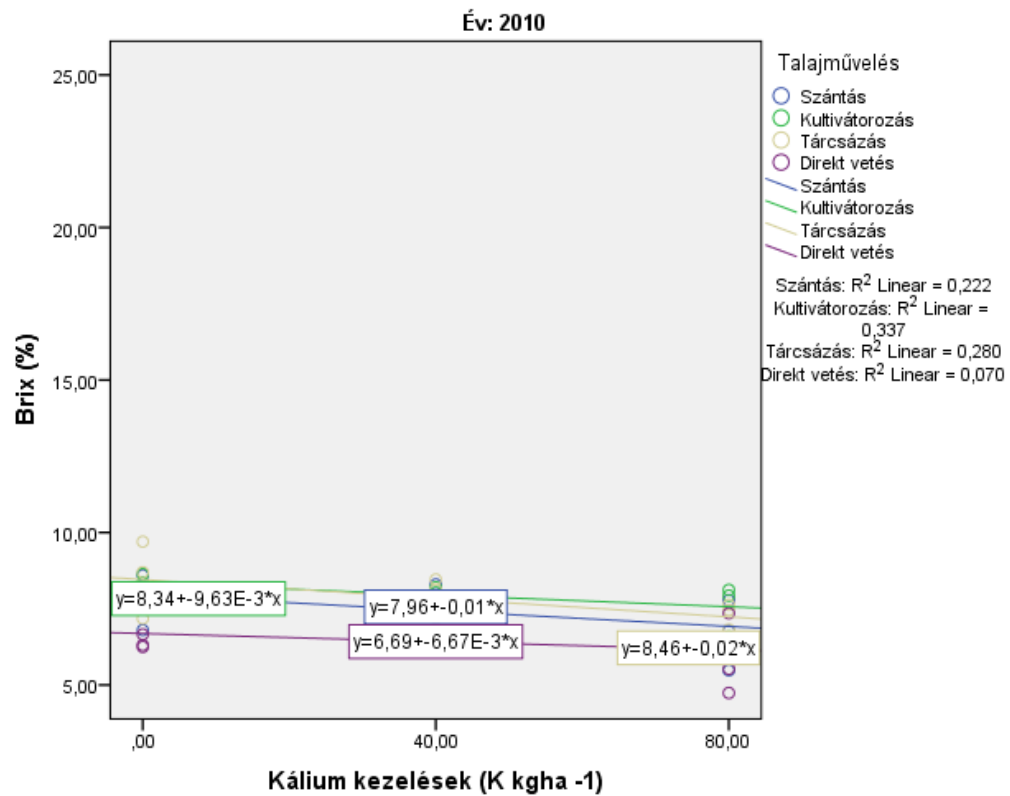
22. ábra Nitrogén kezelések hatása a cukorcirok refrakciósázalékára (Gödöllő 2010)



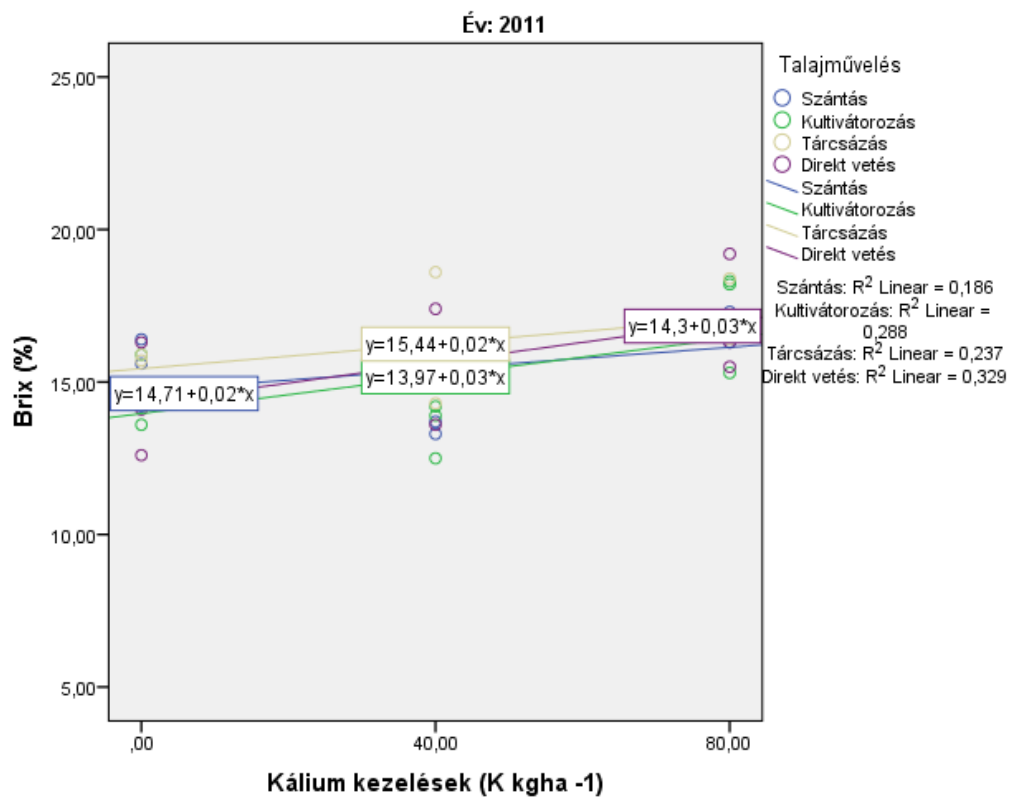
23. ábra Nitrogén kezelések hatása a cukorcirok refrakciósázalékára (Gödöllő 2011)



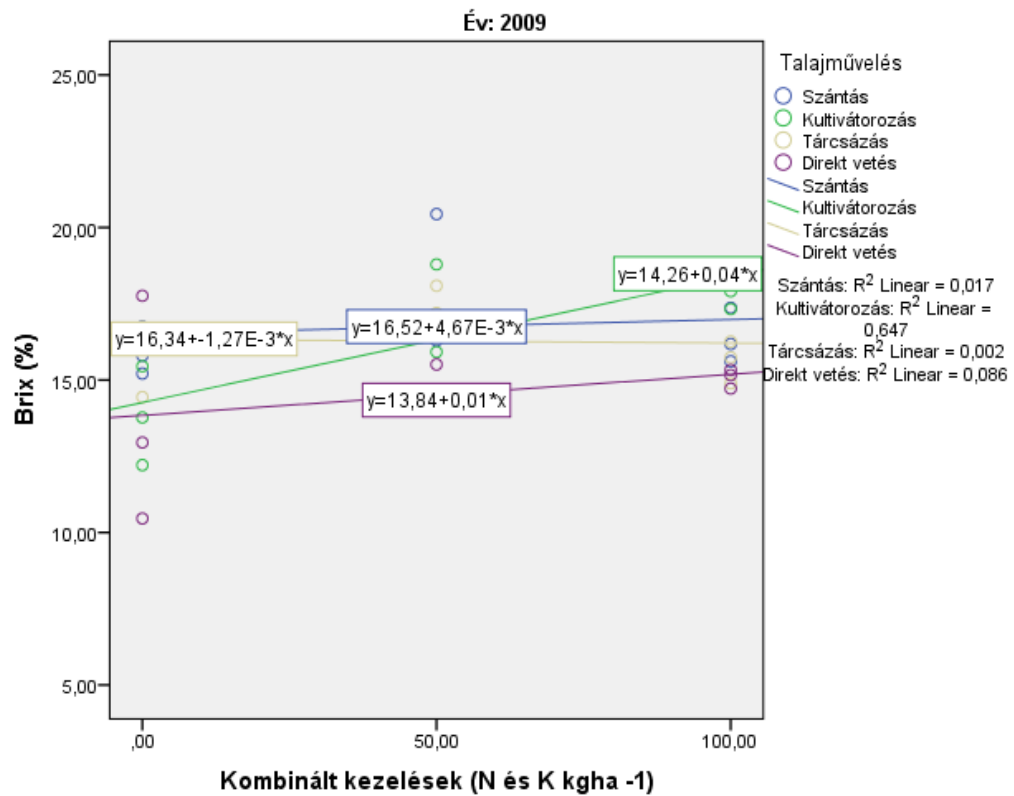
24. ábra Kálium kezelések hatása a cukorcirok refrakciósázalékára (Gödöllő 2009)



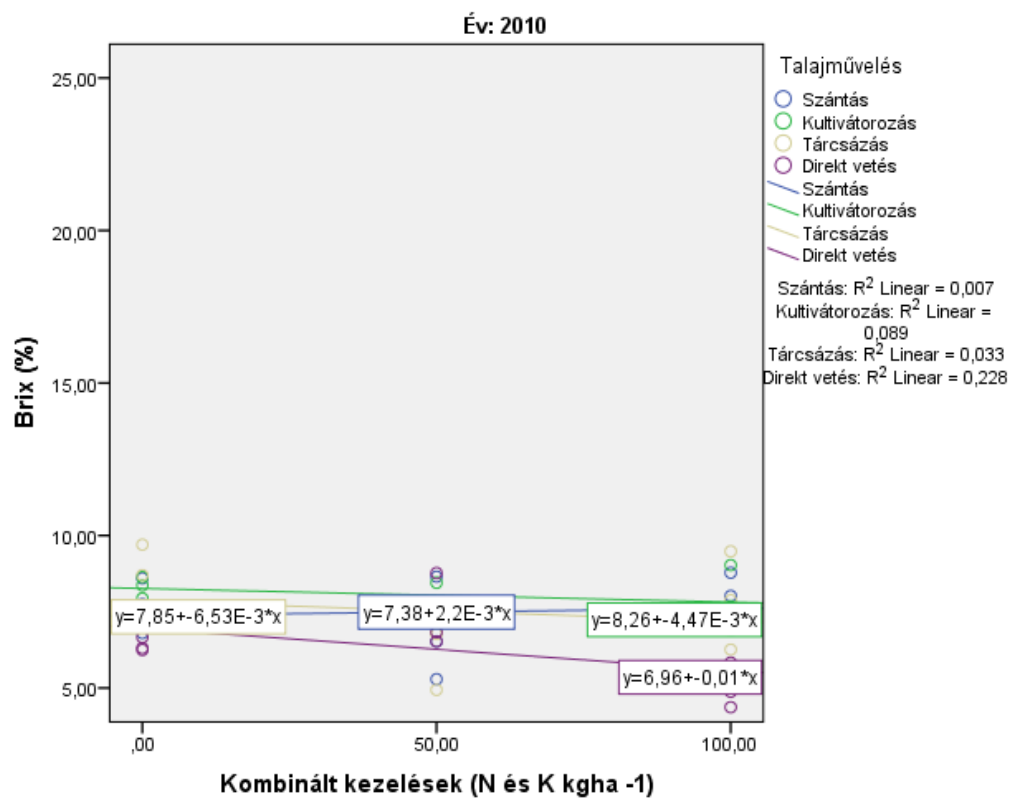
25. ábra Kálium kezelések hatása a cukorcirok refrakciósázalékára (Gödöllő 2010)



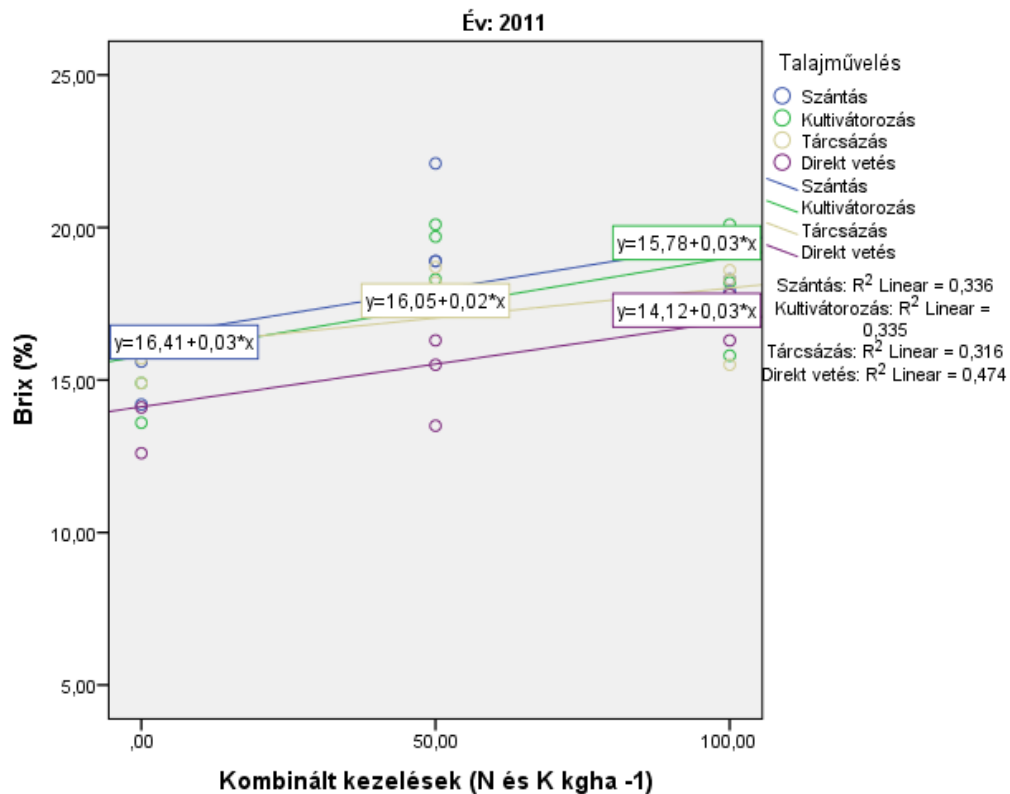
26. ábra Kálium kezelések hatása a cukorcirok refrakciósázalékára (Gödöllő 2011)



27. ábra Kombinált trágya kezelések hatása a cukorcirok refrakciósázalékára (Gödöllő 2009)



28. ábra Kombinált trágya kezelések hatása a cukorcirok refrakciósázalékára (Gödöllő 2010)



29. ábra Kombinált trágya kezelések hatása a cukorcirok refrakciósázalékára (Gödöllő 2011)

A 22. 23. és 24. ábrák a nitrogén kezelések és a refraktométeres szárazanyag-tartalom közötti összefüggések szorosságát mutatják. 2009-ben a kultivátoros kezelésknél ($R^2=0,706$) pozitív közepesen erős korreláció figyelhető meg. A tárcsás ($R^2=0,535$) és a direktvetéses ($R^2=0,402$) kezeléseknel némi korreláció összefüggés figyelhető meg, azonban ez a megállapítás statisztikailag nem igazolható. 2010-ben az egyes talajművelési kezeléseknel nincs korreláció. A növekvő műtrágya adagok nem befolyásolták a szárazanyag-tartalmat. 2011-ben a kultivátoros ($R^2=0,626$) kezelésknél figyelhető meg pozitív korreláció, amely statisztikailag is igazolható.

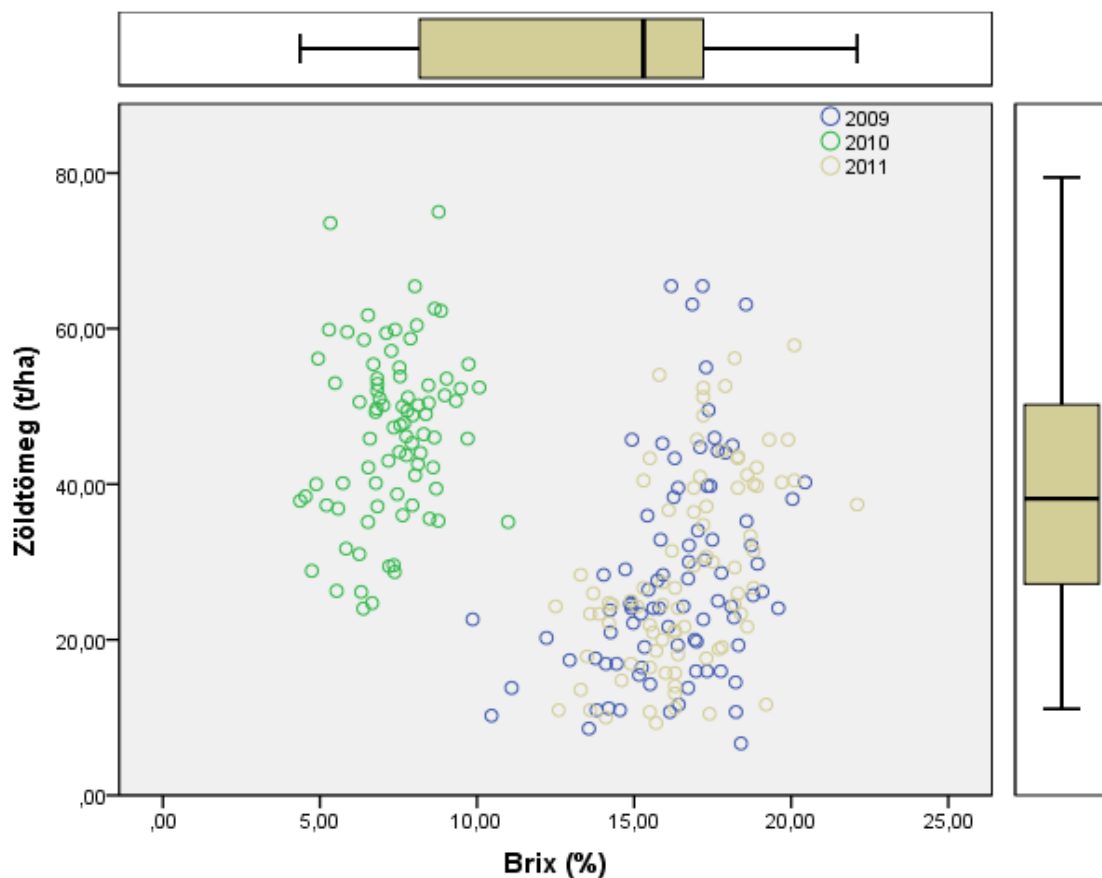
A 25. 26. és 27. ábra a kálium kezelések és a refraktométeres szárazanyag-tartalom közötti összefüggések szorosságát szemlélteti. 2009-ben a kálium és a cirok Brix-értéke között nincs összefüggés az egyes talajművelési kezeléseknel. 2010-ben és 2011-ben sem bizonyítható a kálium szárazanyag-tartalom növelő hatása.

A 28. 29. és 30. ábra a kombinált trágya kezelések és a szárazanyag százalék összefüggéseit mutatja eltérő művelések esetén. 2009-ben a kultivátoros kezelésknél ($R^2=0,647$) pozitív, közepesen erős korreláció figyelhető meg. 2010-ben és 2011-ben a kombinált trágya kezelés szárazanyagra gyakorolt hatását nem tudtuk kimutatni.

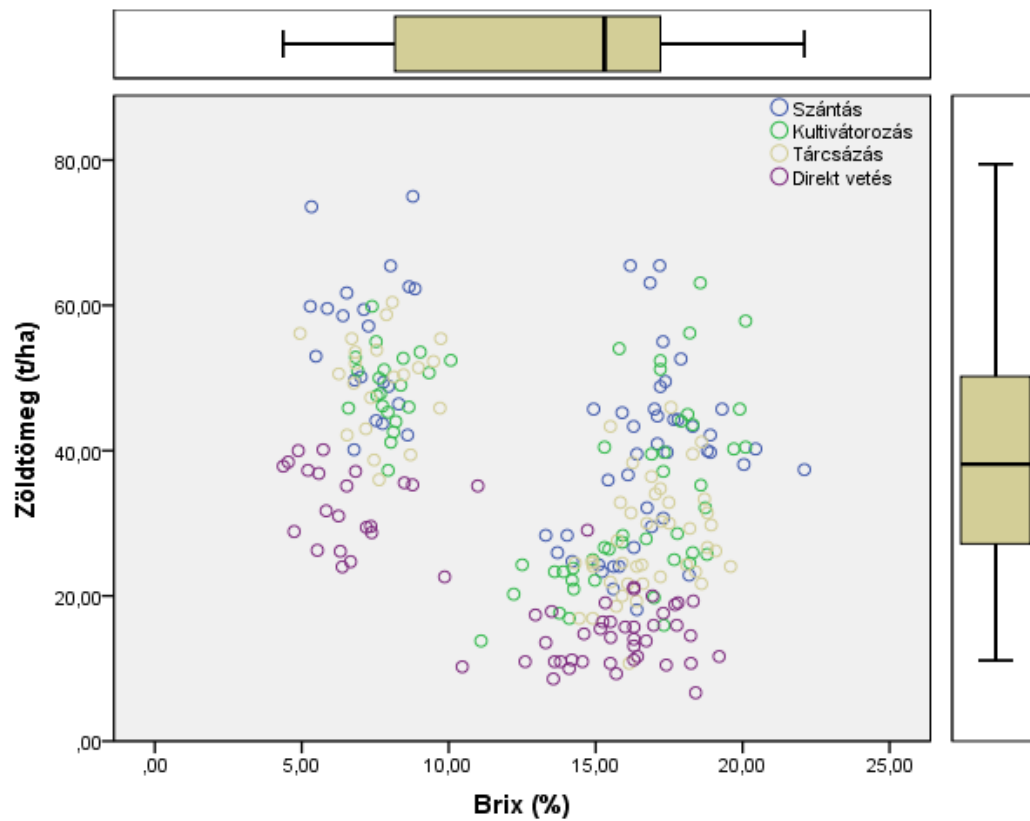
4.6 Összefüggés a zöldtömeg és a refraktométeres-szárazanyag (Brix %) eloszlása között

A 31. 32. és 33. ábra a zöldtömeg és a Brix értékpárjait mutatja évenkénti ábrázolásban. Az évjárathatások jól nyomon követhetők az ábrákon. A 2010. csapadékos év adatai külön halmazt alkotnak, ahol az alacsony refraktométeres szárazanyag-tartalom magas zöldtömeggel párosult. A szélsőségesen csapadékos évben a nyár hónapok is hűvösebbek voltak a normálistól, ezáltal a vegetációs idő hőösszege is alacsonyabb maradt, amely nem kedvezett cirok szárában a vízdoldható szárazanyagok beépülésének. A 2009-es és 2011-es évek több hasonlóságot mutatnak. Mindkét év aszályos volt magas vegetációs hőösszegekkel, ennek köszönhetően a zöldtömeg kevesebb lett, de a szárazanyag-tartalom megnövekedett. Az évjáratok között különbségek statisztikailag igazolhatóak (24. és 25. melléklet).

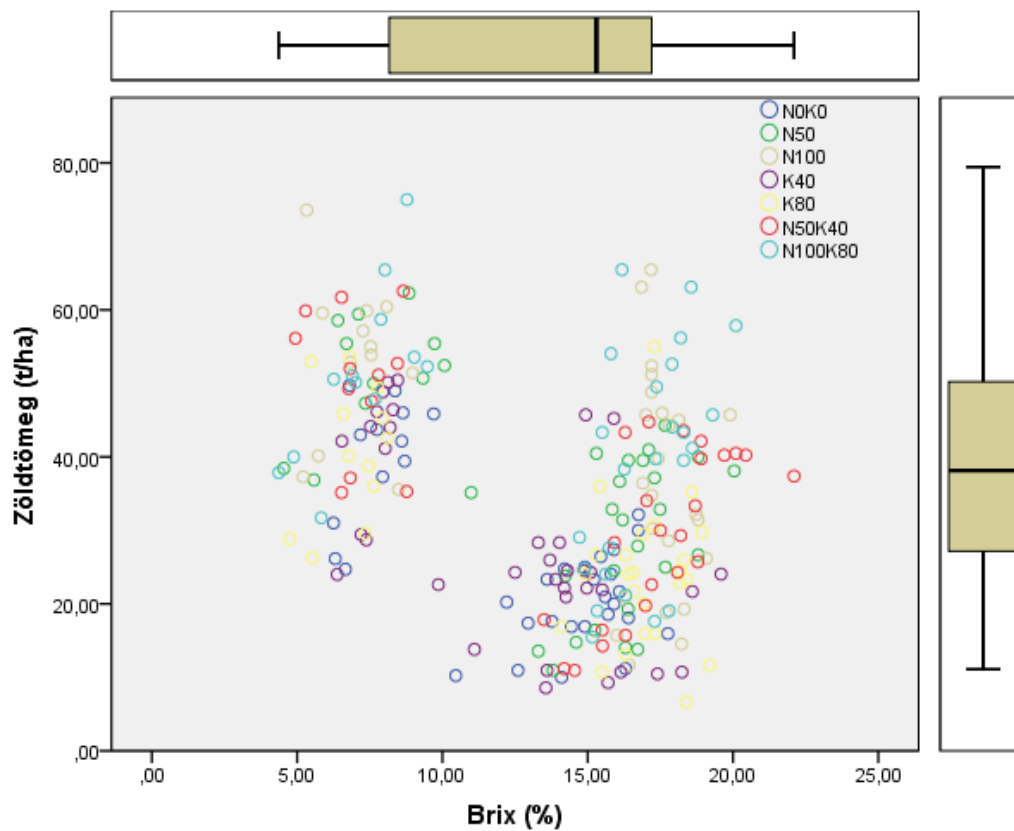
Összegzésként megállapítható, hogy az évjárathatás jelentősen befolyásolja a cukorcirok minőségi és mennyiségi paramétereit.



30. ábra Összefüggés vizsgálat a zöldtömeg és a cukortartalom között (évhatás, Gödöllő 2009-2011)



31. ábra Összefüggés vizsgálat a zöldtömeg és a cukortartalom között (művelés-hatás, Gödöllő 2009-2011)



32. ábra Összefüggés vizsgálat a zöldtömeg és a cukortartalom között (trágya-hatás, Gödöllő 2009-2011)

4.7 A szárazanyag-tartalom (Brix %) eloszlása a cukorcirok szárában

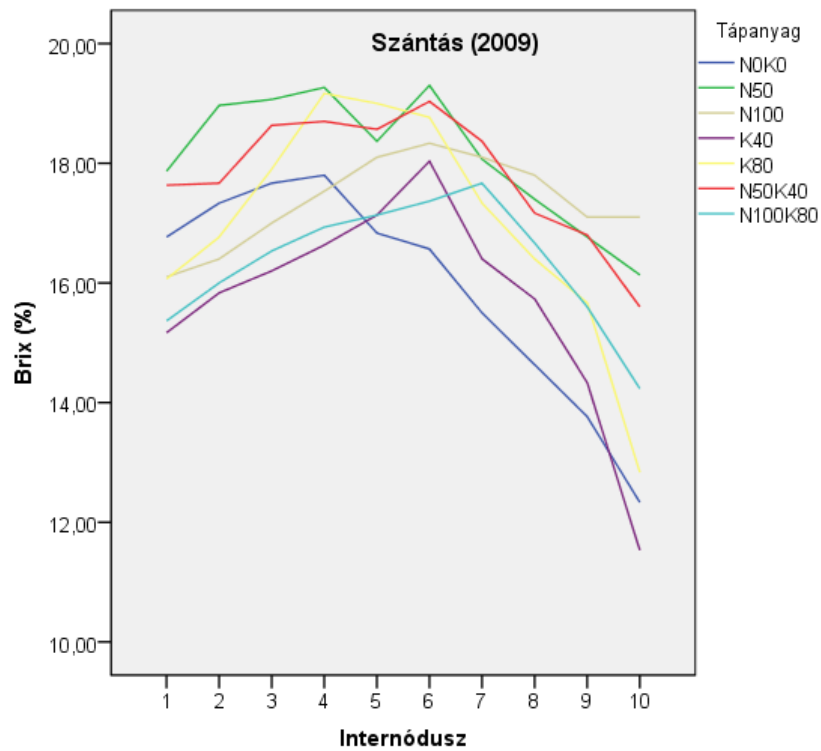
Kevés szakirodalmi hivatkozást találhatók arra vonatkozólag, hogy a cirok szárában található lé szárazanyag-tartalma miképpen oszlik meg. Nincsenek megbízható adatok arra vonatkozólag sem, hogy a talajművelésnek, a tápanyag-ellátásnak vagy egyéb agrotechnikai eljárásoknak bármiféle hatása lenne a szárazanyag-tartalom allokációjára.

A 34-45. ábrán jól megfigyelhető a szárazanyag-tartalom eloszlásának dinamikája a szárban. Az 1-es internódiumok a talaj felszínéhez közeli, és a növény szárán vertikálisan haladva felfelé a 10-es internódium a növény magasságától függően a buga közelében volt. A görbék inflexiós pontja a 3. és 6. internódium közé esik, vagyis a szárban a szárazanyag-tartalom maximális értékeit itt kaphatjuk meg. KRISHNAVENI et al. (1984) mérései alátámasztják a kapott eredményeinket miszerint a cirok középső szárrészében (4. és 6. szártag) a legmagasabb refraktorméteres-szárazanyag-tartalom. ANTAL et al. (2008) ezzel szinte megegyező megállapításokat tett, mérései alapján a cirokszár 3. és 4. nódusza között a legmagasabb a refraktorméteres szárazanyag-tartalom. CHANNAPPAGOUDAR et al. (2007) kutatásai alapján is a középső szárrész szárazanyag-tartalma a legmagasabb.

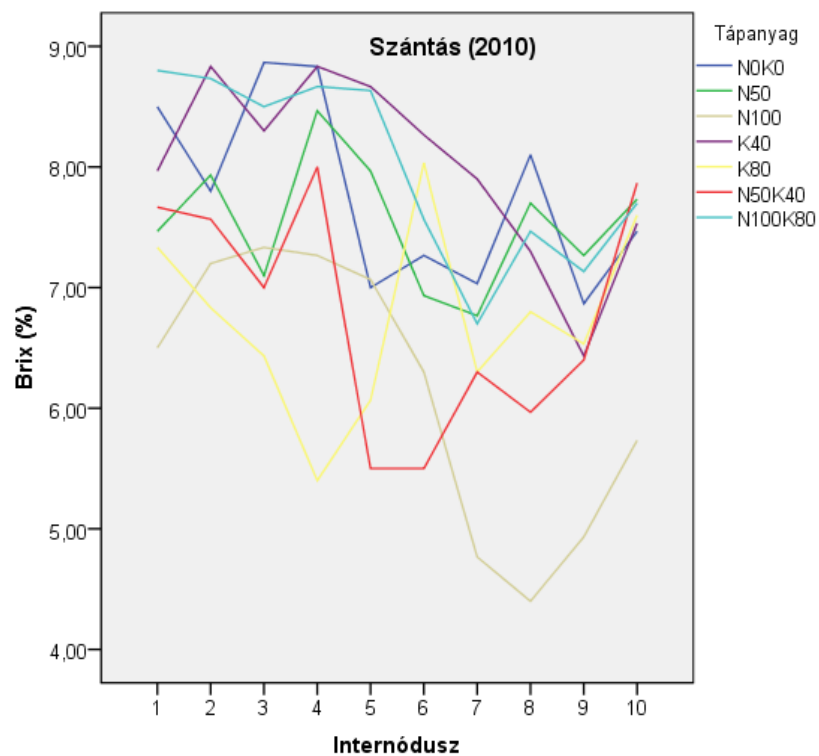
A kapott eredmények alapján kijelenthető, hogy a talajművelésnek nem volt hatása a cukortartalom eloszlására. Hasonló lefutású görbék figyelhetők meg a szántásos, direktvetéses, kultivátoros és tárcsás kezelések esetén is.

A tápanyag-gazdálkodásnak sem volt jelentős hatása az internódiumokban található cukortartalom eloszlására. Ugyanakkor megfigyelhető, hogy a kontrolhoz (N_0K_0) képest az esetek túlnyomó többségénél magasabb szárazanyag értékek olvashatóak le a grafikonokról. A kontrolkezelésnél az inflexiós pont épp az 2. és 4. internódium közé esik.

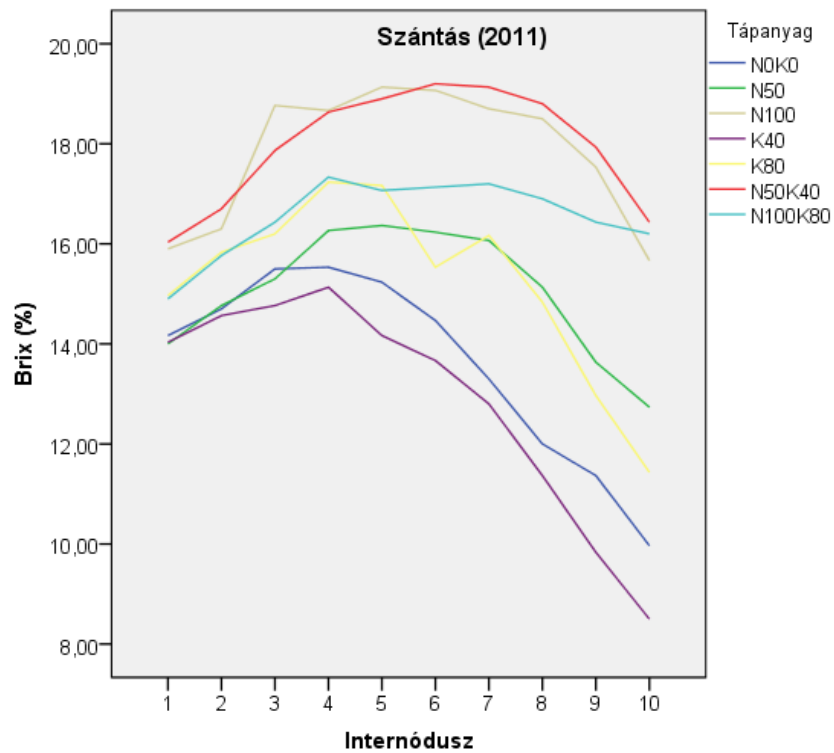
Az évjáráthatás jól megfigyelhető a 2009, 2010, 2011. éveket értékelő ábrák között. A két aszályos évben a szárazanyag lefutása egyezéseket mutat. Ezzel szemben a 2010. év eredményei nem értékelhetők (35. 38. 41. 44. ábra), az egyes internódiumok különbségei között nem lehet trendet megfigyelni.



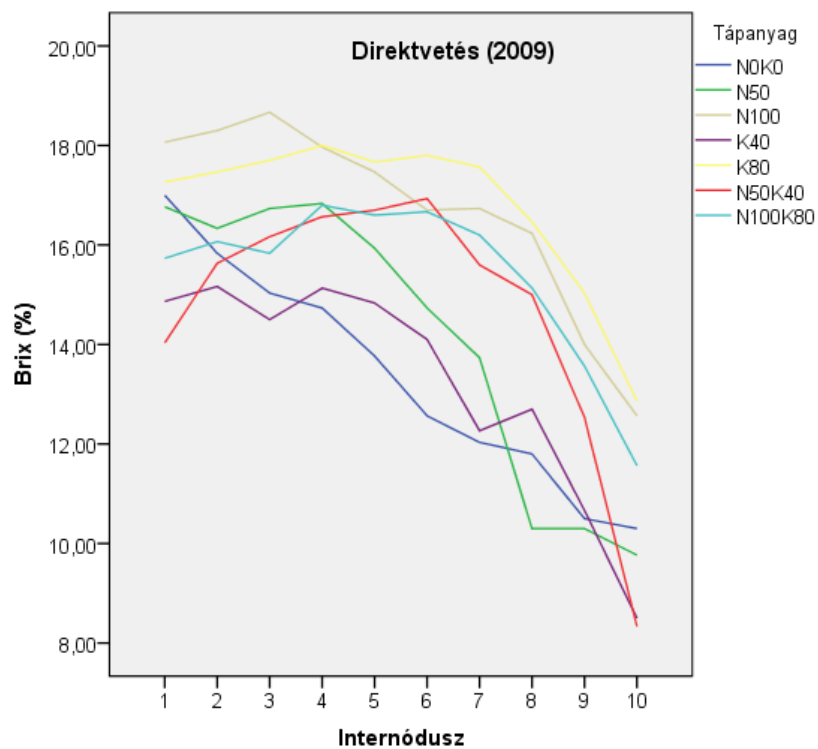
33. ábra Szárazanyag-tartalom változás a szárban szántás esetén (Gödöllő 2009)



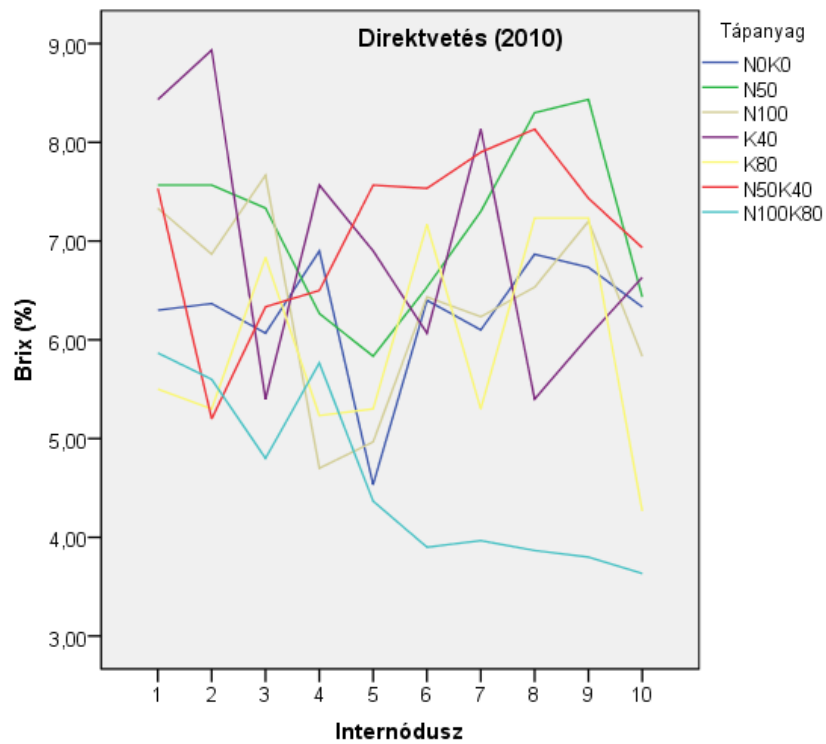
34. ábra Szárazanyag-tartalom változás a szárban szántás esetén (Gödöllő 2010)



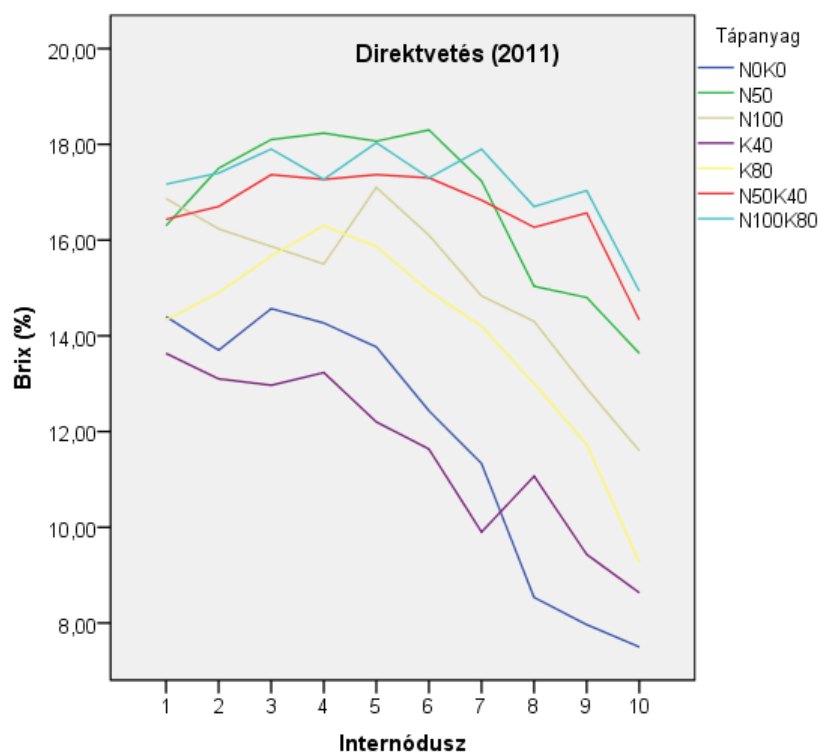
35. ábra Szárazanyag-tartalom változás a szárban szántás esetén (Gödöllő 2011)



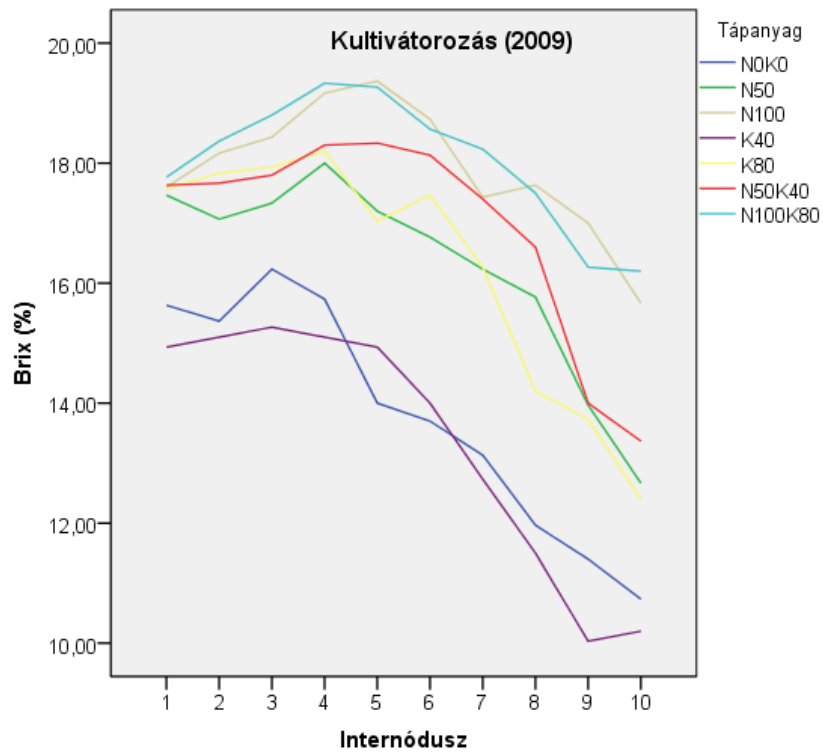
36. ábra Szárazanyag-tartalom változás a szárban direktvetés esetén (Gödöllő 2009)



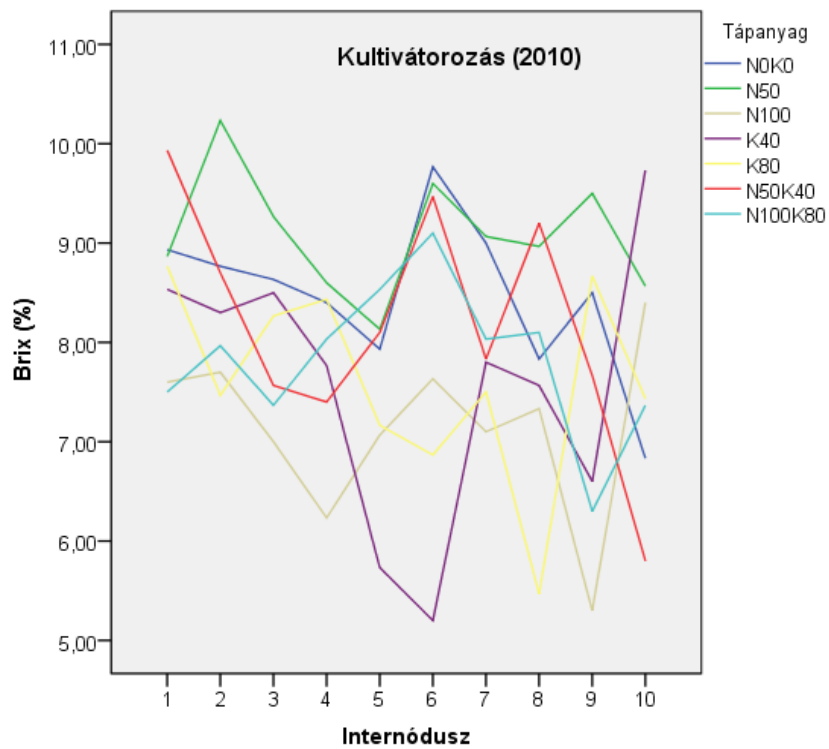
37. ábra Szárazanyag-tartalom változás a szárban direktvetés esetén (Gödöllő 2010)



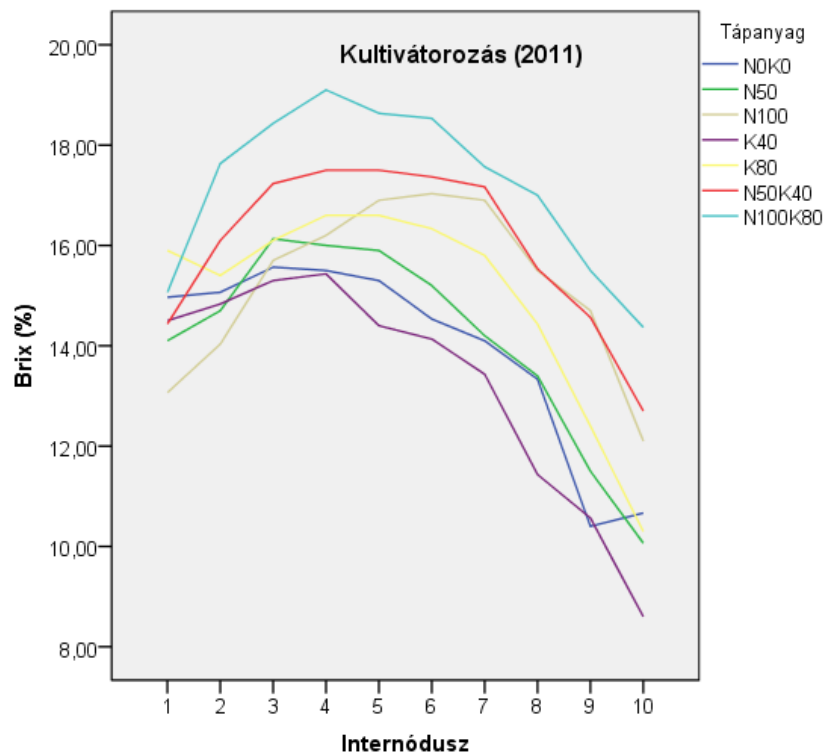
38. ábra Szárazanyag-tartalom változás a szárban direktvetés esetén (Gödöllő 2011)



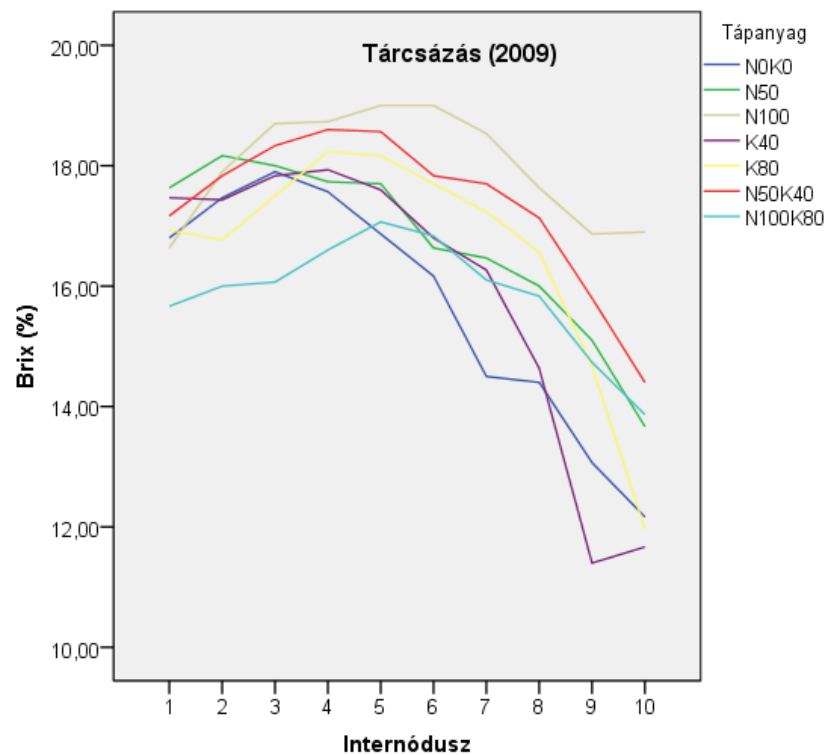
39. ábra Szárazanyag-tartalom változás a szárban kultivátoros művelés esetén (Gödöllő 2009)



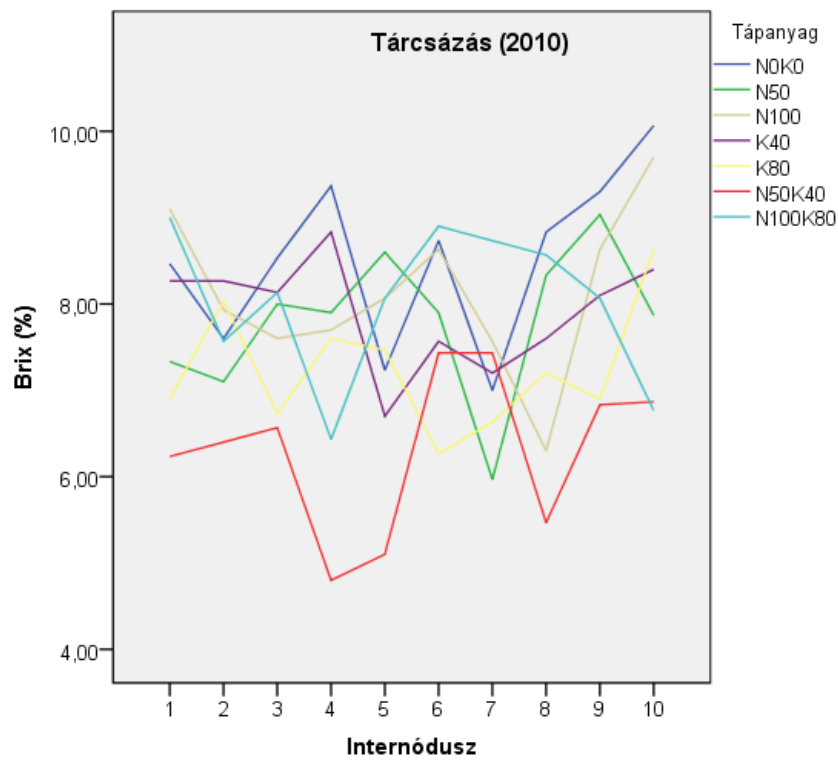
40. ábra Szárazanyag-tartalom változás a szárban kultivátoros művelés esetén (Gödöllő 2010)



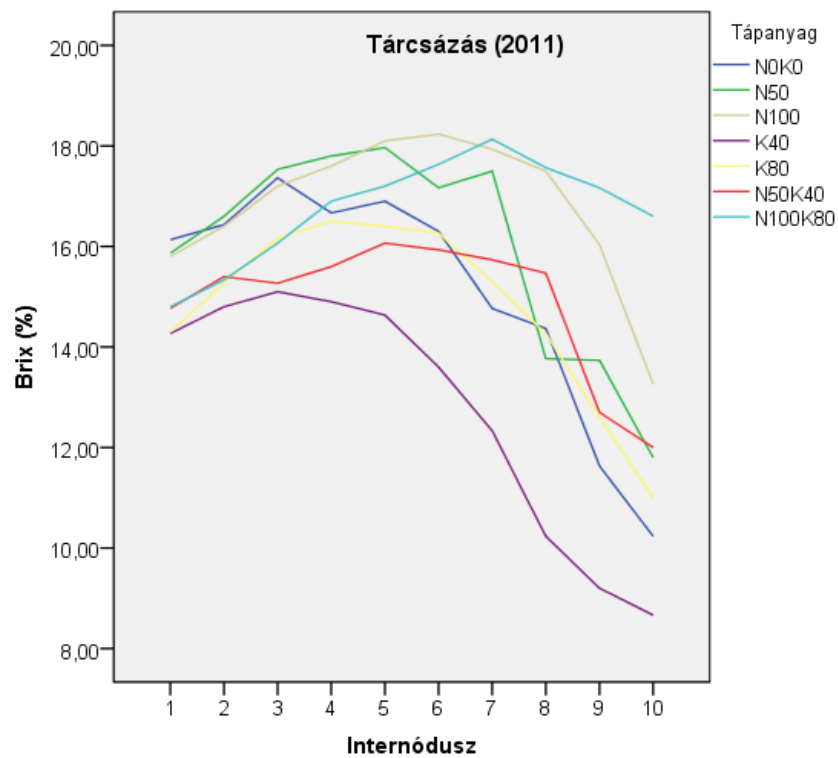
41. ábra Szárazanyag-tartalom változás a szárban kultivátoros művelés esetén (Gödöllő 2011)



42. ábra Szárazanyag-tartalom változás a szárban tárcsás művelés esetén (Gödöllő 2009)



43. ábra Szárazanyag-tartalom változás a szárban tárcsás művelés esetén (Gödöllő 2010)



44. ábra Szárazanyag-tartalom változás a szárban tárcsás művelés esetén (Gödöllő 2011)

4.8 Új tudományos eredmények

1. Bizonyítottam, hogy adott termőhelyi körülmények között (Szárítópuszta) ülepedésre hajlamos talajon a cukorcirok termesztését az alapművelés módja (forgatásos, forgatás nélküli) kevésbé, az alapművelés mélysége viszont sokkal inkább meghatározza. Legalább 25 cm-es mélységű alapművelés esetén érhető el a célnak megfelelő nagy biomassza tömeg. A direktvetés a bolygatott talajoknál kisebb nedvesség befogadó- és raktározó képesség miatt ökonómiai és szakmai szempontból sem illeszthető be a cukorcirok termesztési profiljába
2. Összefüggést állapítottam meg a talaj ellenállása és a cukorcirok biomassza hozama között. Nagyobb ellenállási értékeknél ($\geq 3,0$ MPa) a kísérlet mindhárom évében szignifikánsan kisebb zöldtömeget kaptunk.
3. A kutatás során bizonyítást nyert a szűkített talajvizsgálat elvégzésének szükségessége. Igazoltuk, hogy káliummal jól vagy igen jól ellátott területen a kijuttatott kálium műtrágya nem befolyásolta érdemlegesen a cirok szárának cukortartalmát. Nem találtunk szignifikáns különbséget a kontrol (N_0K_0) és a 40 kg ha^{-1} kálium (N_0K_1) műtrágyával kezelt parcellák zöldtömege és cukortartalma között. Szignifikáns különbséget a kombinált tápanyag kezeléseknél értünk el N_1K_1 és N_2K_2 .
4. Megállapítottam, hogy a refraktométeres szárazanyag eloszlására nincs hatással az alkalmazott talajművelési eljárás és annak módja, továbbá a tápanyag-gazdálkodás sem. E tényezőt az évhatás és a csapadék mennyisége befolyásolta.
5. Aszályos évben a cirokszár átlagos refraktométeres szárazanyag-tartalma magasabb (Brix 12-20%), mint csapadékos és hűvös (Brix 5-10%) évben.

5 KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK

Következtetések

Az értekezés alapjául szolgáló vizsgálatokat a Szent István Egyetem Növénytermesztési Tanüzemében Gödöllő Szárítópusztán, gyenge adottságú termőhelyen, rozsdabarna erdőtalajon, 2009-2011 között végeztem. A megállapításokat, következtetéseket és javaslatokat az általam elvégzett vizsgálatok alapján vontam le.

2009-ben a talajművelési kezeléseknél átlagosan 67%-al magasabb talajellenállást mértünk a vetés és betakarítási előtti talajállapotok között. A 2010-es szélsőségesen csapadékos évben 63%-al magasabb talajellenállást mértünk a vetés és betakarítási előtti talajállapotok között. A 2009-es évhez hasonló 2011-ben pedig 71%-al magasabb ellenállás értékeket mértünk a kísérletben. A három kísérleti évben a kezelésközpontokat összegezve 67%-al növekedett a talaj tömörödöttsége a betakarítás időpontjára.

A bolygatatlan talajú direktvetésben – az irodalmi adatokkal megegyezően – a művelt talajokhoz képest tömörebb (1,5-4,2 MPa) talajállapotot mutattunk ki. A betakarítás előtt mért értékek alapján mindhárom mélységben átlagosan 0,8 MPa-al emelkedett a penetrométeres rezisztencia.

A talajművelési kezelések között a vetés idején a talaj nedvességtartalma kiegyenlített volt mindhárom évben annak ellenére, hogy 2009 és 2011 aszályos év volt. Mindhárom évben a direktvetéses kezelésnél mértük a legkisebb (7,5-16,1%) talajnedvesség értékeket a betakarítás idején.

Regresszió-analízis felhasználásával összefüggéseket kerestünk a zöldtömeg-talajellenállás és a zöldtömeg-talajnedvesség között. A zöldtömeg és a talajellenállás között 0,726-os R^2 értéket kaptunk, a zöldtömeg és a talajnedvesség között pedig 0,757-es R^2 -et. Mindkét regressziónál elmondható, hogy a változók között pozitív összefüggés van, de a korreláció nem eléggé erős. 1,5-2,5 MPa közötti – adott talajon – talajellenállás érték párosul a legmagasabb zöldtömeg értékekkel.

2009-ben a talajművelési kezelések átlagában 28,7 t ha⁻¹ zöldtömeget kaptunk. 2010-ben 32,7 t ha⁻¹, 2011-ben pedig 28,9 t ha⁻¹ zöldtömeg volt a kezelések átlaga. A legmagasabb zöldtömeg a szántásos (42,2 t ha⁻¹) és kultivátoros (56,0 t ha⁻¹) kezeléseknél mértük. A direktvetéses kezelésnél kialakult talajállapot kedvezőtlen a cukorcirok egyedfejlődésére.

A 100 kg ha⁻¹ N hatóanyag az N₂K₀ kezelésnél 13,8 t ha⁻¹, míg az N₂K₂ kezelésnél 15,4 t ha⁻¹ terméstöbbletet eredményezett. A kontrollhoz viszonyítva 2009-ben az N₁K₀ kezelésnél 5,8 t ha⁻¹, N₀K₁ 1,8 t ha⁻¹, N₀K₂ 3,9 t ha⁻¹ és N₁K₁ 5,3 t ha⁻¹ terméstöbbletet takarítottunk be. A 100 kg ha⁻¹ nitrogén műtrágyaadag mindhárom évben növelte a cukorcirok zöldhozamát.

A kísérleti terület magas kálium-ellátottsága (156-206 mg kg⁻¹) ellenére a kálium kezeléseknél szintén statisztikailag igazolható hatása volt a cirok biomassza tömegére. A N-ellátottság és a biomassza közötti összefüggést vizsgálva megállapítottuk, hogy mindhárom évben az 50 kg ha⁻¹ és a 100 kg ha⁻¹ nitrogén adagok hatására növekedett a zöldhozam és igazolható a pozitív korreláció ($R^2=0,735$). 2009-ben és 2010-ben a növekvő trágyaadagú kálium kezeléseknél és a biomassza között nem tapasztaltunk összefüggést.

Vizsgáltam a talajművelés és tápanyag kezeléseknél a cukorcirok refraktométeres szárazanyag-tartalmára. 2009-ben statisztikailag igazolható különbség csak a kultivátoros kezelésnél ($SzD_{5\%}=1,1$) figyeltünk meg. 2010-ben statisztikailag egyik talajművelésnél sem igazolható a szignifikáns differencia. A 2011-es évben a szántásos ($SzD_{5\%}=0,9$) és kultivátoros ($SzD_{5\%}=0,9$) kezeléseknél igazolható a statisztikai különbség. Összességében megállapítható, hogy a talajművelési kezeléseknél nem volt jelentős hatása a cukorcirok refraktométeres szárazanyag-tartalmára.

2009-ben statisztikailag igazolható különbség az N₂K₂ kezelésnél kaptunk ($SzD_{5\%}=0,6$). A legalacsonyabb szárazanyag értékeket a N₀K₀ és N₀K₁ kezeléseknél mértük. Szignifikáns differenciát az N₀K₀ és N₂K₂ kezeléseknél mértünk. A kontrollhoz képest (N₀K₀) azonban 0,5%-al csökkent a szárazanyag-tartalom az N₂K₂ kezelésnél. A 100 kg ha⁻¹ nitrogén és 80 kg ha⁻¹ kezelésnek szárazanyag csökkentő hatása volt a 2010-es évben, amely szignifikánsan is igazolható. Pozitív szignifikáns differenciát az N₁K₁ kezelésnél figyeltünk meg. Az N₁K₁ kezelésnél a kontrollhoz képest 3,1%-os volt a szárazanyag növekedés.

2009-ben a kultivátoros kezelésnél ($R^2=0,706$) pozitív korreláció figyeltünk meg a nitrogén kezelés és a szárazanyag-tartalom között. 2010-ben az egyes talajművelési kezeléseknél nincs korreláció. 2011-ben ismét a kultivátoros ($R^2=0,626$) kezelésnél figyeltünk meg pozitív korrelációt, amely statisztikailag is igazolható. 2009-ben, 2010-ben és 2011-ben a kálium és a cirok Brix-értékek között nincs összefüggés az egyes talajművelési kezeléseknél. 2010-ben és 2011-ben a kombinált tápanyag kezelés szárazanyagra gyakorolt hatását statisztikailag nem tudtuk igazolni a kísérletben.

Vizsgáltam a cirok szárában a szárazanyag-tartalom eloszlását. A legmagasabb szárazanyag értékeket a 3. és 6. internódium között mértük. KRISHNAVENI et al. (1984) mérései alátámasztják a kapott eredményeinket miszerint a cukorcirok középső szár részében (4. és 6. szártag) a legmagasabb refraktorméteres-szárazanyagtartalom.

Javaslatok

A Gödöllői-dombság és a Növénytermesztési Intézet (Szárítópuszta) rendkívül heterogén barna erdőtalaján a talaj magas kálium-tartalma miatt a silócirok számára nem indokolt a 40 kg ha^{-1} K-t meghaladó adagok alkalmazása.

A kísérlet beállításához használt Sucrosorgo 506 silócirok hibrid biomassa produkciója 25-30%-al alulmaradt a fajtatulajdonos által meghatározott értéktől ($75\text{-}85 \text{ t ha}^{-1}$) a vizsgált termőhelyen. Az eltérő évjáratok (2009 és 2011 aszályos, 2011 extrém csapadékos) ellenére kiegyenlítettnek tekinthető a hibrid biomassa hozama. Kiváló aszálytűrő képessége beigazolódott. Habár emészthetőségi és egyéb az állattenyésztés számára fontos paramétereket nem vizsgáltam, de a hibrid kiegyenlítettsége miatt termesztése indokolt lenne a Szent István Egyetem Állattenyésztési Tanüzemében.

A kísérleti terület (Szárítópuszta) nagyon gyenge nitrogén-szolgáltató képesség miatt a silócirok sikeres termesztése indokolja a kutatás során használt 100 kg ha^{-1} N adagok növelését.

A Növénytermesztési Tanüzem talaja perctalajnak tekinthető, amely a nem okszerű talajművelés miatt szinte szerkezet nélküli és tömörödéssre és erózióra fokozottan érzékeny. Az eddigi gyakorlattól eltérően a több menetben végzett forgatásos alpművelést fel kell cserélni forgatás nélküli talajművelési rendszerekkel. A Tanüzem talajadottságait ismerve a kultivátoros alpművelés használata lenne az indokolt. Jelen megállapítás a cirokfélék termesztésén kívül minden növénykultúrára vonatkozik. Tapasztalataim alapján az alpművelés mélysége legalább 25-30 cm között változzon. Az alpművelés és egyéb más talajművelési beavatkozásnál is minden esetben zárjuk le a talajfelszínt.

A refraktométeres szárazanyag-vizsgálatot használjunk a betakarítási idő pontos megválasztásához. A méréshez szükséges szármintákat a középső szárrészből (3. és 7. internódium) vegyük meg.

6 ÖSSZEFOGLALÁS

A hazai és nemzetközi szakirodalom alapján megállapítható, hogy a cukorcirok a bioetanol és biogáz üzemek számára jó alapanyagot jelenthet. A növény alternatívát adhat azokon a területeken, ahol a kukorica termesztése nem gazdaságos. Ugyanakkor a betakarítás, tárolás, termesztéstechnológia és biológia alapok terén további kutatások szükségesek annak érdekében, hogy a növényben rejlő potenciális lehetőségek teljes mértékben kiaknázhatók legyenek. Az agrotechnikai eljárásoknak a cirok esetében is a növény és a talaj igényeihez kell igazodniuk.

A kísérleti terület ökológiai adottságai kifejezetten kedvezőtlenek, amelyet a vizsgálati évek szeszélyes időjárása nehezített. A 2009. és 2011. év extrém száraz volt, míg a 2010. épp ellenkezőleg. Ennek ellenére vizsgálataink szerint a Gödöllői dombság kedvezőtlen termőhelyi körülményei között termesztett cukorcirok az aszályos évek ellenére is képes a nemzetközi és hazai kísérletekben elért biomassa-produktumra.

A szakirodalom szerint az alkalmazott agrotechnikával jelentősen befolyásolhatók a talaj fizikai és biológiai folyamatai. Kísérletünkben a forgatásos és a forgatás nélküli eljárások – bár eltérő hatással – egyaránt eredményesnek bizonyultak. Megegyezően az irodalmi adatokkal, továbbá a saját tapasztalatokkal, a tömörödsre érzékeny, alacsony szervesanyag- és humusztartalmú talajokon (Szárítópusztá) a direktvetés alkalmazása kockázatos.

A trágyaadagok befolyásolták a cukorcirok biomassa hozamát. A nitrogén hatóanyag a vizsgálat három évében jelentős mértékben elősegítette a biomassa és a beltartalmi paraméterek növekedését. A nitrogén műtrágyázás hatására a talajművelési kezelések átlagában 25-30%-al nőtt a hektáronkénti zöldtömeg. A nitrogén hatóanyag elősegítette a kálium felvételét is. A csupán kálium műtrágyázásban részesült kezelések biomassa hozama és cukortartalma statisztikailag igazolható módon nem változott.

A cukorcirok energetikai célú termesztésének a gyakorlatban a kedvezőtlen adottságú területeken lehet létjogosultsága, ezért a fenti eredmények iránymutatóak lehetnek kedvezőbb évek esetén is. A növénytermesztési kutatások eredményei még azonos termőhelyi viszonyok között is feltételesen terjeszthetők ki más időjárási feltételek közé, azonban az aszályos évek egyre valószínűbb megjelenése miatt a 2009. és 2011. évi eredményeink kiindulópontjai lehetnek a cukorcirok energetikai célú termesztésének kiterjesztéséhez.

7 SUMMARY

According to the national and international studies it can be stated that sweet sorghum might be a good stock for bio-ethanol and bio-gas factories. This plant can provide an alternative in those fields where corn-cultivation is uneconomic. However, further research is needed in the fields of harvesting, storage, production techniques and biological substratum in order to exploit all the potential opportunities inherent in the plant. The agronomic procedures need to be well adjusted to the needs of the plant and the soil.

The ecological characteristic of the examined area is especially unfavorable which was made even worse by the treacherous weather of the tested years. The weather was extremely dry in 2009 and in 2011, while in 2010 it was exactly the opposite. Nonetheless, according to our analysis, grown in poor condition of the Godollo's hills and subjected to drought years sweet sorghum is even though capable for biomass product described in national and international studies.

According to the studies, the soil's physical and biological processes can be significantly affected by the applied agrar-technologies. In our experiment, procedures with and without rotation were successful, though with different effects. In line with the studies and our experiences the use of direct seeding is risky in fields which are sensitive to pack and contain low level of organic matter and humus (Szaritopuszta).

Fertilizer doses affect the yield of sweet sorghum biomass. Nitrogen substance contributed significantly to the growth of the biomass and nutritional parameters during the three years of the study. As the effect of nitrogen fertilization, there was a 25-30% increase in fresh weight per hectare. The nitrogen substance facilitated the uptakes of potassium as well. The yield of biomass and the sugar content have not changed in those fields where only potassium fertilizer have been used.

In practice, sweet sorghum cultivation for energy purposes might have legitimacy in less favored areas so these results may provide guidance in the case of more favorable years. Even with the same site conditions the results of the crop cultivation's research can be extended only partly because of changing weather conditions. However, due to the frequent appearance of the drought years the year of 2009 and 2011 can be the starting points for the extention of the sweet sorghum cultivation for energy purposes.

8 MELLÉKLETEK

8.1 M1. Irodalomjegyzék

1. **ÁBRAHÁM É. B.** (2011): A cirok termesztése. Agrofórum. 2011/3.24-26.
2. **ALABUSHEV A. V. - SHISHKIN N. V. - GERASIMENKO G. L. - GERASIMENKO T. V.** (1996): Different methods of harvesting sweet sorghum. Kukuruzai-Sorgo 6:12-13.
3. **ALMODARES A. – TAHERI R. –CHUNG MIN III. – FATHI M.** (2008): The effect of nitrogen and potassium fertilizers on growth parameters and carbohydrate contents of sweet sorghum cultivars. Journal of Environmental Biology. 29:6. 849-852.
4. **ANTAL J. - EGERSZEGI S.- PENYIGEY D.** (1966): Növénytermesztés homokon, Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, Bauer F., Hepp F., 202-206.
5. **ANTAL J.** (2000):Növénytermesztők zsebkönyve. Mezőgazda Kiadó. Budapest. 107-338.
6. **ANTAL K. – ÁBRAHÁM É. B. - BLASKÓ L. - BALOGH I.** (2008): Evaluation of sweet sorghum lines from the point of view of bioethanol and cellulose production. Cereal Research Communication. 36:1256-1258.
7. **ANTONOPOULOU G. – GAVALA H. N. – SKIADAS I. V. – ANGELOPOULOS K. – LYBERATOS G.** (2008): Biofuels generation from sweet sorghum: Fermentative hydrogen production and anaerobic digestion of the remaining biomass. Bioresource Technology. 99: 110-119.
8. **AUDILAKSHMI S. - MALL A. K. - SWARNALATHA M. - SEETHARAMA N.**(2010): Inheritance of sugar concentration in stalk (brix), sucrose content, stalk and juice yield in sorghum, Biomass and Bioenergy. 34. 813-820.
9. **AVASI Z. - PÉTER J.** (2007): A cirok és a silókukorica társításának előnyei és hátrányai. Agrár- és Vidékfejlesztési Szemle 2. 2:155-161.
10. **BAI A. – LAKNER Z. – MAROSVÖLGYI B. – NÁBRÁSI A.** (2002): A biomassza felhasználása, Szaktudás Kiadó Ház, Budapest. 140-163.
11. **BAI A.** (2004): A bioetanol-előállítás gazdasági kérdései. Agrártudományi közlemények. 14: 30-38.
12. **BAJAI J. – LÁNG G.** (1970): A növénytermesztés kézikönyve I. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest. 331-342.

13. **BALASUBRAMANIAN A. - RAMAMOORTHY K.** (1996): Effect of plant geometry, nitrogen levels and time of harvest on the productivity of sweet sorghum. Madras Agricultural Journal. 1998. 83. 7:462-463.
14. **BÁLINT A.** (1966): Mezőgazdasági növények nemesítése. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest. 377-387.
15. **BAN J. - YU J. - ZHANG X. - TAN T.** (2008): Ethanol production from sweet sorghum residual, Front. Chem. Eng. China 2. 4: 452-455.
16. **BÁNYAI L.** (1967): Cirok fajtagyűjteményben végzett morfológiai és fenológiai vizsgálatok eredményei. Agrobotanika IX. 155-177.
17. **BARABÁS Z. – FARAGÓ L.** (1980): A hibrid szemescirok. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest. 91.
18. **BARÁTH CS-NÉ - ITTZÉS A. - UGRÓSDY GY.** (1996): Biometria. Mezőgazda Kiadó. Budapest
19. **BERÉNYI B.- SZABÓ L.** (2001):, Növénytermesztés trópusokon- szubtrópusokon, Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó, Budapest, 38-44.
20. **BERTANI R.** (2010): Geothermal Power Generation in the World 2005–2010 Update Report,
21. **BIRKÁS M.** (2001): Talajművelés a fenntartható gazdálkodásban. Akaprint Nyomdaipari Kft. Budapest. 83-85.
22. **BIRKÁS M.** (2010): Talajművelők zsebkönyve. Mezőgazda Kiadó. Budapest. 224-225.
23. **BITTERA M.** (1930): Növénytermesztéstan II./ Különleges növénytermesztéstan, Országos magyar gazdasági egyesület könyvkiadó-vállalat, Budapest, 289-293, 308-309.
24. **BLOTKAMP P. J. – TAKAGI M. – PEMBERTON M. S. – EMERT G. H.** (1981): Enzymatic hydrolysis of cellulose and simultaneous fermentation to alcohol. AICHE symposium series. 181. 74:85-95.
25. **BOCZ E.** (1992): Szántóföldi növénytermesztés. Mezőgazda Kiadó. Budapest. 423-433.
26. **BOKORI J. – KOVÁCS G.** (1996) In. Takarmányozástan. Szerk: Schmidt János. Mezőgazda Kiadó. Budapest. 191.
27. **BONARI E. – MAZZONCINI M. – PETRINI C.- BAZZOCCHI R. – MASONI A.** (1996): Effect of irrigation and nitrogen supply on biomass production from sorghum in northern central Italy. Agr. Med. 126: 217-226.
28. **BULAWAYO B. - BVOCHORA J. M. - MUZONDO M. I. - ZVAUYA R.** (1996): Ethanol fermentation by fermentation of sweet stem sorghum juice using various yeast strains. World journal of Microbiology and Biotechnology. 12:4. 357-360.

29. **BUXTON D. R. – ANDERSON I. C. – HALLAM A.** (1999): Performance of sweet and forage sorghum grown continuously, double-cropped with winter rye or rotation with soybean and maize. *Agronomy Journal*. 91: 93-101.
30. **BUZÁS I.** (1983): A növénytaplálás zsebkönyve, Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 78, 109, 111.
31. **BÜKI G.** (2011): Megújuló energiák hasznosítása. Magyar Tudományos Akadémia. Budapest. 23-98.
32. **CAKMAKCI S. - GUNDUZ I. - AYDINOGLU B. - TUSUZ M. A.** (1999): Effect of different harvesting times on yield and quality of sorghum (*Sorghum bicolor* L.) silage. *Türkisch Journal of Agricultural and Forestry*. 23 .3: 603-611.
33. **CAPSTICK D. F.- KEOGH J. L. – MAPLES R.** (1962): Grain sorghum fertilization, an economic analysis for detected test site in eastern Arkansas. *Spec. Rep. Arkansas*. 11-28.
34. **CHANNAPPAGOUDAR - B. B. - BIRADAR N. R. - PATIL. - J. B. - HIREMATH S. M.** (2007): Assessment of Sweet Sorghum Genotypes for Cane Yield, Juice Characters and Sugars Levels. *Journal Agricultural Scientist*. 20. 2:294-296.
35. **CHAVAN U. D. - PATIL J. V. - SHINDE M. S.** (2009): An assessment of sweet sorghum cultivars for ethanol production, *Sugar Tech* 11 (4), 319-323.
36. **CHRAPPAN GY. - FAZEKAS M.** (2004): Cirokfajták és hibridek nemesítése szélsőséges éghajlati és talajadottságok mellett, minőségjavítás: Integrált agrárgazdasági modellek a XXI. század mezőgazdaságában. *Növénytermelés*. 53:101-104.
37. **DARÓCZI S.- LELKES J.** (1999): A szarvasi PENETRONIK talajvizsgáló nyomószonda alkalmazása. *Gyakorlati Agroforum*. 10. 7. 16–18.
38. **DOLCIOTTI I. – MAMBELLI S. – GRANDI S. – VENTURI G.** (1998): Comparison of two sorghum genotypes for sugar and fiber production. *Industrial Crops and Products*, 7: 265-272.
39. **EL RAZEK A. M. A. - BESHEIT S. Y.** (2009): Potential of some sweet sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) varieties for syrup and ethanol production in Egypt, *Sugar Tech* 11 (3), 239-245.
40. **ERDEI É. - PEPÓ P. - TÓTH SZ. - KOVÁCSNÉ O. H. - SZABÓ B.** (2010): Effect of sweet sorghum (*Sorghum dochna* L.) restorer lines stalk juice nutritional parameters. *Növénytermelés* 59. 381-384.
41. **ERDEI É. - PEPÓ P.** (2008): Sugar contents of stalk juices in sweet sorghum types. *Cereal Research Communications*, Vol. 36. (3):1427-1430.
42. **FARKAS I.** (2003): Napenergia a mezőgazdaságban. Mezőgazda Kiadó, Budapest, 37-51.

43. **FECZÁK J.** (2006): A cukorcirok hasznosítása alternatív energiaként. *Vetőmag*. 13:3. 20-21.
44. **FOGARASSY CS.** (2001):Energianövények a szántóföldön. SZIE GTK Európai Tanulmányok Központja. Gödöllő. 50-54.
45. **GHATAK H. R.** (2011): Biorefineries from the perspective of sustainability: Feedstocks products and processes, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 15, 4042-4052.
46. **GNANSOUNOU E. – DAURIAT A. – WYMAN C. E.** (2005): Refining sweet sorghum to ethanol and sugar: economic trade-offs in the context of North China. *Bioresour. Technol.* 96: 985-1002.
47. **GOSHADROU A. - KARIMI K. - TAHERZADEH M. J.** (2011): Bioethanol production from sweet sorghum bagasse by *Mucor hiemalis*, *Industrial Crops and Products* 34, 1219-1225.
48. **GOSSE G.** (1996): Overview on the different filiéres for industrial utilisation of sorghum. Proc. First seminar on sorghum for energy and industry. Toulouse. 1996. Apr 1-3. 10-15.
49. **GRÁBNER E.** (1942): Cukor és fenyércirok. In: Szántóföldi növénytermesztés. Pátria Irodalmi Vállalat és Nyomdai Részvénytársaság. Budapest. 908-910.
50. **GRIMES D. W. - MUSICK J. T.** (1963): Effects of soil moisture and nitrogen fertilization of irrigated grain sorghum on dry matter production and nitrogen uptake on selected stages of plant development. *Agronomy Journal*. 55. 4:393-396.
51. **GUIGOU M. - LAREO C. - PÉREZ L. V. - LLUBERAS M. E. - VAZQUEZ D. - FERRARI M.D.** (2011): Bioethanol production from sweet sorghum: Evaluation of post-harvest treatments of sugar extraction and fermentation, *Biomass and Bioenergy* 35, 3058-3062.
52. **GUO Y. - HU S. Y. - LI Y. R. - CHEN D. J. - ZHU B. - SMITH K. M.** (2010): Optimization and analysis-of a bioethanol agro-industrial system from sweet sorghum, *Renewable Energy* 35, 2902-2909.
53. **GYÖKÉR A.** (1977): A takarmánycirok honosítása. *Magyar Mezőgazdaság*. 32. 41:7-8.
54. **GYÖKÉR A.** (1978): Országos tanácskozás a ciroktermesztésről. *Magyar Mezőgazdaság*. 32. 44:8-9.
55. **GYURICZA CS. - KOVÁCS G. P. - BALLA I.** (2013): Energiatermelés biomasszából, Belügyminisztérium, Budapest, 11, 22-26.
56. **GYURICZA CS.** (2008): Cukorcirok termesztése energetikai hasznosításra. *Agronapló* 12. 4: 75-76.

57. **HAN P. L. - STEINBERGER Y. - ZHAO Y. L. - XIE G. H.** (2011): Accumulation and partitioning of nitrogen, phosphorus and potassium in different varieties in sweet sorghum, *Field Crops Research* 120, 230-240.
58. **HORTON L. – RIVERS B. – EMERT G. H.** (1980): Preparation of celluloses for enzymatic conversion. *EC Product and Research*. 19. 422-429.
59. **HUBBARD J. E. - HALL H. H. - EARLE F. R.** (1950): Composition of the component of the sorghum Kernel. *Cereal Chem.* 27.420-425.
60. **HUNSIGI G. - YEKKELI N. R. - KONGAWAD G. Y.** (2010): Sweet stalk sorghum: an alternative sugar crop for ethanol production, *Sugar Tech* 12 (1), 79-80.
61. **IVARSSON E. – NILLSON C.** (1988): Smelting temperature of straw ashes with and without additives. *S. I. L. B. S. L.* 153, 84.
62. **IZSÁKI Z. – NÉMETH T.** (2008): A N-ellátottság hatása a silócirok terméshozamára és minőségére. *Agronapló*. 12. 4: 77-78.
63. **JOLÁNKAI M.** (2009): Energetikai növénytermesztés környezet- és talajvédelmi aspektusai, MTA SZIE Agronómiai Kutatócsoport. AKAPRINT Kiadó. Budapest
64. **JÓZSA L.** (1976): A takarmánycirok termesztése és felhasználása. *Mezőgazdasági Kiadó*. Budapest. 53-75.
65. **KAIEN R. – FUMITAKA S. – JUN A. – SHIGENORI M.** (2012): Biomass yield and nitrogen use efficiency of cellulosic energy crops for ethanol production. *Biomass and Bioenergy* 37. 330-334.
66. **KAPÁS S.** (1969): Magyar növénytermesztés, Akadémia Kiadó, Budapest, 210-216.
67. **KAPOCSI I. –LAZÁNYI J. – KOVÁCS B.** (1984): A cukorcirok törzsek és hibridkombinációk termőképességének vizsgálata hígtrágyával öntözött területen. *Növénytermelés*. 33. 6:529-533.
68. **KARELLAS S. – BOUKIS I. – KONTOPOULOS G.** (2010): Development of an investment decision tool for biogas production from agricultural waste. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 14: 1273-1282.
69. **KERESZTESY S.** (1985): Hybar silócirok termesztési és hasznosítási technológia. Az Ócsai *Hybar* Takarmánycirok Termelési és Hasznosítási Rendszer kiadványa, 1-22.
70. **KÉSMÁRKI I.** (2005): Silócirok. [In: Antal J. (szerk.) *Növénytermesztástan* 2. Gyökér - gumós növények, olaj- és ipari növények, takarmánynövények.] *Mezőgazda Kiadó*. Budapest. 553-558.
71. **KETSKEMÉTY L. – IZSÓ L. – KÖNYVES T. E.** (2011): Bevezetés az IBM Statistics programrendszerbe. Artéria Stúdió Kft. Budapest

72. **KNIGHT B. – WESTWOOD A.** (2005): Global growth: the world biomass market. *Renewable Energy World*. 8(1): 118-127.
73. **KRISHNAVENI S. - THEYMOLI B. - SADASIVAM S.** (1984): Sugar distribution in sweet stalk sorghum. *Food Chemistry*. 15. 3: 229-232.
74. **KWON Y. J. - WANG F. - LIU C. Z.** (2011): Deep-bed solid state fermentation of sweet sorghum stalk to ethanol by thermotolerant *Issatchenkia orientalis* IPE 100, *Bioresource Technology* 102, 11262-11265.
75. **LADDHA K. C. – TOTAWAT K. L.** (1997): Effect of deep tillage under rainfed agriculture on production of (*Sorghum bicolor* L. Moench) intercropped with green gram (*Vigna radiata* L: Wilczek) in western India. *Soil and Tillage Research*. 43: 241-250.
76. **LÁNG G.** (1966): Szántóföldi növénytermesztés. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 388-390.
77. **LÁNG G.** (1970): A növénytermesztés kézikönyve I., Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 331-369.
78. **LÁSZTITY B.** (1995): A szemes cirok fejlődése és a makroelem tartalmak változása a tenyésztési folyamán N, P, K kísérletben. *Növénytermelés*. 44. 3: 293-298.
79. **LINTON J. A. - MILLER C. - LITTLE R. D. - PETROLIA D. R. - COBLE K. H.** (2011): Economic feasibility of producing sweet sorghum as an ethanol feedstock in the southeastern United States, *Biomass and Bioenergy* 35, 3050-3057.
80. **LUKÁCS G. S.** (2009): Zöldenergia, mint a kedvezőtlen termőhelyű térségek kitörési lehetősége, Szaktudás Kiadó Ház, Budapest, 71.
81. **MÁTÉ A.** (2005): Növénytermesztési Tanüzem. Tanulmány. Gödöllő
82. **MATHERS A. C.** (1980): Manure and inorganic fertilizer effects on sorghum and sunflower growth on iron deficient soil. *Agronomy Journal*, 72. 6.1025-1029.
83. **MEKBIB F.** (2006): Farmer and formal breeding of sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) and the implications for integrated plant breeding. *Euphytica*. 152: 163-176.
84. **MÉM** (1982): Cirok tápanyagellátása és növényvédelme. Budapest, 4. évfolyam.
85. **MUMINOV N. S. H.** (1997): Dynamics of the accumulation of sugar in sweet sorghum. *Chemistry of Natural Compounds*. 33:3: 353-354.
86. **NÉMETH T.** (2002): A silócirok, mint alternatív tömegtakarmány termő növény. *Gyakorlati Agrofórum*. XII. 54-55.
87. **NÉMETH T.** (2008): A tápanyagellátás hatása a silócirok (*Sorghum bicolor* L./Moench) tápelem-felvételére, szárazanyag-felhalmozására és termés hozamára. Doktori értekezés
88. **OUÉDRAOGO E. – STROOSNIJDER L. – MANDO A. – BRUSSAARD L. – ZOUGMORÉ R.** (2007): Agroecological analysis and economic benefit of organic

- resources and fertiliser in till and no-till sorghum production after a 6-year fallow in semi-arid West Africa. *Nutrition Cycl in Agroecosyst.* 77: 245-256.
89. **PANTSKHAVA E. S. – POZHARNOV V. A.** (2006): Biofuel and power engineering. Russia's Capabilities. *Thermal Engineering.* 53. 3: 231-239.
 90. **PATEL G. N. - PATEL P. G. - PATEL J. C.** (1994): Effect of nitrogen and phosphorus on yield quality of forage sorghum (*Sorghum bicolor*). *Indian Journal of Agronomy.* 39:1.123-125.
 91. **PATEL K. I. - AHLAWAT R. P. S. - TRIVEDI S. J.** (1992): Effect of nitrogen and phosphorus on growth and yield of forage sorghum in clayey soil. *Gujarat Agricultural University Research Journal.* 18:1.106-107.
 92. **PHOLSEN S. – HIGGS D. E. B. – SUKSRI A.** (2001): Effect of nitrogen and potassium fertilisers on growth, chemical components and seed yield of forage sorghum (*Sorghum bicolour* L. Moench) grown on oxic paleustults, Northeast Thailand. *Pakistan Journal of Biological Sciences.* 4. 1: 27-31.
 93. **RAFFAI F.** (2010): A Dunára elférne még két nagyörömű. *Zöld Energia Magazin.* I Évfolyam. 34-35.
 94. **RÁSONYI PAPP G.** (1943): Méznád néven elterjedt édescirok termelése, feldolgozása és nemzetgazdasági jelentősége. Paulovits Imre Könyvnyomdája, Budapest. 16-21.
 95. **RATNAVATHI C. V. - SURESH K. - VIJAY KUMAR B. S. - PALLAVI M. - KOMALA V. V. - SEETHARAMA N.** (2010): Study on genotypic variation for ethanol production from sweet sorghum juice. *Biomass and Bioenergy.* 2010. 1-6.
 96. **ROCATELI A. C. - RAPER R. L. - BALKCOM K. S. - ARRIAGA F. J. - BRANSBY D.I.** (2012): Biomass sorghum production and components under different irrigation/tillage systems for the southeastern U.S. *Industrial Crops and Products* 36, 589-598.
 97. **RONGHOU L. - JINXIA L. - FEI S.** (2008): Refining bioethanol from stalk juice of sweet sorghum by immobilized yeast fermentation. *Renewable Energy.* 33. 5:1130-1135.
 98. **ROSS, W. A.- DUNGAN, G. H.** (1957): *Growing Field Crops*, Mc Graw-Hill Book Company Inc, USA, 105-143.
 99. **RUANE J. - SONNINO A. - AGOSTINI A.** (2010): Bioenergy and the potential contribution of agricultural biotechnologies in developing countries, *Biomass and bioenergy* 34, 1427-1439.
 100. **RUSSO V.M. - FISH W. W.**(2012): Biomass, extracted liquid yields,sugar content or seed yields of biofuel feedstocks as affected by fertilizer, *Industrial Crops and Products* 36, 555-559.

101. **SAKELLARIOU-MAKRANTONAKI M. – PAPALEXIS D. – NAKOS N. – KALAVROUZOTIS I. K.** (2007): Effect of modern irrigation methods on growth and energy production of sweet sorghum (var. Keller) on a dry year in Central Greece. *Agricultural Water Management*. 90: 181-189.
102. **SÁRI L.** (1980): A takarmánycirok termesztése. Gyakorlati tapasztalat. *Magyar Mezőgazdaság*. 35. 34.:10.
103. **SÁRKÖZY P.** (1994): Biogazda 2./Szántóföldi és kertészeti növénytermesztés, Biokultúra Egyesület, Budapest, 75-76,122.
104. **SCHERTZ K. F.** (1979): Biology of sorghum. Biology and Breeding for Resistance to Arthropods and Pathogenes in Agricultural Plants, Proceeding of a short course. Texas J and M University.
105. **SEMBERY P. – TÓTH L.** (szerk.) (2004): Hagyományos és megújuló energiák. Szaktudás Kiadó Ház, Budapest 283-298
106. **SEVELUHA, V. SZ.** (1985): A mezőgazdasági növények növekedésének szakaszossága és a szabályozás lehetőségei, *Mezőgazdasági Kiadó*, Budapest, 117-119.
107. **SHEN F. - PENG L. - ZHANG Y -, WU J. - ZHANG X. - YANG G. - PENG H. - QI H. - DENG S.** (2011): Thin-layer drying kinetics and quality changes of sweet sorghum stalk for ethanol production as affected by drying temperature, *Industrial Crops and Products* 34, 1588-1594.
108. **SIKLÓBINÉ R. E. – HARMATI I. – RADIZS L.** (2001): Alternatív növények termesztése I. *Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó*. Budapest. 266-314.
109. **SIKLÓBINÉ R. E.** (1991): Silókukorica és silócirok együtt. *Magyar Mezőgazdaság*. 46. 17:11.
110. **SIKLÓBINÉ R. E.** (2001): Takarmánycirok termesztés, haszonnal. *Gabonakutató Híradó*. 15:11-12.
111. **SIPOS B. - RÉCZEY J. - SOMORAI ZS. - KÁDÁR ZS. - DIENES D. - RÉCZEY K.** (2009): Sweet Sorghum as Feedstock for Ethanol Production: Enzymatic Hydrilysis of Steam-Pretreated Bagasse, *Appl Biochem Biotechnol* 153, 151-162
112. **SMILOVENKO L. A. - POIDA V. B.** (1999): Evaluation of sweet sorghum on normal chernozems in Rostov province. *Kukuruza-i-Sorgo*. 1:11-12.
113. **SMITH G. A. – BAGBY M. O. – LEWELLAN R. T. – DONEY D. L. – MOORE P. H. – HILLS F. J. – CANPBELL L. G. – HOGABOAM G. J. – COE G. E. – FREEMAN K.** (1987): Evaluation of sweet sorghum for fermentable sugar production potential. *Crop Science*. 27. 4: 788-793.

114. **STEFANOVITS P.** (1999): Főtipusok, típusok és altípusok In: Stefanovits P., Filep Gy. Fülek Gy. Talajtan. Mezőgazda Kiadó. Budapest.
115. **SURÁNYI J.** (1926): Növénytermesztési közlemények: Újabb termesztési adatok a cukorcirok-csalamádéről; Termesztési kísérletek szudáni fűvel és fénycirokkal.
116. **SVÁB J.** (1981): Biometriai módszerek a kutatásban. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
117. **SZABÓ L.** (1983): Melegövi növénytermesztéstani ismeretek 2. Egyetemi Jegyzet, Gödöllő. 59-67.
118. **TAIXERA C. G. - NICOLELLA G. - ZORONI M. H.** (1999): Effect of harvesting date on sugar content of sweet sorghum stalks. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*. 34:9.1601-1606.
119. **TÁLAS GY.** (2009): A cukorcirok felhasználás lehetőségei a bioenergia termelésben kedvezőtlen termőhelyi adottságú talajokon. *Agroinform*. 18. 4: 12.
120. **TARPLEY L. - VIETOR D.M.** (2007): Compartmentation of sucrose during radial transfer in mature sorghum culm, *BMC Plant Biologie* 6, 1-10.
121. **TIAN Y. – ZHAO L. – MENG H. – SUN L. – YAN J.** (2009): Estimation of un-used land potential for biofuels development in (the) Peoples's Republic of China. *Applied Energy*. 86: 77-85.
122. **TSUCHIHASHI N. – GOTO Y.** (2004): Cultivation of sweet sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) and determination of its harvest time to make use as the raw material for fermentation, practiced during rainy season in dry land of Indonesia. *Plant Production Science*. 7. 4: 442-448.
123. **VÁRALLYAY GY.** (2007): Soil resilience (Is soil a renewable natural resource?) *Cereal Research Communication*. 35. 2: 1277-1280.
124. **VASILAKOGLU I. - DHIMA K. - KARAGIANNIDIS N. - GATSIS T.** (2011): Sweet sorghum productivity for biofuels under increased soil salinity and reduced irrigation, *Field Crops Research* 120, 38-46.
125. **VILLAX Ö.** (1940): Növénytermelés. Győregyházmegyei Alap Nyomdája. Magyaróvár. 242-244.
126. **VILLAX Ö.** (1947): Növénynevelés II./Különleges növénynevelés, Magyaróvár, 236-251.
127. **VINALL H. N. – STEPHENS J. C. – MARTIN J. H.** (1936): Identification, history, and distribution of common sorghum varieties. *Technical Bulletin* 506.
128. **WAGGLE D. H. – DEYOE C. W. – SMITH F.W.** (1967): Effect of Nitrogen Fertilization on the Amino Acid Composition and Distribution in Sorghum Grain. *Crop Sci*. 7. 367-368.

129. **WALL J. S. - ROSS W. M** (1970): Sorghum Production and Utilization. Avi Publ. Co., Connecticut, USA 22.
130. **WANJARI S. S. – MAHAKULKUR B. V. - PATIL D.B. - SHEKUR V. B., - PANDRANGI, R. B.** (1996): Yield and juice quality of sweet sorghum (cv.ssc-84) under varying levels of N and P₂O₅. PKV Research Journal. 20:1.78-79.
131. **WEILAND P.** (2000): Anaerobic waste digestion in Germany – Status and recent developments. Biodegradation. 11: 415-421.
132. **XUE S. - HAN D. Q. - YU Y. J. - STEINBERGER Y. - HAN L.P. - XIE G. H.** (2012) Dynamics in elongation and dry weight of internodes in sweet sorghum plants, Field Crops Research 126, 37-44.
133. **YU J. - ZHONG J. - ZHANG X. - TAN T.** (2010): Ethanol Production from H₂SO₃-Steam-Pretreated Fresh Sweet Sorghum Stem by Simultaneous Saccharification and Fermentation, Appl Biochem Biotechnol 160, 401-409.
134. **ZERVOS A.** (2004): Tomorrow's world: 50% renewables scenario for 2040. Renewable Energy World. 7, 180-189.
135. **ZHANG C. – XIE G. – LI S. – GE L. –HE T.** (2010): The productive potentials of sweet sorghum ethanol in China. Applied Energy. 87. 7: 2360-2368.
136. **ZHANG J. - MA X. - YU J. - ZHANG X. - TAN T.** (2011): The effects of four different pretreatments on enzymatic hydrolysis of sweet shorgum bagasse, Bioresource Technology 102, 4585-4589.
137. **ZHAO L. Y. – DOLAT A. – STEINBERGER Y.– WANG X. – OSMAN A. – XIE G. H.** (2009): Biomass yield and changes in chemical composition of sweet sorghum cultivars grown for biofuel. Field Crops Research. 111: 55-64.

Internet:

1. **BP Statistical Review of World Energy June 2013**
http://www.bp.com/content/dam/bp/pdf/statistical-review/statistical_review_of_world_energy_2013.pdf
2. **Energy Information Administration (U.S. 2012)**
<http://www.eia.gov/tools/faqs/faq.cfm?id=90&t=4>
3. **RFA Ethanol Industry Outlook 2013**
<http://ethanolrfa.org/page/-PDFs/RFA%202013%20Ethanol%20Industry%20Outlook.pdf?nocdn=1>
4. **Global Wind Energy Council Global Wind Report 2012**
http://www.gwec.net/wp-content/uploads/2012/06/Annual_report_2012_LowRes.pdf
5. **International Energy Agency, Key World Energy Statistics 2012**
<http://www.iea.org/publications/>
6. **International Energy Agency, Key World Energy Statistics 2012**
<http://www.iea.org/publications>
7. **Központi Statisztikai Hivatal**
<http://www.ksh.hu/energiagazdalkodas>
8. **Magyarország Megújuló Energia Hasznosítási Cselekvési Terve 2010**
<http://www.kormany.hu/hu/nemzeti-fejlesztesi-miniszterium/klima-es-energiaugyi-allamtitkarsag/hirek/nyilvanos-magyarorszag-megujulo-energia-hasznositasi-cselekvesi-tervenek-vegleges-valtozata>
9. **Magyar Szélenergia Társaság**
<http://www.mszt.hu/index.php?mid=53>
10. **World Wind Energy Association World Wind Energy Report 2013**
http://www.wwindea.org/webimages/WWEA_Bulletin-ISSUE_3_4_2013.pdf

8.2 M2. Melléklet

1. melléklet Talajjellenállás és talajnedvesség ANOVA vizsgálata (talajművelési kezelés) (2009)

ANOVA								
Mérés	Talajművelés			Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Vetés előtt	Szántás	Talajjellenállás	Between Groups	,187	2	,093	7,636	,022
			Within Groups	,073	6	,012		
			Total	,260	8			
		Talajnedvesség	Between Groups	9,780	2	4,890	2,343	,177
			Within Groups	12,520	6	2,087		
			Total	22,300	8			
	Kultivátorozás	Talajjellenállás	Between Groups	1,040	2	,520	52,000	,000
			Within Groups	,060	6	,010		
			Total	1,100	8			
		Talajnedvesség	Between Groups	8,887	2	4,443	4,889	,055
			Within Groups	5,453	6	,909		
			Total	14,340	8			
	Tárcsázás	Talajjellenállás	Between Groups	1,162	2	,581	24,905	,001
			Within Groups	,140	6	,023		
			Total	1,302	8			
		Talajnedvesség	Between Groups	3,127	2	1,563	,877	,463
			Within Groups	10,693	6	1,782		
			Total	13,820	8			
	Direkt vetés	Talajjellenállás	Between Groups	,669	2	,334	7,341	,024
			Within Groups	,273	6	,046		
			Total	,942	8			
		Talajnedvesség	Between Groups	2,687	2	1,343	3,157	,116
			Within Groups	2,553	6	,426		
			Total	5,240	8			
Betakarítás előtt	Szántás	Talajjellenállás	Between Groups	,616	2	,308	13,850	,006
			Within Groups	,133	6	,022		
			Total	,749	8			
		Talajnedvesség	Between Groups	3,920	2	1,960	24,500	,001
			Within Groups	,480	6	,080		
			Total	4,400	8			
	Kultivátorozás	Talajjellenállás	Between Groups	,376	2	,188	9,941	,012
			Within Groups	,113	6	,019		
			Total	,489	8			
		Talajnedvesség	Between Groups	4,860	2	2,430	7,755	,022
			Within Groups	1,880	6	,313		
			Total	6,740	8			
	Tárcsázás	Talajjellenállás	Between Groups	,222	2	,111	4,000	,079
			Within Groups	,167	6	,028		
			Total	,389	8			
		Talajnedvesség	Between Groups	4,682	2	2,341	18,482	,003
			Within Groups	,760	6	,127		
			Total	5,442	8			
	Direkt vetés	Talajjellenállás	Between Groups	2,007	2	1,003	17,038	,003
			Within Groups	,353	6	,059		
			Total	2,360	8			
		Talajnedvesség	Between Groups	5,420	2	2,710	35,348	,000
			Within Groups	,460	6	,077		
			Total	5,880	8			

2. melléklet Talajjellenállás és talajnedvesség művelési mélységenkénti ANOVA vizsgálata (2009)

ANOVA

Mérés	Mélység			Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Vetés előtt	0-10 cm	Talajjellenállás	Between Groups	,703	3	,234	14,067	,001
			Within Groups	,133	8	,017		
			Total	,837	11			
		Talajnedvesség	Between Groups	1,873	3	,624	,839	,510
			Within Groups	5,953	8	,744		
			Total	7,827	11			
	10-20 cm	Talajjellenállás	Between Groups	1,350	3	,450	19,286	,001
			Within Groups	,187	8	,023		
			Total	1,537	11			
		Talajnedvesség	Between Groups	7,603	3	2,534	1,425	,306
			Within Groups	14,233	8	1,779		
			Total	21,837	11			
	20-30 cm	Talajjellenállás	Between Groups	1,343	3	,448	15,804	,001
			Within Groups	,227	8	,028		
			Total	1,570	11			
		Talajnedvesség	Between Groups	9,187	3	3,062	2,220	,163
			Within Groups	11,033	8	1,379		
			Total	20,220	11			
Betakarítás előtt	0-10 cm	Talajjellenállás	Between Groups	1,417	3	,472	11,111	,003
			Within Groups	,340	8	,043		
			Total	1,757	11			
		Talajnedvesség	Between Groups	6,163	3	2,054	28,667	,000
			Within Groups	,573	8	,072		
			Total	6,737	11			
	10-20 cm	Talajjellenállás	Between Groups	4,880	3	1,627	57,412	,000
			Within Groups	,227	8	,028		
			Total	5,107	11			
		Talajnedvesség	Between Groups	6,556	3	2,185	8,683	,007
			Within Groups	2,013	8	,252		
			Total	8,569	11			
	20-30 cm	Talajjellenállás	Between Groups	3,689	3	1,230	49,189	,000
			Within Groups	,200	8	,025		
			Total	3,889	11			
		Talajnedvesség	Between Groups	4,757	3	1,586	12,770	,002
			Within Groups	,993	8	,124		
			Total	5,750	11			

3. melléklet Talajjellenállás és talajnedvesség ANOVA vizsgálata (talajművelési kezelés) (2010)

ANOVA

Mérés	Talajművelés			Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Vetés előtt	Szántás	Talajjellenállás	Between Groups	,287	2	,143	5,609	,042
			Within Groups	,153	6	,026		
			Total	,440	8			
		Talajnedvesség	Between Groups	9,847	2	4,923	7,955	,021
			Within Groups	3,713	6	,619		
			Total	13,560	8			
	Kultivátorozás	Talajjellenállás	Between Groups	,607	2	,303	54,600	,000
			Within Groups	,033	6	,006		
			Total	,640	8			
		Talajnedvesség	Between Groups	,896	2	,448	,406	,683
			Within Groups	6,613	6	1,102		
			Total	7,509	8			
	Tárcsázás	Talajjellenállás	Between Groups	,736	2	,368	15,762	,004
			Within Groups	,140	6	,023		
			Total	,876	8			
		Talajnedvesség	Between Groups	1,680	2	,840	1,867	,234
			Within Groups	2,700	6	,450		
			Total	4,380	8			
	Direkt vetés	Talajjellenállás	Between Groups	1,449	2	,724	46,571	,000
			Within Groups	,093	6	,016		
			Total	1,542	8			
		Talajnedvesség	Between Groups	15,047	2	7,523	2,534	,159
			Within Groups	17,813	6	2,969		
			Total	32,860	8			
Betakarítás előtt	Szántás	Talajjellenállás	Between Groups	,276	2	,138	9,538	,014
			Within Groups	,087	6	,014		
			Total	,362	8			
		Talajnedvesség	Between Groups	4,749	2	2,374	2,300	,181
			Within Groups	6,193	6	1,032		
			Total	10,942	8			
	Kultivátorozás	Talajjellenállás	Between Groups	1,287	2	,643	18,094	,003
			Within Groups	,213	6	,036		
			Total	1,500	8			
		Talajnedvesség	Between Groups	2,042	2	1,021	4,572	,062
			Within Groups	1,340	6	,223		
			Total	3,382	8			
	Tárcsázás	Talajjellenállás	Between Groups	,482	2	,241	14,467	,005
			Within Groups	,100	6	,017		
			Total	,582	8			
		Talajnedvesség	Between Groups	1,282	2	,641	,787	,497
			Within Groups	4,887	6	,814		
			Total	6,169	8			
	Direkt vetés	Talajjellenállás	Between Groups	,780	2	,390	14,625	,005
			Within Groups	,160	6	,027		
			Total	,940	8			
		Talajnedvesség	Between Groups	1,147	2	,573	1,962	,221
			Within Groups	1,753	6	,292		
			Total	2,900	8			

4. melléklet Talajjellenállás és talajnedvesség művelési mélységenkénti ANOVA vizsgálata (2010)

ANOVA

Mérés	Mélység			Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Vetés előtt	0-10 cm	Talajjellenállás	Between Groups	,503	3	,168	8,375	,008
			Within Groups	,160	8	,020		
			Total	,663	11			
		Talajnedvesség	Between Groups	13,456	3	4,485	3,415	,073
			Within Groups	10,507	8	1,313		
			Total	23,962	11			
	10-20 cm	Talajjellenállás	Between Groups	,396	3	,132	12,179	,002
			Within Groups	,087	8	,011		
			Total	,483	11			
		Talajnedvesség	Between Groups	5,060	3	1,687	2,272	,157
			Within Groups	5,940	8	,742		
			Total	11,000	11			
	20-30 cm	Talajjellenállás	Between Groups	1,697	3	,566	26,103	,000
			Within Groups	,173	8	,022		
			Total	1,870	11			
		Talajnedvesség	Between Groups	3,113	3	1,038	,577	,646
			Within Groups	14,393	8	1,799		
			Total	17,507	11			
Betakarítás előtt	0-10 cm	Talajjellenállás	Between Groups	1,417	3	,472	21,795	,000
			Within Groups	,173	8	,022		
			Total	1,590	11			
		Talajnedvesség	Between Groups	6,949	3	2,316	3,638	,064
			Within Groups	5,093	8	,637		
			Total	12,042	11			
	10-20 cm	Talajjellenállás	Between Groups	3,249	3	1,083	49,987	,000
			Within Groups	,173	8	,022		
			Total	3,423	11			
		Talajnedvesség	Between Groups	9,540	3	3,180	6,048	,019
			Within Groups	4,207	8	,526		
			Total	13,747	11			
	20-30 cm	Talajjellenállás	Between Groups	2,169	3	,723	27,115	,000
			Within Groups	,213	8	,027		
			Total	2,382	11			
		Talajnedvesség	Between Groups	12,977	3	4,326	7,101	,012
			Within Groups	4,873	8	,609		
			Total	17,850	11			

5. melléklet Talajjellenállás és talajnedvesség ANOVA vizsgálata (talajművelési kezelés) (2011)

ANOVA

Mérés	Talajművelés			Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Vetés előtt	Szántás	Talajjellenállás	Between Groups	,487	2	,243	43,800	,000
			Within Groups	,033	6	,006		
			Total	,520	8			
		Talajnedvesség	Between Groups	3,020	2	1,510	,394	,690
			Within Groups	22,980	6	3,830		
			Total	26,000	8			
	Kultivátorozás	Talajjellenállás	Between Groups	,687	2	,343	2,116	,202
			Within Groups	,973	6	,162		
			Total	1,660	8			
		Talajnedvesség	Between Groups	6,296	2	3,148	3,951	,080
			Within Groups	4,780	6	,797		
			Total	11,076	8			
	Tárcsázás	Talajjellenállás	Between Groups	,809	2	,404	21,412	,002
			Within Groups	,113	6	,019		
			Total	,922	8			
Betakarítás előtt		Talajnedvesség	Between Groups	5,416	2	2,708	4,994	,053
			Within Groups	3,253	6	,542		
			Total	8,669	8			
	Direkt vetés	Talajjellenállás	Between Groups	,109	2	,054	4,900	,055
			Within Groups	,067	6	,011		
			Total	,176	8			
		Talajnedvesség	Between Groups	6,642	2	3,321	1,151	,378
			Within Groups	17,313	6	2,886		
			Total	23,956	8			
	Szántás	Talajjellenállás	Between Groups	,649	2	,324	14,600	,005
			Within Groups	,133	6	,022		
			Total	,782	8			
		Talajnedvesség	Between Groups	1,520	2	,760	4,471	,065
			Within Groups	1,020	6	,170		
			Total	2,540	8			
	Kultivátorozás	Talajjellenállás	Between Groups	,809	2	,404	13,000	,007
			Within Groups	,187	6	,031		
			Total	,996	8			
		Talajnedvesség	Between Groups	1,580	2	,790	2,756	,142
			Within Groups	1,720	6	,287		
			Total	3,300	8			
	Tárcsázás	Talajjellenállás	Between Groups	1,896	2	,948	44,895	,000
			Within Groups	,127	6	,021		
			Total	2,022	8			
		Talajnedvesség	Between Groups	1,520	2	,760	2,961	,127
			Within Groups	1,540	6	,257		
			Total	3,060	8			
	Direkt vetés	Talajjellenállás	Between Groups	,629	2	,314	10,885	,010
			Within Groups	,173	6	,029		
			Total	,802	8			
		Talajnedvesség	Between Groups	1,162	2	,581	4,395	,067
			Within Groups	,793	6	,132		
			Total	1,956	8			

6. melléklet Talajjellenállás és talajnedvesség művelési mélységenkénti ANOVA vizsgálata (2011)

ANOVA

Mérés	Mélység			Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Vetés előtt	0-10 cm	Talajjellenállás	Between Groups	1,983	3	,661	18,030	,001
			Within Groups	,293	8	,037		
			Total	2,277	11			
		Talajnedvesség	Between Groups	1,836	3	,612	,319	,812
			Within Groups	15,367	8	1,921		
			Total	17,203	11			
	10-20 cm	Talajjellenállás	Between Groups	1,582	3	,527	9,043	,006
			Within Groups	,467	8	,058		
			Total	2,049	11			
		Talajnedvesség	Between Groups	3,777	3	1,259	,479	,706
			Within Groups	21,033	8	2,629		
			Total	24,810	11			
	20-30 cm	Talajjellenállás	Between Groups	1,203	3	,401	7,516	,010
			Within Groups	,427	8	,053		
			Total	1,629	11			
		Talajnedvesség	Between Groups	,503	3	,168	,112	,950
			Within Groups	11,927	8	1,491		
			Total	12,429	11			
Betakarítás előtt	0-10 cm	Talajjellenállás	Between Groups	,929	3	,310	20,648	,000
			Within Groups	,120	8	,015		
			Total	1,049	11			
		Talajnedvesség	Between Groups	3,377	3	1,126	11,071	,003
			Within Groups	,813	8	,102		
			Total	4,190	11			
	10-20 cm	Talajjellenállás	Between Groups	1,700	3	,567	17,000	,001
			Within Groups	,267	8	,033		
			Total	1,967	11			
		Talajnedvesség	Between Groups	3,747	3	1,249	7,607	,010
			Within Groups	1,313	8	,164		
			Total	5,060	11			
	20-30 cm	Talajjellenállás	Between Groups	,956	3	,319	10,924	,003
			Within Groups	,233	8	,029		
			Total	1,189	11			
		Talajnedvesség	Between Groups	4,150	3	1,383	3,756	,060
			Within Groups	2,947	8	,368		
			Total	7,097	11			

7. melléklet Talajjellenállás vizsgálat Post-hoc analízise (talajművelési kezelés) (2009-2011)

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Talajjellenállás
LSD

Mérés	Év	(I) Talajművelés	(J) Talajművelés	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
							Lower Bound	Upper Bound
Vetés előtt	2009	Szántás	Kultivátorozás	-,26667	,15821	,102	-,5889	,0556
			Tárcsázás	-,32222	,15821	,050	-,6445	,0000
			Direkt vetés	-,81111*	,15821	,000	-1,1334	-,4888
		Kultivátorozás	Szántás	,26667	,15821	,102	-,0556	,5889
			Tárcsázás	-,05556	,15821	,728	-,3778	,2667
			Direkt vetés	-,54444*	,15821	,002	-,8667	-,2222
		Tárcsázás	Szántás	,32222	,15821	,050	,0000	,6445
			Kultivátorozás	,05556	,15821	,728	-,2667	,3778
			Direkt vetés	-,48889*	,15821	,004	-,8112	-,1666
		Direkt vetés	Szántás	,81111*	,15821	,000	,4888	1,1334
			Kultivátorozás	,54444*	,15821	,002	,2222	,8667
			Tárcsázás	,48889*	,15821	,004	,1666	,8112
	2010	Szántás	Kultivátorozás	-,13333	,15585	,399	-,4508	,1841
			Tárcsázás	-,42222*	,15585	,011	-,7397	-,1048
			Direkt vetés	-,64444*	,15585	,000	-,9619	-,3270
		Kultivátorozás	Szántás	,13333	,15585	,399	-,1841	,4508
			Tárcsázás	-,28889	,15585	,073	-,6064	,0286
			Direkt vetés	-,51111*	,15585	,003	-,8286	-,1936
		Tárcsázás	Szántás	,42222*	,15585	,011	,1048	,7397
			Kultivátorozás	,28889	,15585	,073	-,0286	,6064
			Direkt vetés	-,22222	,15585	,164	-,5397	,0952
		Direkt vetés	Szántás	,64444*	,15585	,000	,3270	,9619
			Kultivátorozás	,51111*	,15585	,003	,1936	,8286
			Tárcsázás	,22222	,15585	,164	-,0952	,5397
	2011	Szántás	Kultivátorozás	-,43333*	,15087	,007	-,7406	-,1260
			Tárcsázás	-,62222*	,15087	,000	-,9295	-,3149
			Direkt vetés	-,98889*	,15087	,000	-1,2962	-,6816
		Kultivátorozás	Szántás	,43333*	,15087	,007	,1260	,7406
			Tárcsázás	-,18889	,15087	,220	-,4962	,1184
			Direkt vetés	-,55556*	,15087	,001	-,8629	-,2482
		Tárcsázás	Szántás	,62222*	,15087	,000	,3149	,9295
			Kultivátorozás	,18889	,15087	,220	-,1184	,4962
			Direkt vetés	-,36667*	,15087	,021	-,6740	-,0594
		Direkt vetés	Szántás	,98889*	,15087	,000	,6816	1,2962
			Kultivátorozás	,55556*	,15087	,001	,2482	,8629
			Tárcsázás	,36667*	,15087	,021	,0594	,6740
Betakarítás előtt	2009	Szántás	Kultivátorozás	-,20000	,16639	,238	-,5389	,1389
			Tárcsázás	-,30000	,16639	,081	-,6389	,0389
			Direkt vetés	-,1,31111*	,16639	,000	-1,6500	-,9722
		Kultivátorozás	Szántás	,20000	,16639	,238	-,1389	,5389
			Tárcsázás	-,10000	,16639	,552	-,4389	,2389
			Direkt vetés	-,1,11111*	,16639	,000	-1,4500	-,7722
		Tárcsázás	Szántás	,30000	,16639	,081	-,0389	,6389
			Kultivátorozás	,10000	,16639	,552	-,2389	,4389
			Direkt vetés	-,1,01111*	,16639	,000	-1,3500	-,6722
		Direkt vetés	Szántás	1,31111*	,16639	,000	,9722	1,6500
			Kultivátorozás	1,11111*	,16639	,000	,7722	1,4500
			Tárcsázás	1,01111*	,16639	,000	,6722	1,3500
	2010	Szántás	Kultivátorozás	-,27778	,15331	,079	-,5901	,0345
			Tárcsázás	-,48889*	,15331	,003	-,8012	-,1766
			Direkt vetés	-,1,14444*	,15331	,000	-1,4567	-,8322
		Kultivátorozás	Szántás	,27778	,15331	,079	-,0345	,5901
			Tárcsázás	-,21111	,15331	,178	-,5234	,1012
			Direkt vetés	-,86667*	,15331	,000	-1,1789	-,5544
		Tárcsázás	Szántás	,48889*	,15331	,003	,1766	,8012
			Kultivátorozás	,21111	,15331	,178	-,1012	,5234
			Direkt vetés	-,65556*	,15331	,000	-,9678	-,3433
		Direkt vetés	Szántás	1,14444*	,15331	,000	,8322	1,4567
			Kultivátorozás	,86667*	,15331	,000	,5544	1,1789
			Tárcsázás	,65556*	,15331	,000	,3433	,9678
	2011	Szántás	Kultivátorozás	-,06667	,17877	,712	-,4308	,2975
			Tárcsázás	-,48889*	,17877	,010	-,8530	-,1247
			Direkt vetés	-,68889*	,17877	,001	-1,0530	-,3247
		Kultivátorozás	Szántás	,06667	,17877	,712	-,2975	,4308
			Tárcsázás	-,42222*	,17877	,024	-,7864	-,0581
			Direkt vetés	-,62222*	,17877	,001	-,9864	-,2581
		Tárcsázás	Szántás	,48889*	,17877	,010	,1247	,8530
			Kultivátorozás	,42222*	,17877	,024	,0581	,7864
			Direkt vetés	-,20000	,17877	,272	-,5641	,1641
		Direkt vetés	Szántás	,68889*	,17877	,001	,3247	1,0530
			Kultivátorozás	,62222*	,17877	,001	,2581	,9864
			Tárcsázás	,20000	,17877	,272	-,1641	,5641

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

8. melléklet Talajnedvesség vizsgálat Post-hoc analízise (talajművelési kezelés) (2009-2011)

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Talajnedvesség

LSD

Mérés	Év	(I) Talajművelés	(J) Talajművelés	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
							Lower Bound	Upper Bound
Vetés előtt	2009	Szántás	Kultivátorozás	1,40000 [*]	,62194	,031	,1332	2,6668
			Tárcsázás	1,33333 [*]	,62194	,040	,0665	2,6002
			Direkt vetés	1,60000 [*]	,62194	,015	,3332	2,8668
		Kultivátorozás	Szántás	-1,40000 [*]	,62194	,031	-2,6668	-,1332
			Tárcsázás	-,06667	,62194	,915	-1,3335	1,2002
			Direkt vetés	,20000	,62194	,750	-1,0668	1,4668
		Tárcsázás	Szántás	-1,33333 [*]	,62194	,040	-2,6002	-,0665
			Kultivátorozás	,06667	,62194	,915	-1,2002	1,3335
			Direkt vetés	,26667	,62194	,671	-1,0002	1,5335
		Direkt vetés	Szántás	-1,60000 [*]	,62194	,015	-2,8668	-,3332
			Kultivátorozás	-,20000	,62194	,750	-1,4668	1,0668
			Tárcsázás	-,26667	,62194	,671	-1,5335	1,0002
	2010	Szántás	Kultivátorozás	-,17778	,63634	,782	-1,4740	1,1184
			Tárcsázás	,26667	,63634	,678	-1,0295	1,5628
			Direkt vetés	1,43333 [*]	,63634	,031	,1372	2,7295
		Kultivátorozás	Szántás	,17778	,63634	,782	-1,1184	1,4740
			Tárcsázás	,44444	,63634	,490	-,8517	1,7406
			Direkt vetés	1,61111 [*]	,63634	,016	,3149	2,9073
		Tárcsázás	Szántás	-,26667	,63634	,678	-1,5628	1,0295
			Kultivátorozás	-,44444	,63634	,490	-1,7406	,8517
			Direkt vetés	1,16667	,63634	,076	-,1295	2,4628
		Direkt vetés	Szántás	-1,43333 [*]	,63634	,031	-2,7295	-,1372
			Kultivátorozás	-1,61111 [*]	,63634	,016	-2,9073	-,3149
			Tárcsázás	-1,16667	,63634	,076	-2,4628	,1295
	2011	Szántás	Kultivátorozás	,45556	,69572	,517	-,9616	1,8727
			Tárcsázás	,44444	,69572	,527	-,9727	1,8616
			Direkt vetés	1,05556	,69572	,139	-,3616	2,4727
		Kultivátorozás	Szántás	-,45556	,69572	,517	-1,8727	,9616
			Tárcsázás	-,01111	,69572	,987	-1,4282	1,4060
			Direkt vetés	,60000	,69572	,395	-,8171	2,0171
		Tárcsázás	Szántás	-,44444	,69572	,527	-1,8616	,9727
			Kultivátorozás	,01111	,69572	,987	-1,4060	1,4282
			Direkt vetés	,61111	,69572	,386	-,8060	2,0282
		Direkt vetés	Szántás	-1,05556	,69572	,139	-2,4727	,3616
			Kultivátorozás	-,60000	,69572	,395	-2,0171	,8171
			Tárcsázás	-,61111	,69572	,386	-2,0282	,8060
Betakarítás előtt	2009	Szántás	Kultivátorozás	,36667	,39495	,360	-,4378	1,1712
			Tárcsázás	,21111	,39495	,597	-,5934	1,0156
			Direkt vetés	1,76667 [*]	,39495	,000	,9622	2,5712
		Kultivátorozás	Szántás	-,36667	,39495	,360	-1,1712	,4378
			Tárcsázás	-,15556	,39495	,696	-,9600	,6489
			Direkt vetés	1,40000 [*]	,39495	,001	,5955	2,2045
		Tárcsázás	Szántás	-,21111	,39495	,597	-1,0156	,5934
			Kultivátorozás	,15556	,39495	,696	-,6489	,9600
			Direkt vetés	1,55556 [*]	,39495	,000	,7511	2,3600
		Direkt vetés	Szántás	-1,76667 [*]	,39495	,000	-2,5712	-,9622
			Kultivátorozás	-1,40000 [*]	,39495	,001	-2,2045	-,5955
			Tárcsázás	-1,55556 [*]	,39495	,000	-2,3600	-,7511
	2010	Szántás	Kultivátorozás	,41111	,40306	,315	-,4099	1,2321
			Tárcsázás	,84444 [*]	,40306	,044	,0234	1,6654
			Direkt vetés	2,35556 [*]	,40306	,000	1,5346	3,1766
		Kultivátorozás	Szántás	-,41111	,40306	,315	-1,2321	,4099
			Tárcsázás	,43333	,40306	,290	-,3877	1,2543
			Direkt vetés	1,94444 [*]	,40306	,000	1,1234	2,7654
		Tárcsázás	Szántás	-,84444 [*]	,40306	,044	-1,6654	-,0234
			Kultivátorozás	-,43333	,40306	,290	-1,2543	,3877
			Direkt vetés	1,51111 [*]	,40306	,001	,6901	2,3321
		Direkt vetés	Szántás	-2,35556 [*]	,40306	,000	-3,1766	-1,5346
			Kultivátorozás	-1,94444 [*]	,40306	,000	-2,7654	-1,1234
			Tárcsázás	-1,51111 [*]	,40306	,001	-2,3321	-,6901
	2011	Szántás	Kultivátorozás	-,06667	,27456	,810	-,6259	,4926
			Tárcsázás	-,06667	,27456	,810	-,6259	,4926
			Direkt vetés	1,24444 [*]	,27456	,000	,6852	1,8037
		Kultivátorozás	Szántás	,06667	,27456	,810	-,4926	,6259
			Tárcsázás	,00000	,27456	1,000	-,5593	,5593
			Direkt vetés	1,31111 [*]	,27456	,000	,7518	1,8704
		Tárcsázás	Szántás	,06667	,27456	,810	-,4926	,6259
			Kultivátorozás	,00000	,27456	1,000	-,5593	,5593
			Direkt vetés	1,31111 [*]	,27456	,000	,7518	1,8704
		Direkt vetés	Szántás	-1,24444 [*]	,27456	,000	-1,8037	-,6852
			Kultivátorozás	-1,31111 [*]	,27456	,000	-1,8704	-,7518
			Tárcsázás	-1,31111 [*]	,27456	,000	-1,8704	-,7518

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

9. melléklet Talajjellenállás művelési mélységenkénti Post-hoc vizsgálata (2009-2011)

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Talajjellenállás

LSD

Év	Mérés	(I) Mélység	(J) Mélység	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
							Lower Bound	Upper Bound
2009	Vetés előtt	0-10 cm	10-20 cm	-,23333	,14112	,108	-,5205	,0538
			20-30 cm	-,66667*	,14112	,000	-,9538	-,3795
		10-20 cm	0-10 cm	,23333	,14112	,108	-,0538	,5205
			20-30 cm	-,43333*	,14112	,004	-,7205	-,1462
		20-30 cm	0-10 cm	,66667*	,14112	,000	,3795	,9538
			10-20 cm	,43333*	,14112	,004	,1462	,7205
	Betakarítás előtt	0-10 cm	10-20 cm	-,45000	,23304	,062	-,9241	,0241
			20-30 cm	-,62500*	,23304	,011	-1,0991	-,1509
		10-20 cm	0-10 cm	,45000	,23304	,062	-,0241	,9241
			20-30 cm	-,17500	,23304	,458	-,6491	,2991
		20-30 cm	0-10 cm	,62500*	,23304	,011	,1509	1,0991
			10-20 cm	,17500	,23304	,458	-,2991	,6491
2010	Vetés előtt	0-10 cm	10-20 cm	-,30000*	,12340	,021	-,5511	-,0489
			20-30 cm	-,67500*	,12340	,000	-,9261	-,4239
		10-20 cm	0-10 cm	,30000*	,12340	,021	,0489	,5511
			20-30 cm	-,37500*	,12340	,005	-,6261	-,1239
		20-30 cm	0-10 cm	,67500*	,12340	,000	,4239	,9261
			10-20 cm	,37500*	,12340	,005	,1239	,6261
	Betakarítás előtt	0-10 cm	10-20 cm	-,22500	,19326	,253	-,6182	,1682
			20-30 cm	-,62500*	,19326	,003	-1,0182	-,2318
		10-20 cm	0-10 cm	,22500	,19326	,253	-,1682	,6182
			20-30 cm	-,40000*	,19326	,046	-,7932	-,0068
		20-30 cm	0-10 cm	,62500*	,19326	,003	,2318	1,0182
			10-20 cm	,40000*	,19326	,046	,0068	,7932
2011	Vetés előtt	0-10 cm	10-20 cm	-,22500	,17342	,203	-,5778	,1278
			20-30 cm	-,55833*	,17342	,003	-,9112	-,2055
		10-20 cm	0-10 cm	,22500	,17342	,203	-,1278	,5778
			20-30 cm	-,33333	,17342	,063	-,6862	,0195
		20-30 cm	0-10 cm	,55833*	,17342	,003	,2055	,9112
			10-20 cm	,33333	,17342	,063	-,0195	,6862
	Betakarítás előtt	0-10 cm	10-20 cm	-,37500*	,14573	,015	-,6715	-,0785
			20-30 cm	-,75000*	,14573	,000	-1,0465	-,4535
		10-20 cm	0-10 cm	,37500*	,14573	,015	,0785	,6715
			20-30 cm	-,37500*	,14573	,015	-,6715	-,0785
		20-30 cm	0-10 cm	,75000*	,14573	,000	,4535	1,0465
			10-20 cm	,37500*	,14573	,015	,0785	,6715

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

10. melléklet Talajellenállás művelési mélységenkénti Post-hoc vizsgálata (2009-2011)

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Talajnedvesség

LSD

Év	Mérés	(I) Mélység	(J) Mélység	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
							Lower Bound	Upper Bound
2009	Vetés előtt	0-10 cm	10-20 cm	-,01667	,50193	,051	-,20379	,0045
			20-30 cm	-,83333*	,50193	,001	-,28545	-,8121
		10-20 cm	0-10 cm	,01667	,50193	,051	-,0045	,20379
			20-30 cm	-,81667	,50193	,113	-,18379	,2045
		20-30 cm	0-10 cm	,83333*	,50193	,001	,8121	,28545
			10-20 cm	,81667	,50193	,113	-,2045	,18379
	Betakarítás előtt	0-10 cm	10-20 cm	-,92500*	,32610	,008	-,15885	-,2615
			20-30 cm	-,176667*	,32610	,000	-,24301	-,11032
		10-20 cm	0-10 cm	,92500*	,32610	,008	,2615	,15885
			20-30 cm	-,84167*	,32610	,014	-,15051	-,1782
		20-30 cm	0-10 cm	,176667*	,32610	,000	,11032	,24301
			10-20 cm	,84167*	,32610	,014	,1782	,15051
2010	Vetés előtt	0-10 cm	10-20 cm	-,67500	,51478	,199	-,17223	,3723
			20-30 cm	-,180833*	,51478	,001	-,28557	-,7610
		10-20 cm	0-10 cm	,67500	,51478	,199	-,3723	,17223
			20-30 cm	-,133333*	,51478	,035	-,21807	-,0860
		20-30 cm	0-10 cm	,180833*	,51478	,001	,7610	,28557
			10-20 cm	,133333*	,51478	,035	,0860	,21807
	Betakarítás előtt	0-10 cm	10-20 cm	-,55833	,46947	,243	-,15135	,3968
			20-30 cm	-,117500*	,46947	,017	-,21301	-,2199
		10-20 cm	0-10 cm	,55833	,46947	,243	-,3968	,15135
			20-30 cm	-,61667	,46947	,198	-,15718	,3385
		20-30 cm	0-10 cm	,117500*	,46947	,017	,2199	,21301
			10-20 cm	,61667	,46947	,198	-,3385	,15718
2011	Vetés előtt	0-10 cm	10-20 cm	-,77500	,52436	,149	-,18418	,2918
			20-30 cm	-,83333*	,52436	,001	-,29002	-,7665
		10-20 cm	0-10 cm	,77500	,52436	,149	-,2918	,18418
			20-30 cm	-,105833	,52436	,052	-,21252	,0085
		20-30 cm	0-10 cm	,83333*	,52436	,001	,7665	,29002
			10-20 cm	,105833	,52436	,052	-,0085	,21252
	Betakarítás előtt	0-10 cm	10-20 cm	-,35000	,28733	,232	-,9346	,2346
			20-30 cm	-,96667*	,28733	,002	-,15512	-,3821
		10-20 cm	0-10 cm	,35000	,28733	,232	-,2346	,9346
			20-30 cm	-,61667*	,28733	,039	-,12012	-,0321
		20-30 cm	0-10 cm	,96667*	,28733	,002	,3821	,15512
			10-20 cm	,61667*	,28733	,039	,0321	,12012

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

11. melléklet Talajjellenállás és zöldtömeg regresszió-analízise

Model Summary

R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
,852	,726	,718	6,179

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Regression	3436,628	1	3436,628	90,023	,000
Residual	1297,944	34	38,175		
Total	4734,572	35			

Coefficients

	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
0-30 cm	-13,369	1,409	-,852	-9,488	,000
(Constant)	65,802	4,248		15,489	,000

12. melléklet Talajnedvesség és a zöldtömeg regresszió-analízise

Model Summary

R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
,870	,757	,750	5,820

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Regression	3583,046	1	3583,046	105,793	,000
Residual	1151,526	34	33,868		
Total	4734,572	35			

Coefficients

	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
0-30 cm	2,762	,269	,870	10,286	,000
(Constant)	-7,038	3,420		-2,058	,047

23. melléklet Talajművelés és a zöldtömeg és Brix-érték ANOVA vizsgálata (2009)

ANOVA						
Talajművelés			Sum of Squares	df	Mean Square	Sig.
Szántás	Biomassza	Between Groups	1439,510	6	239,918	1,619
		Within Groups	2075,170	14	148,226	,214
		Total	3514,680	20		
	Brix	Between Groups	21,980	6	3,663	2,034
		Within Groups	25,220	14	1,801	,128
		Total	47,199	20		
Kultivátorozás	Biomassza	Between Groups	1986,389	6	331,065	5,632
		Within Groups	822,978	14	58,784	,004
		Total	2809,367	20		
	Brix	Between Groups	65,015	6	10,836	4,198
		Within Groups	36,138	14	2,581	,013
		Total	101,153	20		
Tárcsázás	Biomassza	Between Groups	400,454	6	66,742	1,244
		Within Groups	751,020	14	53,644	,342
		Total	1151,474	20		
	Brix	Between Groups	12,669	6	2,112	1,063
		Within Groups	27,814	14	1,987	,429
		Total	40,483	20		
Direkt vetés	Biomassza	Between Groups	150,130	6	25,022	,905
		Within Groups	387,113	14	27,651	,519
		Total	537,242	20		
	Brix	Between Groups	44,641	6	7,440	1,449
		Within Groups	71,879	14	5,134	,265
		Total	116,519	20		

14. melléklet Talajművelés és zöldtömeg Post-hoc vizsgálata (2009)

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Biomassza

LSD

(I) Talajművelés	(J) Talajművelés	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
Szántás	Kultivátorozás	13,23129*	3,08853	,000	7,0849	19,3777
	Tárcsázás	14,53515*	3,08853	,000	8,3888	20,6815
	Direkt vetés	26,45125*	3,08853	,000	20,3049	32,5976
Kultivátorozás	Szántás	-13,23129*	3,08853	,000	-19,3777	-7,0849
	Tárcsázás	1,30385	3,08853	,674	-4,8425	7,4502
	Direkt vetés	13,21995*	3,08853	,000	7,0736	19,3663
Tárcsázás	Szántás	-14,53515*	3,08853	,000	-20,6815	-8,3888
	Kultivátorozás	-1,30385	3,08853	,674	-7,4502	4,8425
	Direkt vetés	11,91610*	3,08853	,000	5,7697	18,0625
Direkt vetés	Szántás	-26,45125*	3,08853	,000	-32,5976	-20,3049
	Kultivátorozás	-13,21995*	3,08853	,000	-19,3663	-7,0736
	Tárcsázás	-11,91610*	3,08853	,000	-18,0625	-5,7697

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

15. melléklet Talajművelés és a zöldtömeg és Brix-érték ANOVA vizsgálata (2010)

ANOVA			Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Talajművelés							
Szántás	Biomassza	Between Groups	1302,509	6	217,085	4,948	,006
		Within Groups	614,204	14	43,872		
		Total	1916,713	20			
	Brix	Between Groups	8,671	6	1,445	1,182	,370
		Within Groups	17,113	14	1,222		
		Total	25,784	20			
Kultivátorozás	Biomassza	Between Groups	382,952	6	63,825	5,882	,003
		Within Groups	151,918	14	10,851		
		Total	534,871	20			
	Brix	Between Groups	5,726	6	,954	1,692	,195
		Within Groups	7,895	14	,564		
		Total	13,620	20			
Tárcsázás	Biomassza	Between Groups	496,536	6	82,756	2,954	,045
		Within Groups	392,218	14	28,016		
		Total	888,754	20			
	Brix	Between Groups	10,464	6	1,744	1,266	,333
		Within Groups	19,292	14	1,378		
		Total	29,755	20			
Direkt vetés	Biomassza	Between Groups	430,663	6	71,777	9,985	,000
		Within Groups	100,639	14	7,189		
		Total	531,302	20			
	Brix	Between Groups	11,555	6	1,926	,700	,654
		Within Groups	38,504	14	2,750		
		Total	50,059	20			

16. melléklet Talajművelés és zöldtömeg Post-hoc vizsgálata (2010)

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Biomassza

LSD

(I) Talajművelés	(J) Talajművelés	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
Szántás	Kultivátorozás	6,70748*	2,14688	,002	2,4351	10,9799
	Tárcsázás	5,74830*	2,14688	,009	1,4759	10,0207
	Direkt vetés	22,55102*	2,14688	,000	18,2786	26,8234
Kultivátorozás	Szántás	-6,70748*	2,14688	,002	-10,9799	-2,4351
	Tárcsázás	-,95918	2,14688	,656	-5,2316	3,3132
	Direkt vetés	15,84354*	2,14688	,000	11,5711	20,1160
Tárcsázás	Szántás	-5,74830*	2,14688	,009	-10,0207	-1,4759
	Kultivátorozás	,95918	2,14688	,656	-3,3132	5,2316
	Direkt vetés	16,80272*	2,14688	,000	12,5303	21,0751
Direkt vetés	Szántás	-22,55102*	2,14688	,000	-26,8234	-18,2786
	Kultivátorozás	-15,84354*	2,14688	,000	-20,1160	-11,5711
	Tárcsázás	-16,80272*	2,14688	,000	-21,0751	-12,5303

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

17. melléklet Talajművelés és a zöldtömeg és Brix-érték ANOVA vizsgálata (2011)

ANOVA			Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Talajművelés							
Szántás	Biomassza	Between Groups	1851,323	6	308,554	36,611	,000
		Within Groups	117,989	14	8,428		
		Total	1969,312	20			
	Brix	Between Groups	67,918	6	11,320	9,482	,000
		Within Groups	16,713	14	1,194		
		Total	84,631	20			
Kultivátorozás	Biomassza	Between Groups	3009,691	6	501,615	120,349	,000
		Within Groups	58,352	14	4,168		
		Total	3068,043	20			
	Brix	Between Groups	74,333	6	12,389	6,132	,003
		Within Groups	28,287	14	2,020		
		Total	102,620	20			
Tárcsázás	Biomassza	Between Groups	1103,580	6	183,930	38,214	,000
		Within Groups	67,385	14	4,813		
		Total	1170,964	20			
	Brix	Between Groups	14,770	6	2,462	1,297	,321
		Within Groups	26,580	14	1,899		
		Total	41,350	20			
Direkt vetés	Biomassza	Between Groups	249,957	6	41,659	20,413	,000
		Within Groups	28,571	14	2,041		
		Total	278,528	20			
	Brix	Between Groups	23,405	6	3,901	1,642	,208
		Within Groups	33,253	14	2,375		
		Total	56,658	20			

18. melléklet Talajművelés és a zöldtömeg ANOVA vizsgálata (2011)

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Biomassza

LSD

(I) Talajművelés	(J) Talajművelés	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
Szántás	Kultivátorozás	-1,65533	2,77893	,553	-7,1856	3,8749
	Tárcsázás	7,24490*	2,77893	,011	1,7147	12,7751
	Direkt vetés	21,07710*	2,77893	,000	15,5469	26,6073
Kultivátorozás	Szántás	1,65533	2,77893	,553	-3,8749	7,1856
	Tárcsázás	8,90023*	2,77893	,002	3,3700	14,4305
	Direkt vetés	22,73243*	2,77893	,000	17,2022	28,2627
Tárcsázás	Szántás	-7,24490*	2,77893	,011	-12,7751	-1,7147
	Kultivátorozás	-8,90023*	2,77893	,002	-14,4305	-3,3700
	Direkt vetés	13,83220*	2,77893	,000	8,3020	19,3624
Direkt vetés	Szántás	-21,07710*	2,77893	,000	-26,6073	-15,5469
	Kultivátorozás	-22,73243*	2,77893	,000	-28,2627	-17,2022
	Tárcsázás	-13,83220*	2,77893	,000	-19,3624	-8,3020

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

39. melléklet Tápanyag kezelés és a zöldtömeg és Brix.érték ANOVA vizsgálata (2009)

ANOVA

Tápanyag			Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
N0K0	Biomassza	Between Groups	226,431	3	75,477	2,942	,099
		Within Groups	205,253	8	25,657		
		Total	431,685	11			
	Brix	Between Groups	12,927	3	4,309	,936	,467
		Within Groups	36,812	8	4,602		
		Total	49,739	11			
N50	Biomassza	Between Groups	1097,543	3	365,848	17,477	,001
		Within Groups	167,460	8	20,933		
		Total	1265,004	11			
	Brix	Between Groups	11,962	3	3,987	1,697	,244
		Within Groups	18,792	8	2,349		
		Total	30,754	11			
N100	Biomassza	Between Groups	2520,219	3	840,073	8,394	,007
		Within Groups	800,680	8	100,085		
		Total	3320,899	11			
	Brix	Between Groups	1,870	3	,623	1,026	,431
		Within Groups	4,862	8	,608		
		Total	6,732	11			
K40	Biomassza	Between Groups	1167,663	3	389,221	6,568	,015
		Within Groups	474,112	8	59,264		
		Total	1641,775	11			
	Brix	Between Groups	20,975	3	6,992	,975	,451
		Within Groups	57,386	8	7,173		
		Total	78,360	11			
K80	Biomassza	Between Groups	870,082	3	290,027	2,657	,120
		Within Groups	873,167	8	109,146		
		Total	1743,249	11			
	Brix	Between Groups	1,003	3	,334	,111	,952
		Within Groups	24,209	8	3,026		
		Total	25,212	11			
N50K40	Biomassza	Between Groups	1424,584	3	474,861	28,687	,000
		Within Groups	132,426	8	16,553		
		Total	1557,011	11			
	Brix	Between Groups	18,300	3	6,100	3,156	,086
		Within Groups	15,465	8	1,933		
		Total	33,765	11			
N100K80	Biomassza	Between Groups	1577,754	3	525,918	3,042	,093
		Within Groups	1383,182	8	172,898		
		Total	2960,936	11			
	Brix	Between Groups	13,887	3	4,629	10,506	,004
		Within Groups	3,525	8	,441		
		Total	17,412	11			

20. melléklet Tápanyag kezelés és a zöldtömeg Post-hoc vizsgálata (2009)

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Biomassza

LSD

(I) Tápanyag	(J) Tápanyag	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
N0K0	N50	-5,73413	5,28834	,282	-16,2646	4,7963
	N100	-13,82937*	5,28834	,011	-24,3598	-3,2989
	K40	-1,78571	5,28834	,737	-12,3162	8,7447
	K80	-3,88889	5,28834	,464	-14,4193	6,6415
	N50K40	-5,29762	5,28834	,320	-15,8281	5,2328
	N100K80	-15,35714*	5,28834	,005	-25,8876	-4,8267
N50	N0K0	5,73413	5,28834	,282	-4,7963	16,2646
	N100	-8,09524	5,28834	,130	-18,6257	2,4352
	K40	3,94841	5,28834	,458	-6,5820	14,4789
	K80	1,84524	5,28834	,728	-8,6852	12,3757
	N50K40	,43651	5,28834	,934	-10,0939	10,9669
	N100K80	-9,62302	5,28834	,073	-20,1535	,9074
N100	N0K0	13,82937*	5,28834	,011	3,2989	24,3598
	N50	8,09524	5,28834	,130	-2,4352	18,6257
	K40	12,04365*	5,28834	,026	1,5132	22,5741
	K80	9,94048	5,28834	,064	-,5900	20,4709
	N50K40	8,53175	5,28834	,111	-1,9987	19,0622
	N100K80	-1,52778	5,28834	,773	-12,0582	9,0027
K40	N0K0	1,78571	5,28834	,737	-8,7447	12,3162
	N50	-3,94841	5,28834	,458	-14,4789	6,5820
	N100	-12,04365*	5,28834	,026	-22,5741	-1,5132
	K80	-2,10317	5,28834	,692	-12,6336	8,4273
	N50K40	-3,51190	5,28834	,509	-14,0423	7,0185
	N100K80	-13,57143*	5,28834	,012	-24,1019	-3,0410
K80	N0K0	3,88889	5,28834	,464	-6,6415	14,4193
	N50	-1,84524	5,28834	,728	-12,3757	8,6852
	N100	-9,94048	5,28834	,064	-20,4709	,5900
	K40	2,10317	5,28834	,692	-8,4273	12,6336
	N50K40	-1,40873	5,28834	,791	-11,9392	9,1217
	N100K80	-11,46825*	5,28834	,033	-21,9987	-,9378
N50K40	N0K0	5,29762	5,28834	,320	-5,2328	15,8281
	N50	-,43651	5,28834	,934	-10,9669	10,0939
	N100	-8,53175	5,28834	,111	-19,0622	1,9987
	K40	3,51190	5,28834	,509	-7,0185	14,0423
	K80	1,40873	5,28834	,791	-9,1217	11,9392

N100K80		-10,05952	5,28834	,061	-20,5900	,4709
N100K80	N0K0	15,35714*	5,28834	,005	4,8267	25,8876
	N50	9,62302	5,28834	,073	-,9074	20,1535
	N100	1,52778	5,28834	,773	-9,0027	12,0582
	K40	13,57143*	5,28834	,012	3,0410	24,1019
	K80	11,46825*	5,28834	,033	,9378	21,9987
	N50K40	10,05952	5,28834	,061	-,4709	20,5900

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

214. melléklet Tápanyag kezelés és a zöldtömeg és Brix-érték ANOVA vizsgálata (2010)

ANOVA			Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Tápanyag							
N0K0	Biomassza	Between Groups	638,646	3	212,882	11,472	,003
		Within Groups	148,449	8	18,556		
		Total	787,095	11			
	Brix	Between Groups	8,189	3	2,730	4,208	,046
		Within Groups	5,189	8	,649		
		Total	13,378	11			
N50	Biomassza	Between Groups	852,769	3	284,256	37,721	,000
		Within Groups	60,286	8	7,536		
		Total	913,054	11			
	Brix	Between Groups	6,510	3	2,170	,491	,698
		Within Groups	35,382	8	4,423		
		Total	41,892	11			
N100	Biomassza	Between Groups	1071,896	3	357,299	12,060	,002
		Within Groups	237,020	8	29,628		
		Total	1308,917	11			
	Brix	Between Groups	7,458	3	2,486	2,088	,180
		Within Groups	9,525	8	1,191		
		Total	16,982	11			
K40	Biomassza	Between Groups	797,774	3	265,925	24,926	,000
		Within Groups	85,347	8	10,668		
		Total	883,121	11			
	Brix	Between Groups	1,914	3	,638	1,659	,252
		Within Groups	3,077	8	,385		
		Total	4,990	11			
K80	Biomassza	Between Groups	663,243	3	221,081	6,335	,017
		Within Groups	279,184	8	34,898		
		Total	942,427	11			
	Brix	Between Groups	5,021	3	1,674	1,674	,249
		Within Groups	7,999	8	1,000		
		Total	13,019	11			
N50K40	Biomassza	Between Groups	1007,687	3	335,896	60,959	,000
		Within Groups	44,082	8	5,510		
		Total	1051,769	11			
	Brix	Between Groups	5,111	3	1,704	1,190	,373
		Within Groups	11,450	8	1,431		
		Total	16,562	11			
N100K80	Biomassza	Between Groups	1123,434	3	374,478	7,404	,011
		Within Groups	404,612	8	50,577		
		Total	1528,046	11			
	Brix	Between Groups	18,498	3	6,166	4,845	,033
		Within Groups	10,182	8	1,273		
		Total	28,680	11			

52. melléklet Tápanyag kezelés és a zöldtömeg Post-hoc vizsgálata (2010)

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Biomassza

LSD

(I) Tápanyag	(J) Tápanyag	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
N0K0	N50	-10,33333*	4,00606	,012	-18,3104	-2,3562
	N100	-13,22619*	4,00606	,001	-21,2033	-5,2491
	K40	-1,46429	4,00606	,716	-9,4414	6,5128
	K80	-,94048	4,00606	,815	-8,9176	7,0366
	N50K40	-10,21429*	4,00606	,013	-18,1914	-2,2372
	N100K80	-11,34524*	4,00606	,006	-19,3223	-3,3681
N50	N0K0	10,33333*	4,00606	,012	2,3562	18,3104
	N100	-2,89286	4,00606	,472	-10,8699	5,0842
	K40	8,86905*	4,00606	,030	,8920	16,8461
	K80	9,39286*	4,00606	,022	1,4158	17,3699
	N50K40	,11905	4,00606	,976	-7,8580	8,0961
	N100K80	-1,01190	4,00606	,801	-8,9890	6,9652
N100	N0K0	13,22619*	4,00606	,001	5,2491	21,2033
	N50	2,89286	4,00606	,472	-5,0842	10,8699
	K40	11,76190*	4,00606	,004	3,7848	19,7390
	K80	12,28571*	4,00606	,003	4,3086	20,2628
	N50K40	3,01190	4,00606	,454	-4,9652	10,9890
	N100K80	1,88095	4,00606	,640	-6,0961	9,8580
K40	N0K0	1,46429	4,00606	,716	-6,5128	9,4414
	N50	-8,86905*	4,00606	,030	-16,8461	-,8920
	N100	-11,76190*	4,00606	,004	-19,7390	-3,7848
	K80	,52381	4,00606	,896	-7,4533	8,5009
	N50K40	-8,75000*	4,00606	,032	-16,7271	-,7729
	N100K80	-9,88095*	4,00606	,016	-17,8580	-1,9039
K80	N0K0	,94048	4,00606	,815	-7,0366	8,9176
	N50	-9,39286*	4,00606	,022	-17,3699	-1,4158
	N100	-12,28571*	4,00606	,003	-20,2628	-4,3086
	K40	-,52381	4,00606	,896	-8,5009	7,4533
	N50K40	-9,27381*	4,00606	,023	-17,2509	-1,2967
	N100K80	-10,40476*	4,00606	,011	-18,3819	-2,4277
N50K40	N0K0	10,21429*	4,00606	,013	2,2372	18,1914
	N50	-,11905	4,00606	,976	-8,0961	7,8580
	N100	-3,01190	4,00606	,454	-10,9890	4,9652

	K40	8,75000*	4,00606	,032	,7729	16,7271
	K80	9,27381*	4,00606	,023	1,2967	17,2509
	N100K80	-1,13095	4,00606	,778	-9,1080	6,8461
N100K80	N0K0	11,34524*	4,00606	,006	3,3681	19,3223
	N50	1,01190	4,00606	,801	-6,9652	8,9890
	N100	-1,88095	4,00606	,640	-9,8580	6,0961
	K40	9,88095*	4,00606	,016	1,9039	17,8580
	K80	10,40476*	4,00606	,011	2,4277	18,3819
	N50K40	1,13095	4,00606	,778	-6,8461	9,1080

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

23. melléklet Tápanyag kezelés és a zöldtömeg és Brix-érték ANOVA vizsgálata (2011)

ANOVA

Tápanyag			Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
N0K0	Biomassza	Between Groups	338,870	3	112,957	24,933	,000
		Within Groups	36,243	8	4,530		
		Total	375,113	11			
	Brix	Between Groups	2,682	3	,894	,567	,652
		Within Groups	12,627	8	1,578		
		Total	15,309	11			
N50	Biomassza	Between Groups	1273,861	3	424,620	81,416	,000
		Within Groups	41,723	8	5,215		
		Total	1315,585	11			
	Brix	Between Groups	11,937	3	3,979	2,043	,186
		Within Groups	15,580	8	1,947		
		Total	27,517	11			
N100	Biomassza	Between Groups	1797,033	3	599,011	76,293	,000
		Within Groups	62,812	8	7,851		
		Total	1859,845	11			
	Brix	Between Groups	3,247	3	1,082	,968	,454
		Within Groups	8,940	8	1,118		
		Total	12,187	11			
K40	Biomassza	Between Groups	450,208	3	150,069	70,280	,000
		Within Groups	17,082	8	2,135		
		Total	467,290	11			
	Brix	Between Groups	13,670	3	4,557	1,776	,229
		Within Groups	20,527	8	2,566		
		Total	34,197	11			
K80	Biomassza	Between Groups	498,980	3	166,327	78,765	,000
		Within Groups	16,893	8	2,112		
		Total	515,873	11			
	Brix	Between Groups	,309	3	,103	,051	,984
		Within Groups	16,320	8	2,040		
		Total	16,629	11			
N50K40	Biomassza	Between Groups	1156,179	3	385,393	102,875	,000
		Within Groups	29,970	8	3,746		
		Total	1186,149	11			
	Brix	Between Groups	42,249	3	14,083	8,346	,008
		Within Groups	13,500	8	1,688		
		Total	55,749	11			
N100K80	Biomassza	Between Groups	2208,896	3	736,299	87,170	,000
		Within Groups	67,574	8	8,447		
		Total	2276,469	11			
	Brix	Between Groups	3,297	3	1,099	,507	,688
		Within Groups	17,340	8	2,168		
		Total	20,637	11			

64. melléklet Tápanyag kezelés és a zöldtömeg Post-hoc vizsgálata (2011)

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Biomassza

LSD

(I) Tápanyag	(J) Tápanyag	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
N0K0	N50	-11,05159*	4,16030	,010	-19,3358	-2,7674
	N100	-18,25397*	4,16030	,000	-26,5382	-9,9698
	K40	-1,66667	4,16030	,690	-9,9509	6,6175
	K80	-3,45238	4,16030	,409	-11,7366	4,8318
	N50K40	-13,25397*	4,16030	,002	-21,5382	-4,9698
	N100K80	-22,04365*	4,16030	,000	-30,3279	-13,7594
N50	N0K0	11,05159*	4,16030	,010	2,7674	19,3358
	N100	-7,20238	4,16030	,087	-15,4866	1,0818
	K40	9,38492*	4,16030	,027	1,1007	17,6691
	K80	7,59921	4,16030	,072	-,6850	15,8834
	N50K40	-2,20238	4,16030	,598	-10,4866	6,0818
	N100K80	-10,99206*	4,16030	,010	-19,2763	-2,7079
N100	N0K0	18,25397*	4,16030	,000	9,9698	26,5382
	N50	7,20238	4,16030	,087	-1,0818	15,4866
	K40	16,58730*	4,16030	,000	8,3031	24,8715
	K80	14,80159*	4,16030	,001	6,5174	23,0858
	N50K40	5,00000	4,16030	,233	-3,2842	13,2842
	N100K80	-3,78968	4,16030	,365	-12,0739	4,4945
K40	N0K0	1,66667	4,16030	,690	-6,6175	9,9509
	N50	-9,38492*	4,16030	,027	-17,6691	-1,1007
	N100	-16,58730*	4,16030	,000	-24,8715	-8,3031
	K80	-1,78571	4,16030	,669	-10,0699	6,4985
	N50K40	-11,58730*	4,16030	,007	-19,8715	-3,3031
	N100K80	-20,37698*	4,16030	,000	-28,6612	-12,0928
K80	N0K0	3,45238	4,16030	,409	-4,8318	11,7366
	N50	-7,59921	4,16030	,072	-15,8834	,6850
	N100	-14,80159*	4,16030	,001	-23,0858	-6,5174
	K40	1,78571	4,16030	,669	-6,4985	10,0699
	N50K40	-9,80159*	4,16030	,021	-18,0858	-1,5174
	N100K80	-18,59127*	4,16030	,000	-26,8755	-10,3071
N50K40	N0K0	13,25397*	4,16030	,002	4,9698	21,5382
	N50	2,20238	4,16030	,598	-6,0818	10,4866
	N100	-5,00000	4,16030	,233	-13,2842	3,2842

	K40	11,58730*	4,16030	,007	3,3031	19,8715
	K80	9,80159*	4,16030	,021	1,5174	18,0858
	N100K80	-8,78968*	4,16030	,038	-17,0739	-,5055
N100K80	N0K0	22,04365*	4,16030	,000	13,7594	30,3279
	N50	10,99206*	4,16030	,010	2,7079	19,2763
	N100	3,78968	4,16030	,365	-4,4945	12,0739
	K40	20,37698*	4,16030	,000	12,0928	28,6612
	K80	18,59127*	4,16030	,000	10,3071	26,8755
	N50K40	8,78968*	4,16030	,038	,5055	17,0739

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

75. melléklet Az évjáráthatás és a biomassa ANOVA vizsgálata (2009-2011)

ANOVA

Biomassza

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	18663,671	2	9331,836	60,535	,000
Within Groups	38384,763	249	154,156		
Total	57048,434	251			

86. melléklet Az évjáráthatás és a biomassa Post-hoc vizsgálata (2009-2011)

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Biomassza

LSD

(I) Év	(J) Év	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
2009	2010	-18,73696*	1,91582	,000	-22,5102	-14,9637
	2011	-1,00340	1,91582	,601	-4,7767	2,7699
2010	2009	18,73696*	1,91582	,000	14,9637	22,5102
	2011	17,73356*	1,91582	,000	13,9603	21,5068
2011	2009	1,00340	1,91582	,601	-2,7699	4,7767
	2010	-17,73356*	1,91582	,000	-21,5068	-13,9603

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

97. melléklet Refraktométeres-szárazanyag és talajművelés Post-hoc vizsgálata (2009)

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Brix

LSD

(I) Talajművelés	(J) Talajművelés	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
Szántás	Kultivátorozás	,55000	,60292	,364	-,6499	1,7499
	Tárcsázás	,04571	,60292	,940	-1,1541	1,2456
	Direkt vetés	1,36810*	,60292	,026	,1682	2,5680
Kultivátorozás	Szántás	-,55000	,60292	,364	-1,7499	,6499
	Tárcsázás	-,50429	,60292	,405	-1,7041	,6956
	Direkt vetés	,81810	,60292	,179	-,3818	2,0180
Tárcsázás	Szántás	-,04571	,60292	,940	-1,2456	1,1541
	Kultivátorozás	,50429	,60292	,405	-,6956	1,7041
	Direkt vetés	1,32238*	,60292	,031	,1225	2,5222
Direkt vetés	Szántás	-1,36810*	,60292	,026	-2,5680	-,1682
	Kultivátorozás	-,81810	,60292	,179	-2,0180	,3818
	Tárcsázás	-1,32238*	,60292	,031	-2,5222	-,1225

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

2810. melléklet Refraktométeres-szárazanyag és talajművelés Post-hoc vizsgálata (2010)

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Brix

LSD

(I) Talajművelés	(J) Talajművelés	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
Szántás	Kultivátorozás	-,74714	,37673	,051	-1,4969	,0026
	Tárcsázás	-,43190	,37673	,255	-1,1816	,3178
	Direkt vetés	,78714*	,37673	,040	,0374	1,5369
Kultivátorozás	Szántás	,74714	,37673	,051	-,0026	1,4969
	Tárcsázás	,31524	,37673	,405	-,4345	1,0650
	Direkt vetés	1,53429*	,37673	,000	,7846	2,2840
Tárcsázás	Szántás	,43190	,37673	,255	-,3178	1,1816
	Kultivátorozás	-,31524	,37673	,405	-1,0650	,4345
	Direkt vetés	1,21905*	,37673	,002	,4693	1,9688
Direkt vetés	Szántás	-,78714*	,37673	,040	-1,5369	-,0374
	Kultivátorozás	-1,53429*	,37673	,000	-2,2840	-,7846
	Tárcsázás	-1,21905*	,37673	,002	-1,9688	-,4693

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

29. melléklet Refraktométeres-szárazanyag és talajművelés Post-hoc vizsgálata (2011)

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Brix

LSD

(I) Talajművelés	(J) Talajművelés	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
Szántás	Kultivátorozás	,25714	,58275	,660	-,9026	1,4168
	Tárcsázás	,06190	,58275	,916	-1,0978	1,2216
	Direkt vetés	1,26667*	,58275	,033	,1070	2,4264
Kultivátorozás	Szántás	-,25714	,58275	,660	-1,4168	,9026
	Tárcsázás	-,19524	,58275	,738	-1,3549	,9645
	Direkt vetés	1,00952	,58275	,087	-,1502	2,1692
Tárcsázás	Szántás	-,06190	,58275	,916	-1,2216	1,0978
	Kultivátorozás	,19524	,58275	,738	-,9645	1,3549
	Direkt vetés	1,20476*	,58275	,042	,0451	2,3645
Direkt vetés	Szántás	-1,26667*	,58275	,033	-2,4264	-,1070
	Kultivátorozás	-1,00952	,58275	,087	-2,1692	,1502
	Tárcsázás	-1,20476*	,58275	,042	-2,3645	-,0451

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

30. melléklet Refraktométeres-szárazanyag és a tápanyag kezelés Post-hoc vizsgálata (2009)

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Brix

LSD

(I) Tápanyag	(J) Tápanyag	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
N0K0	N50	-1,71500 [*]	,72371	,020	-3,1561	-,2739
	N100	-2,94333 [*]	,72371	,000	-4,3844	-1,5022
	K40	,01500	,72371	,984	-1,4261	1,4561
	K80	-2,16417 [*]	,72371	,004	-3,6053	-,7231
	N50K40	-2,03917 [*]	,72371	,006	-3,4803	-,5981
	N100K80	-1,45250 [*]	,72371	,048	-2,8936	-,0114
N50	N0K0	1,71500 [*]	,72371	,020	,2739	3,1561
	N100	-1,22833	,72371	,094	-2,6694	,2128
	K40	1,73000 [*]	,72371	,019	,2889	3,1711
	K80	-,44917	,72371	,537	-1,8903	,9919
	N50K40	-,32417	,72371	,655	-1,7653	1,1169
	N100K80	,26250	,72371	,718	-1,1786	1,7036
N100	N0K0	2,94333 [*]	,72371	,000	1,5022	4,3844
	N50	1,22833	,72371	,094	-,2128	2,6694
	K40	2,95833 [*]	,72371	,000	1,5172	4,3994
	K80	,77917	,72371	,285	-,6619	2,2203
	N50K40	,90417	,72371	,215	-,5369	2,3453
	N100K80	1,49083 [*]	,72371	,043	,0497	2,9319
K40	N0K0	-,01500	,72371	,984	-1,4561	1,4261
	N50	-1,73000 [*]	,72371	,019	-3,1711	-,2889
	N100	-2,95833 [*]	,72371	,000	-4,3994	-1,5172
	K80	-2,17917 [*]	,72371	,004	-3,6203	-,7381
	N50K40	-2,05417 [*]	,72371	,006	-3,4953	-,6131
	N100K80	-1,46750 [*]	,72371	,046	-2,9086	-,0264
K80	N0K0	2,16417 [*]	,72371	,004	,7231	3,6053
	N50	,44917	,72371	,537	-,9919	1,8903
	N100	-,77917	,72371	,285	-2,2203	,6619
	K40	2,17917 [*]	,72371	,004	,7381	3,6203
	N50K40	,12500	,72371	,863	-1,3161	1,5661
	N100K80	,71167	,72371	,329	-,7294	2,1528
N50K40	N0K0	2,03917 [*]	,72371	,006	,5981	3,4803
	N50	,32417	,72371	,655	-1,1169	1,7653
	N100	-,90417	,72371	,215	-2,3453	,5369
	K40	2,05417 [*]	,72371	,006	,6131	3,4953
	K80	-,12500	,72371	,863	-1,5661	1,3161
	N100K80	,58667	,72371	,420	-,8544	2,0278
N100K80	N0K0	1,45250 [*]	,72371	,048	,0114	2,8936
	N50	-,26250	,72371	,718	-1,7036	1,1786
	N100	-1,49083 [*]	,72371	,043	-2,9319	-,0497
	K40	1,46750 [*]	,72371	,046	,0264	2,9086
	K80	-,71167	,72371	,329	-2,1528	,7294
	N50K40	-,58667	,72371	,420	-2,0278	,8544

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

31. melléklet Refraktométeres-szárazanyag és a tápanyag kezelés Post-hoc vizsgálata (2010)

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Brix

LSD

(I) Tápanyag	(J) Tápanyag	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
N0K0	N50	-,11500	,54157	,832	-1,1934	,9634
	N100	,72083	,54157	,187	-,3576	1,7992
	K40	,08750	,54157	,872	-,9909	1,1659
	K80	,89083	,54157	,104	-,1876	1,9692
	N50K40	,66333	,54157	,224	-,4151	1,7417
	N100K80	,56500	,54157	,300	-,5134	1,6434
N50	N0K0	,11500	,54157	,832	-,9634	1,1934
	N100	,83583	,54157	,127	-,2426	1,9142
	K40	,20250	,54157	,709	-,8759	1,2809
	K80	1,00583	,54157	,067	-,0726	2,0842
	N50K40	,77833	,54157	,155	-,3001	1,8567
	N100K80	,68000	,54157	,213	-,3984	1,7584
N100	N0K0	-,72083	,54157	,187	-1,7992	,3576
	N50	-,83583	,54157	,127	-1,9142	,2426
	K40	-,63333	,54157	,246	-1,7117	,4451
	K80	,17000	,54157	,754	-,9084	1,2484
	N50K40	-,05750	,54157	,916	-1,1359	1,0209
	N100K80	-,15583	,54157	,774	-1,2342	,9226
K40	N0K0	-,08750	,54157	,872	-1,1659	,9909
	N50	-,20250	,54157	,709	-1,2809	,8759
	N100	,63333	,54157	,246	-,4451	1,7117
	K80	,80333	,54157	,142	-,2751	1,8817
	N50K40	,57583	,54157	,291	-,5026	1,6542
	N100K80	,47750	,54157	,381	-,6009	1,5559
K80	N0K0	-,89083	,54157	,104	-1,9692	,1876
	N50	-1,00583	,54157	,067	-2,0842	,0726
	N100	-,17000	,54157	,754	-1,2484	,9084
	K40	-,80333	,54157	,142	-1,8817	,2751
	N50K40	-,22750	,54157	,676	-1,3059	,8509
	N100K80	-,32583	,54157	,549	-1,4042	,7526
N50K40	N0K0	-,66333	,54157	,224	-1,7417	,4151
	N50	-,77833	,54157	,155	-1,8567	,3001
	N100	,05750	,54157	,916	-1,0209	1,1359
	K40	-,57583	,54157	,291	-1,6542	,5026
	K80	,22750	,54157	,676	-,8509	1,3059
	N100K80	-,09833	,54157	,856	-1,1767	,9801
N100K80	N0K0	-,56500	,54157	,300	-1,6434	,5134
	N50	-,68000	,54157	,213	-1,7584	,3984
	N100	,15583	,54157	,774	-,9226	1,2342
	K40	-,47750	,54157	,381	-1,5559	,6009
	K80	,32583	,54157	,549	-,7526	1,4042
	N50K40	,09833	,54157	,856	-,9801	1,1767

112. melléklet Refraktométeres-szárazanyag és a tápanyag kezelés Post-hoc vizsgálata (2011)

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Brix

LSD

(I) Tápanyag	(J) Tápanyag	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
N0K0	N50	-1,37500*	,62803	,032	-2,6256	-,1244
	N100	-2,42500*	,62803	,000	-3,6756	-1,1744
	K40	,19167	,62803	,761	-1,0589	1,4422
	K80	-2,05000*	,62803	,002	-3,3006	-,7994
	N50K40	-3,13333*	,62803	,000	-4,3839	-1,8828
	N100K80	-2,77500*	,62803	,000	-4,0256	-1,5244
N50	N0K0	1,37500*	,62803	,032	,1244	2,6256
	N100	-1,05000	,62803	,099	-2,3006	,2006
	K40	1,56667*	,62803	,015	,3161	2,8172
	K80	-,67500	,62803	,286	-1,9256	,5756
	N50K40	-1,75833*	,62803	,006	-3,0089	-,5078
	N100K80	-1,40000*	,62803	,029	-2,6506	-,1494
N100	N0K0	2,42500*	,62803	,000	1,1744	3,6756
	N50	1,05000	,62803	,099	-,2006	2,3006
	K40	2,61667*	,62803	,000	1,3661	3,8672
	K80	,37500	,62803	,552	-,8756	1,6256
	N50K40	-,70833	,62803	,263	-1,9589	,5422
	N100K80	-,35000	,62803	,579	-1,6006	,9006
K40	N0K0	-,19167	,62803	,761	-1,4422	1,0589
	N50	-1,56667*	,62803	,015	-2,8172	-,3161
	N100	-2,61667*	,62803	,000	-3,8672	-1,3661
	K80	-2,24167*	,62803	,001	-3,4922	-,9911
	N50K40	-3,32500*	,62803	,000	-4,5756	-2,0744
	N100K80	-2,96667*	,62803	,000	-4,2172	-1,7161
K80	N0K0	2,05000*	,62803	,002	,7994	3,3006
	N50	,67500	,62803	,286	-,5756	1,9256
	N100	-,37500	,62803	,552	-1,6256	,8756
	K40	2,24167*	,62803	,001	,9911	3,4922
	N50K40	-1,08333	,62803	,089	-2,3339	,1672
	N100K80	-,72500	,62803	,252	-1,9756	,5256
N50K40	N0K0	3,13333*	,62803	,000	1,8828	4,3839
	N50	1,75833*	,62803	,006	,5078	3,0089
	N100	,70833	,62803	,263	-,5422	1,9589
	K40	3,32500*	,62803	,000	2,0744	4,5756
	K80	1,08333	,62803	,089	-,1672	2,3339
	N100K80	,35833	,62803	,570	-,8922	1,6089
N100K80	N0K0	2,77500*	,62803	,000	1,5244	4,0256
	N50	1,40000*	,62803	,029	,1494	2,6506
	N100	,35000	,62803	,579	-,9006	1,6006
	K40	2,96667*	,62803	,000	1,7161	4,2172
	K80	,72500	,62803	,252	-,5256	1,9756
	N50K40	-,35833	,62803	,570	-1,6089	,8922

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

8.3 M3. Nyilatkozat

Alulírott Kovács Gergő Péter büntetőjogi és fegyelmi felelősségem tudatában kijelentem és aláírással igazolom, hogy a Doktori dolgozat saját munkám eredménye. A felhasznált irodalmat korrekt módon kezeltem, a Doktori dolgozatra vonatkozó jogszabályokat betartottam.

.....

Kovács Gergő Péter

Születési idő: 1983.08.08

9 KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

CUKORCIROK TERMESZTÉSTECHNOLÓGIA KIDOLGOZÁSA ALTERNATÍV ENERGETIKAI CÉLOKRA

című

Dolgozatom megírásához nyújtott segítségért

Köszönettel tartozom:

A Növénytermesztési Intézet minden munkatársának

Dr. Gyuricza Csaba konzulensemnek

és családomnak