



**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	4
2	Irodalmi áttekintés	6
2.1	Primer energiaforrásokra alapozott globális energiafogyasztás jelenlegi helyzete	6
2.2	Megújuló energiaforrások szerepe a világon.....	7
2.3	A magyar energiafelhasználás jelenlegi struktúrája	11
2.4	Megújuló energiaforrásaink hazai helyzete.....	13
2.5	Cukorcirok, mint alternatív energianövényünk.....	17
2.6	A témához kapcsolódó szakirodalom összegző értékelése	27
3	Anyag és módszer.....	28
3.1	A kísérleti terület agroökológiai jellemzői.....	28
3.2	A kísérlet beállítási és kezelési	33
3.3	A vizsgálatok módszerei és eszközei	36
4	Eredmények	39
4.1	Talajfizikai paraméterek hatása a cukorcirok zöldtömegére	39
4.2	A talajművelés hatása a cukorcirok zöldtömegére	45
4.3	A tápanyag-ellátás hatása cukorcirok zöldtömegére	48
4.4	A talajművelés hatása a refraktométeres szárazanyag-hozamra (Brix).....	53
4.5	A tápanyag-ellátás hatása a refraktométeres szárazanyag-hozamra (Brix).....	54
4.6	Összefüggés a zöldtömeg és a Brix (cukortartalom) eloszlása között	58
4.7	A cukortartalom eloszlás a cukorcirok szárában	60
4.8	Új tudományos eredmények.....	67
5	Következtetések és javaslatok	68
6	Összefoglalás	71
7	Summary.....	73
8	Mellékletek	74
8.1	M1. Irodalomjegyzék	74
8.2	M2. Melléklet	83
8.3	M3. Nyilatkozat.....	108
9	Köszönetnyilvánítás.....	109

1 BEVEZETÉS

Napjainkban az emberiség energiaszükségletének túlnyomó részét, megközelítően 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 biomassza-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 adóttak (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 biomassza 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 élelmezésben is jelentős szerepet tölt be, mivel a kukorica, rizs, búza és árpa után az ötödik helyet foglalja el (MEKBIB 2006). 2012-ben a szemes cirok betakarított területe közel 38 millió hektár volt, a termés mennyisége elérte az 58 millió tonnát. Hagyományosan a ciroktermesztő több Afrikai ország pl. Nigéria (5,5 millió hektár), Szudán (4,1 millió hektár), Burkina Faso (1,4 millió hektár) és Etiópia (1,3 millió hektár). Ázsiában 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, amely 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 biomassza energetikaicélú 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 a 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.

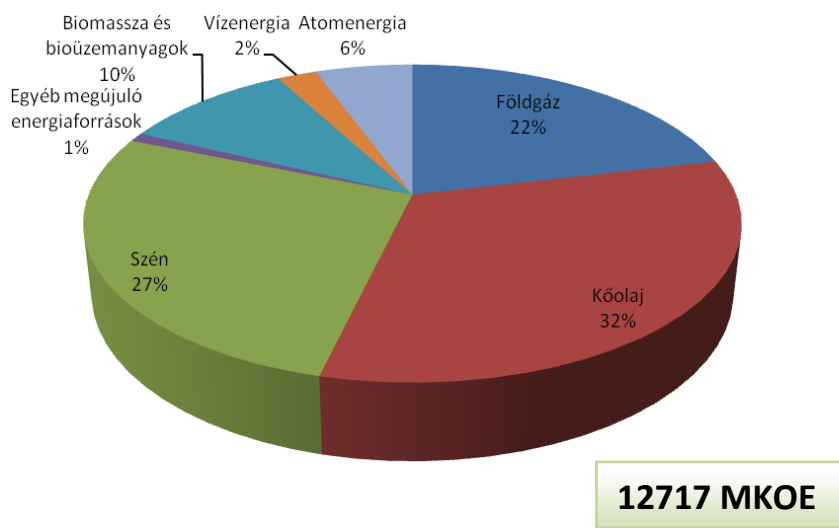
A dolgozat elkészítéséhez kapcsolódó kutatás során arra kerestük a választ, hogy a jelenleg használatos agrotechnikai eljárások miképpen befolyásolják a cukorcirok termesztési tulajdonságait kedvezőtlen adottságú és szélsőséges időjárási tényezőknek kitett körülmények között. A kutatási célok az alábbiak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

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

2 IRODALMI ÁTTEKINTÉS

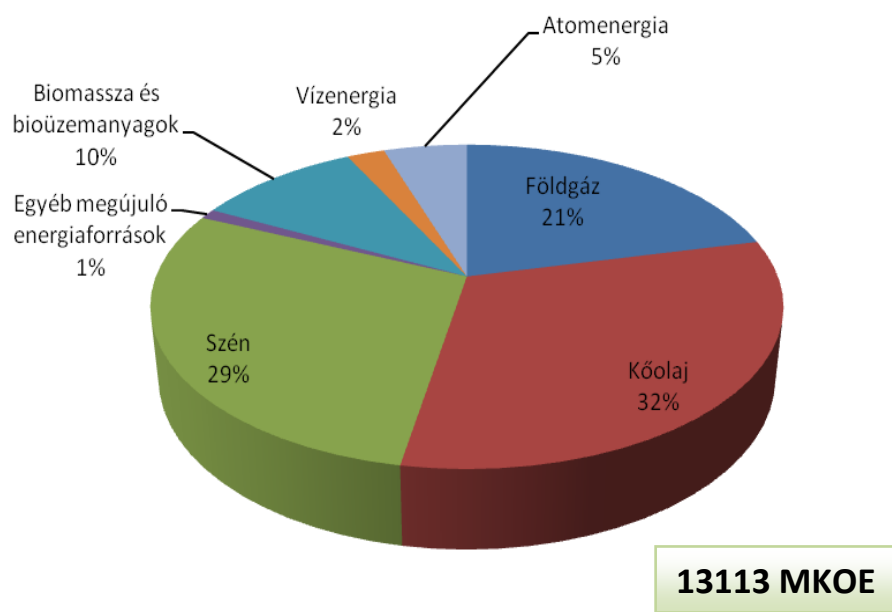
2.1 Primer energiaforrásokra alapozott globális energiafogyasztás jelenlegi helyzete

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%-át fedezi (1. és 2. ábra). Az elmúlt években a szén felhasználása növekedett, a kitermelés mértéke a 2010-as évhez képest 5,5%-kal nőtt. A kirobbanó növekedés oka Kína jelentős energiaéhsége, amelyet a 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 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 évektől rohamosan terjedtek el a naperőművek, amelyben jelentős

szerpe volt az átgondolt kormányzati politikának és támogatás 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, amely a 2000-ben termelt 17 GW-hoz viszonyítva tízszeres növekedést jelent. Kína területi adottságait kihasználva, és hogy enyhítse energiaéhségét, 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 kíniai 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 víziergia-készlete Afrikában található, ugyanakkor a kontinens országai nem rendelkeznek megfelelő tőkével a beruházások elkezdéséhez.

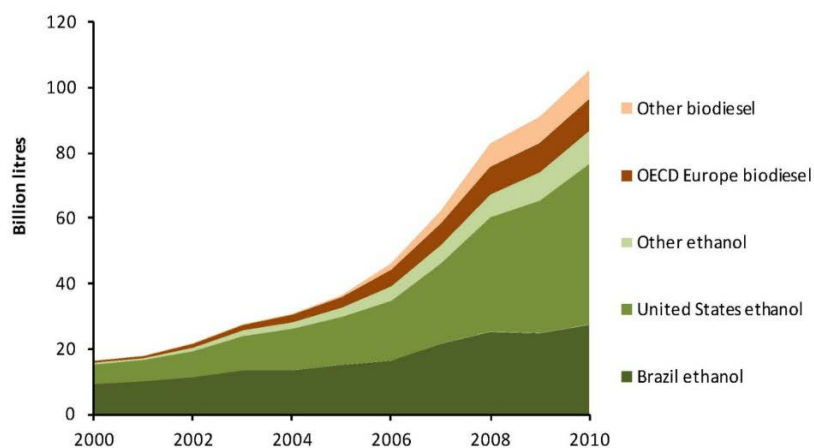
Jelenleg a Három szoros gát a világ legnagyobb kapacitású vízi-, sőt bármilyen, elektromos áramot termelő erőműve. 18 millió kilowattnyi elektromos teljesítményt állít elő, amely a kínai áramtermelésnek kilencede, és ráadásul olyan területek energia ellátását biztosítja, amelyek eddig nehezen jutottak 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 megközelítően 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 geotermikus villamos energia termelése terén (BERTANI 2010).

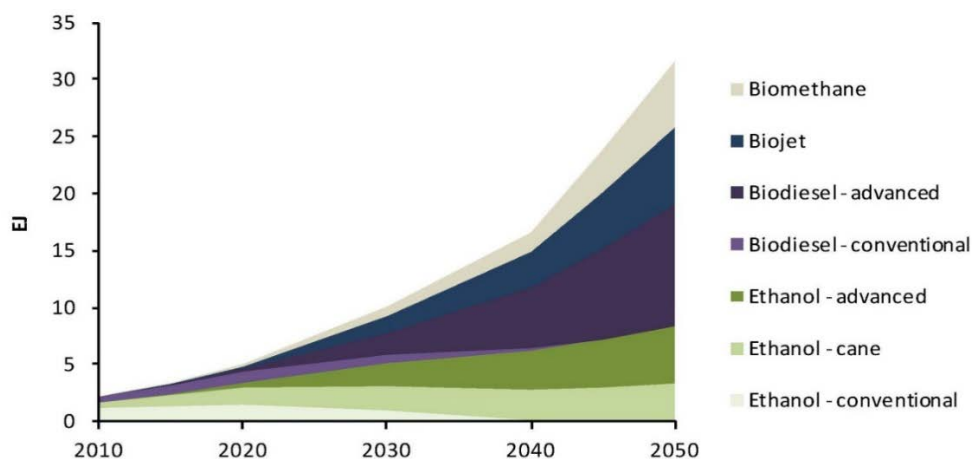
Biomassza és bioüzemanyagok

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 bioüzemanyagok termelése a 2000-ben előállított 16 milliárd literrel 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 bioüzemanyagokat. Nepál és Etiópia összenergia szükségletét csaknem teljesen biomasszából elégíti ki (PECZNIK 2004). Az első generációs bioüzemanyagokat az elkövetkező évtizedben fogják leváltani a fejlett technológiájú második generációs bioüzemanyagok. Ezek a technológiák pl. 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, addigra 2008-ra már ez az érték csupán 18,5% volt. A visszaesés feltehetőleg 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%, a napenergiának 22% növekedést kellene évente elérnie. Az előrejelzések szerint 2040-re a világ energia fogyasztása eléri majd a 13,5 milliárd tonna kőolaj egyenértékét (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. 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 atomerőművi 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 atomerőművi 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 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-termelésen belüli aránya az utóbbi 4 évben 9-ről 23%-ra emelkedett, és jelenleg a biomassza után a második legnagyobb. 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 GERGELY (2010) 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 kiaknázatlan villamos energia mennyiség megközelítően 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.

Szélerőenergia

Az elmúlt években végzett felmérések alapján meghatározásra kerültek azok a helyszínek hazánkban, ahol a természetvédelmi, környezetvédelmi szempontok figyelembevételével gazdaságosan telepíthetők nagyobb szél-turbinák. Ez alapján Magyarország összesített szélerőenergia potenciálja több ezer MW teljesítmény. A NEMZETI CSELEKVÉSI TERVBEN szélerőenergia vonatkozásában a 2020. évi nemzeti célkitűzés a villamos energia rendszer szabályozhatósági korlátjához igazodik, amely a jelenlegi ismertek alapján kb. 740 MW összteljesítményig képes a szélerőenergiát befogadni. Amennyiben a hazai teljes szél-erőmű-kapacitás eléri a 740 MW-ot, és a jelenlegi kb. 22%-os kihasználtság helyett 25%-kal működnek a szél-parkok, az általuk termelt kb. 1600 GWh villamos energia árhatását 0,6 Ft/kWh mértékűre becsülik változatlan fogyasztás és KÁT árak mellett. Ha a villamos energia hálózat rugalmassága megnövekszik (smart grid, vagy új rugalmasan szabályozható erőműi egységek), illetve az energiátárolásra vonatkozó fejlesztések (pl. hibrid szél-hidrogén rendszerek) gazdaságosan hasznosítható eredménnyel járnak, akkor a szélerőenergia-termelés a fenti célkitűzést meghaladhatja. Jelenleg 155db szél-erőmű működik az ország területén, amelyeknek az összteljesítménye közel 296 MW. A MAGYAR SZÉLERŐENERGIA TÁRSASÁG számításai szerint minden 100 MW plusz beépített szél-erőmű-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), és így a hőáram a kontinentális átlagnak mintegy kétszerese. A felszínen mérhető hőáram jellemző értéke $0,06-0,07 \text{ W/m}^2$. 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 Fábiánsebestyén 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 időtartalmának regisztrálására. Országunkban a sugárzás értéke a déli órákban, átlagos napsütés esetén a téli félévben (október-március) $250-600 \text{ W/m}^2$, a nyári félévben (április-szeptember) $600-1000 \text{ W/m}^2$ 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 $4200-4700 \text{ MJ/m}^2$ 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.

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 motorbenzininkben. Az etanolból előállítható ETBE kiváló benzin komponens, amely növeli a benzin oktánszámát, és semmilyen műszaki vagy alkalmazástechnikai problémát nem okoz. Magyarországon a bioetanol előállítás rohamosan bővül, összhangban az Európai Unió ajánlásával, amely szerint a felhasznált üzemanyagok közül a bioeredetűek részesedésének 2010-re el kell érnie az 5,75 %-ot. Hazánkban 2007. július 1. óta adókedvezményrel 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 kukoricakeményítőtől 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.

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 még a mai napig nem tisztázott. VINALL (1936) a cirokfélék származását Afrika és azon belül Etiópia és Szudán sztyeppe és szavanna területeire tette, míg LINNÉ (1753) a jelenlegi India területét jelölte meg a cirok géncentrumának. Állítását az itt előforduló rendkívül sokrétű fajta változatoknak 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 termesztetni 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 variabilitású 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 szaporító anyagok. A honosításba bevont cirok változatok termesztési sajátosságait OLCOTT (1857) vizsgálta. Az Afrikából származó változatokat Leonard Wray importálta, aki az 1863-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 USA-ban 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, amelyet a kukoricához hasonlóan kell termesztetni, magja a lovaknak kitűnő abrak, szára pedig szobaseprésre kiválóan alkalmas (CSAJBÓK 2005). KÖRNICKE (1885) említést tesz arról, hogy Magyarországon a kukoricaföldek szegélyeként termesztik 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 a Mezőgazdasági Tanács később visszavonta. Szarvason 1959-ben kezdtek 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 körülményekre adaptált biztosan beérő kombájn betakarításra alkalmas hibridek előállítása volt. Martonvásáron 1951-ben SURÁNYI és BARABÁS vezetésével kezdődött el hazánkban 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 bugarányás 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 tus végére a szemtermésnek el kell jutnia a viaszéréig, 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, nagyszámú hajszálgyökereinek, 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, VILLAY 1947, BÁLINT 1966, SIKLÓ SINÉ 1991, 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, kisebb termékenységu talajokon is sikerrel termesztethöek, jól türik a magas sótartalmat (VASILAKOGLU 2011), és az 5,5 pH-ig savanyú talajokat. Vagyis a cirok a kedvezötlen adottságú termöhelyek növénye (GYÖKÉR 1978, SIKLÓSINÉ 2001, CSAJBÖK 2005, GOSHADROU et al. 2011). Nemcsak a kötött, hanem a jobb homoktalajokon is sikerrel termesztethö (ANTAL et al. 1966; GYÖKÉR 1977). A silócirok talajigénye valamivel alacsonyabb a szemes cirokénál, ugyanakkor vetömagtermesztés esetén a talajigénye megegyezik a szemes cirokéval. Ezért kell kerülni a termesztését a nehezen felmelegedö 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. HARANGOZÖ (1988) szerint gazdaságosan csak a könnyen felmelegedö, megfelelő vízháztartású talajokon termesztethö. Sekély termörétegü, szélsöséges vízgazdálkodású talajokon lassan fejlődik, és az esetek nagy részében bugát sem hoz. Jól elviseli mind a lúgos, mind a savanyú talajokat. BOCZ (1992) SIKLÓSINÉ és HARMATI (2001) szerint sikeres termesztés folytatható az 1% humuszt meghaladó lazább talajokon, az enyhén szikes, a gyengébb termöképességü 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 kellö odafigyelést igényel. A termesztésünk sikerét a gondos talaj-elökészítés és az időben elvégzett növényvédelmi beavatkozások fogják meghatározni.

Elövetemény

A cirok az előveteményre nem igényes, következhet nyáron vagy összel betakarított elővetemény után is. Jobb homoktalajokon a silózásra hasznosított cukorcirok és a zöldtakarmányozásra használt szudánifü korán lekerölö öszi takarmánykeverék után, másodvetésként is termesztethö. A szemes cirok és a vetömagtermesztése azonban csak fővetésben oldható meg biztonságosan (ANTAL et al. 1966). Vetésforgóba jól beilleszthető (ROCATELI et al. 2012), és ez által feloldható a hazai gyakorlatban szereplö egyoldalú kukorica-búza vetésszerkezet. Elövetemény-értéke a kukoricáéhoz hasonló, jelentös mennyiségü szármaradvány marad utána. 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 szármadaradványaik 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 és társai (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 és társai 2007). A talajmunkák során gondoskodni kell a vízbefogadó képesség javításáról, a cirok a nagy zöldtömeg felépítéséhez ugyanis sok vizet igényel (KÉSMÁRKI 2005). Tömörödéssre 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 beéret talaj (VINALL és társai 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 túlkésői 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 mélyebb ne legyen (LÁNG 1966, ANTAL 2000).

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 (10. ábra). 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 egyébként 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 és társai 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 vöröszrozdát (*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); HARANGOZÓ 1988).

PHOLSEN és társai (2007) 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. A homoktalajokon is sikeresen termeszthető a cirok, ha kezdeti tápanyagigényét és későbbi nitrogénigényét kielégítik. A cirokfélék jellegzetesen nitrogénre éhes növények. A nitrogén elősegíti a vegetatív részek dinamikus fejlődését. A jobb homokon is elég jól megterem, ha elegendő nitrogént talál (LÁNG 1966). A hosszabb tenyészidejű hibridek nitrogén, kálium és foszfor felvétele magasabb, mint a kukoricának és a rizsnek (HAN et al. 2011). Megfigyelések szerint, ha a felső 0-30 cm 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

káliumműtrágyákat az őszi alapművelés előtt okszerű kijuttatni. Pl. VILLAX (1940) a foszfor és kálium-tartalmú 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; P₂O₅88-112; K₂O 125-168 kg/t
- Jobb adottságú talajokon
N 136-170; P₂O₅88-110; K₂O 136-170 kg/t

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

- Szemes cirok
N 29; P₂O₅10; 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 N-műtrágya a növény nitrát-tartalmát olyan mértékben megnövelheti, amely már mérgező lehet.

Betakarítás

A betakarítás módja a hasznosítási és termesztési céltól függően különböző lehet. Takarmány céljából viaszéréskor járva szecskázóval betakarítjuk 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. Kedvező időben betakarítva a nyersrosttartalom a szárazanyag 25-30%-át nem haladja meg. Az elvénült növény nyersrosttartalma a 40%-ot is eléri vagy meg is haladja (BOKORI és KOVÁCS 1996).

A cukorcirok energetikai hasznosításának lehetőségei

A cukorcirok energetikai hasznosítása sokrétű, szinte az egész növény felhasználható energiatermelésre. Az energiatermelésen kívül a ciroknak fontos szerepe van még 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 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 biomassza eltüzelése a legősibb energianyerési forma. A tüzelésre felhasználható biomassza 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 energiataralma 18,5 MJ/kg volt, a buga elégetése során még 13,8 MJ/kg keletkező energiát mértek. Korábbi kutatások bebizonyították, hogy 1 tonna biomassza szárazanyagban kifejezve megegyezik 0,4 tonna olaj egyenértékkel (DOLCIOTTI et al. 1996). 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 deszikálással kezdődik. A leszárított 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, YU et al. 2010). Mint ismert, 1 kg szacharózból 538-700 g vagy 648-843 l bioetanolt lehet kinyerni. 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% levet és benne 15-17% erjeszthető cukrot tartalmaz. 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 szárat ezután préselik, 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 leggyakoribb 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) kísérleti 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 enzimikus 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 égvön a legnagyobb problémát a növény szezonálítása jelenti. A szeptember végi október eleji betakarítás után a leszecsázott 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 15-20t/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
- Az egyik legnagyobb gond, hogy a növény mérsékelt égövön 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 cukorbontó mikroorganizmusok 2-3 napon belül megjelennek rajta.
- Jelenleg Magyarországon nincs cukorcirok feldolgozására alkalmas bioetanol üzem.
- A nagyobb területen történő betakarítás levezetéséhez 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 délkelet 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 genetikus 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 tömörödéssre 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 altalajé gyenge. A degradációs folyamatok következtében közepes termőrétegű, gyengén humuszos változat alakult ki (STEFANOVITS 1999, MÁTÉ 2005). A terület eróziótól veszélyeztetett, tömörödéssre 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	mg/kg	mg/kg
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	mg/kg	mg/kg
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

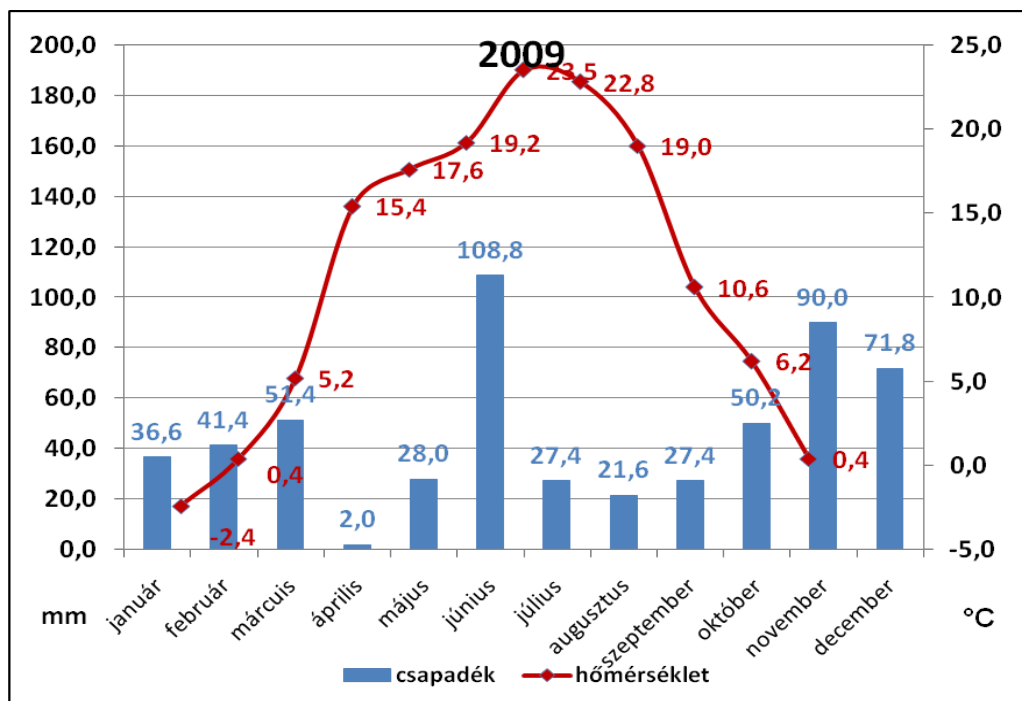
Genetikus	pH	K _A	humusz	CaCO ₃	Σ só	összes N	AL-P ₂ O ₅	AL-K ₂ O
talajszintek	(H ₂ O)		(%)	(%)	(%)	mg/kg	mg/kg	mg/kg
A (0-40 cm)	6,54	33	1,24	0,00	0,040	16,2	332,6	156,0
B (40-60 cm)	7,00	40	1,10	0,00	0,048	12,5	210,0	134,7
BC (60-70 cm)	7,26	60	1,02	2,17	0,062	10,0	154,8	111,3
C (70-100 cm)	7,65	60	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 10 °C fok felett van, A legmelegebb hónap a július, ekkor az átlagos középhőmérséklet megközelíti a 22 °C fokot. Ezzel szemben a leghidegebb hónap január átlagos középhőmérséklete –1 °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 szélesebesség pedig eléri a 2,9 m/s. Az éghajlatváltozás azonban az ország ezen részén is érezteti hatását. Az elmúlt 30 évben közel 3 °C fokkal nőttek a nyári maximumhőmérsékletek értékei, és az előrejelzések szerint a nyári átlaghőmérséklet a jövőben akár 5 °C fokkal is emelkedhet.

A vizsgálati évek meteorológiai adatai

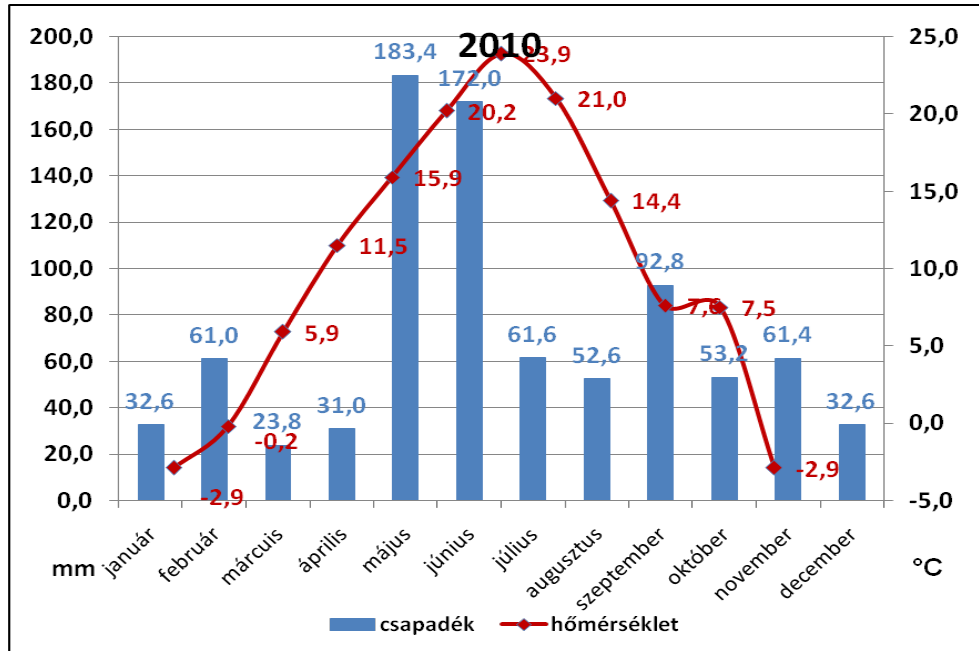
2009-ben az éves átlagos középhőmérséklet 11,5 °C volt. A vegetációban 265,4 mm csapadék hullott, amely a sokéves átlag alatt maradt (5. ábra). Az éves csapadék 556,6 mm volt. Az április (2,0 mm) nagyon száraz volt, de a július-szeptember időszakban is az átlagnál kevesebb csapadék hullott.



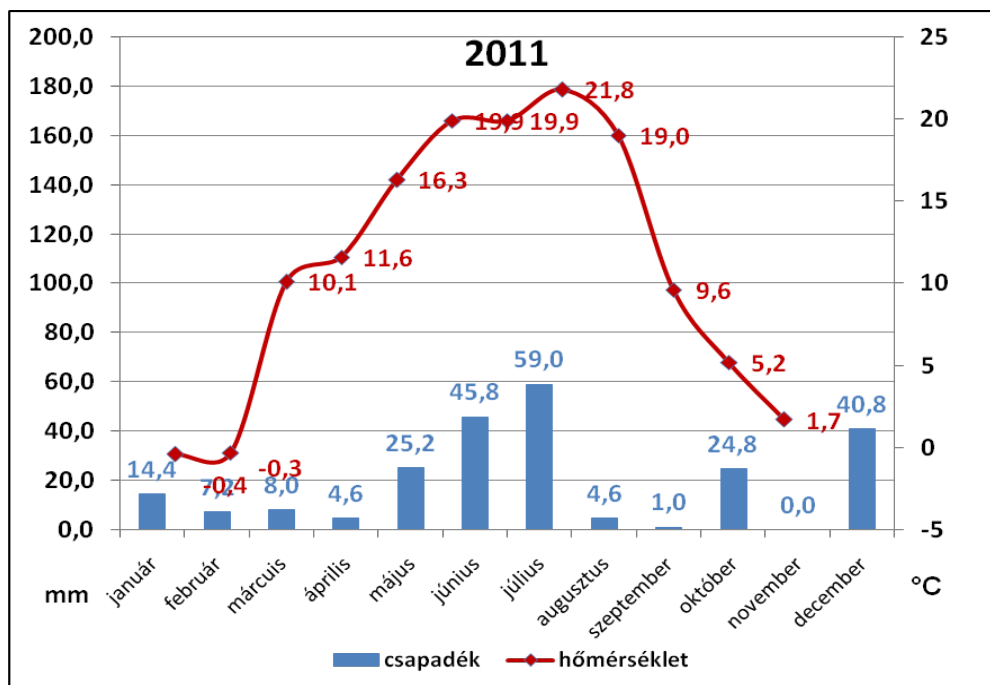
5. ábra A hőmérséklet és a csapadék havi eloszlása (Gödöllő, 2009)

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



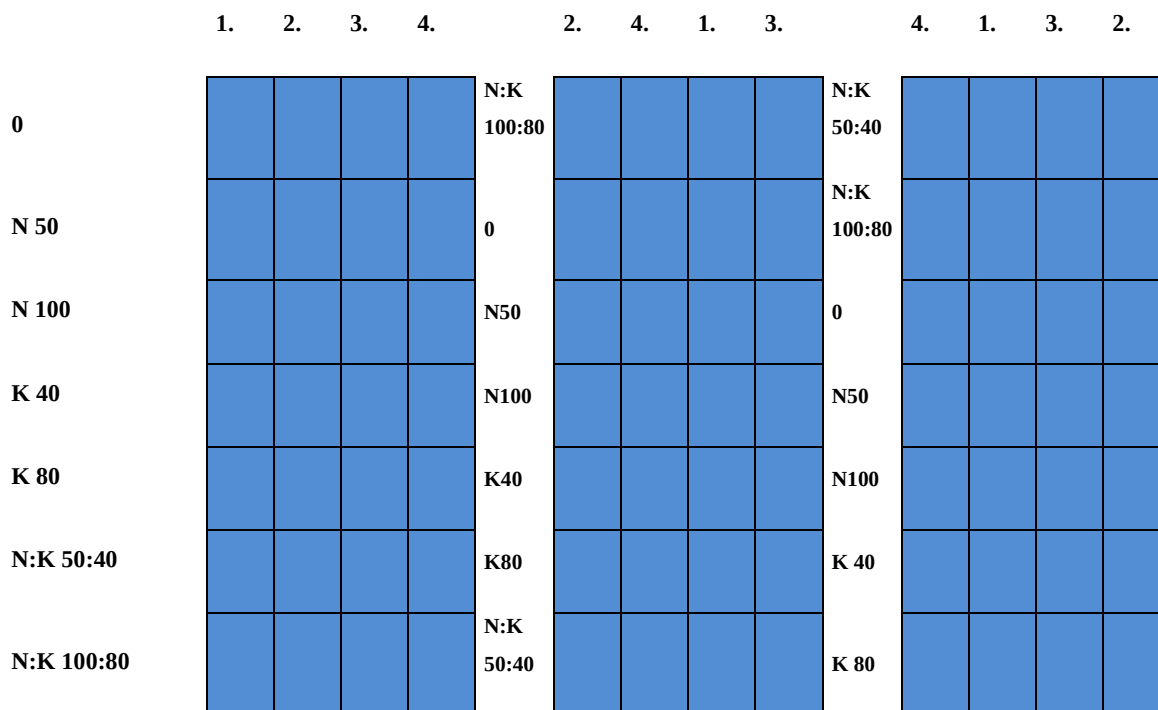
6. ábra A hőmérséklet és a csapadék havi eloszlása (Gödöllő, 2010)



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: 1. Szántás (22-25cm)
 2. Kultivátoros művelés (15-25cm)
 3. Tárcsázás (16-20cm)
 4. Direktvetés

A parcella mérete: 500 m²

Az ismétlések közti utak szélessége: 2 m

Teljes területigény: 1,5 ha

Vetési idő: 2009. április 20. héten

2010. április 26. héten

2011. április 18. héten

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
- Vetésnorma 250-300ezer mag/ha
- Ajánlott csíraszám 25-30 csíra m

A kísérletben elvégzett agrotechnikai eljárások

Előveteményként mindhárom évben őszi búzát alkalmaztunk. Az alpművelést tarlóhántás és a maradványok sekély talajba keverése előzte meg. A tarló kigyomosodása után mechanikai tarlóápolást végeztünk. A vegetációs időszak során sorközművelő kultivátorral 2009- és 2011-ben egy, 2010-ben két alkalommal történt mechanikai gyomszabályozás. A kártevők és kórokozók elleni kémiai védekezésre nem volt szükség. A magágykészítést kombinátorral végeztük. Köztes védőnövények, zöldtrágyanövények, talajszerkezet-javító növények termesztése nem történt, a talajfelszínt tarlómaradványokkal nem takartuk a talaj védelme és a nedvességvesztés csökkentése érdekében

A kísérlet beállításához használt agrotechnikai eszközök és eljárások

Erőgépek

	Típus	Motortelj. KW	Életkor év	Megjegyzés
1.	MTZ 9.52	67	9	tarlóhántás, 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		csúszócsoroszlyás 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.	Tarlóhántás hagyományos tárcsával	Tarlóhántás hagyományos tárcsával	Tarlóhántás hagyományos tárcsával	Tarlóhántás 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 cukorcírok 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 nem valós eredményeket kaphatunk, és a mérőműszer is ki van téve a meghibásodásnak. 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 helyszíni 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 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 hőmérsékletszennorral is rendelkezik. A készülékkel a nedvességtartalom meghatározása mellett gyors hőmérsékletmérés is végezhető. A digitális kijelző °C értékben mutatja az

adatokat. A mérő elektronikája egy leárnycolt, robusztus alumínium burkolatban található folyamatos szabadföldi használatra 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 90% feletti korreláció figyelhető.

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 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 külön választottuk. A szárat metszőollóval megfelelő méretűre vágtuk. A méréshez szüksége lé mennyiséget préseléssel értük el (9. ábra). A lé mintát a digitális refraktométer prizmájára csöppentettük majd a megkapott mérési eredményeket jegyzőkönyvbe rögzítettük. A megmért lé mintát desztillált vízzel lemostuk a mérőműszer prizmájáról.

Zöldtömeg meghatározása

A cukorcirok biomassza hozamának meghatározásra minden egyes parcellából egy 10 folyóméteres referencia területről történt a betakarítás. A mintákat ezután Kern De típusú ipari táramérlegen lemértük, amelynek osztásmértéke 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 mely mintapárok átlagai közötti eltérés szignifikánsak. A kezelés átlagok közötti különbségek igazolására a legkisebb szignifikáns differencia módszert alkalmaztam (LSD) 5%-os valószínűségi szinten. A statisztikai elemzések kiterjedtek a talajellenállásra, a talajnedvesség-tartalomra, a cukorcirok zöldtömegére és a cukortartalomra is. A statisztikai elemzések táblázatai a mellékletben találhatóak meg.

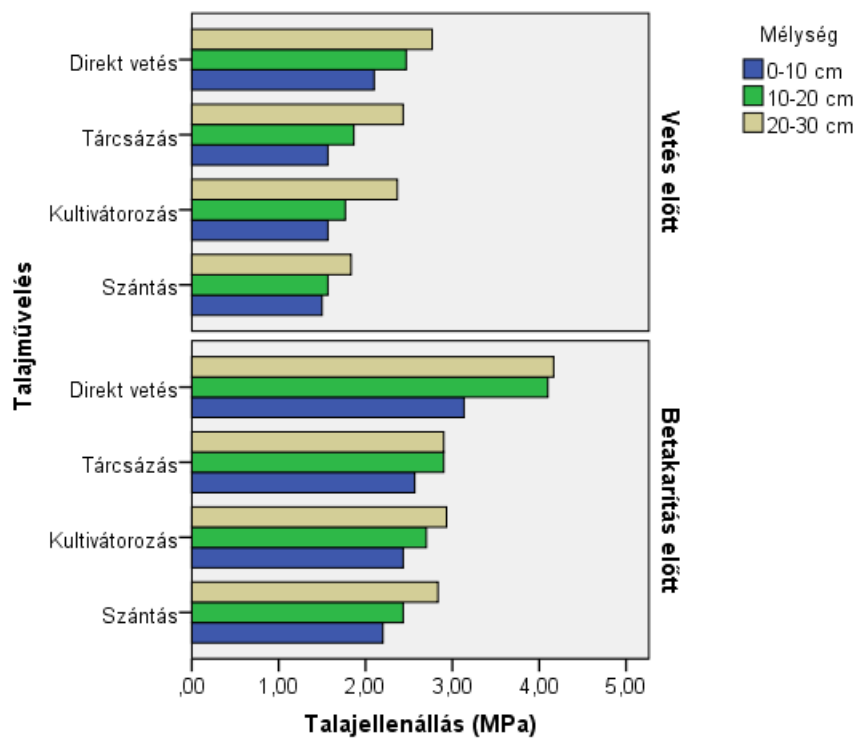
4 EREDMÉNYEK

4.1 Talajfizikai paraméterek hatása a cukorcirok zöldtömegére

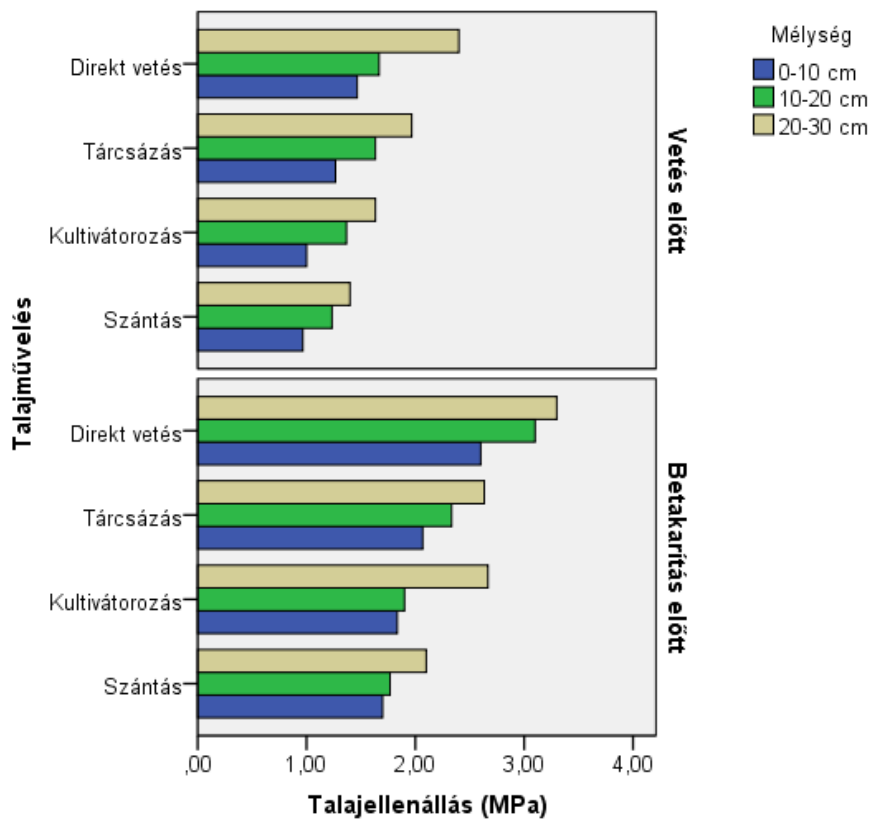
A talajellenállás mérések eredményeit a 10-12. ábrák tartalmazzák. A talajellenállás mérések három mélységben történtek. Az elvégzett vizsgálatokra a vetés és a betakarítás előtt került sor. Minden évben megfigyelhető az értékek növekedése a betakarítási időpontra. A vetés előtti méréseknél egyik talajművelési 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.

Szignifikáns különbség figyelhető meg az egyes talajművelési kezelések talajellenállás értékei között (1. melléklet). Az igazolható eltérések megfigyelhetők mindhárom évben a vetés előtti és a betakarítás előtti méréseknél is. Az eredmények post-hoc analízise is megtörtént LSD (least significance difference) módszerrel 0,05 szignifikancia szinten. 2009-ben és 2011-ben a vetés előtti méréseknél a direktvetéshez viszonyítva szignifikáns különbség figyelhető meg a szántásos, kultivátoros és a tárcsás kezeléseknél, ezzel szemben 2010-ben a tárcsás és a direktvetéses kezelés között nincs eltérés. A tárcsás és a kultivátoros kezelések esetén nincs szignifikáns differencia, ennek hátterében a közel azonos művelési mélység állhat (3. melléklet).

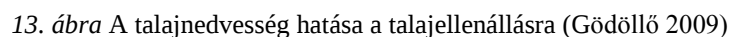
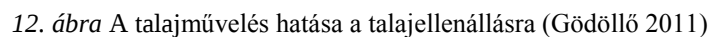
A művelési mélységek talajellenállás értékei között is szignifikáns különbségek fedezhetők fel (5 melléklet). Vetés előtt 2009-ben és 2011-ben a 0-10 és 10-20 cm mélységben nem igazolható statisztikai különbség, azonban 2010-ben mindhárom mélységben megfigyelhetők az eltérések. 2009-ben a betakarítási előtt mért adatok alapján a 0-10 és 20-30 cm között szignifikáns különbség van, ezzel ellentétesek a 2011-es mérések eredményei, ahol mindhárom mérés esetén statisztikailag igazolhatóak a különbségek (6. melléklet). 2010-ben statisztikailag igazolható a 20-30 cm és a 0-10 és 10-20 cm közötti különbség, ezzel szemben nincs összefüggés a 0-10 és 10-20 cm mért adatok között.

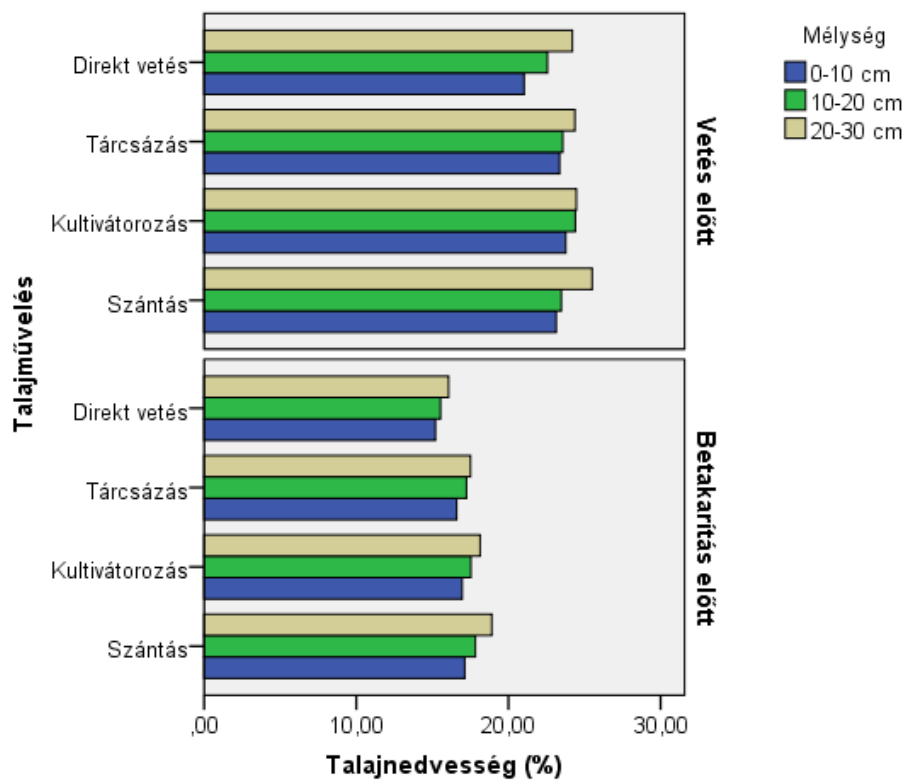


10. ábra A talajművelés hatása a talajellenállásra (Gödöllő 2009)

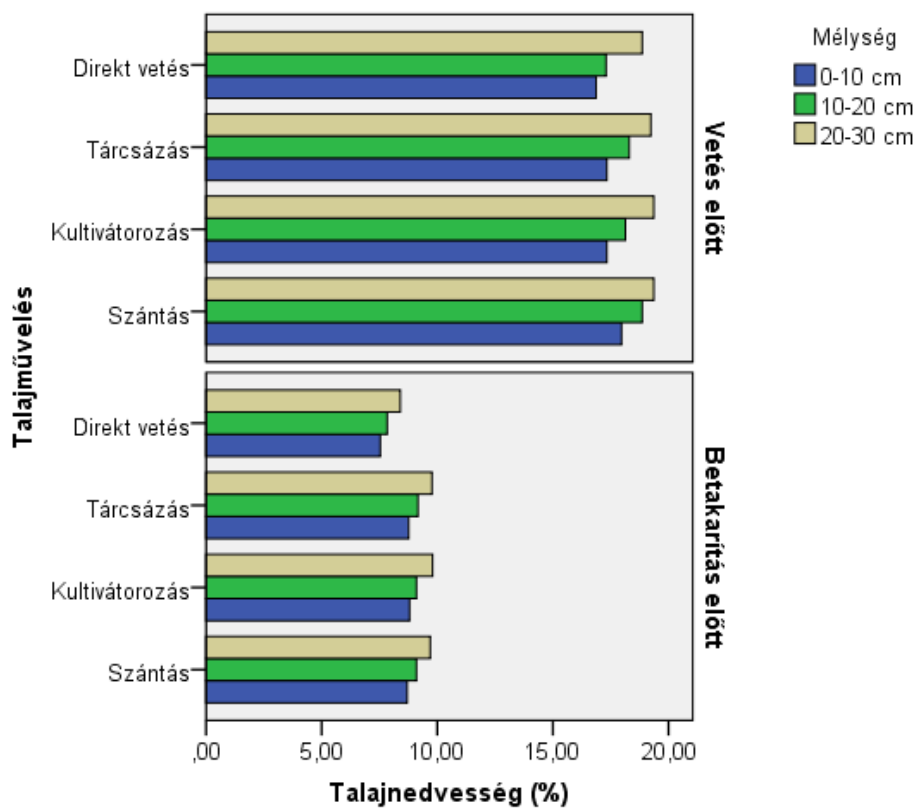


11. ábra A talajművelés hatása a talajellenállásra (Gödöllő 2010)





14. ábra A talajnedvesség hatása a talajellenállásra (Gödöllő 2010)



15. ábra A talajnedvesség hatása a talajellenállásra (Gödöllő 2011)

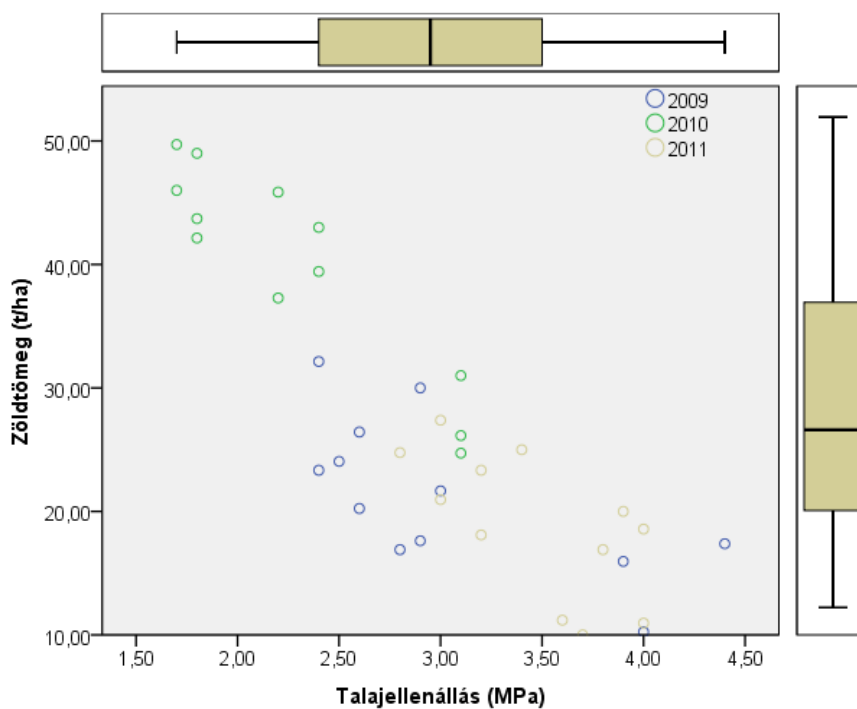
A talajellenállással egy időben célszerű a talajnedvesség méréseket is elvégezni. A szakirodalom (RÁTONYI 1999), és tapasztalataink szerint magasabb talajnedvesség esetén a talajellenállása mértéke csökken. A mért értékek a 13. 14. 15. ábrákon láthatóak. 2009-ben és 2010-ben a vetés előtt mért nedvesség 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.

Az egyes kísérleti évek között statisztikailag igazolható különbség figyelhető meg (2. melléklet). A művelésnek hatása volt a talajellenálláson kívül a talajnedvességre is. 2009-ben a vetés előtti szántásos kezelés nedvessége szignifikáns különbséget mutatott a kultivátoros, tárcsás és direktvetéses kezelésekhez képest. Vetés előtt a tárcsás és a kultivátoros eljárások között egyik évben sem mutatható ki szignifikáns differencia. Ez a tendencia figyelhető meg a betakarítás előtti mérések eredményeinél is. A direktvetéses kezelés betakarítás előtt mért nedvesség értékei szignifikáns differenciát mutatnak a 2009-es, 2010-es és 2011-es évben a szántásos, kultivátoros és tárcsás kezelésekhez viszonyítva (4. melléklet).

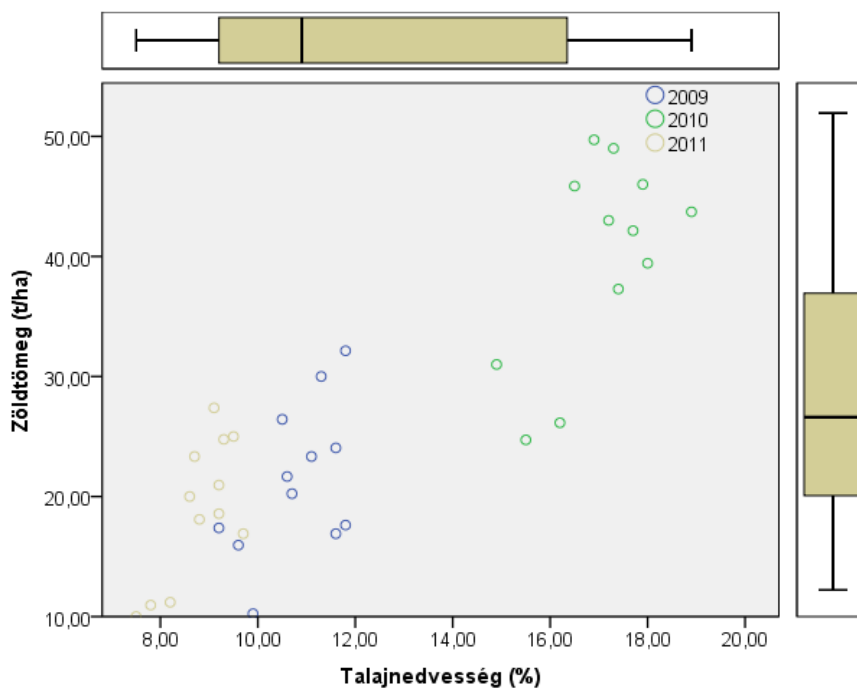
A talajrétegek nedvességtartalma között ugyancsak szignifikáns különbségek mutathatók ki (7. melléklet). 2009-ben a vetés előtti méréseknél igazolható eltérés van a 0-10 és 20-30 cm talajszintek között. Ugyanebben az évben a betakarításkor mért adatok között minden esetben megbízható a különbség. A 2011. évben a 2009. évhez hasonló tendencia figyelhető meg (8. melléklet).

Regresszió-analízis felhasználásával összefüggéseket kerestünk a zöldtömeg-talajellenállás 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 talajellenállás között 0,726-os R^2 értéket kaptunk (9. melléklet), a zöldtömeg és a talajnedvesség között pedig 0,757-es R^2 -et (10. melléklet). Mindkét regressziónál elmondható, hogy a változók között pozitív összefüggés van, de a

korreláció nem eléggé erős. Az évjáratok jól nyomon követhetők a 16. és 17. ábrán. A 16. ábra szerint a 1,5-2,5 MPa közötti – adott talajon kedvező – talajellenállás érték párosul a legmagasabb zöldtömeg értékekkel. A 17. ábra alapján megállapítható, hogy a magasabb talajnedvesség-tartalom jelentősen befolyásolja a hektáronkénti biomassza hozamot.



16. ábra Összefüggés a zöldtömeg és a talajellenállás között



17. ábra Összefüggés a zöldtömeg és a talajnedvesség között

4.2 A talajművelés hatása a cukorcirok zöldtömegére

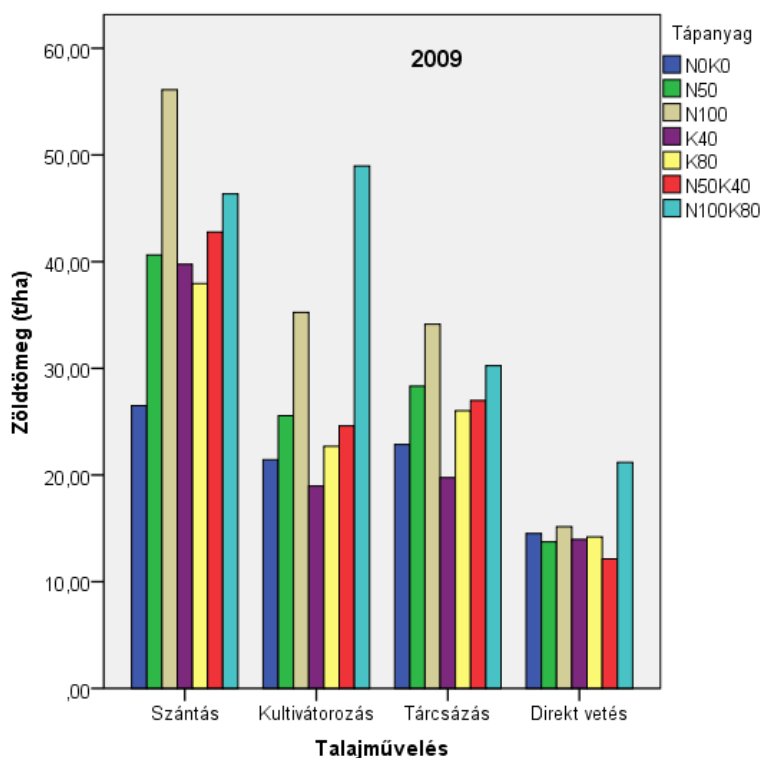
A talajművelés hatása a cukorcirok hozamára az egyes kísérleti években a 18. 19. 20. ábrán követhető nyomon. A betakarításra mindhárom évben a teljes érés fázisában került sor. 2009-ben a betakarítást i október 5-én végeztük. Ebben az évben a talajművelési eljárások közül a forgatásos alapművelésnél mértük a legnagyobb zöldtömeget. A kezelések átlagában 41,4 t/ha zöldtömeget kaptunk. Kultivátoros műveléssel 28,1 t/ha, tárcsás műveléssel 26,4 t/ha volt a zöldtömeg, direktvetéssel pedig 15,0 t/ha, vagyis a legkisebb (18. ábra). Vagyis a direktvetéssel kialakult talajállapot kedvezőtlen volt a cukorcirok egyedfejlődésére. A talajművelési kezelések közötti különbség szignifikánsan igazolható (11. melléklet). A szántásos kezelés hozama eltér a kultivátoros, tárcsás és direktvetéses kezelésektől, ez utóbbi két kezeléstől pedig a direktvetés hozama. A tárcsás és kultivátoros kezelések között nincs szignifikáns különbség (12. melléklet).

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, a kultivátorosnak 48,7 t/ha, a tárcsásnak 48,6 t/ha és a direktvetésnek 32,8 t/ha volt a zöldhozama. Ebben a vizsgálati évben is kimutatható az egyes kezelések közötti szignifikáns különbség (13. melléklet). A 2009. évhez hasonlóan a tárcsás és a kultivátoros eljárás között ismételtelen nem igazolható szignifikáns különbség. A direktvetéses, és szántásos parcellák hozama szignifikánsan eltér a tárcsás és a kultivátoros művelésektől (14. melléklet).

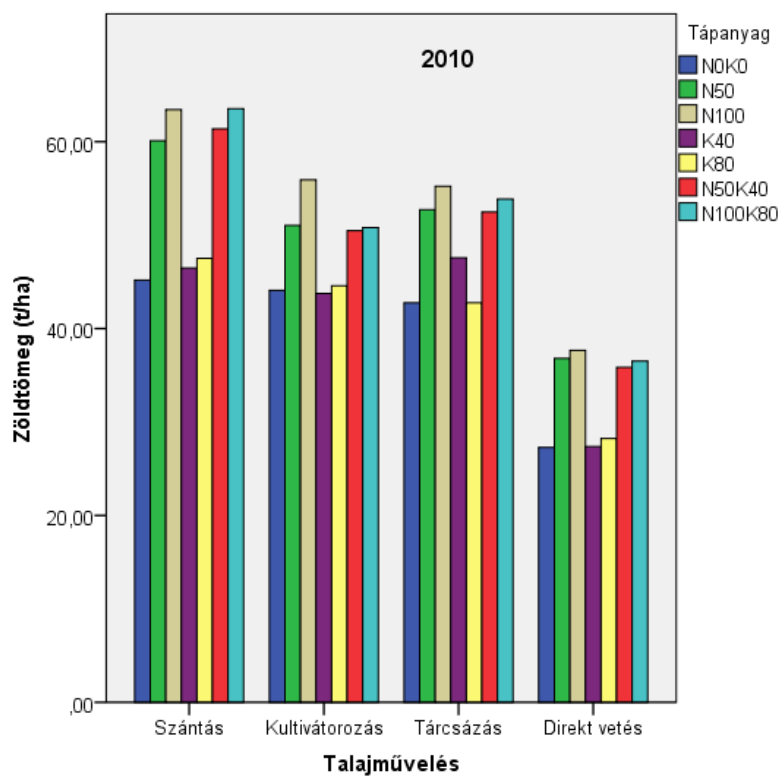
2011-ben a betakarítás szeptember 21.-én történt. Az előző évektől eltérően a kezelések átlagában nem a forgatásos alapművelés bizonyult a legtöbb zöldhozamot eredményező eljárásnak, hanem a kultivátoros kezelés. Szántásos kezelésnél 34,5 t/ha, kultivátorosnál 37,2 t/ha, tárcsásnál 28,1 t/ha, és a direktvetésesnél 14,5 t/ha volt a betakarításkor mért zöldtömeg. A kezelések közötti szignifikancia a 2011. évben is igazolható (15. 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 (15. melléklet).

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

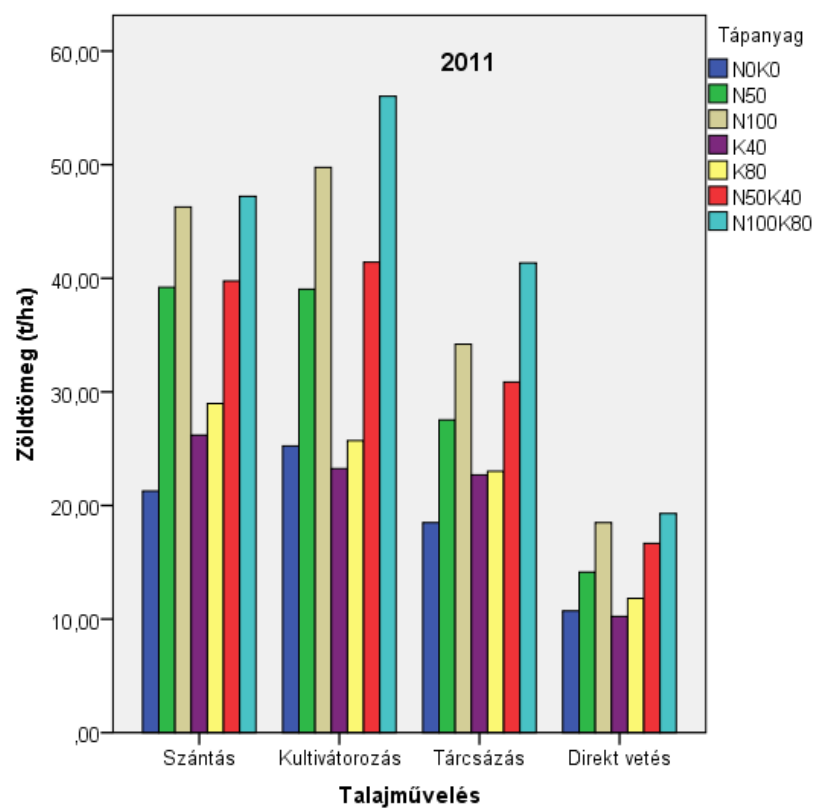
raktározó képessége megnövekedett, ezáltal a cukorcirok vízfelhasználását jobban elősegítő művelési eljárásokkal nagyobb terméshozamokat lehetett elérni.



18. ábra A talajművelés hatása a cukorcirok zöldtömegére (Gödöllő 2009)



19. ábra A talajművelés hatása a cukorcirok zöldtömegére (Gödöllő 2010)



20. ábra A talajművelés hatása a cukorcirok zöldtömegére (Gödöllő 2011)

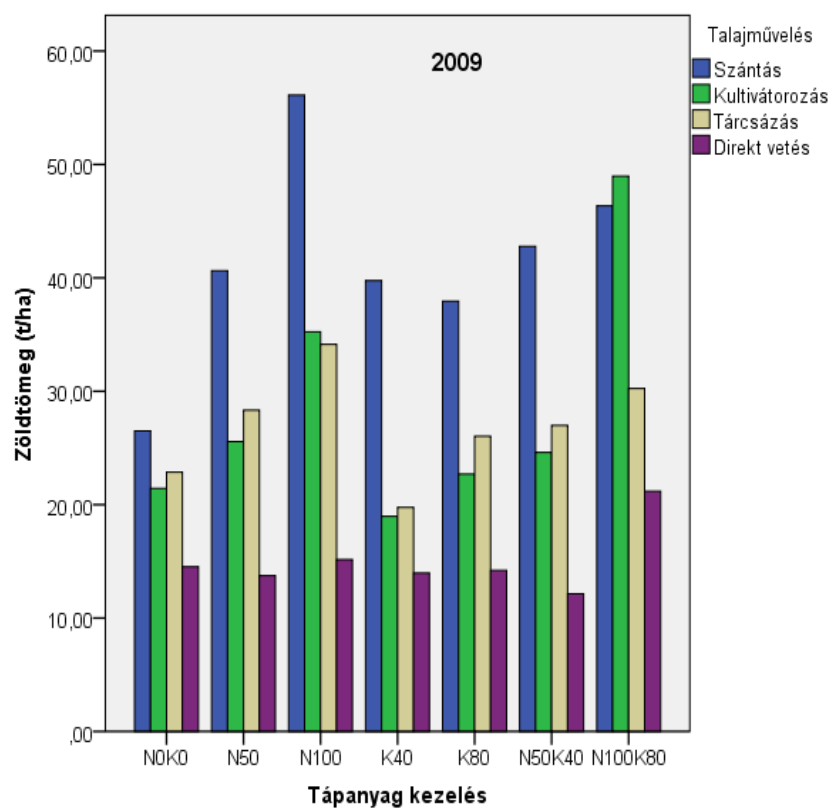
4.3 A tápanyag-ellátás hatása cukorcirok zöldtömegére

A tápanyagellátás hatását a cukorcirok biomassa hozamára 21. 22. 23.-as ábrák mutatják. 2009-ben a maximális biomassa-hozam 56,1 t/ha, míg a minimális 12,1 t/ha volt. Szignifikáns különbség figyelhető meg a kontroll (N0K0) és az N100 és N100K80 kezelések között (17. melléklet). A 100 kg/ha N hatóanyag az N100 kezelésnél 13,8 t/ha, míg az N100K80 kezelésnél 15,4 t/ha terméstöbbletet eredményezett. A kontrollhoz viszonyítva az 50 kg/ha hatóanyag-tartalom statisztikailag igazolható módon nem növelte a zöldhozamot (18. melléklet). Ezzel megegyező megállapításokat lehet tenni a kálium-kezelések kapcsán is.

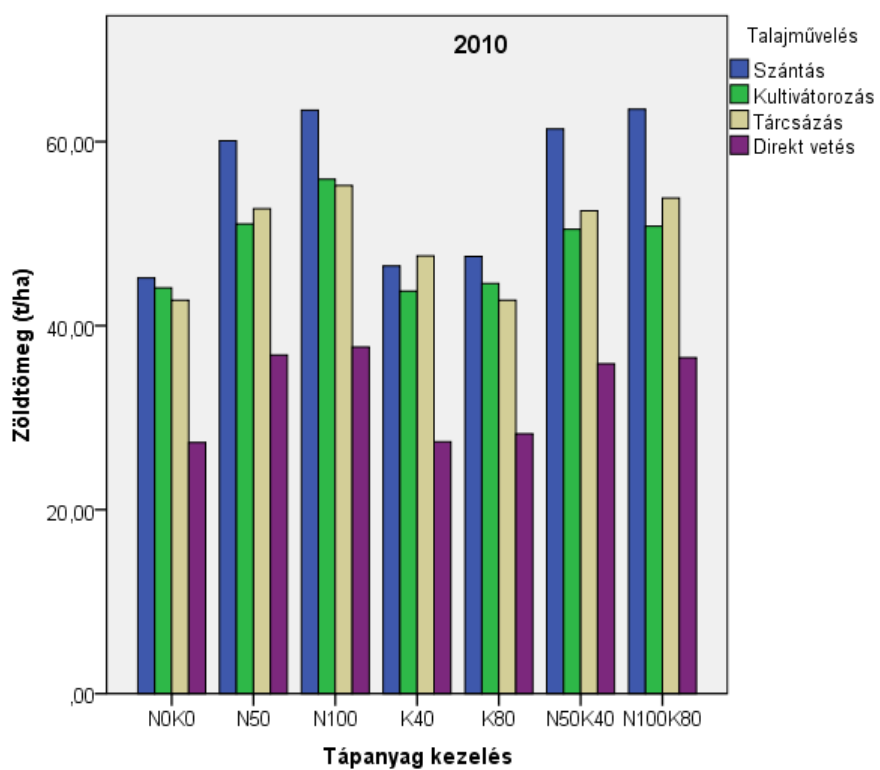
Az évjárat hatás mértéke jól megfigyelhető a 2010. kísérleti évben. A 2009. évhez képest a kezelések átlagában közel 15 t/ha terméstöbblet látható a 22. ábrán. A vizsgálati évben közel 300 mm csapadékkal több hullott a kísérleti területre, mint az azt megelőző aszályos évben. A 22. ábrát elemezve szembeűnő a N kezelések hatása a terméstöbbletre. A kontrollhoz (N0K0) viszonyítva statisztikailag igazolható hozamnövekmény figyelhető meg N50, N100, N50K40 és a N100K80 kezeléseknél. A terméstöbblet a kezelések átlagában 11,3 t/ha. A 2009. évhez hasonlóan a K40 és K80-as kezeléseknél nem volt szignifikánsan igazolható zöldtömeg növekedés (19. 20. melléklet).

A 2011. évben is statisztikailag igazolható az egyes tápanyag kezelések hatása a cukorcirok hozamára (21. 22. melléklet). A kezelések átlagában a termésmaximumok a 100 kg/ha nitrogén ellátottsági szinteken figyelhető meg. A nitrogéntrágyázás termésmenővelő hatása minden esetben kimutatható a kontrolkezeléshez képest. Az N100K80 kezelésnél a trágyadózis hatására 22 t/ha terméstöbblet mutatkozott a kontrollhoz (N0K0) képest. Ebben a kísérleti évben káliumtrágyázásnak nem volt hozamnővelő hatása.

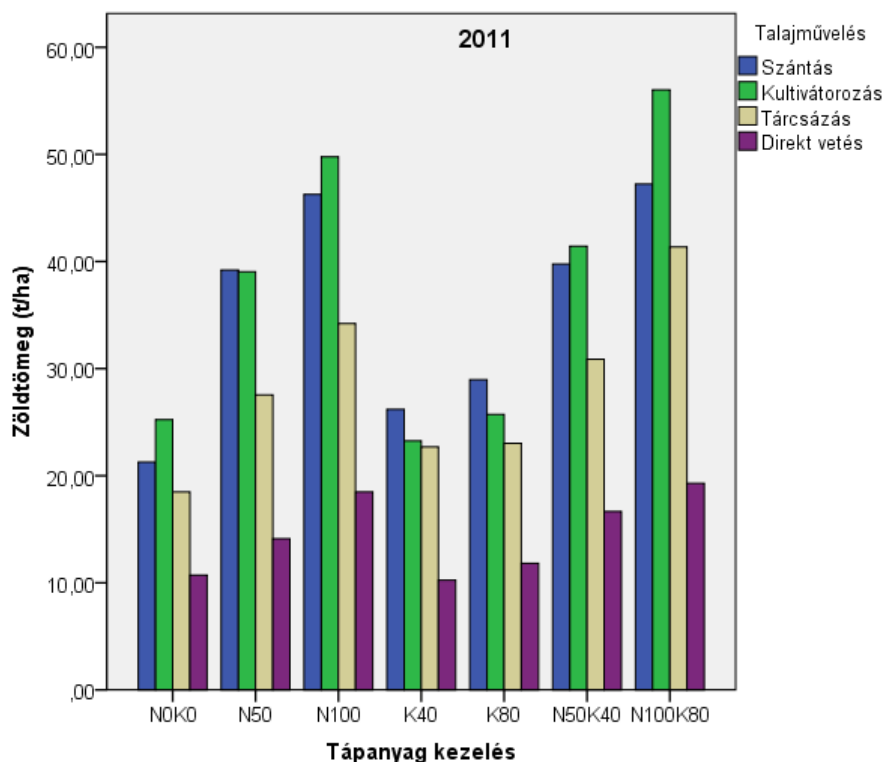
Összegzésként elmondható, hogy a 100 kg/ha nitrogén trágyaadag mindhárom évben növelte a cukorcirok zöldhozamát. Ellenben a káliumtrágyázásnak nem volt statisztikailag igazolható hatása a cirok biomassa tömegére. ALMODARES et al (2008) kutatásai során ezzel ellentétes eredményeket kapott, kísérletük során statisztikailag igazolható módon az 50 kg/ha kálium adagoknak biomassa növelő hatását tapasztalta.



21. ábra A tápanyag kezelések hatása a cukorcirok zöldtömegére (2009)



22. ábra A tápanyag kezelések hatása a cukorcirok zöldtömegére (2010)



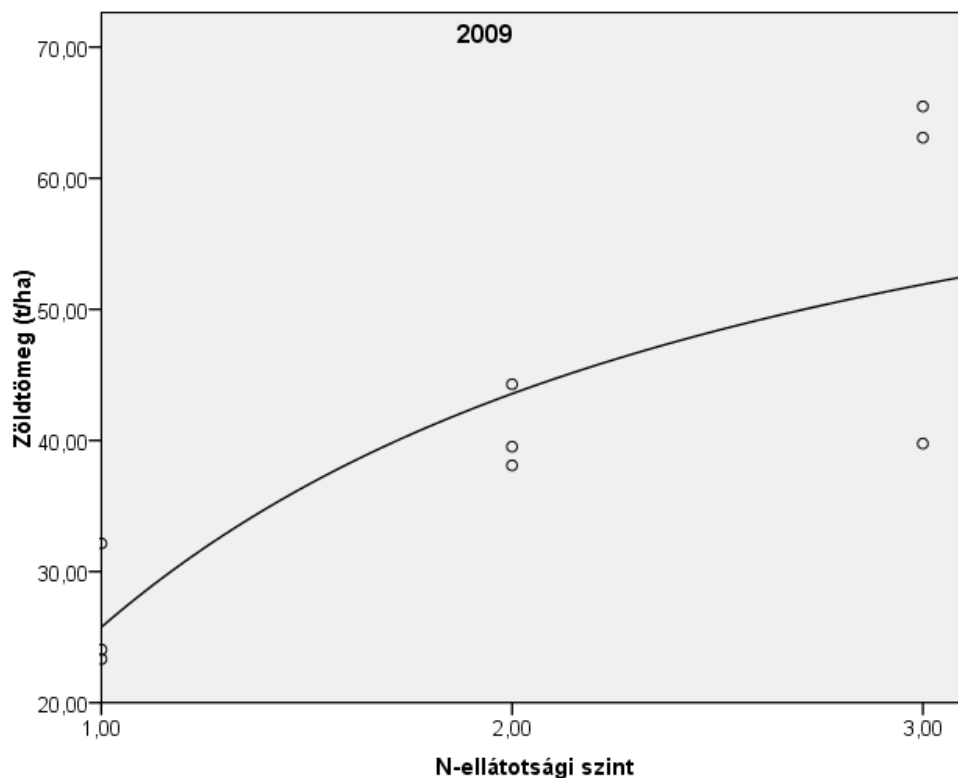
23. ábra A tápanyag kezelések hatása a cukorcirok zöldtömegére (2011)

A N és K-ellátottság hatása a cukorcirok zöldtömegére

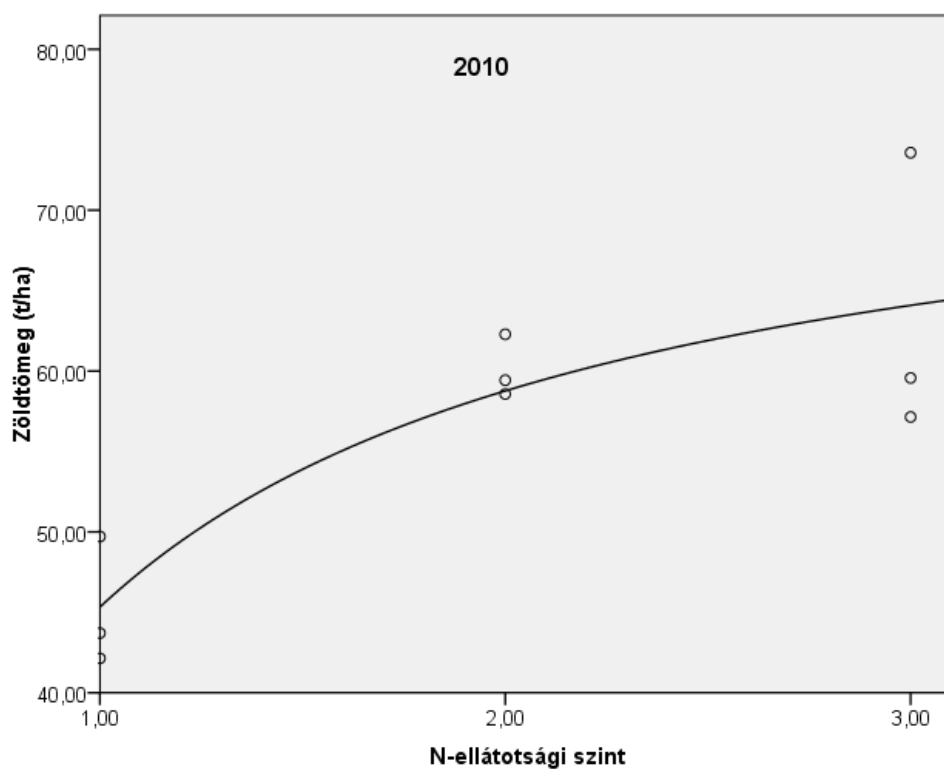
A 24.- 26. ábrák az N-ellátottság és a hozam közötti összefüggést mutatják. A N-ellátottság és a biomassa közötti összefüggést vizsgálva megállapítható, hogy a nitrogén adagok hatására 2009-ben, 2010-ben, és 2011-ben is szignifikánsan növekedett a zöldtömeg a kontrolhoz képest. A 2009. évben az 50 kg/ha nitrogén adagnál (N50) a terméstöbbség 5,7 tonna volt hektáronként. Az 100 kg/ha kezelésnél (N100) a terméstöbbség 13,8 t/ha volt, amely több mint duplája az N50 kezelésnél mért értékeknél. 2010-ben az N50-nél 10,3 t/ha, az N100-nál 13,2 t/ha volt a terméstöbbség. 2011-ben a műtrágya adagok hatására 11,1 t/ha (N50) és 18,3 t/ha (N100) terméstöbbséggel számolhattunk. Az összefüggések igazolására regresszió analízist okszerű használni. Az elemzés elvégzése után 2009-ben az $R^2=0,758$, 2010-ben az $R^2=0,776$, 2011-ben pedig $R^2=0,942$. Mindhárom évben pozitív korrelációt állapíthatunk meg. A 2011. év igen szoros korrelációt mutat.

A kísérletben a káliumnak nem volt szignifikáns hatása a cukorcirok zöldtömegére, ezért a kezelés regresszió-analízise nem történt meg.

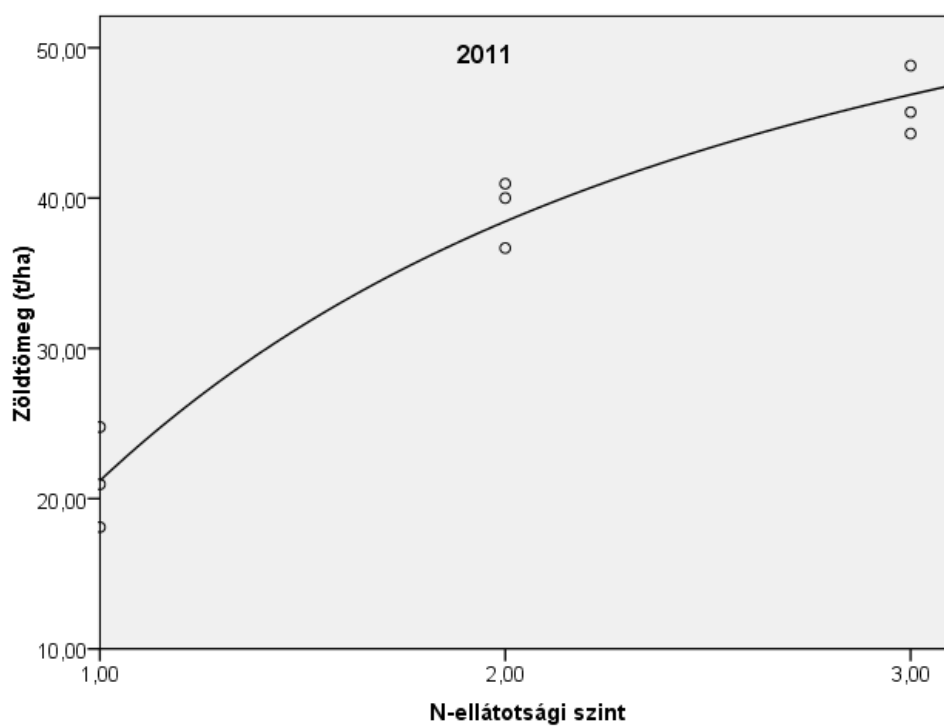
KAIEN et al. (2012) szintén hasonló eredményeket kapott kutatásai során. A cukorcirok és egyéb magas cellulóztartalommal rendelkező biomassza növénynek jól hasznosítják a kijuttatott nitrogént. 96%-os összefüggést talált a biomassza hozam és a növekvő nitrogén adagok között. A kísérletben a cukorcirok 220 kg/ha nitrogén hatóanyagnál érte el a maximális biomassza hozamot, de ebben az esetben a termesztés már nem volt gazdaságos. 125 kg/ha nitrogén hatóanyag szintnél állapította meg a cukorcirok gazdaságos termesztését, amely megegyezik saját tapasztalatainkkal.



24. ábra A N-ellátottság hatása a cukorcirok zöldtömegére (Gödöllő 2009)



25. ábra A N-ellátottság hatása a cukorcirok zöldtömegére (Gödöllő 2010)

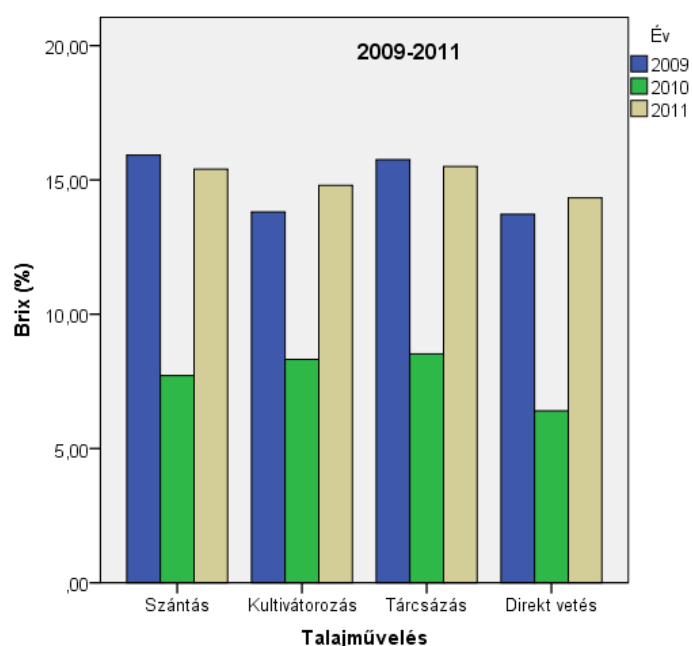


26. ábra A N-ellátottság hatása a cukorcirok zöldtömegére (Gödöllő 2011)

4.4 A talajművelés hatása a refraktométeres szárazanyag-hozamra (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 2010, GUIGOU et al. 2011,) amelyek a cukortartalom meghatározására a refraktométeres szárazanyag vizsgálatot (Brix) használják.

A cirok refraktométeres-szárazanyag vizsgálatát a betakarításkor végeztük el az anyag és módszerben leírtak szerint. Az eredmények a 27. 28. 29. 30. ábrán láthatóak. A 2009, 2010. és a 2011. vizsgálati években statisztikailag igazolható a talajművelési eljárások hatása a cukorcirok refraktométeres-szárazanyagtartalmára (27. 29. 31. mellékelt). 2009-ben a direktvetéses kezeléshez viszonyítva szignifikáns különbség mutatkozik a tárcsás és a szántásos talajművelési kezeléseknél. 2010-ben igazolható eltérés figyelhető meg a műveléses és a művelés nélküli kezelések között. Ezzel szinte megegyező eredményeket kaptunk 2011-ben (27. melléklet). A direktvetéses kezeléshez viszonyítva szignifikáns különbség mutatkozik a tárcsás és a kultivátoros talajművelési eljárásoknál (32. melléklet).



27. ábra A talajművelés hatása a refraktométeres szárazanyag-hozamra (Gödöllő 2009-2011)

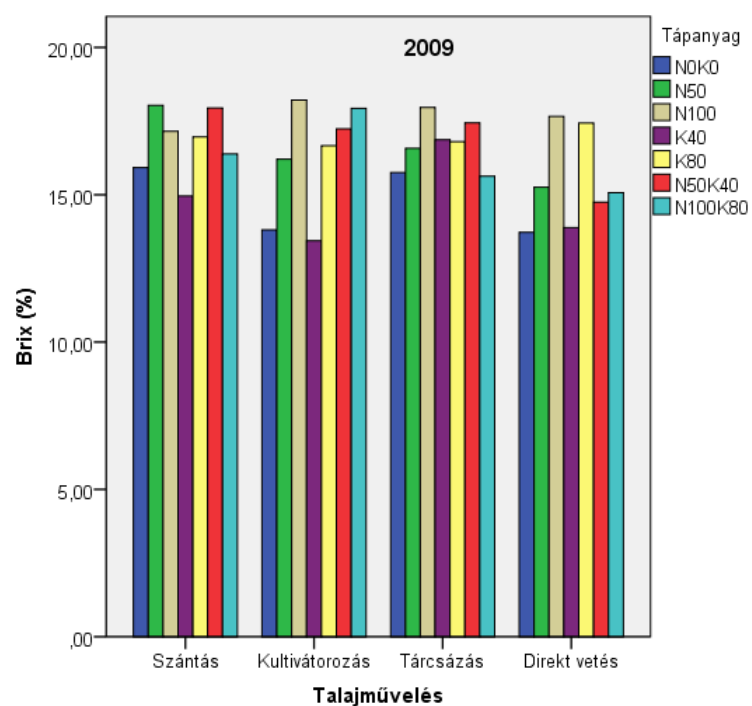
4.5 A tápanyag-ellátás hatása a refraktométeres szárazanyag-hozamra (Brix)

Számos hazai és nemzetközi publikáció született, amelyben a tápanyag-ellátás és a szárlé beltartalmi paramétereinek összefüggéseit vizsgálták. (ALMODARES et al. 2008) megállapítása szerint a kálium műtrágyázás hatására a szár cukortartalma növekszik. A kálium pozitívan befolyásolja a növény szénhidrát anyagcseréjét. Ezenfelül a kálium kedvező hatást gyakorol a növény vízháztartására, és stressztűrő-képességére is.

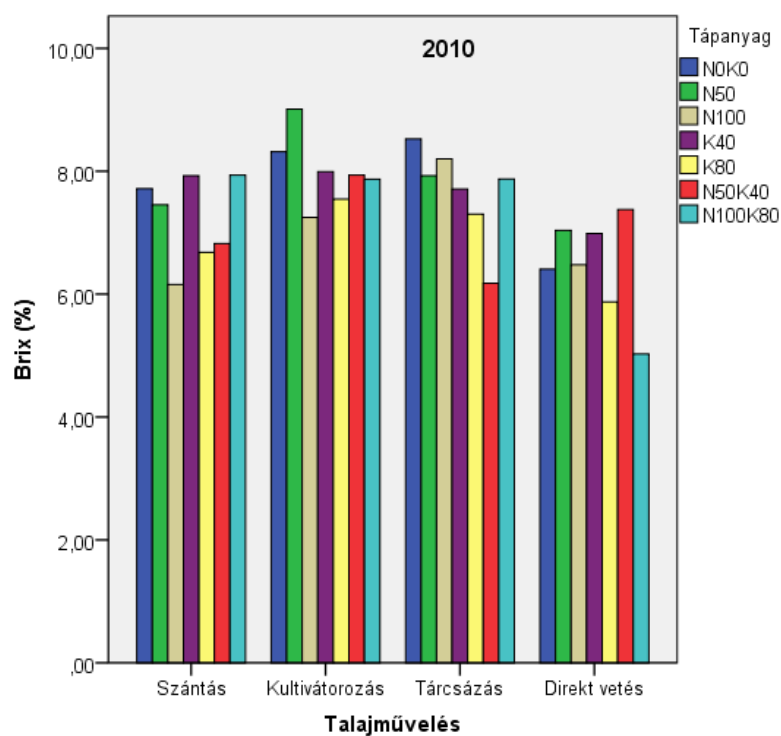
Az eredmények értékelése előtt fontos megjegyezni, hogy a vizsgálati terület kálium és foszfor-ellátottsága jónak, és igen jónak mondható.

A 28. 29. 30. ábra jól szemlélteti az egyes tápanyagkezelések közötti különbséget. A 2009. évben a nitrogén- és káliumtrágyázásnak szignifikáns hatása volt a szárazanyagra (33. melléklet). A kezelések átlagában a maximális érték az N100-as kezelésnél figyelhető meg (17,7%). KAPOCSI et al. (1984) és HUNSIGI et al. (2010) kutatásaik során hasonló eredményeket kaptak. A cirokszár préselése nyomán 10-16% cukortartalmú levet sikerült előállítaniuk. A minimum értékek pedig a kontrol (N0K0) és a K40-es kezeléseknél adódtak. A kontrolhoz (N0K0) viszonyítva statisztikailag igazolható különbség van az N50, N100, K80, N50K40 és N100K80-as kezeléseknél (34. melléklet). A 40 kg/ha (K40) kálium adag a szárazanyagra nézve közömbös volt. Ennek ellentmondó eredmény, hogy a csak kálium műtrágyázásban részesült K80-as kezelésnél 2,2%-al magasabb szárazanyag hozam figyelhető meg.

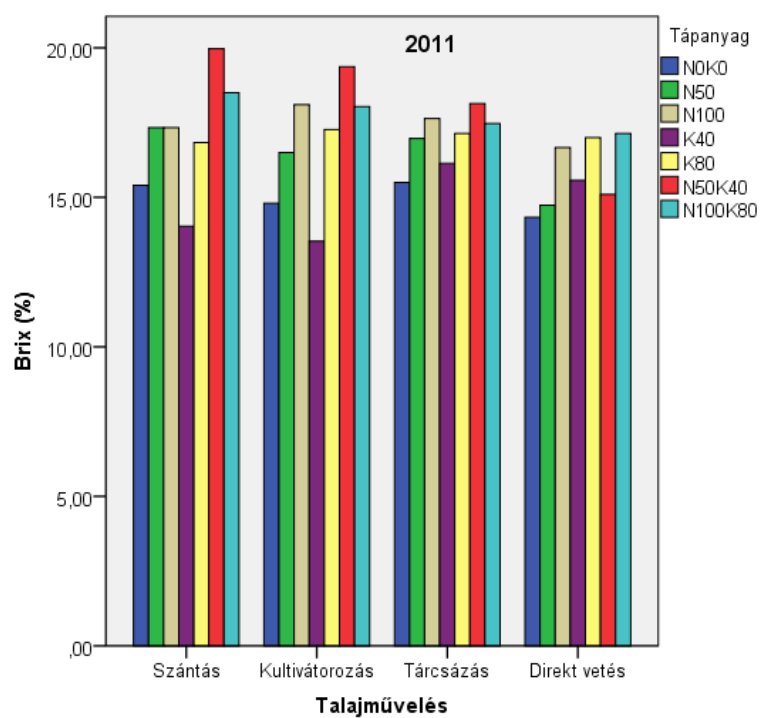
A 2011. aszályos év hatása hasonló tendenciát mutat a 2009. évihez. A kontrolhoz (N0K0) viszonyítva statisztikailag igazolható különbség van az N50, N100, K80, N50K40 és N100K80 kezeléseknél (37. 38. melléklet). A 40 kg/ha (K40) kálium adag a szárazanyagra nézve nem okozott cukorhozam többletet.



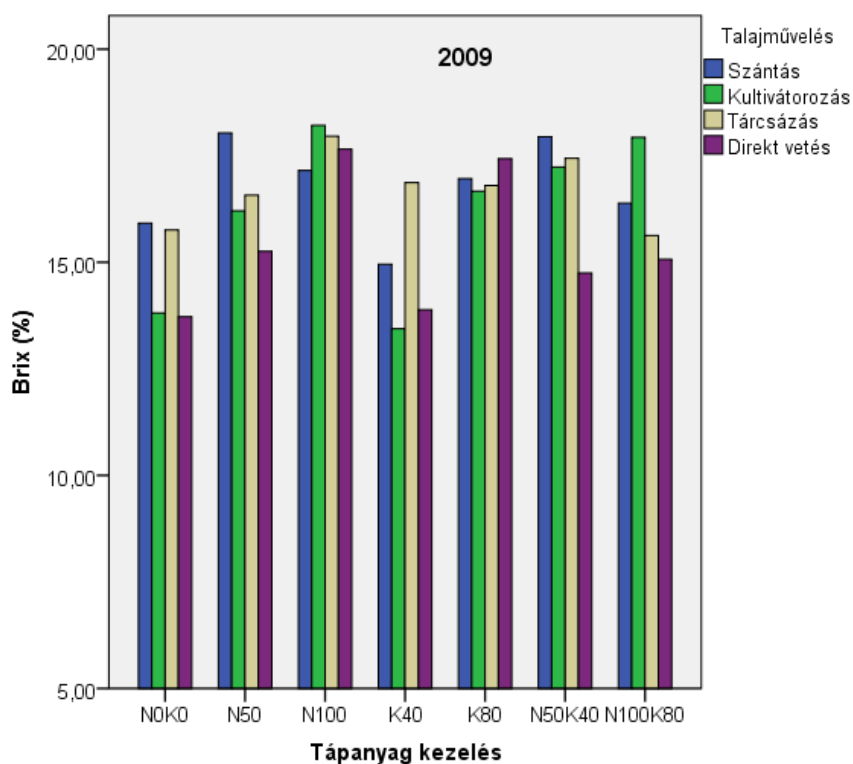
28. ábra A talajművelés hatása a refraktométeres szárazanyagra (Gödöllő 2009)



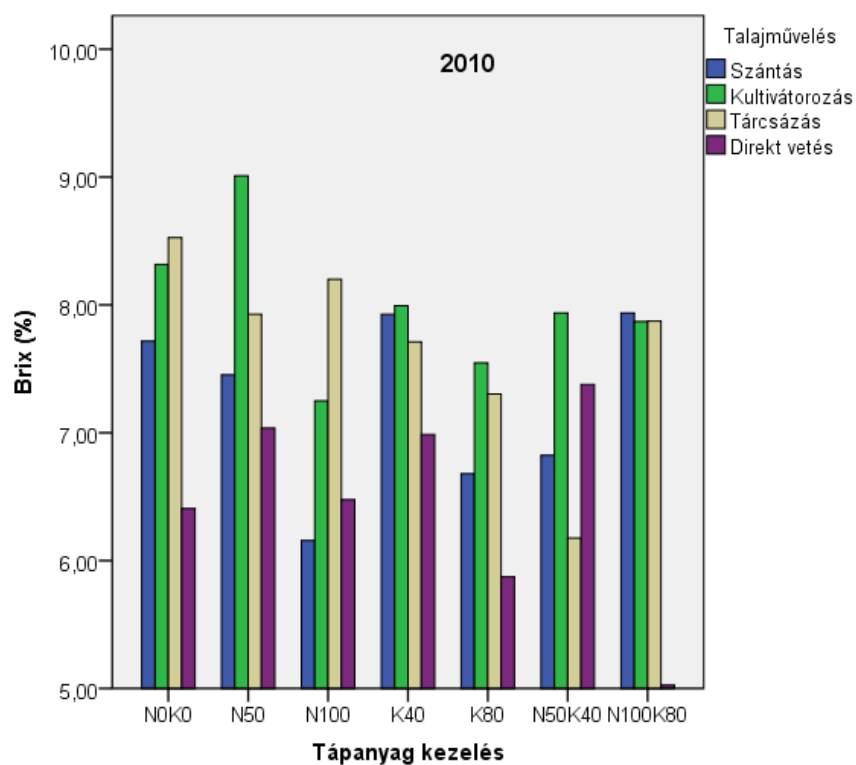
29. ábra A talajművelés hatása a refraktométeres szárazanyagra (Gödöllő 2010)



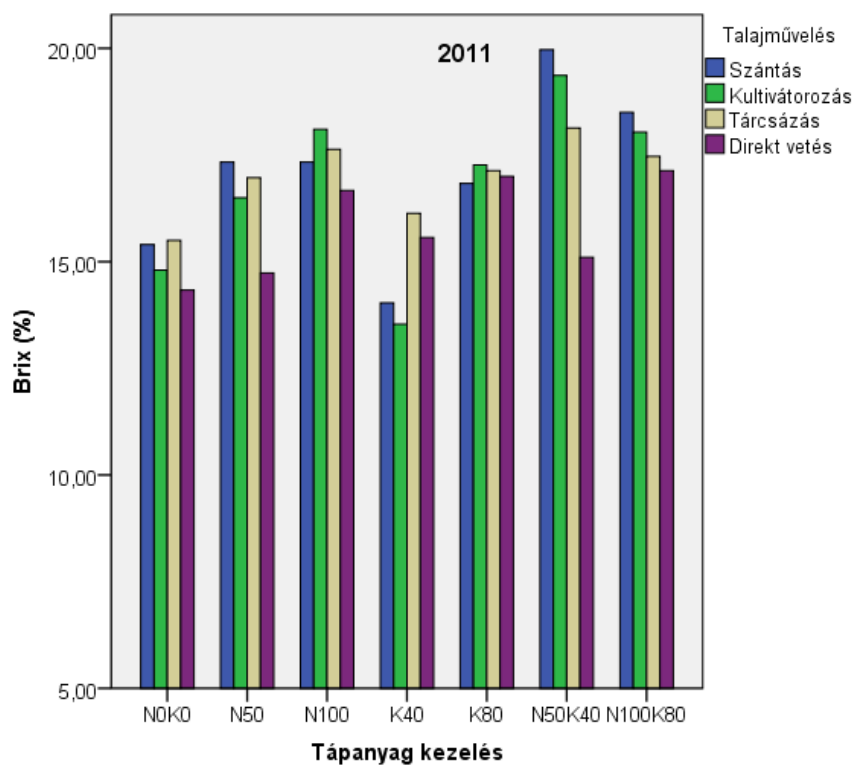
30. ábra A talajművelés hatása a refraktométeres szárazanyagra (Gödöllő 2011)



31. ábra A tápanyag-kezelések hatása a refraktométeres szárazanyagra (Gödöllő 2009)



32. ábra A tápanyag kezelések hatása a refraktométeres szárazanyagra (Gödöllő 2010)

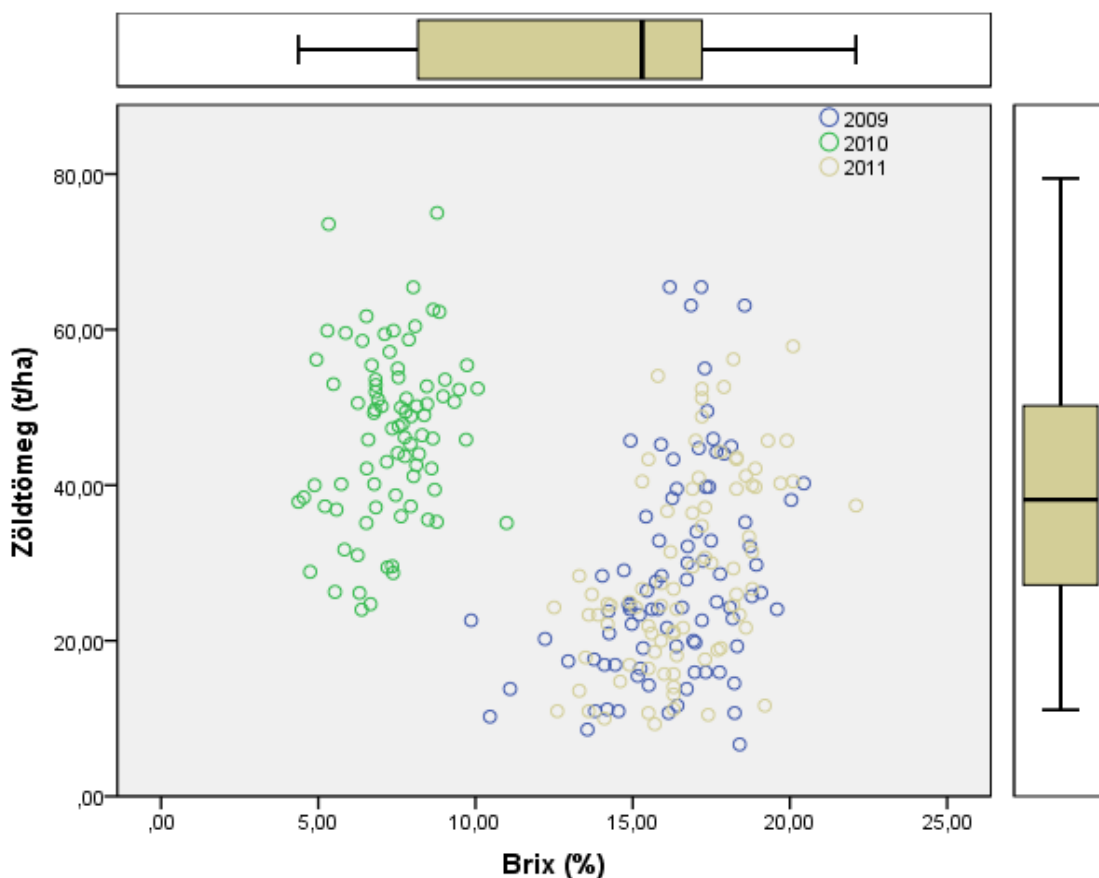


33. ábra A tápanyag kezelések hatása a refraktométeres szárazanyagra (Gödöllő 2011)

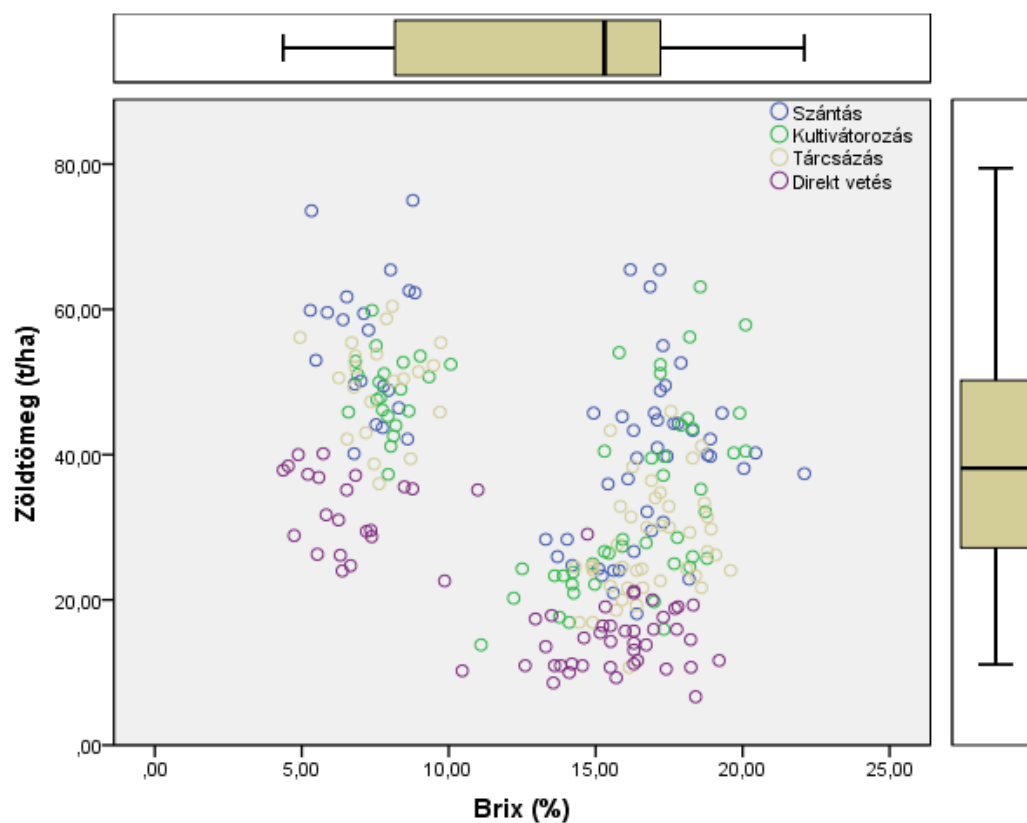
4.6 Összefüggés a zöldtömeg és a Brix (cukortartalom) eloszlása között

A 34. 35. 36. ábra a zöldtömeg és a Brix értékpárjait mutatja évenkénti ábrázolásban. Az évjáráthatások jól nyomon követhetőek az ábrákon. A 2010. csapadékos év adatai külön halmazt alkotnak, ahol az alacsony cukortartalom 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 cukor beépülésének. A 2009. és 2011. évek több hasonlóságot mutatnak. Mindkét év aszályos volt magas vegetációs hőösszegekkel, ennek köszönhetően a zöldtömeg kevesebb lett, de a cukortartalom növekedett. Az évjáratok között különbségek statisztikailag igazolhatóak (23. melléklet).

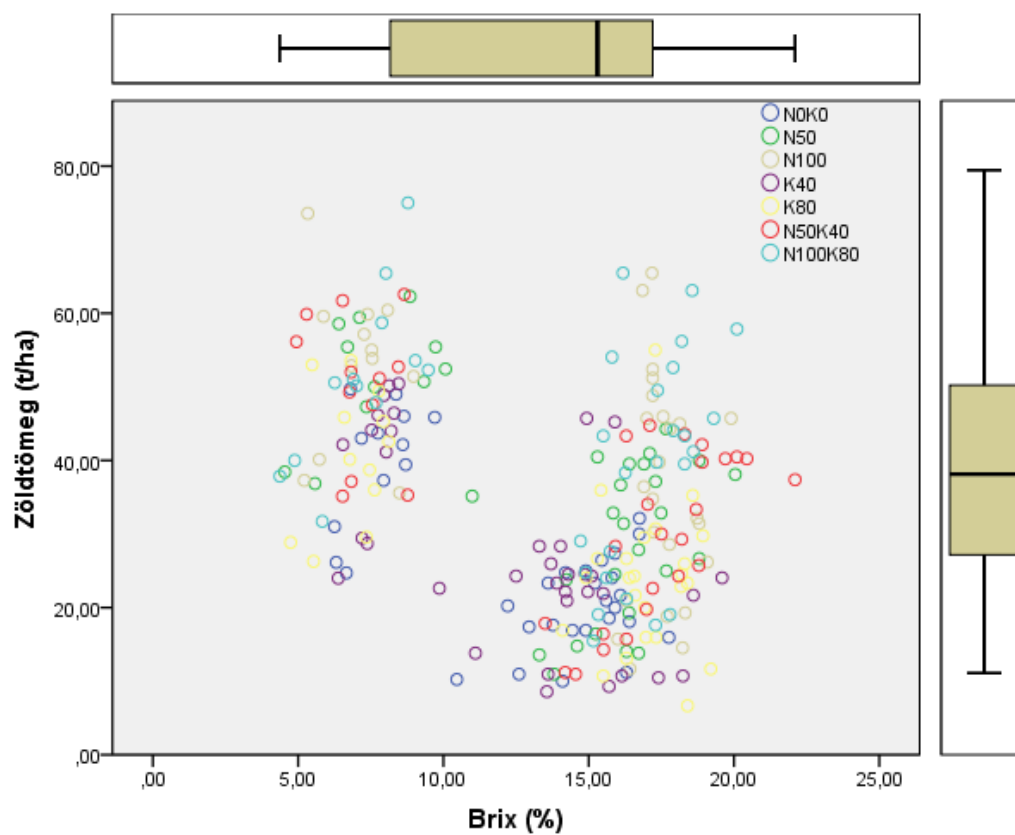
Összegzőként megállapítható, hogy az évjáráthatás jelentősen befolyásolja a cukorcirok minőségi és mennyiségi paramétereit.



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



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



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

4.7 A cukortartalom eloszlás a cukorcirok szárában

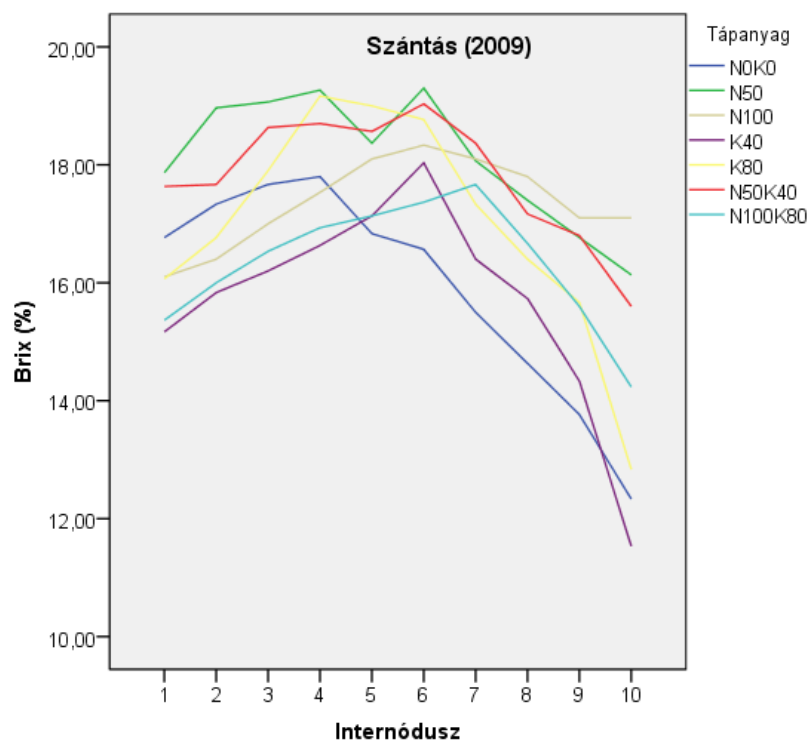
Kevés szakirodalmi hivatkozást találhatók arra vonatkozólag, hogy a cirok szárában található lé cukortartalma miképpen oszlik meg. Nincsenek megbízható adatok arra vonatkozólag sem, hogy a talajművelésnek, a tápanyag-ellátásnak vagy egyéb agrotechnikai eljárásoknak bármiféle hatása lenne a cukortartalom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

A 37. – 48. ábrán jól megfigyelhető a cukortartalom 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 cukortartalom maximális értékeit itt kaphatjuk meg.

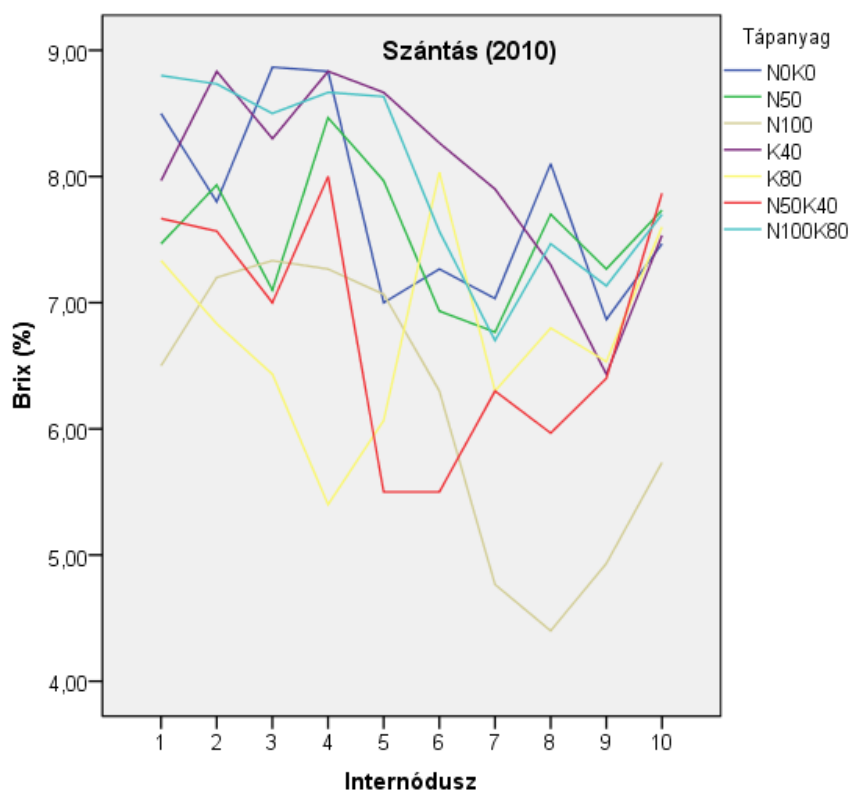
A kapott eredmények alapján kijelenthető, hogy a talajművelésnek nem volt hatása a cukortartalom eloszlására. Hasonló lefutású görbék figyelhetők meg a szántásos, direktvetéses, kultivátoros és tárcsás kezelések esetén is.

A tápanyag-gazdálkodásnak sem volt jelentős hatása az internódiumokban található cukortartalom eloszlására. Ugyanakkor megfigyelhető, hogy a kontrolhoz (N0K0) képest az esetek túlnyomó többségénél magasabb cukortartalom értékek olvashatóak le a grafikonokról. A kontrolkezelésnél az inflexiós pont épp az 2. és 4. internódium közé esik.

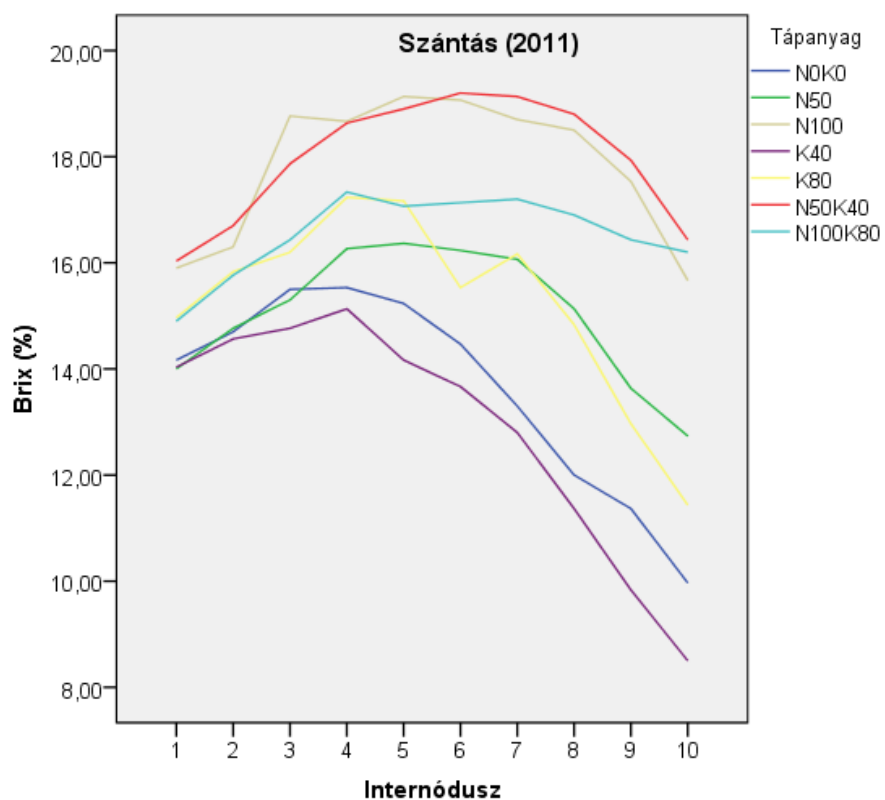
Az évjáráthatás jól megfigyelhető a 2009, 2010, 2011. éveket értékelő ábrák között. A két aszályos évben a cukortartalom lefutása egyezéseket mutat. Ezzel szemben a 2010. év eredményei nem értékelhetőek (38. 41. 44. 47. ábra), az egyes internódiumok különbségei között nem lehet trendet megfigyelni.



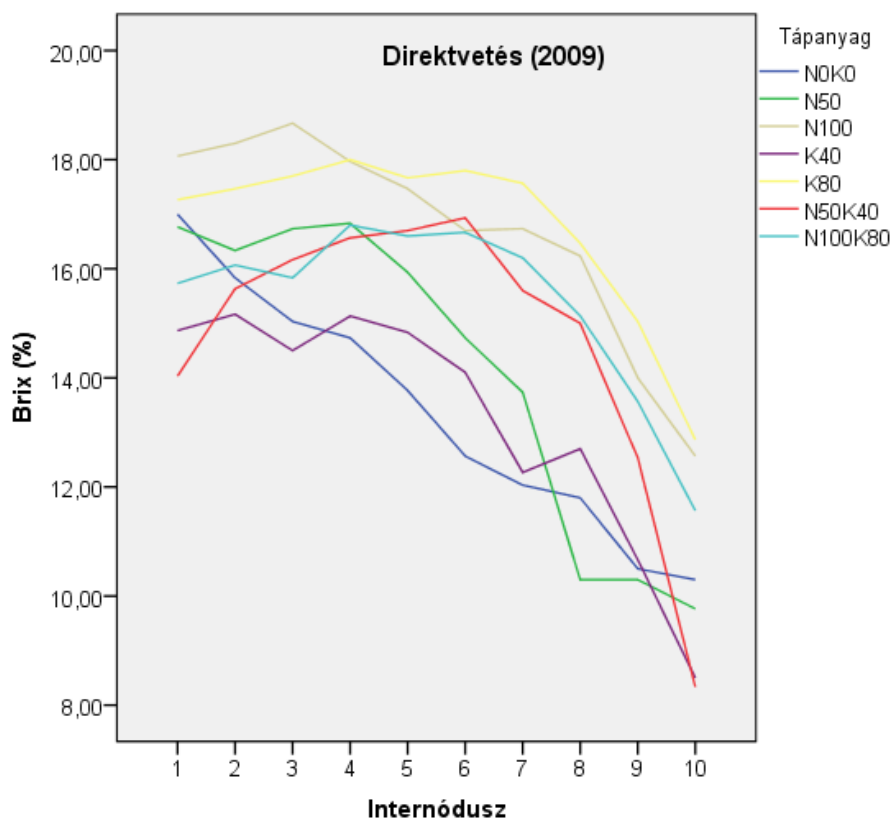
37. ábra Cukortartalom változás a szárban szántás esetén (Gödöllő 2009)



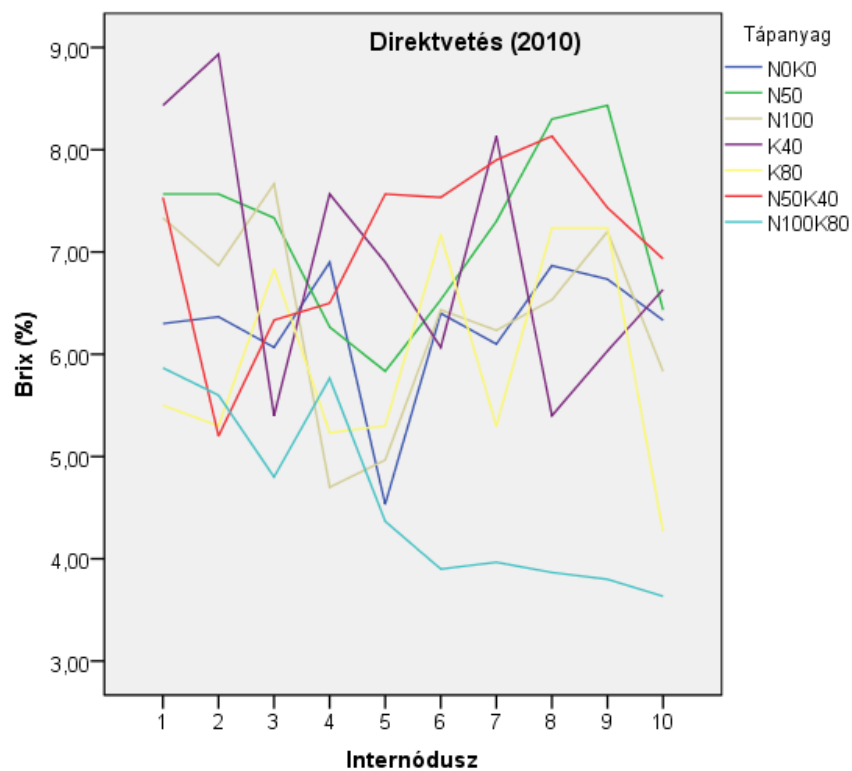
38. ábra Cukortartalom változás a szárban szántás esetén (Gödöllő 2010)



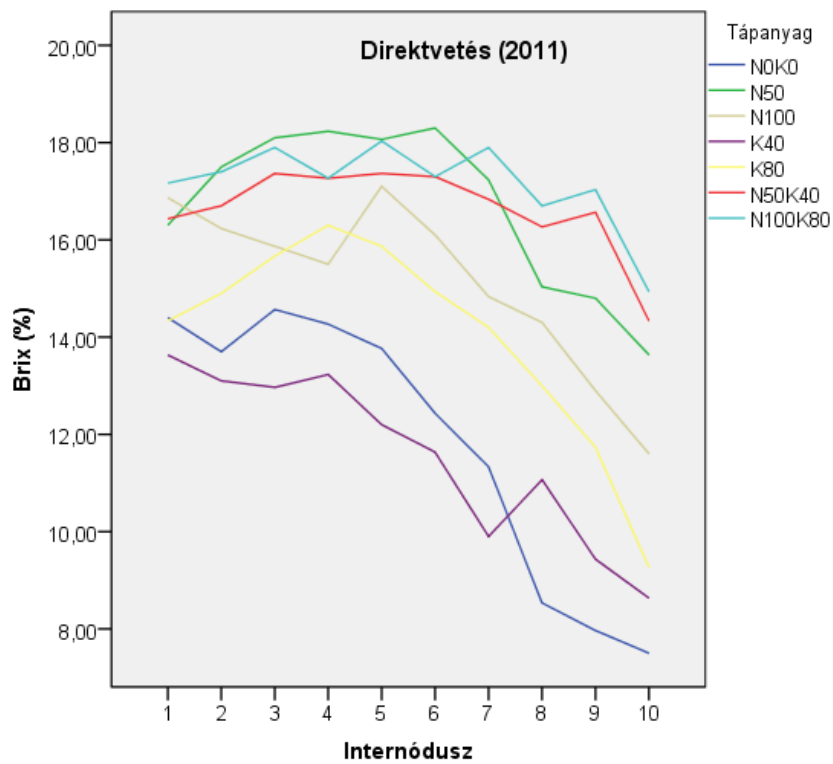
39. ábra Cukortartalom változás a szárban szántás esetén (Gödöllő 2011)



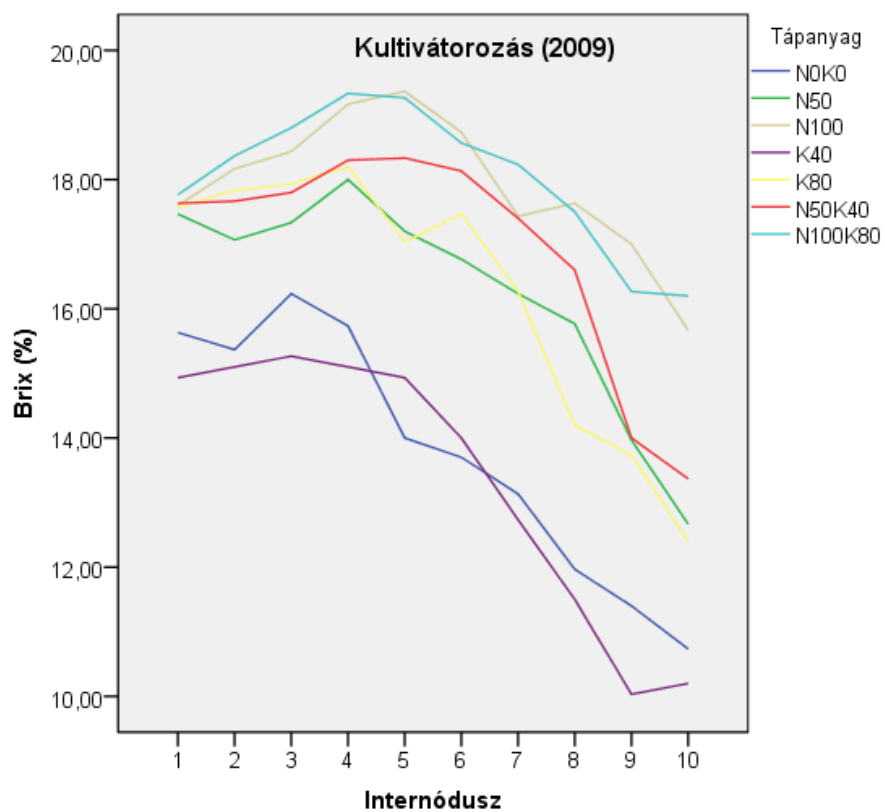
40. ábra Cukortartalom változás a szárban direktvetés esetén (Gödöllő 2009)



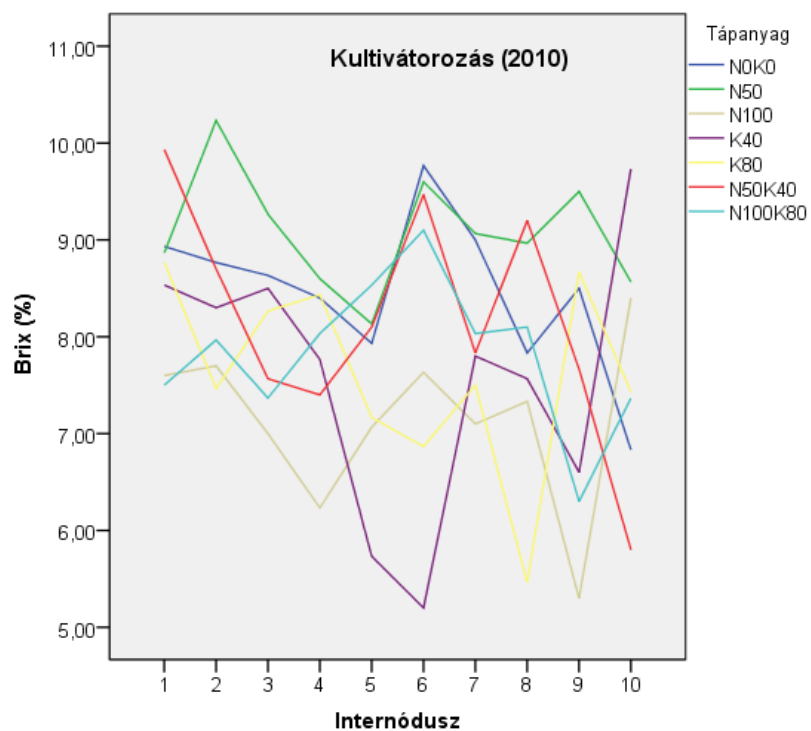
41. ábra Cukortartalom változás a szárban direktvetés esetén (Gödöllő 2010)



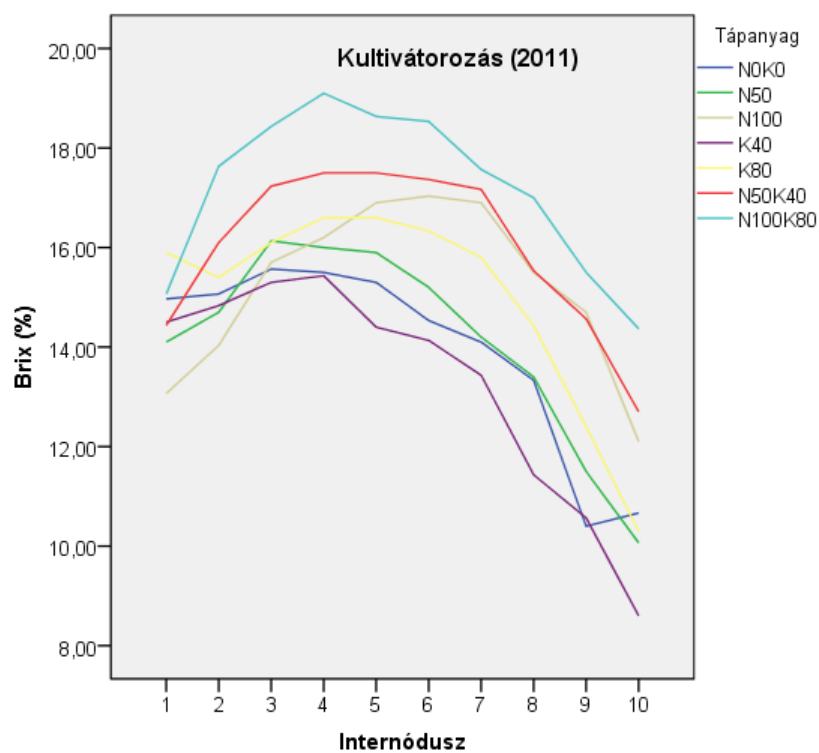
42. ábra Cukortartalom változás a szárban direktvetés esetén (Gödöllő 2011)



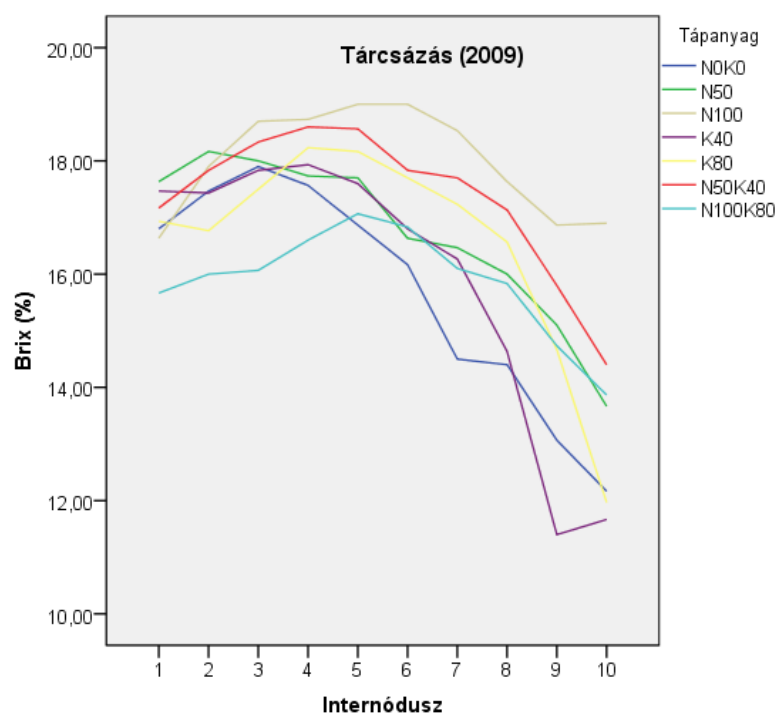
43. ábra Cukortartalom változás a szárban kultivátoros művelés esetén (Gödöllő 2009)



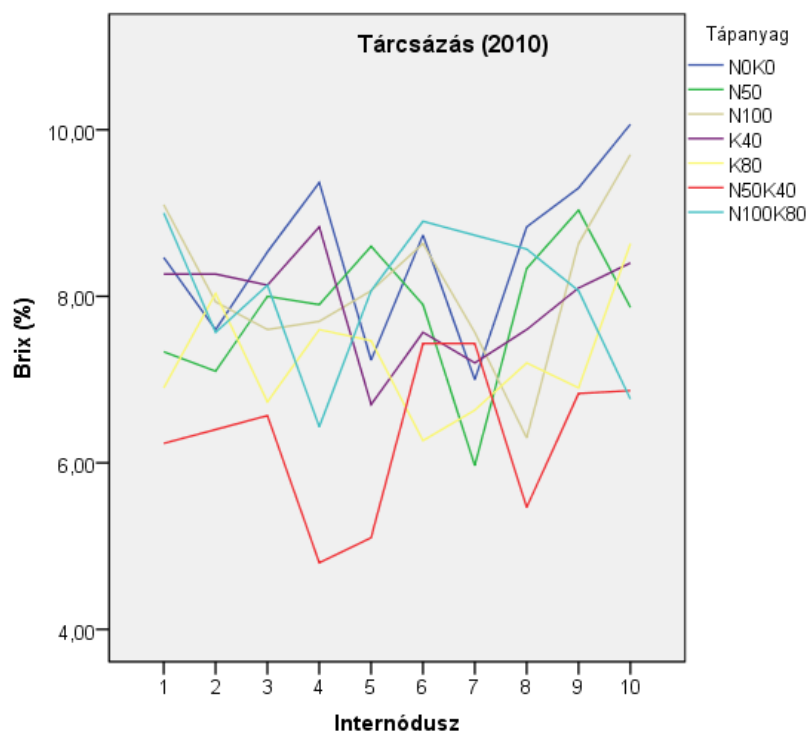
44. ábra Cukortartalom változás a szárban kultivátoros művelés esetén (Gödöllő 2010)



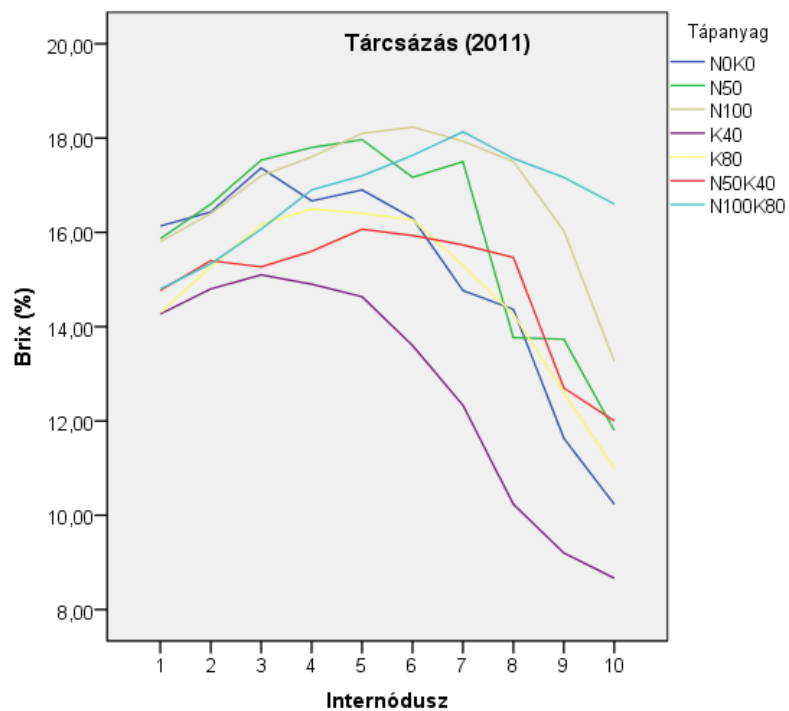
45. ábra Cukortartalom változás a szárban kultivátoros művelés esetén (Gödöllő 2011)



46. ábra Cukortartalom változás a szárban tárcsás művelés esetén (Gödöllő 2009)



47. ábra Cukortartalom változás a szárban tárcsás művelés esetén (Gödöllő 2010)



48. ábra Cukortartalom változás a szárban tárcsás művelés esetén (Gödöllő 2011)

4.8 Új tudományos eredmények

1. Bizonyítottam, hogy ülepedésre hajlamos talajon a cukorcirok termesztését az alpművelés módja (forgatásos, forgatás nélküli) kevésbé, az alpművelés mélysége sokkal inkább meghatározza. Adott termőhelyi körülmények között a legalább 25 cm mélységű alpművelés esetén érhető el a célnak megfelelő nagy biomassza tömeg.
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 adott, káliummal jól vagy igen jól ellátott területen a kijuttatott kálium műtrágyaadag nem befolyásolta érdemlegesen a cirok szár cukortartalmát. Nem találtunk szignifikáns különbség a kontrol (N0K0) és a 40 kg/ha kálium (K40) műtrágyával kezelt parcellák zöldtömege és cukortartalma között.
4. Megállapítottuk, hogy a cukortartalom eloszlására nincs hatással az alkalmazott talajművelési eljárás, és ennek módja, továbbá a tápanyag-gazdálkodás sem. E tényezőt az évhatás, a csapadék mennyisége befolyásolta.
5. Igazoltuk, hogy aszályos évben a cirokszár átlagolt cukortartalma magasabb (Brix 12-20%), mint csapadékos és hűvös (Brix 5-10%) évben.
6. Igazoltuk, hogy adott termőhelyi körülmények között (Szárítópusztza) a direktvetés a bolygatott talajoknál kisebb nedvesség tárolása és megőrzése miatt nem vehető figyelembe a cirok termesztési rendszerébe.

5 KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK

Következtetések

A bolygatatlan talajú direktvetésben, megegyezően az irodalmi adatokkal, a művelt talajokhoz képest a tömörebb talajállapotot mutattunk ki. A talajszintekben (0-10, 10-20, 20-30 cm) észlelt ülepedettebb állapotot a talajellenállás értékek alapján igazoltuk. A talajellenállás mérésével egy időben végeztük el a talajnedvesség méréseket. A helyes művelés megválasztásához mindkét mérési módszer eredményeit figyelembe kell venni.

A művelt (szántás, kultivátorozás és tárcsázás), és a direktvetés kezelések talajainak nedvességtartalma, és ellenállása között szignifikáns különbség volt kimutatható a vetés és a betakarítás előtti időpontokban.

A művelt talajokban az őszi alapművelésnek köszönhetően statisztikailag igazolhatóan több nedvesség raktározódott, mint a direktvetés bolygatatlan talajában.

A direktvetéses kezelésekre jellemző magasabb talaj-ellenállási értékek kedvezőtlenül hatottak a cukorcirok biomassza hozamára. A 3,0-3,5 MPa feletti értékek esetén a kultúrnövény gyökérzete nehezebben vagy egyáltalán nem jutott le a mélyebb talajrétegekbe, ezáltal mind a víz és tápanyag felvétele korlátozottá vált.

Igazolható, hogy tömörödéssre érzékeny alacsony szervesanyag- és humusztartalmú talajokon a direktvetés alkalmazása kockázatos. Ezeken a talajokon érdemes a csoroszlyanyomást a maximumra állítani, hogy a vetőmag a kívánatos mélységben a talajba kerüljön, ezzel elkerülhetjük az egyenlőtlen keltést.

Adott, ülepedésre érzékeny, és szervesanyagban szegény talajon a tömörödés a csapadék mennyiségétől függően következik be. A bolygatott talaj lazult állapota legfeljebb egy vegetációs időig tart.

A szélsőséges időjárás hatása klímakár megelőző, és low-input talajművelési eljárások alkalmazása esetén csökkenthető. Noha a termőhelyhez adaptált talajművelő eszközök beszerzési értéke kifejezetten magas, gondos eszköz-beállításokkal, megfelelő

időpontban elvégzett műveléssel, a kisebb gazdaságokban fellelhető eszközparkkal is sikeresen termesztethető a cukorcirok.

Összefüggés állapítható meg a talaj ellenállása és a cukorcirok biomassa hozama között. 3,0 MPa feletti rezisztencia értékek esetén statisztikailag kimutathatóan kisebb zöldtömeg érhető el. Ugyancsak összefüggés mutatható ki a talajnedvesség és a biomassa hozam között. Matematikailag igazolható, hogy 16 tömegszázalék és az ezt meghaladó talajnedvesség értékek esetén a hektáronkénti hozam eléri és meghaladja a 40/ha hozamot.

A talaj bolygatottsága, és a bolygatás mélysége befolyásolta a biomassa tömegét. A szántásos, kultivátoros és tárcsás kezeléseknél szignifikánsabb magasabb zöldtömeg képződött, mint direktvetés esetén. A három év átlagában a direktvetéses kezeléseknél mértük a legkisebb hozamokat, míg a szántásos kezelésnél a legnagyobbakat. A tárcsás és kultivátoros kezelések hatása hasonló volt a három év átlagában. Ennek oka adott talaj ülepedése, amely e két kezelés esetében rövidebb idő alatt bekövetkezett, mint a szántásnál.

A trágya adagok befolyásolták a cukorcirok biomassa hozamát. Az 50 kg/ha és 100 kg/ha nitrogén trágyaadag a kísérlet mindhárom évében szignifikánsan növelte a cukorcirok zöldhozamát. Ellenben cirok biomassa tömegére a káliumtrágyázásnak nem volt statisztikailag igazolható hatása.

A 2009, a 2010, és a 2011. vizsgálati években statisztikailag igazolható volt a talajművelési eljárások hatása a cukorcirok refraktométeres-szárazanyagtartalmára (cukortartalom).

A 2009. és 2011. aszályos évben a kontrolhoz (N0K0) viszonyítva statisztikailag igazolható különbség alakult ki az N50, N100, K80, N50K40 és N100K80-as kezelések között. A nitrogén és a kálium is együttesen befolyásolta a szár cukortartalmát. Ezzel szemben a 2010. extrém csapadékos évben a tápanyagkezeléseknek nem volt statisztikailag igazolható hatása a cirok beltartalmi paramétereire.

A vizsgálatok szerint a cukortartalom eloszlására nincs hatással az alkalmazott talajművelési eljárás, illetve ennek módja, és a tápanyag-gazdálkodás sem. Az évhatás, vagyis a csapadék mennyisége befolyásolhatja leginkább a termésminőséget és mennyiséget.

Javaslatok

Az alap műtrágya kijuttatása előtt végezzünk szűkített talajvizsgálatot. A talaj könnyen oldható tápelem tartalma, a tápanyag forgalmat befolyásoló talajtulajdonságok alapvető információt nyújtanak a tápanyag-gazdálkodási terv elkészítéséhez. A magasabb hozamok elérése érdekében a kijuttatott nitrogén hatóanyag mennyisége legalább 100 kg/ha legyen.

Az idővel és az energiával való okszerű takarékoskodás miatt fontos az őszi alapművelés helyes megválasztása. Az alapművelés megválasztásakor részesítsük előnyben a forgatás nélküli kultivátoros talajművelést. Kultivátoros és szántásos művelésnél is minden esetben munkáljuk el és zárjuk le a talaj felszínét. Az alapművelés mélysége legalább 25-30 cm között változzon.

A cukorcirok (cirokfélék) vetésére akkor kerüljön sor, ha a talaj hőmérséklete tartósan elérte a 12-14 °C feletti hőmérsékletet. Az egyenletes kelés érdekében, amennyiben nincs a szemenkénti vetőgépen talajtömörítő kerék hengerezzük meg a területet vetés után.

A kísérletben is tapasztaltuk a cukorcirok vontatott kelését és gyenge kezdeti fejlődését, amely miatt a különböző gyomfajok előnybe kerülhetnek a kultúrnövényrel szemben. Ezért a preemergens növényvédelmi kezelésnek mind az egy-, mind a kétszikű gyomnövények ellen kellő védelmet kell nyújtaniuk. A gyökérváltáson már átesett egyszikű gyomnövények ellen nincs hatásos növényvédő szer, ami a ciroknövényekre nem hatna károsan. A cirok 6 leveles stádiuma után a sorközökben elegendő a mechanikai gyomszabályozás, amelyet a terület gyomosságától függően 1-2 alkalommal kell elvégezni.

Célszerű refraktométeres-szárazanyag vizsgálatot végezni a betakarítási idő helyes megválasztásához. A mérési mintát a 3. és 7. internódium közötti zárrészből vegyük meg.

6 ÖSSZEFOGLALÁS

A hazai és nemzetközi szakirodalom alapján megállapítható, hogy a cukorcirok a bioetanol és biogáz üzemek számára jó alapanyagot jelenthet. Ez 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 azért, 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. ezeknek az ellenkezője. Ennek ellenére, vizsgálataink szerint a Gödöllői dombság kedvezőtlen termőhelyi körülményei között termesztett cukorcirok az aszályos évek ellenére is képes a nemzetközi és hazai kísérletekben leírt biomassza-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 tömörödére érzékeny, alacsony szervesanyag- és humusztartalmú talajokon (Szárítópusztá) a direktvetés alkalmazása kockázatos.

A trágya adagok befolyásolták a cukorcirok biomassza hozamát. A nitrogén hatóanyag a vizsgálat három évében jelentős mértékben elősegítette a biomassza 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 biomassza 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 esetére is. A növénytermesztési kutatások eredményei még ugyanazon termőhelyi viszonyok között is feltételeken 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. **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.
2. **Antal J. - Egerszegi S.- Penyigey D.** (1966): Növénytermesztés homokon, Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, Bauer F., Hepp F., 202-206.
3. **Antal J.** (2000): Növénytermesztők zsebkönyve. Mezőgazda Kiadó. Budapest. 107-338.
4. **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.
5. **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.
6. **Bai A. – Lakner Z. – Marosvölgyi B. – Nábrási A.** (2002): A biomassza felhasználása, Szaktudás Kiadó Ház, Budapest.
7. **Bai A.** (2004): A bioetanol-előállítás gazdasági kérdései. *Agrártudományi közlemények*. 14: 30-38.
8. **Bajai J. – Láng G.** (1970): A növénytermesztés kézikönyve I. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest. 331-342.
9. **Bálint A.** (1966): Mezőgazdasági növények nemesítése. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest. 377-387.
10. **Ban J. - Yu J. - Zhang X. - Tan T.** (2008): Ethanol production from sweet sorghum residual, *Front. Chem. Eng. China* 2(4), 452-455.
11. **Baráth Cs-né - Ittész A. - Ugrósd Gy.** (1996): Biometria. Mezőgazda Kiadó. Budapest
12. **Barabás Z. – Faragó L.** (1980): A hibrid szemescirok. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.

13. **Berényi B.- Szabó L.** (2001):, Növénytermesztés trópusokon- szubtrópusokon, Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó, Budapest, 38-44.
14. **Bertani R.** (2010): Geothermal Power Generation in the World 2005–2010 Update Report,
15. **Birkás M.** (2001): Talajművelés a fenntartható gazdálkodásban. Akaprint Nyomdaipari Kft. Budapest.
16. **Birkás M.** (2010): Talajművelők zsebkönyve. Mezőgazda Kiadó. Budapest.
17. **Bittera M.**(1930): Növénytermesztéstan II./ Különleges növénytermesztéstan, Országos magyar gazdasági egyesület könyvkiadó-vállalat, Budapest, 289-293, 308-309.
18. **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.
19. **Bocz E.** (1992):Szántóföldi növénytermesztés. Mezőgazda Kiadó. Budapest. 423-433.
20. **Bokori J. – Kovács G.** (1996) In. Takarmányozástan. Szerk: Schmidt János. Mezőgazda Kiadó. Budapest. 191.
21. **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.
22. **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.
23. **Buzás I.**(1983): A növény táplálás zsebkönyve, Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 78, 109, 111.
24. **Büki G.** (2011): Megújuló energiák hasznosítása. Magyar Tudományos Akadémia. Budapest.
25. **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.
26. **Daróczy S.- Lelkes J.** (1999): A szarvasi PENETRONIK talajvizsgáló nyomószonda alkalmazása. Gyakorlati Agroforum. 10. 7. 16–18.
27. **Dolciotti I. – Mambelli S. – Grandi S. – Venturi G.** (1998): Comparson of two sorghum genotypes for sugar and fiber production. Industrial Crops and Products, 7: 265-272

28. **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.
29. **Farkas I.** (2003): *Napenergia a mezőgazdaságban*. Mezőgazda Kiadó, Budapest, 37-51.
30. **Fogarassy Cs.** (2001): *Energianövények a szántóföldön*. SZIE GTK Európai Tanulmányok Központja. Gödöllő. 50-54.
31. **Ghatak H. R.** (2011): Biorefineries from the perspective of sustainability: Feedstocks products and processes, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 15, 4042-4052.
32. **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.
33. **Goshadrou A. - Karimi K. - Taherzadeh M. J.** (2011): Bioethanol production from sweet sorghum bagasse by *Mucor hiemalis*, *Industrial Crops and Products* 34, 1219-1225.
34. **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.
35. **Grabner E.** (1942): Cukor és fenyércirok. In: *Szántóföldi növénytermesztés*. Pátria Irodalmi Vállalat és Nyomdai Részvénytársaság. Budapest. 908-910.
36. **Grábner E.** (1942): *Szántóföldi növénytermesztés*, „Pátria” irodalmi vállalat és nyomdai Rt., Budapest, 649-663.
37. **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.
38. **Guigou M. – Lareo C. – Pérez L. V. – Lluberas M. E. – Vázquez D. – Fettari M. D.** (2011): Bioethanol production from sweet sorghum: Evalutaion of post-harvset treatments on sugar extraction and fermentation. *Biomass and Bioenergy* 35. 3058-3062.
39. **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.
40. **Gyökér A.** (1977): A takarmánycirok honosítása. *Magyar Mezőgazdaság*. 32. 41:7-8.

41. **Gyökér A.** (1978): Országos tanácskozás a ciroktermesztésről. Magyar Mezőgazdaság. 32. 44:8-9.
42. **Gyuricza Cs. - Kovács G. P. - Balla I.** (2013): Energiatermelés biomasszából, Belügyminisztérium, Budapest, 11, 22-26.
43. **Gyuricza Cs.** (2008): Cukorcirok termesztése energetikai hasznosításra. Agronapló 12. 4: 75-76.
44. **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.
45. **Horton L. – Rivers B. – Emert G. H.** (1980): Preparation of cellulose for enzymatic conversion. EC Product and Research. 19. 422-429.
46. **Hunsigi G. - Yekkeleli N. R. - Kongawad G. Y.** (2010): Sweet stalk sorghum: an alternative sugar crop for ethanol production, Sugar Tech 12(1), 79-80.
47. **Ivarsson E. – Nilsson C.** (1988): Smelting temperature of straw ashes with and without additives. S. I. L. B. S. L. 153, p. 84
48. **Izsáki Z. – Németh T.** (2008): A N-ellátottság hatása a silócirok terméshozamára és minőségére. Agronapló. 12. 4: 77-78.
49. **Jolánkai M.** (2009): Energetikai növénytermesztés környezet- és talajvédelmi aspektusai, MTA SZIE Agronómiai Kutatócsoport. AKAPRINT Kiadó. Budapest
50. **Józsa L.** (1976): A takarmánycirok termesztése és felhasználása. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
51. **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.
52. **Kapás S.**(1969): Magyar növénynevelés, Akadémia Kiadó, Budapest, 210-216.
53. **Kapocsi I. –Lazányi J. – Kovács B.** (1984): A cukorcirok törzsek és hibridkombinációk termőképességének vizsgálata hígtrágyával öntözött területen. Növénytermelés. 33. 6:529-533.
54. **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.
55. **Késmárki I.** (2005): Silócirok. [In: Antal J. (szerk.) Növénytermesztéstan 2. Gyökér - gumós növények, olaj- és ipari növények, takarmánynövények.] Mezőgazda Kiadó. Budapest. 553-558.

56. **Ketskemény L. – Izsó L. – Könyves T. E.** (2011): Bevezetés az IBM Statistics programrendszerbe. Artéria Stúdió Kft. Budapest
57. **Knight B. – Westwood A.** (2005): Global growth: the world biomass market. Renewable Energy World. 8(1): 118-127.
58. **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.
59. **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.
60. **Láng G.** (1966): Szántóföldi növénytermesztés. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 388-390.
61. **Láng G.**(1970): A növénytermesztés kézikönyve I., Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 331-369.
62. **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.
63. **Lukács G. S.**(2009): Zöldenergia, mint a kedvezőtlen termőhelyű térségek kitörési lehetősége, Szaktudás Kiadó Ház, Budapest, 71.
64. **Máté A.** (2005): Növénytermesztési Tanüzem. Tanulmány. Gödöllő
65. **Mekbib F.** (2006): Farmer and formal breeding of sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) and the implications for integrated plant breeding. Euphytica. 152: 163-176.
66. **Ouédraogo E. – Stroosnijder L. – Mando A. – Brussaard L. – Zougmore 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 Cycle in Agroecosyst. 77: 245-256.
67. **Pantskhava E. S. – Pozharnov V. A.** (2006): Biofuel and power engineering. Russia's Capabilities. Thermal Engineering. 53. 3: 231-239.
68. **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 bicolor* L. Moench) grown on oxic paleustults, Northeast Thailand. Pakistan Journal of Biological Sciences. 4. 1: 27-31.

69. **Raffai F.** (2010): A Dunára elférne még két nagyerőmű. Zöld Energia Magazin. I Évfolyam. 34-35.
70. **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.
71. **Ross, W.A.- Dungan, G.H.** (1957): Growing Field Crops, Mc Graw-Hill Book Company Inc, USA, 105,143.
72. **Ruane J. - Sonnino A. - Agostini A.** (2010): Bioenergy and the potential contribution of agricultural biotechnologies in developing countries, Biomass and bioenergy 34, 1427-1439.
73. **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.
74. **Sakellariou-Makrantonaki M. – Papalexis D. – Nakos N. – Kalavrouziotis 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.
75. **Sári L.** (1980): A takarmánycirok termesztése. Gyakorlati tapasztalat. Magyar Mezőgazdaság. 35. 34.:10.
76. **Sárközy P.** (1994): Biogazda 2./Szántóföldi és kertészeti növénytermesztés, Biokultúra Egyesület, Budapest, 75-76,122.
77. **Sembery P. – Tóth L. (szerk.)** (2004): Hagyományos és megújuló energiák. Szaktudás Kiadó Ház, Bp
78. **Seveluha, V.Sz.**(1985): A mezőgazdasági növények növekedésének szakaszossága és a szabályozás lehetőségei, Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 117-119.
79. **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.
80. **Siklósiné R. E. – Harmati I. – Radizs L.** (2001): Alternatív növények termesztése I. Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó. Budapest. 266-314.
81. **Siklósiné R. E.** (1991): Silókukorica és silócirok együtt. Magyar Mezőgazdaság. 46. 17:11.

82. **Siklósiné R. E.** (2001): Takarmánycirok termesztés, haszonnal. Gabonakutató Híradó. 15:11-12.
83. **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
84. **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.
85. **Stefanovits P.** (1999): Főtipusok, típusok és altípusok In: Stefanovits P., Filep Gy. Füleky Gy. Talajtan. Mezőgazda Kiadó. Budapest.
86. **Surányi J.** (1926): Növénytermesztési közlemények: Újabb termesztési adatok a cukorcirok-csalamádéről; Termesztési kísérletek szudáni fűvel és fénycirokkal.
87. **Sváb J.** (1981): Biometriai módszerek a kutatásban. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
88. **Szabó L.** (1983): Melegövi növénytermesztéstani ismeretek 2. Egyetemi Jegyzet, Gödöllő. 59-67.
89. **Tarpley L. - Vietor D.M.** (2007): Compartmentation of sucrose during radial transfer in mature sorghum culm, BMC Plant Biologie 6, 1-10.
90. **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.
91. **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.
92. **Várallyay Gy.** (2007): Soil resilience (Is soil a renewable natural resource?) Cereal Research Communication. 35. 2: 1277-1280.
93. **Vasilakoglou 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.
94. **Villax Ö.** (1940): Növénytermelés. Győregyházmegyei Alap Nyomdája. Magyaróvár. 242-244.
95. **Villax Ö.** (1947): Növénytermelés II./Különleges növénytermelés, Magyaróvár, 236-251.

96. **Vinall H. N. – Stephens J. C. – Martin J. H.** (1936): Identification, history, and distribution of common sorghum varieties. Technical Bulletin 506.
97. **Weiland P.** (2000): Anaerobic waste digestion in Germany – Status and recent developments. *Biodegradation*. 11: 415-421.
98. **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.
99. **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.
100. **Zervos A.** (2004): Tomorrow's world: 50% renewables scenario for 2040. *Renewable Energy World*. 7, 180-189.
101. **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.
102. **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.
103. **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-fejlesztési-miniszterium/klima-es-energiaügyi-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 egytényezős varianciaanalízise (talajművelési kezelés)(2009-2011)

ANOVA							
Talajjellenállás							
Mérés	Év		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Vetés előtt	2009	Between Groups	3,086	3	1,029	9,131	,000
		Within Groups	3,604	32	,113		
		Total	6,690	35			
	2010	Between Groups	2,262	3	,754	6,899	,001
		Within Groups	3,498	32	,109		
		Total	5,760	35			
	2011	Between Groups	4,571	3	1,524	14,875	,000
		Within Groups	3,278	32	,102		
		Total	7,849	35			
Betakarítás előtt	2009	Between Groups	9,261	3	3,087	24,778	,000
		Within Groups	3,987	32	,125		
		Total	13,248	35			
	2010	Between Groups	6,416	3	2,139	20,220	,000
		Within Groups	3,384	32	,106		
		Total	9,800	35			
	2011	Between Groups	2,978	3	,993	6,902	,001
		Within Groups	4,602	32	,144		
		Total	7,580	35			

2. melléklet Talajnedvesség egytényezős varianciaanalízise (talajművelési kezelés) (2009-2011)

ANOVA							
Talajnedvesség							
Mérés	Év		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Vetés előtt	2009	Between Groups	14,430	3	4,810	2,763	,058
		Within Groups	55,700	32	1,741		
		Total	70,130	35			
	2010	Between Groups	14,201	3	4,734	2,598	,069
		Within Groups	58,309	32	1,822		
		Total	72,510	35			
	2011	Between Groups	5,069	3	1,690	,776	,516
		Within Groups	69,700	32	2,178		
		Total	74,769	35			
Betakarítás előtt	2009	Between Groups	17,334	3	5,778	8,231	,000
		Within Groups	22,462	32	,702		
		Total	39,796	35			
	2010	Between Groups	28,536	3	9,512	13,012	,000
		Within Groups	23,393	32	,731		
		Total	51,930	35			
	2011	Between Groups	11,240	3	3,747	11,044	,000
		Within Groups	10,856	32	,339		
		Total	22,096	35			

3. melléklet Talajellenállás vizsgálat Post-hoc analízise (talajművelési kezelés)(2009-2011)

Multiple Comparisons								
Dependent Variable: Talajellenállás								
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.

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

Dependent Variable: Talajnedvesség
LSD

Multiple Comparisons

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.

5. melléklet Talajjellenállás művelési mélységenkénti ANOVA vizsgálata (2009-2011)

ANOVA							
Talajjellenállás							
Év	Mérés		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
2009	Vetés előtt	Between Groups	2,747	2	1,373	11,493	,000
		Within Groups	3,943	33	,119		
		Total	6,690	35			
	Betakarítás előtt	Between Groups	2,495	2	1,247	3,829	,032
		Within Groups	10,753	33	,326		
		Total	13,248	35			
2010	Vetés előtt	Between Groups	2,745	2	1,372	15,022	,000
		Within Groups	3,015	33	,091		
		Total	5,760	35			
	Betakarítás előtt	Between Groups	2,405	2	1,203	5,366	,010
		Within Groups	7,395	33	,224		
		Total	9,800	35			
2011	Vetés előtt	Between Groups	1,894	2	,947	5,248	,011
		Within Groups	5,955	33	,180		
		Total	7,849	35			
	Betakarítás előtt	Between Groups	3,375	2	1,687	13,243	,000
		Within Groups	4,205	33	,127		
		Total	7,580	35			

6. 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.

7. melléklet Talajjellenállás művelési mélységenkénti ANOVA vizsgálata (2009-2011)

ANOVA							
Talajnedvesség							
Év	Mérés		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
2009	Vetés előtt	Between Groups	20,247	2	10,123	6,697	,004
		Within Groups	49,883	33	1,512		
		Total	70,130	35			
	Betakarítás előtt	Between Groups	18,741	2	9,370	14,686	,000
		Within Groups	21,056	33	,638		
		Total	39,796	35			
2010	Vetés előtt	Between Groups	20,041	2	10,020	6,302	,005
		Within Groups	52,469	33	1,590		
		Total	72,510	35			
	Betakarítás előtt	Between Groups	8,291	2	4,145	3,135	,057
		Within Groups	43,639	33	1,322		
		Total	51,930	35			
2011	Vetés előtt	Between Groups	20,327	2	10,164	6,161	,005
		Within Groups	54,442	33	1,650		
		Total	74,769	35			
	Betakarítás előtt	Between Groups	5,749	2	2,874	5,803	,007
		Within Groups	16,347	33	,495		
		Total	22,096	35			

8. melléklet Talajjellenállás 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	-.113333 [*]	,51478	,035	-.21807	-,0860
		20-30 cm	0-10 cm	,80833 [*]	,51478	,001	,7610	,28557
			10-20 cm	,113333 [*]	,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	-.183333 [*]	,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.

9. 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

10. 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

11. melléklet Talajművelés és zöldtömeg ANOVA vizsgálata (2009)

ANOVA

Biomassza

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	7373,450	3	2457,817	24,539	,000
Within Groups	8012,763	80	100,160		
Total	15386,214	83			

12. 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.

13. melléklet Talajművelés és zöldtömeg ANOVA vizsgálata (2010)

ANOVA

Biomassza

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	5884,467	3	1961,489	40,530	,000
Within Groups	3871,640	80	48,396		
Total	9756,108	83			

14. 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.

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

ANOVA

Biomassza

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	6755,593	3	2251,864	27,771	,000
Within Groups	6486,848	80	81,086		
Total	13242,441	83			

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

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Biomassza

LSD

(I) Talajművelés	(J) Talajművelés	Mean	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
		Difference (I-J)			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.

17. melléklet Tápanyag kezelés és a zöldtömeg ANOVA vizsgálata (2009)

ANOVA

Biomassza

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	2465,654	6	410,942	2,449	,032
Within Groups	12920,559	77	167,799		
Total	15386,214	83			

18. 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.

19. melléklet Tápanyag kezelés és a zöldtömeg ANOVA vizsgálata (2010)

ANOVA

Biomassza

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	2341,679	6	390,280	4,053	,001
Within Groups	7414,429	77	96,291		
Total	9756,108	83			

20. melléklet Tápanyag kezelés és a zöldtömeg ANOVA 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.

21. melléklet Tápanyag kezelés és a zöldtömeg ANOVA vizsgálata (2011)

ANOVA

Biomassza

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	5246,117	6	874,353	8,420	,000
Within Groups	7996,325	77	103,848		
Total	13242,441	83			

22. 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.

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

ANOVA

Biomassa

	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			

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

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Biomassa

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.

25. melléklet Összefüggés a N-ellátottság és a zöldtömeg között

Model Summary and Parameter Estimates

Dependent Variable: Biomassza

Év	Equation	Model Summary					Parameter Estimates	
		R Square	F	df1	df2	Sig.	Constant	b1
2009	S	,758	21,947	1	7	,002	4,300	-1,051
2010	S	,776	24,275	1	7	,002	4,333	-,519
2011	S	,942	114,441	1	7	,000	4,245	-1,191

The independent variable is Tápanyag.

26. melléklet Összefüggés a K-ellátottság és a zöldtömeg között

Model Summary and Parameter Estimates

Dependent Variable: Biomassza

Év	Equation	Model Summary					Parameter Estimates	
		R Square	F	df1	df2	Sig.	Constant	b1
2009	S	,242	2,235	1	7	,179	3,826	-,535
2010	S	,050	,365	1	7	,565	3,874	-,067
2011	S	,680	14,883	1	7	,006	3,508	-,463

The independent variable is Tápanyag.

27. melléklet Refraktométeres-szárazanyag és talajművelés ANOVA vizsgálata (2009)

ANOVA

Brix

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	25,455	3	8,485	2,223	,092
Within Groups	305,355	80	3,817		
Total	330,810	83			

28. 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.

29. melléklet Refraktométeres-szárazanyag és talajművelés ANOVA vizsgálata (2010)

ANOVA

Brix

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	27,845	3	9,282	6,228	,001
Within Groups	119,219	80	1,490		
Total	147,064	83			

30. 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.

31. melléklet Refraktométeres-szárazanyag és talajművelés ANOVA vizsgálata (2011)

ANOVA

Brix

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	21,961	3	7,320	2,053	,113
Within Groups	285,259	80	3,566		
Total	307,220	83			

32. 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.

33. melléklet Refraktométeres-szárazanyag és a tápanyag kezelés ANOVA vizsgálata (2009)

ANOVA

Brix

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	88,836	6	14,806	4,711	,000
Within Groups	241,974	77	3,143		
Total	330,810	83			

34. 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.

35. melléklet Refraktométeres-szárazanyag és a tápanyag kezelés ANOVA vizsgálata (2010)

ANOVA

Brix

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	11,559	6	1,927	1,095	,373
Within Groups	135,505	77	1,760		
Total	147,064	83			

36. 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

37. melléklet Refraktométeres-szárazanyag és a tápanyag kezelés ANOVA vizsgálata (2011)

ANOVA

Brix

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	124,996	6	20,833	8,803	,000
Within Groups	182,224	77	2,367		
Total	307,220	83			

38. 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 aláírásommal 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