

DEBRECENI EGYETEM

**KERPÉLY KÁLMÁN NÖVÉNYTERMESZTÉSI, KERTÉSZETI ÉS
REGIONÁLIS TUDOMÁNYOK DOKTORI ISKOLA**

Doktori iskola vezető:

Prof. dr. Nagy János
MTA doktora

Témavezető:

Dr. Dobos Attila Csaba
tudományos főmunkatárs

**A VÍZELLÁTOTTSÁG HATÁSA ZÖLDBAB (*PHASEOLUS VULGARIS L.*)
FAJTÁK ÉS CSEMEGEKUKORICA (*ZEA MAYS L. CONVAR. SACCHARATA*
KOERN.) HIBRIDEK FEJLŐDÉSÉRE ÉS NÖVEKEDÉSÉRE**

Készítette:

Molnár Krisztina
doktorjelölt

Debrecen

2014

**A VÍZELLÁTOTTSÁG HATÁSA ZÖLDBAB (*PHASEOLUS VULGARIS* L.)
FAJTÁK ÉS CSEMEGEKUKORICA (*ZEA MAYS* L. CONVAR. SACCHARATA
KOERN.) HIBRIDEK FEJLŐDÉSÉRE ÉS NÖVEKEDÉSÉRE**

Értekezés a doktori (Ph.D.) fokozat megszerzése érdekében
Agrártudományok tudományterületén
Növénytermesztés és kertészet tudományágban

Írta: Molnár Krisztina okleveles környezetgazdálkodási agrármérnök

Készült a **Debreceni Egyetem** Kerpely Kálmán Doktori Iskola
Növénytermesztési, Kertészeti tudományok programja keretében

Témavezető: Dr. Dobos Attila Csaba

A doktori szigorlati bizottság:

	név	tud. fokozat
Elnök:	Rátonyi Tamás	PhD
Tagok:	Burai Péter	PhD
	Bíróné Kircsi Andrea	PhD

A doktori szigorlat időpontja: 2013. 04. 15.

Az értekezés bírálói:

név	tud. fokozat	aláírás
.....		
.....		

A bírálóbizottság:

	név	tud. fokozat	aláírás
elnök:			
tagok:			
			
			
titkár:			

Az értekezés védésének időpontja: 2014.

TARTALOM

1. BEVEZETÉS	4
2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS	8
2.1. A zöldségtermesztés helyzete, fontossága Magyarországon.....	8
2.2. A zöldbab fejlődése, környezeti igénye	10
2.3. A csemegekukorica fejlődése, környezeti igénye.....	12
2.4. A növények fejlődését befolyásoló tényezők a különböző fejlődési szakaszokban	13
2.5. A növény fejlődésének jellemzésére használható paraméterek.....	15
2.6. A vízellátottság hatása a növények fejlődésére és terméseredményeire.....	20
3. ANYAG ÉS MÓDSZER	26
3.1. A kísérleti évek időjárásának értékelése	26
3.2. A kísérleti terület talaja	28
3.3. A kísérlet módszere.....	29
3.4. A kísérletben tesztelt fajták és hibridek	31
3.4.1. Zöldbabfajták (<i>Phaseolus vulgaris</i>) agronómiai tulajdonságai	31
3.4.2. Csemegekukorica (<i>Zea mays</i> L. convar. <i>saccharata</i> Koern.) hibridek agronómiai tulajdonságai.....	32
3.5. Mérések, vizsgálatok.....	33
3.5.1. Növényegyedeken végzett fiziológiai mérések (SPAD)	34
3.5.2. Növényállományban végzett fiziológiai mérések (LAI, NDVI).....	34
3.5.3. A betakarítás során végzett mérések és vizsgálatok.....	35
3.6. A kísérleti adatok értékelése.....	36
4. EREDMÉNYEK	37
4.1. A növényállományt jellemző paraméterek értékelése a vizsgálati években	37
4.1.1. Zöldbab	37

4.1.2. Csemegekukorica	51
4.2. A termőképességet jellemző paraméterek értékelése a vizsgálati években	63
4.2.1. Zöldbab	63
4.2.2. Csemegekukorica	75
4.3. A növényi fejlődés és termőképesség összefüggései a különböző fejlődési szakaszokban	87
4.3.1. Zöldbab	87
4.3.2. Csemegekukorica	89
4.4. Tényleges evapotranszpiráció változása a tenészedőszakban	91
4.4.1. Zöldbab	91
4.4.2. Csemegekukorica	93
4.5. A növények vízhasznosítása a vizsgálati időszakban	95
4.5.1. Zöldbab	95
4.5.2. Csemegekukorica	99
5. KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK.....	104
6. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK.....	108
7. AZ EREDMÉNYEK GYAKORLATI HASZNOSÍTHATÓSÁGA.....	109
8. ÖSSZEFOGLALÁS	110
9. SUMMARY	115
10. PUBLIKÁCIÓS JEGYZÉK.....	120
11. MEGJELENT SAJÁT TUDOMÁNYOS KÖZLEMÉNYEK.....	131
NYILATKOZAT	135

1. BEVEZETÉS

A növények életfolyamatainak alapfeltétele a víz, nemcsak szervezetük fő alkotóeleme, hanem a tápanyagok szállítóközege, valamint hűtőközeg is. A növények a talajjal és a levegővel együtt egy vízforgalmi rendszer részét képezik, amelyben a víz mozgása a vízpotenciál különbségek függvényében változik. A növényfajok hőmérsékleti, fény és nedvesség igényei eltérőek, ezek egy adott évjáratban eltérő módon elégülnek ki, növekedési és fejlődési ciklusuk a környezetre jellemző módon alakul, sebességét az éghajlati és időjárási viszonyok egyaránt befolyásolják.

Napjainkban az éghajlat igen szélsőséges, az évi átlagos csapadék és középhőmérséklet alapján egyre aszályosabb. A téli csapadékból tárolt víz és a természetes csapadék a tenyészidőszak alatt nem fedezi a növények vízigényét, ami különösen a június-augusztus időszakban okoz gondot. Ehhez társul az is, hogy a csapadék mennyisége a különböző területeken és az egyes évek között is nagyon változó, eloszlása a tenyészidőszakban nagy fluktuációval jellemezhető. Minél hosszabb időt töltenek a növények ilyen vízhiányos körülmények között, annál kevesebb idő áll rendelkezésükre, hogy tömegüket gyarapítsák, és megfelelő ütemben fejlődjenek. A növények a napsugárzás energiáját ugyanis akkor tudják optimálisan hasznosítani, ha megfelelő mennyiségű víz áll rendelkezésükre, eltérő esetben a napsugárzás energiája csak a növény hőmérsékletét emeli és ezzel növeli a növény stressz-állapotát.

A szántóföldi növénytermesztésben, azon belül pedig a zöldségtermesztésben az egyik legmeghatározóbb termesztési tényező a csapadékellátottság. Ha az adott tenyészidőszakban nem áll rendelkezésre a növények optimális fejlődéséhez szükséges csapadékmennyiség, akkor a növények vízigényét öntözéssel kell kielégíteni. Az öntözés nemcsak a termés növelésében, a termésminőség javításában és a termésbiztonság fokozásában, hanem a folyamatos piaci jelenlét megalapozásában is fontos.

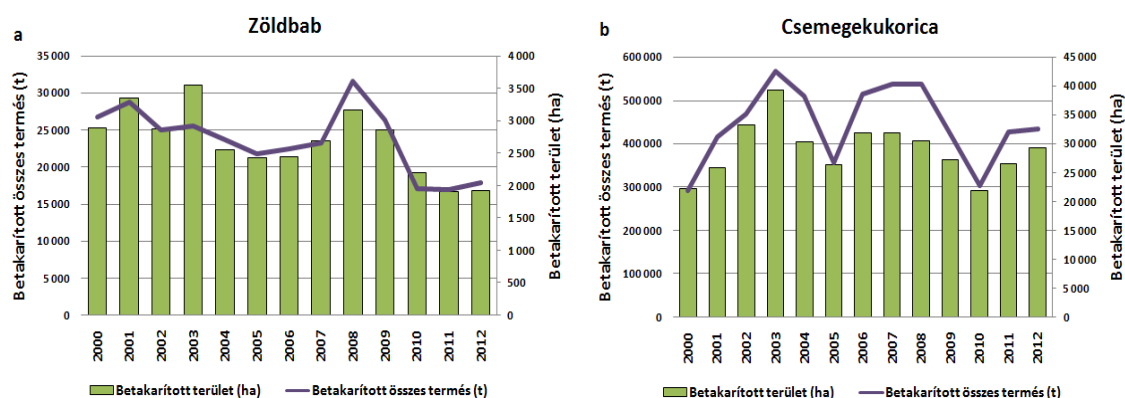
Hazánk zöldségtermesztésben az EU-27 tagállamok között 11. helyen áll. Az elmúlt időszakban a zöldségfélék termőterülete kismértékben növekedett (2012-ben már 76.802 ha-on takarítottak be termést), de sok zöldségféléből így is behozatalra szorulunk. Az értékesítésre kerülő zöldségek nagyobb része felvásárlókhöz, vagy közvetlenül a feldolgozókhöz jut, kisebb részét piacon értékesítik, vagy közvetlenül exportálják. Magyarország zöldségtermelése a 2003-2008 közötti évek átlagában 1813

ezer tonnát tett ki (Erdész né et al., 2009). Az ipari feldolgozásra szánt zöldségek (sárgarépa és petrezselyemgyökér) termelése viszont erősen visszaesett. A hűtőipar 130-160 ezer tonna, míg a konzervipar 400-500 ezer tonna körüli készárut állít elő évente - elsősorban zöldborsó-, csemegekukorica- és zöldbab-alapanyagokból -, aminek 80%-a export.

A világon a zöldbab vetésterületének közel 70%-a Ázsiában található. Kína, Indonézia és India a legjelentősebb zöldbabtermesztők a világon, az európai országok közül Törökország és Olaszország van az élvonalban, a többi ország megtermeli a saját szükségleteit vagy importra szorul. Az utóbbi évtizedben Európa mintegy 1 millió tonna zöldbabot termelt átlagosan, amelynek 80%-a az EU tagországokban termelt, a legnagyobb európai termelő Spanyolország. Magyarországon a zöldbabtermesztés a '80-as években érte a maximumot, azóta folyamatos visszaesés jellemzi (Hodossi, 2004).

A vizsgálat tárgyául választott zöldbab és csemegekukorica olyan vízellátásra érzékeny növények, amelyeknél az öntözés hatása jól kimutatható, meghatározó szerepük van a magyarországi zöldségtermesztésben és termesztésük hazánkban csak öntözött körülmények között gazdaságos.

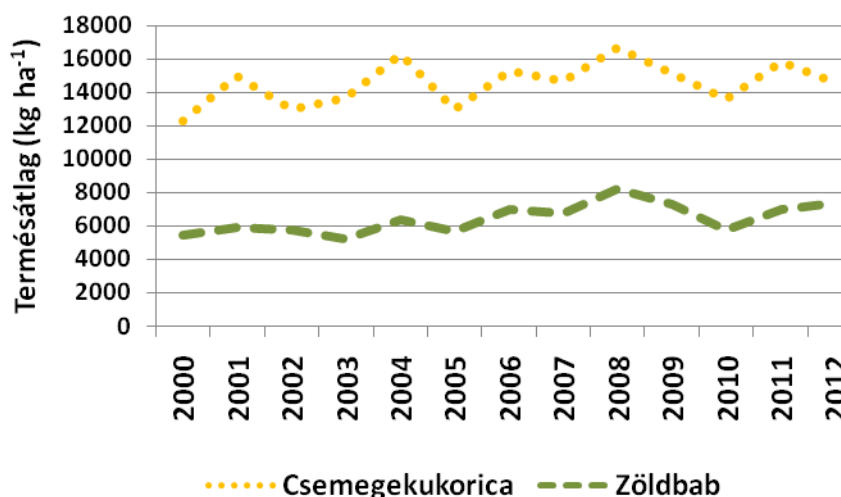
Az utóbbi években csupán 2-3 ezer hektáron termesztettek zöldbabot (1.a ábra), a vetésterület 90%-a az alföldi régióban van, a termésátlag 6-8 t ha⁻¹ között mozog (2. ábra).



1. ábra: A zöldbab (a) és a csemegekukorica (b) betakarított területe és összes termése Magyarországon 2000 és 2012 között (Forrás: KSH, 2013)

A világon a legkiterjedtebb területen az USA-ban termesztnek csemegekukoricát, Mexikó és Nigéria után Magyarország következik a legnagyobb csemegekukorica termeszto országok között. Hazánk zöldségtermesztésének a csemegekukorica stabil és

fontos növénykultúrája. Európában a legnagyobb termőterülettel rendelkezünk, megelőzve Franciaországot és Lengyelországot. A vetésterület dinamikus növekedés mellett az utóbbi években elérte a 25-30 ezer hektárt (1.b ábra), a fő termőterületek Hajdú-Bihar, Szolnok, Békés, Csongrád és Bács-Kiskun megyékben vannak, 13-16 t ha⁻¹-os termésátlaggal (2. ábra).



2. ábra: A zöldbab és csemegekukorica termésátlagának alakulása 2000-2012 között
(Forrás: KSH, 2013)

A zöldségfélék vízfogyasztása fajtánként és növekedési szakaszonként is lényegesen eltérő. A vízigény megállapításához minden egyes területen rendszeres mérésekre, vizsgálatokra (gyökérzettel átnőtt talajréteg nagysága, talaj felvehető vízkészlete, talaj víztároló képessége, talaj és víz sótartalma, szélkitettség) van szükség. Az öntözés tervezésénél figyelembe kell vennünk, hogy a növények vízigényét a tenyészidőszakban számos más tényező is befolyásolhatja (pl. éghajlat, talajművelés, tápanyag-ellátottság, fajta, fenofázis, tőszám, gyomirtás). A kijuttatott öntözővíz mennyiségét a növények vízigénye mellett az öntözési mód is módosíthatja.

Erdészné (2008) az öntözést tartja az ágazat kulcskérdésének. Szerinte „az öntözött zöldségterület nagyságát a jelenlegi 25-31%-ról legalább 80-85%-ra kell növelni. A jelenlegi közgazdasági viszonyok csak az egy hektáron nagy termelési értéket produkáló növények öntözését teszik lehetővé. Ilyen, pl. a vetőmag kukorica, amely kiváltható zöldborsó, zöldbab, hagyma, csemegekukorica öntözött termesztésével. Az öntözés szükséges a magas szintű biztonságos termeléshez, valamint a piacot szétziláló mennyiségi és minőségi termelésingadozás csökkentéséhez.”

Az előzőeket figyelembe véve a költséghatékony és biztonságos növénytermesztés elengedhetetlen feltétele a szántóföldi és a kertészeti kultúrák vízellátottságának vizsgálata. A növényfajták fejlődésével, vízfelhasználásával összefüggő fiziológiai tulajdonságok vizsgálatán alapuló módszerek hozzájárulhatnak a hatékony vízutánpótlási stratégiák kidolgozásához.

Dolgozatomban a növényi fejlődést és termőképességet jellemző paraméterek, valamint a növények vízhasznosítása alapján meghatározom a vizsgált köztermesztésben lévő zöldbab fajták és csemegekukorica hibridek számára legoptimálisabb vízellátottsági viszonyokat.

Céljaim eléréséhez az alábbi kérdésekre kerestem a választ:

- a vízellátottság hogyan befolyásolja a különböző fejlődési szakaszokban a vizsgált fajták és hibridek fejlődését, valamint a termőképességet
- a növényi fejlődést és termőképességet jellemző paraméterek alapján hogyan változik a zöldbab és a csemegekukorica teljesítménye a különböző kezelésekben
- milyen összefüggések vannak a növényi fejlődést jellemző paraméterek és a termés között a különböző fejlődési szakaszokban
- a vizsgált növények állományaiban hogyan változik a potenciális evapotranszpiráció a tenyészidőszak folyamán eltérő vízellátottság alatt
- a vízellátottság hogyan befolyásolja a fajták és hibridek vízhasznosítását.

2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

2.1. A zöldségtermesztés helyzete, fontossága Magyarországon

A világon 200-nál több növényfajt minősítenek zöldségnövénynek, ebből Európában és Magyarországon is mintegy 40-et tesztenek. Mind a fejlett, mind a fejlődő országokban növekszik a zöldségfélék termesztésének és fogyasztásának jelentősége (Balázs, 2004). Táplálkozásban betöltött szerepük kiemelkedő: értékes tápanyagforrások, élvezhetőbbé teszik az alapélelmiszereket, javítják az emésztést, számos közülük gyógyító hatással rendelkezik, valamint jelentős vitamin és ásványi-anyag forrás (Grubben, 1977).

A magyar lakosság átlagos zöldség- és gyümölcsfogyasztása az EU középmezőnyében van a napi 371 g átlagfogyasztással, viszont még mindig nem éri el a WHO által ajánlott napi 400 g fogyasztási szintet (Székely *et al.*, 2009).

A Magyarországon termesztett zöldségnövények közül a melegigényes fajok (pl. paprika, paradicsom, uborka, görögdinnye, zöldbab, csemegekukorica) biológiai igényük alapján a szabadföldi termesztés északi határán vannak, míg a hidegtűrőek (zöldborsó, káposztafélék) sikeresen termeszthetők hazánkban. A szélsőséges időjárási viszonyokat esetükben a korai termesztéssel lehet kiküszöbölni.

Magyarország zöldségtermesztés szempontjából optimális helyzetben van, ami kedvező természeti adottságainak (éghajlat, talaj), előnyös földrajzi elhelyezkedésének (centrális hely, a nagy felvevő piacok közelsége) és a hagyományokra épülő szakismeretnek köszönhető. A termelési bázis elfogadható, de az ágazat szervezettsége és az egységek piaci megjelenése még ma is nagyon gyenge (Medina, 2005; Téglá, 2009).

A zöldség termőterület 93-95%-át a szabadföldi zöldségfélék teszik ki. A hazai termésátlagok az európai országok között a középmezőnyben helyezkednek el. Az átlaghozamok évenkénti hullámlását az időjárási tényezőkön kívül a szétaprózódott termesztés és a termesztéstechnológiai eltérések okozzák. A terméseszkökenések okai közé tartoznak a korlátozott öntözési lehetőségek, a ráfordításokkal való takarékoskodás és a gyors áremelkedések (Juhász *et al.*, 2012).

A zöldségtermesztés hazánkban több 10 ezer család megélhetését vagy jövedelem kiegészítését teszi lehetővé. Fontos szerepet játszik a tájtermesztés lehetőségeinek kiaknázásában, valamint a vidéki munkahelyek teremtésében.

A vizsgálat tárgyául választott zöldbab és csemegekukorica a vetésszerkezetbe jól beilleszthető, elő- és másodnövényként is vethető növények, amelyek termesztése teljes mértékben gépesíthető. Szakszerű termesztéstechnológiával, öntözött körülmények között a jövedelmező növények közé tartoznak.

Hazánkban viszonylag kis területen (2-3 ezer ha) termesztnek zöldbabot, a termesztés olyan gazdaságokba koncentrálódik, ahol a szükséges technikai háttér és szakértelem egyaránt megtalálható. A nagyobb hozamokat produkáló gazdaságokban megoldott az öntözés, a növényvédelem, korszerű betakarítógépekkel rendelkeznek és a piaci igényeknek megfelelő intenzív fajtákat termesztnek (*Deme, 2010*). Az üzemi méretekben (15-25 ha) termesztett fajtáknál alapvető követelmények: koncentrált érés; a hüvely hajlításra pattanva törjön, törtfelülete lédús legyen; a hüvely szálla- és hártamentes legyen; apró magjai fehérek legyenek; hüvelye sötétzöld vagy élénk sárga legyen és ez a szín a feldolgozás során ne változzon. A termelők a gépi betakaríthatóság miatt a szilárd szárrendszerű fajtákat részesítik előnyben és elengedhetetlen a magas termőképesség (*Géczi, 2003*).

A Nemzeti Fajtajegyzékben 82 zöldbabfajtát tartanak nyilván, amelyből 51 zöldhüvelyű és 31 sárgahüvelyű. A fővetésű szakaszoknál a sárgahüvelyű fajták, másodvetésre a zöldhüvelyűek alkalmasabbak (*Deme, 2010*).

A zöldbab fogyasztása és termesztése az elmúlt években növekedett. Hazánkban az egy főre jutó éves zöldségfogyasztás mindössze 5-7%-a zöldbab, ennek 60%-a frissen, 30%-a konzervként, 10%-a gyorsfagyasztva kerül a fogyasztókhoz. A kialakult étkezési szokásoknak megfelelően a sárga hüvelyű fajtákat a hazai piacokon értékesítik, a zöldhüvelyűeket exportra termesztik. Importunk elenyésző az exporthoz képest. A friss termésből a feldolgozóipar konzervet és mélyhűtött termékeket készít. Zöldbabkonzervből 1800-2000 t, gyorsfagyasztott termékből 3800-4000 t az export. A termesztéstechnológia (öntözés, növényvédelem, betakarítás) fejlődése miatt a termésátlag fokozatosan emelkedik (*Deme, 2012*).

Hazánk Európa egyik vezető csemegekukorica termesztője és exportőre. A konzervkukorica és fagyasztott kukorica világkereskedelmének 30%-át tudhatjuk magunkénak. Legnagyobb felvásárlóink: Oroszország, Nagy-Britannia, Belgium, Németország és Ukrajna (*Thurn, 2012*). A csemegekukorica azon kevés zöldségnövények egyike, melynek termesztése a vetéstől a betakarításig jól gépesíthető. A friss fogyasztási igény egyre nagyobb és felértékelődött a minőség és a koraiság

szerepe is. A csemegekukorica hosszú távon is lehetőséget ad a termesztés fokozására, de az öntözhető területek korlátozott nagysága gátolja a vetésterület bővítését (Erdészné, 2012).

A fajtaválasztásnál meghatározó a termesztési cél, amely szerint a termesztés történhet frisspiaci és feldolgozóipari célra. A friss fogyasztásra termelt csemegekukoricánál alapvető feltételek: sötét, ragyogó zöld, a csővégen túlnyúló csuhélevelek; szabályos szemsorok; jól benőtt csővég; élénk, fénylő szemszín; jó íz és zamat; vékony perikarpium; jó pulton-tarthatóság. A feldolgozásra szánt csemeget termesztetjük hűtőipari- (morzsolt vagy csöves) és konzervipari (főként morzsolt) felhasználásra. A gépi betakarítás alapvető követelménye az alacsony csőmagasság és a szilárd szár. A feldolgozóipar folyamatos ellátása érdekében szakaszos vetésre alkalmas hibrideket kell vetni. A felhasználók számára előnyös a magas terméshányad, az egyenletes csőméret, a jó szemmélység, a nagy szemsorszám, viszonylag apró gömbölyded szemek, jó szemszín és íz, puha perikarpium, morzsolt termék előállításánál a jó szemkihozatal (Géczi, 2003).

A termesztés elsősorban feldolgozóipari célra történik és integrált keretek között folyik. Ennek előnye, hogy a termelő biztos felvásárlóra talál, hátránya, hogy a konzervgyár megszabja, hogy milyen vetőmagot, milyen területen mikor vessen el a termelő és azt mikor takarítsa be. A felvásárló a szerződésben meghatározott árat fizeti és csak megfelelő minőségű árut vesz át (Hágen, 2010).

2.2. A zöldbab fejlődése, környezeti igénye

A zöldbab a hüvelyesek közé tartozó egyéves, lágyszárú pillangósvirágú.

Gyökérrendszere gyengébb növekedési erélyű, mint a többi pillangósé, oldalgyökerein a *Rhizobium phaseolival* alkotott szimbiózis jeleként 2-4 mm-es gyökérgümők találhatóak. Hajtásrendszerében bokor (determinált), ostoros (földeterminált) és indás/futó (nem determinált) növekedési típusokat különíthetünk el. A termesztésben a bokor típusúak terjedtek el. Gépi betakarításnál fontos a bokor mérete: a közepes (>35 cm) és a magas (>45 cm) fajták termesztése jól gépesíthető (Helyes, 2007).

Epigaeikus csírázású, a föld feletti sziklevelek fölött fejlődő primer levelei egyszerűek, lándzsa, szív vagy tojás alakúak. A valódi lomblevelei három levélkéből állnak, szárnyasan összetettek. Betakaríthatóság szempontjából a kis és közepes levélméretű fajtákat részesítik előnyben a termelők (Helyes, 2007).

Változatos színű pillangós virágai fűrtvirágzatot képeznek, amely fajtától függően a levélzet között, azzal egy szintben vagy abból kiemelkedve helyezkedik el. A hüvelytermés alakja (egyenes, hajlott, görbe), színe (zöld, sárga, antociános) és mérete (hossza 6-20 cm, átmérője 0,5-2,5 cm között változik) szintén fajtára jellemző tulajdonság. A magok alakja, mérete, színe, mintázata rendkívül változatos (*Hodossi, 2004*). Hüvelyének jelentős a fehérje-, a szénhidrát- és a zsírtartalma, aminosavakban és C-vitaminban gazdag.

A hazai fogyasztás elsősorban friss- és mélyhűtött árura irányul. A hazai étkezésben a sárga hüvelyű fajták keresettek. A feldolgozóipar inkább a zöld hüvelyűeket vásárolja fel a későbbi szálkásodás és öregedés miatt. Az EU országokban a rövid hüvelyű, zöld színű fajtákat részesítik előnyben (*Géczi, 2003*).

Környezeti igény

A zöldbab a melegigényes növények közé tartozik, növekedésére és fejlődésére a 22-25 °C közötti hőmérséklet hat a legkedvezőbben, csírázási és fejlődési küszöbértéke 10 °C (*Hodossi, 2004*). A gyors hőmérséklet változás miatt a virágzás és a termékenyülés károsodik, 35 °C feletti hőmérsékletre a növények terméselrúgással reagálnak (*Balázs, 2004*).

A zöldbab közepes vízigényű növény, de sekélyen gyökerezik, ezért nagyon érzékeny a talaj víztartalmára (*Subicz, 1999*). A fejlődése akkor optimális, ha a gyökerezési mélységben a víztartalom a szántóföldi vízkapacitás 65-75%-án van. Hazánkban a babtermesztés legnagyobb korlátozó tényezője a tenyészidőszak alatti vízhiány, amely általában magas levegőhőmérséklettel párosul. A szárazságra érzékeny fejlődési szakaszokban (csírázás, virágzás, terméskötés) a vízhiányt öntözéssel csökkenthetjük (*Helyes, 2007*). Virágzás és terméskötés idején a csapadékhiány alacsony páratartalommal párosulva a virágok száradásához és hüvelyelrúgáshoz vezethet (*Antal és Jolánkai, 2005*). A túl sok csapadék miatt kialakuló magas talajvízszint szintén káros, mivel a növény a pangó vizet rövid ideig sem képes elviselni. Hazánkban a tenyészidőszakban gyakran kialakuló vízhiány miatt biztonságos termesztése csak öntözéssel valósítható meg. Fejlődésében kritikus szakasz a kelés és a virágzás időszaka. Fővetésű babállományoknak az időjárási viszonyoktól függően 100-150 mm vizet kell pótolni a vegetációs periódus alatt. A kelesztő öntözés 10-20 mm-es

normával, virágzás és természkötés idején a vízpótlás 30 mm-es vízádaggal, a hüvelyek kifejlődéséig 3-4 alkalommal oldható meg (*Cselőtei*, 1997; *Hodossi*, 2004).

A zöldbab a talajra nem különösebben igényes, de a legjobb terméseredményeket meszes, semleges vagy enyhén lúgos kémhatású, jó vízgazdálkodású, lazább talajokon lehet elérni (*Hodossi*, 2004; *Antal és Jolánkai*, 2005).

2.3. A csemegekukorica fejlődése, környezeti igénye

A csemegekukorica (*Zea mays* L. convar. *saccharata* KOERN.) a Poaceae családba tartozó egyszikű növény. A takarmánykukorica egyik változata, egy recesszív gén *su1* (sugary endosperm) miatt a szemekben a cukrok átalakulása keményítővé részben gátolt, ezért nagyobb a cukortartalma. Cukortartalom alapján három csoportba sorolhatók: normálédes (*su*), cukortartalom-növelt (*se*), és szuperédes (*sh₂*) (*Pereczes*, 1999).

A takarmánykukoricánál jobban fáttyasodik, igényesebb, kisebb termetű, szemei éretten ráncosodnak.

Bojtos gyökérzete az ökológiai viszonyoktól függően 1,5-2 m-re is a talajba hatolhat, de a gyökerek fő tömege a művelt rétegben helyezkedik el (*Menyhért*, 1985). Járulékos gyökerei mellék, harmat és koronagyökerek lehetnek. Hajtásrendszerének tengelye a szár, amely mereven felálló, hengeres, belül tömött és nóduszokkal szártagokra osztott. A levelek a száron két szemközti sorban átellenesen helyezkednek el, számuk megegyezik a föld feletti nóduszok számával. A nóduszok száma, így a levélszám is, a tenyészidő hosszával nő. A csemegekukorica váltivarú, egylaki növény: a hímvirágzat (címer) a hajtás csúcsán, a torzsaburoklevéllal (csuhé) borított nővirágzat (cső) a fő- vagy mellékajtás levélhónaljában fejlődik. A címer megjelenése után 3-13 napra indul meg a virágzás, amit a cső alsó virágaiból kiinduló bibeszálak (bajusz) jeleznek (*Daniel*, 1978). A megtermékenyült torzsavirágzatból fejlődik a kukoricacső, amelyen a szemtermés található. A szemek érésében a gabonafélékéhez hasonlóan itt is megkülönböztetünk tejes, viasz- és teljes érést. Szemszíne sárga, fehér vagy bicolor.

Táplálkozási értékét jelentős fehérje-, szénhidrát- és karotin-tartalma adja (*Géczi*, 2003).

Környezeti igény

A csemegekukorica melegigényes növény, a magok csírázásához minimum 10 °C-ra van szükség, növekedése 22-25 °C között optimális. A fagyra és a tavaszi hűvös időjárásra érzékeny, levelei sárgulnak, vegetatív fejlődése lassul, vagy leáll. A nyári 35 °C feletti hőmérsékleten fejlődése rendellenessé válhat.

Vízigényes, a legtöbb vizet virágzás előtti egy és virágzás utáni három hétig igényli (Daniel, 1978). Magas vízfogyasztású növény, a rendelkezésre álló vizet jól hasznosítja. Magyarországi körülmények között eredményesen csak öntözött körülmények között termeszthető (Helyes, 2007).

Vízszükséglete a talaj és a tenyészidő függvényében 350-500 mm a vegetációs periódusban. Évjáráttól függően mintegy 100-250 mm vizet kell öntözéssel pótolni (Pereczes, 1999). Vízhány esetén laza talajokon hetenként 20-25 mm-rel, kötött talajon 30-40 mm-rel szükséges öntözni (Fehérné, 1998).

A talaj minőségére és kultúrállapotára igényes, gazdaságosan csak jó szerkezetű, jó vízgazdálkodású, levegős, mély termőrétegű talajon lehet termeszteni (Pereczes, 1999).

2.4. A növények fejlődését befolyásoló tényezők a különböző fejlődési szakaszokban

Varga-Haszonits et al. (2008) 50 év agroklimatológiai adatainak elemzése során megállapította, hogy hazánkban a vegetációs időszak tavaszi hónapjainak vízellátottsága kedvezően, a július-szeptember időszak pedig kedvezőtlenül hat a növényi életfolyamatokra. A területi különbségeket vizsgálva kimutatták, hogy a talajnedvesség az Alföld jelentős részén egy átlagos év legszárazabb időszakában a kritikusnak tekinthető 50% alá süllyed.

A vízhiány számos metabolikus folyamat változását vonja maga után, amelyek a vízhiány erősségétől függően következnek be. Enyhe vízhiány hatására a sejt-expanzió mérséklődik, a fehérjeszintézis csökkenésével és a sztómaellenállás növekedésével párhuzamosan a szénasszimiláció csökken (Taiz és Zeiger, 1991). Erős szárazságstressz hatására a CO₂ fixálás mezofillumában lezajló biokémiai folyamatai is részlegesen vagy teljesen gátlódhatnak (Flexas et al., 2008).

A vízhiány a növények különböző fiziológiai folyamatainak befolyásolásával határozza meg a termésmennyiséget. A vízhiány termésre gyakorolt kedvezőtlen hatásainak nagysága szoros összefüggésben van azzal, hogy a vízstressz melyik

fejlődési állapotban éri a növényt, mennyi ideig tart és milyen erősségű (*Salter és Goode, 1967*).

Számos szántóföldi és üvegházi kísérlet kimutatta, hogy a zöldbab érzékenyebb a szárazság-stresszre, mint a többi hüvelyes növény (*Haterlein, 1983; Gallegos és Shibata, 1989; Cruz de Carvalho et al., 1998; Miyashita et al., 2005*). A rövid ideig tartó vízhiány a bab termésmennyiségére és -minőségére is negatívan hat (*Ramirez-Vallejo és Kelly, 1998*).

A zöldbab virágzása alatt bekövetkező szárazság csökkenti a növényenkénti hüvelyszámot és a hüvelyenkénti magszámot (*Boutraa és Sanders, 2001*). A virágzás utáni vízhiány akadályozza a magvak fejlődését, valamint hüvelyérés idején a magvak zsugorodását okozza (*Nemeskéri, 1994; Isik et al., 2005*). Optimális vízellátottság mellett egy-egy nap folyamán a termés tömegének egytizede képződhet, vízhiány esetén ilyen termés kiesés következhet be (*Varga, 1996*).

Mwanamwenge et al. (1999) különböző lóbabfajtáknál vizsgálta a vízhiány hatását a különböző fejlődési szakaszokban. Eredményeik alapján megállapították, hogy a lóbab hüvelykötés idején a legérzékenyebb a vízhiányra, minden vizsgált fajtánál 50%-os hüvelyszám- és termés csökkenést okozott. A víz-stressz hatása virágzás idején genotípusfüggő volt.

Helyes et al. (2006) 12 éves öntözési kutatásuk eredményei alapján megállapították, hogy a zöldbab esetében a szárazság mértéke és a vízellátottság által befolyásolt SDD érték (a lombfelszín és a levegő hőmérsékletek pozitív különbségeinek értékei) 1°C-os emelkedése 90-130 kg ha⁻¹ termés csökkenést okozhat.

A kedvezőtlen vízellátás, akár a rövid ideig tartó száraz körülmények gyorsan és jelentős mértékben csökkentik a zöldbab termésmennyiségét és rontják a termés minőségét. A vízhiánytól függően a termés hiányosan kötődik, görbült, deformálódott hüvelyek fejlődnek. Öntözés nélkül, vízhiány esetén a hüvelyek szárazanyagtartalma már az érés kezdetén meghaladja a 10%-ot. Megfelelő vízellátottság mellett később kezdődik a termés rostosodása, szálkásodása, a hüvelyek zsengesége hosszabb ideig megmarad, a nagyobb hüvelyekben a magvak lassabban nőnek, így a betakarítás 3-4 nappal kitolható (*Obrecánné és Varga, 1985*).

Nemeskéri et al. (2010) a szárazság hatását vizsgálták sárga- és zöldhüvelyű zöldbabfajták levelének klorofill-, karotin- és antioxidáns-tartalmára. Megállapításaik szerint a sárga hüvelyű fajták érzékenyebbek a szárazságra, mint a zöldhüvelyűek.

A csemegekukorica sekélyen gyökerező növény, így ha kezdeti fejlődéskor sok vizet kap gyökérzete nem hatol le mélyre és nem tudja a talaj mélyebb rétegeiben lévő vízkészletet hasznosítani (Pereczes, 1999). Keléstől virágzásig alacsonyabb a vízigénye, de az átmeneti vízhiány ebben az időszakban is jelentős károkat okozhat, mivel a csőkezdemények differenciálódása 6-8 leveles állapotban kezdődik. A vízhiány ebben a fenofázisban a szemsorok számának csökkenését, a csövek rövidülését eredményezi, valamint lassul a növények fejlődése, ami következtében az érés elhúzódhat (Nigicser, 2001).

A csemegekukorica termesztés legkritikusabb szakasza a címerhányás előtti 2-3 héttől a szemek teljes kifejlődéséig tart. Ha ebben az időszakban nem áll rendelkezésre megfelelő mennyiségű víz a növény számára, akkor a csövek csúcsa steril marad Herzegh (1978).

Oktem (2008 a) csemegekukoricával végzett kísérletei észak-törökországban azt bizonyították, hogy a növényállomány magasságából következtetni lehet a vegetációs időszakban fellépő vízhiány mértékére, valamint megállapította, hogy a virágzás során bekövetkező vízhiány elnyújthatja a virágzást.

A magas hőmérséklettel szemben a fiatal növények ellenállóbbnak bizonyulnak, ugyanakkor, ha címerhányás és bibeszál-eresztés idején három egymást követő forró nap ($t_{\max} > 38\text{ }^{\circ}\text{C}$) következik, akkor kb. 70%-os termésvesztéssel számolhatunk Nagy (2007) vizsgálatai szerint. A hajtást érő időjárási károk közül ugyancsak fontos a jégeső. A jégkár nagymértékben függ a jégesősűrűségétől és a szél erejétől, valamint a növények fenofázisától. A gyenge széllel kísért jégeső, csak a leveleket szabdalja és nem olyan káros a termésre, mint korábban hitték. Az erős széllel kísért jégeső viszont a címerhányás idején 100%-os kárt is eredményezhet

2.5. A növény fejlődésének jellemzésére használható paraméterek

A spektrális reflexiós indexek hasznos eszközök a növények több fiziológiai jellemzőjének (pl. levélterület index, zöld biomassa, elnyelt sugárzás, klorofill tartalom, fotoszintetikus aktivitás és vízellátottság) értékeléséhez.

A fénynek kitett levélterület nagyságának kulcsszerepe van a különböző élettani folyamatokban, mint például a növényi légzésben és a CO_2 gázcserében. A produkciót

determináló növényi alkotóelemek összességét leggyakrabban a könnyen és viszonylag pontosan mérhető levélterület nagyságával szokás meghatározni.

Watson (1947 a,b) vezette be a növényállományra alakított fogalmat, a levélterület indexet, és úgy definiálta, mint a növényállomány, növénytársulás egységni tenyészterületére (m^2) jutó levélterületet.

A LAI kifejezi az asszimiláló rendszer méretét és a fényadaptációt is.

$$LAI = T \cdot t^{-1}$$

Ahol:

- T - levélfelület nagysága (m^2)
- t - a növényállomány alatti tenyészterület nagysága (m^2).

A kukorica termése és a levélterülete között szoros kapcsolat van (*Menyhért et al.*, 1980). A levélterület határozza meg a növényállomány sugárzáselnyelését és ezen keresztül annak hasznosulását (fotoszintézis) is.

Gallegos és Shibata (1989) különböző fejlődési szakaszokban (vegetatív és reproductív szakasz, ill. mindkettő) vízhiánnyal stresszelt szárazbabok növekedését és fejlődését vizsgálták Mexikóban. A LAI, biomassa- és terméskomponensek értékelése után megállapították, hogy a LAI maximum értékei a virágzási időszak közepén voltak (jó vízellátottság mellett $4-4,5 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$). Erős pozitív korrelációt állapítottak meg a LAI értékek és a szemtermés mennyiségének alakulása között. A csökkenő LAI értékek termés-csökkenést okoztak, mivel a vízhiány következtében korlátozott volt a növények növekedése és felgyorsultak az öregedési folyamatok. A legnagyobb termés kiesést a virágzás kezdetén lévő vízhiány okozta, ami a növényenkénti hüvelyszám csökkenésében nyilvánult meg.

Medeiros et al. (2001) a zöldbab növekedését és fejlődését a növény magasság, a levélterület (LAI), a felszínborítottság és a felszín alatti biomassa mérésével követték nyomon. Maximum 50%-os vízhiány mellett a zöldbab vetés után 59 nappal érte el az általuk mért legmagasabb $3,2-3,9 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$ LAI értékeket.

A kukorica LAI értéke általában 2-6 között van (*Tollenaar*, 1986). Egyes tanulmányok arra utalnak, hogy a növekedési időszak alatti vízhiány csökkenti a levélterületet (*Acevedo et al.*, 1971; *Jamieson et al.*, 1995; *Stone et al.*, 2001). *Muchow et al.* (1986) megállapította, hogy a levélnövekedés csökkenése és a biomassa között szoros összefüggés van. Az öntözés zöldfelület (LAI) nagyságát módosító hatását *Anda*

(2008) a Keszthelyen végzett kukoricaállományon belüli mikroklíma vizsgálatai alapján igazolta.

A vegetatív fejlődési szakaszban a vízhiány, a N-ellátottság és a hibrid is szignifikánsan befolyásolja a kukorica levélterület (LAI) értékeit. Vízhiányos kezelésekben a levélterület 8 leveles állapotban 15%-al, reproduktív szakaszban 3-4%-al csökken a jó vízellátottságban részesülő növények levélterületéhez képest (*Mansouri-Far et al.*, 2010). Eredményeik alapján a kukorica a vegetatív szakaszban bekövetkező egyszeri vízhiányt szemtelítődés kezdetére kiheveri. *Bogoslavsky és Neumann* (1998) kísérletei alapján a kukorica levélnövekedés idején a legérzékenyebb a vízhiányra. *Pandey et al.* (2000) megállapításai szerint a vízhiány a vegetatív és a generatív szakaszban is csökkenti a kukorica LAI értékeit.

A levelek klorofill-tartalma információt ad a növény fiziológiai állapotáról, mivel a különböző természetes és antropogén stressztényezők hatással vannak a klorofill mennyiségre (*Carter*, 1994).

A SPAD-mérés alkalmas a növények nitrogénállapotának és a szükséges nitrogénműtrágya dózisok meghatározására, mivel a SPAD-érték szoros összefüggésben áll a levelek klorofill-tartalmával és nitrogéntartalmával. A SPAD-index, a levelek nitrogén- és klorofill-tartalma, valamint a termés közötti kapcsolatokat, összefüggéseket az évjárat és a genotípus nagymértékben befolyásolja (*Lemaire et al.*, 2008). *Bauerle et al.* (2004) vizsgálatai alapján a SPAD-értékek a levél fény-abszorbanciájának és transzmissziójának gyors becslésére szolgálnak és információt adnak a növények válaszáiról a különböző stresszhelyzetekben. *Ványiné et al.* (2012) a kukorica három fejlődési szakaszában (6 és 12 leveles, valamint generatív szakasz) vizsgálták a klorofill-tartalom és a termésmennyiség kapcsolatát öntözött és nem öntözött körülmények között. Megállapításaik szerint száraz évjáratban generatív szakaszban az öntözött, csapadékos évjáratban mindkét kezelésben szoros kapcsolat van a levelek klorofill-tartalma és a termés között.

Mansouri-Far et al. (2010) megállapításai szerint vízhiány hatására a kukoricalevelek klorofill-tartalma 8 leveles állapotban és szemtelítődés idején is csökken. A kukoricalevél zöldessége a vegetatív szakaszban 8-10%-al, a generatív szakaszban 18%-al csökkent a vízhiány következtében. Ezzel szemben *Teixeira és Pereira* (2007) arról

számolt be, hogy a burgonyánál a levelek klorofill-tartalma a szárazság hatására szignifikánsan nőtt.

A növényi növekedést értékelhetjük a lombkoronára jellemző reflexiós indexekhez kapcsolódó hozamtulajdonságokkal (*Wiegand et al.*, 1991; *Araus et al.*, 2001).

A vegetáció vizsgálatára használt legismertebb index az NDVI (*Araus et al.*, 2001). Ez a zöld biomassza, a levélterület, a fényelnyelés és a potenciális fotoszintetikus aktivitás indirekt becslésére szolgál (*Gamon et al.*, 1995; *Peñuelas et al.*, 1998, *Araus et al.*, 2001). A növénytermesztésben több alkalmazást dolgoztak ki a vegetációs index használatára. Segítségével meghatározható illetve elemezhető egy adott növényállomány műtrágya szükséglete, a kijuttatás hatása, vagy az öntözés pillanatnyi vízigénye. Az NDVI korrelál egy adott területen lévő növénytakaró fajlagos klorofill-tartalmával, alkalmas a terület növényborítottságának meghatározására, vagy a vegetációs stádium megállapítására (*Aparicio et al.*, 2000; *Elwadie et al.*, 2005; *Galvão et al.*, 2009; *Serrano et al.*, 2000; *Thenkabail et al.*, 2000).

Wiegand et al. (1991) az NDVI tenyészidőszak alatti rendszeres mérésével becsülték a kukorica várható terméshozamát. *Gutiérrez-Rodríguez et al.* (2006) pozitív kapcsolatot találtak ($r^2=0,61$) a különböző nitrogén- és foszforellátottság mellett termesztett zöldbab betakarított termése és NDVI értékei között.

A LAI, az NDVI és a SPAD mérés eredménye nagymértékben függ a genetikai adottságoktól, amit a környezeti és technológiai feltételek, valamint a különböző stresszhatások módosíthatnak (*Lemaire et al.*, 2008; *Mänd et al.*, 2010).

Köksal és munkatársai (2008) szántóföldi öntözéses kísérletben vizsgálták a bokorbab termésének és vízhasznosításának alakulását a levélterület (LAI) és a spektrális indexek (NDVI, SAVI) felhasználásával. Az öntözővíz mennyiségét a párolgási veszteség alapján határozták meg. Vizsgálataik alapján lineáris kapcsolat volt a termés és a WUE valamint a termés és a tenyészidőszakban mért NDVI értékek között 0,5 és 0,01 szignifikancia szinten. A növények a legmagasabb WUE értéket 40%-os vízhiánynál érték el, az ennél alacsonyabb értékek oka a magas ET_c vagy a kevesebb termés volt.

Gutiérrez-Rodríguez et al. (2005) Közép-Mexikóban vizsgálta a zöldbab és a tűzbab növekedési, fotoszintetikus és termés reakcióit alacsony és magas sótartalmú talajokra.

Eredményei alapján megállapította, hogy a vegetációs indexek mindkét esetben kapcsolatban vannak a magterméssel, a biomasszával és a levélterület indexszel.

Monteiro et al. (2012) kutatásukban a vegetációs indexeket használták a zöldbab szemtermésének, növénymagasságának és levélterületének meghatározására. A bab hat növekedési fázisában és különböző vízellátottsági szinteken mérték az NDVI értékeket. A fiziológiai és a spektrális tulajdonságok között a fejlődés korai szakaszában (növénymagasság-NDVI $R^2=0,81$) és 50%-os virágzás idején (LAI-NDVI $R^2=0,78$, termés-NDVI $R^2=0,84$) volt a legerősebb korreláció.

Ninou et al. (2013) öt öntözési szint (az evapotranszpiráció 0, 25, 50, 75 és 100%-a) hatását vizsgálták virágzás után egy korai és egy később virágzó bokorbabfajta (Borlotto, Green crop) levél élettani és gázcsere tulajdonságaira, a magtermésre és fehérjetartalmára. Megállapították, hogy 75 és 100%-os öntözésnél nagyobb magtermés volt a sűrűbb növényállomány (nagyobb LAI), a zöldebb (nagyobb SPAD) és fotoszintetikusán aktívabb levelek következtében, mint a kisebb öntözési szinteknél. A SPAD érték jelentősen pozitív összefüggést mutatott sok tulajdonsággal (LAI, transzspirációs ráta, sztóma konduktivitás, pillanatnyi vízhasznosítás hatékonysága, nettó asszimilációs ráta, magtermés, 100 magsúly), és negatív volt a hőmérséklettel ($r=-0,945$, $P<0.05$).

Romano et al. (2011) a spektrális tulajdonságok, a klorofill-tartalom és a növényi vízstressz-index (CWSI) alapján vizsgálták a kukorica alkalmazkodóképességét a vízstresszhez. A stresszelt és jó vízellátottságú kukorica víztátságának megállapításához különböző fejlődési szakaszokban mérték az NDVI és SPAD értékeket. Szemtelítődés idején az NDVI értékek alacsony és jó vízellátottságban is alacsonyabbak voltak, mint hímvirágzás alatt. Gyengébb vízellátottságban a SPAD értékek erőteljesebben csökkentek a fejlődés folyamán, mint optimális vízellátottság mellett.

A LAI és a spektrális indexek közötti összefüggések determinációs együtthatója (R^2) 0,05 és 0,66 között változik. A vegetációs indexek érzékenyek a klorofill-tartalom változásra és magas LAI értékeknél befolyásolja a felszínborítottság (*Haboudane et al.*, 2004).

2.6. A vízellátottság hatása a növények fejlődésére és terméseredményeire

A növények növekedését, fejlődését és termését nagymértékben befolyásolja a növény és fizikai környezete közötti kölcsönhatás. Sok növény esetében a gátolt növekedés és a termés csökkenés legjelentősebb oka a növények számára felvehető vízmennyiség változékonysága (Boyer, 1982).

A növények növekedésének időtartamát nagymértékben befolyásolja a fejlődés alatt bekövetkező vízstressz. A növekedési időszak rövidül, ha a felvehető vízmennyiség kevesebb és elnyúlik a nedvesebb időszakokban. A hatás mértéke a felvehető vízmennyiségtől függ, növényenként és fajtanként eltérő lehet (Muchow, 1985).

A zöldbab C_3 -as növényként a légköri CO_2 -ot három szénatomos formában, míg a csemegekukorica C_4 -es növényként négy szénatomos formában köti meg. A C_4 -es növények fotoszintézise nagyobb fényintenzitás esetén hatékonyabb, egységnyi levélfelületen több CO_2 -ot kötnek meg alacsonyabb vízellátottság mellett is. A fotoszintézis optimális hőmérséklete a C_4 -es növényeknél magasabb, vízigényük mégis fele a C_3 -as növényekének (Pethő, 1996). A vízhiányos állapothoz a C_4 -es növények ozmotikus alkalmazkodása jobb, de a C_3 -as növények sejtfala vízstresszben rugalmasabb marad (Baker et al., 1993).

Battistelli et al. (1994) vizsgálatai alapján a hosszabb vízhiányos időszakot követő öntözés hatására az asszimilációs aktivitás még rövid ideig a vízstressz állapotára jellemző értékeket mutatta, miközben a levelek víztartalma már megfelelő volt. Megállapításaik szerint a növények életfolyamatai egy hosszabb vízstressz megszűnése után csak lassan állnak vissza a normális szintre, ezért az öntözést célszerű a vízhiányos állapot kialakulása előtt elkezdeni.

Több évtizedes kísérleti eredmények igazolják, hogy a vízellátottság, valamint a talaj vízszolgáltató képessége jelentős mértékben befolyásolja a terméshozamot (Szász, 1968; Ruzsányi, 1989; Antal és Jolánkai, 2005).

Helyes és Varga (1992) eltérő vízellátottság mellett vizsgálták a zöldbab lombhőmérsékletének és a léghőmérséklet kaocsolatát. Eredményeik alapján megállapították, hogy a zöldbab vízellátottsága DV 50% felett optimális, DV 25-50% között a növények vízigényének kielégítését legfőképpen a környezeti körülmények határozzák meg, DV 25% alatt a talaj nedvességtartalma nem elég a zöldbab vízigényének kielégítéséhez.

Az öntözés termésmnövelő hatását számos kísérletben igazolták. Hatékonysága nagymértékben függ a kultúrnövény vízigényétől, ugyanis a nagyobb vízigényű kultúrnövények öntözési reakciója kedvezőbb, mint a kisebb vízigényűeké (*Megyes et al.*, 2005; *Huzsvai és Ványiné*, 2009; *Nagy*, 2007, 2010).

Varga és Obrecánné (1987) eltérő vízellátottsági viszonyok és vetésidő hatását vizsgálták a zöldbab növekedésére, fejlődésére és hüvelyképzési sajátosságaira. Megállapították, hogy tavaszi vetés esetén, kevesebb öntözővíz-mennyiség kijuttatása mellett nagyobb lombozat és nagyobb hüvelytermés fejlődik, mint nyári vetéskor. A kedvezőbb vízellátottsági és hőmérsékleti viszonyok hatására képződött levéltömeg sokkal produktívabb.

Cselőtei és Varga (1992) az öntözés hatását vizsgálták két zöldbab fajta terméskomponenseire. Megállapították, hogy az öntözésnek leginkább a termés darabszámára (kötődés), a terméskezdemények hullásának elmaradására volt hatása. A két fajta hüvelyméretének eltérése mérsékeltebb volt.

A csemegekukorica az öntözést meghálálja, öntözés hatására nő a terméshozam. Öntözéssel, az évjáratától, a tenyészidőszakban felhasznált öntözővíz mennyiségétől és az öntözővíz kijuttatásának idejétől függően, jelentős termésmnövekedés: 3,4 t ha⁻¹ (31%) (*Vittum et al.*, 1961), illetve 2,9 t ha⁻¹ (29,9%) (*Andrew és Weis*, 1974) érhető el.

Sárvári (2000) takarmánykukoricában végzett kísérletei alapján megállapította, hogy nem öntözött körülmények között, aszályos évjáratokban a betakarított termés mennyisége akár 40-50%-al is csökkenhet egy normál évjárat terméseredményeihez képest.

Számos tanulmány kimutatta, hogy takarmány- és csemegekukoricánál a termés mennyisége csökken az öntözővíz mennyiségének csökkenésével (*Eck*, 1985; *Pandey et al.*, 2000; *Viswanatha et al.*, 2002).

A kukorica, így a csemegekukorica tenyészidőszaka is az év szárazabb, csapadékszegényebb részét fogja át. Ebben az időszakban a potenciális párolgás okozta veszteségnél kevesebb csapadék hull, erőteljes vízhiány alakul ki. A kukorica terméshozama csökken, ha a vízvesztesség 45%-nál nagyobb (*Varga-Haszonits*, 2005).

Pandey et al. (2000) arról számoltak be, hogy a vízhiányos öntözés hatására kialakult 22,6-26,4%-os termésesökkenés összefüggésben van a szemek számának és súlyának csökkenésével. *Stone et al.* (2001) megállapították, hogy a vízhiány gátolja a kukorica növekedését, a lombozat fejlődését és a morfológiai jellemzők kialakulását. A vízhiány

szignifikánsan csökkenti a szárazanyag beépülést. Vízhiányos körülmények között 37%-al csökken a szemtermés a 18%-os szemsúly és 10%-os szemszám csökkenés miatt (*Karam et al.*, 2003).

Az öntözési technikák alkalmazásánál és az öntözőrendszer kiépítésénél alapvető cél, hogy a kijuttatott öntözővíz mennyisége minél jobban hasznosuljon. Napjainkban egyre elterjedtebb a vízhiányos (deficites) öntözés. Ebben az öntözési módban a növény vízigénye alapján juttatják ki az öntözővizet, így szabályozzák a növények növekedését, a termés mennyiségét és minőségét. A deficites öntözés növeli a vízfelhasználás hatékonyságát, technológiájában tudatosan kevesebb vizet juttatnak ki a növénynek, mint ami az optimális párologtatást biztosítaná, így jelentősen csökken az öntözési költség (*Ombódi A. - Helyes L.*, 2011).

A deficites öntözés egy olyan optimalizálási stratégia, amellyel a növények szárazság-érzékeny fejlődési szakaszaiban öntöznek. Ezeken a fejlődési szakaszokon kívül az öntözés korlátozott vagy szükségtelen, ha a csapadék biztosítja a minimális vízellátottságot. A szárazságtűrő fenofázisokban, például a vegetatív szakaszban vagy az érés végén, korlátozott az öntözővíz-kijuttatás. A szárazság-stressz és a következtében kialakult termésveszteség elkerülhetetlen, így a deficites öntözéssel próbálják maximalizálni a víz produktivitását, amely a legfőbb növekedést korlátozó tényező a növények életében (*English*, 1990).

Geerts és Raes (2009) szerint a vízhiányos öntözés feltétele, hogy pontosan ismerjük a növények szárazság-stresszre adott válaszát, mivel a szárazság-tolerancia genotípusonként és fejlődési szakaszonként is jelentősen változik.

Fereres és Soriano (2007) megállapításai alapján fontos, hogy szántóföldi növények esetében is meghatározzuk a leghatékosabb deficites öntözési stratégiát. A deficites öntözés során felhasznált öntözővíz-mennyiség még ma is elég magas, a tényleges evapotranszpiráció 60-100%-a. Számos gyümölcsösben és szőlőben (*Dry et al.*, 2001; *Cifre et al.*, 2005; *Zsófi*, 2009), valamint zöldségnövények esetében (*Viswanatha et al.*, 2002; *Sezen et al.*, 2005, 2008; *Oktem*, 2008 b; *Ertek és Kara*, 2013) végzett kísérlet igazolta, hogy a deficites öntözés sikeres használata nemcsak az öntözővíz-vízhasznosítás hatékonyságát, hanem a termelők profitját is növeli.

A tenyészedő vízfelhasználás menetének ismerete a rövid tenéyszidejű fajok esetében különösen fontos, főként a termés kialakulása és az öntözés időzítése szempontjából (Varga, 1996).

A vízhasznosítási együtthatóval fejezzük ki egy növényállomány összes vízfelhasználásának (a növény által elpárologtatott és a talajról elpárologtatott víz) és termésének arányát. A növény vízfogyasztása a tenéyszidőszak folyamán jelentősen változik. A vízfogyasztási együttható értéke függ a növény élettevékenységétől, valamint a környezeti viszonyoktól is (Cselőtei et al., 1993).

A termés és WUE optimalizálása öntözött körülmények között úgy valósítható meg, ha az öntözés időzítésekor figyelembe vesszük, hogy az elkerülhetetlen vízhiányos időszakok egybeessenek a legkevésbé érzékeny növekedési szakaszokkal (Arora és Gajri, 1998).

Nemeskéri (1990) tájfajták és nemesített zöldbabfajták keresztezéséből előállított zöldbab vonalak és fajták vízfelhasználását és víz-stressz tűrő képességét vizsgálta. Eredményei alapján megállapította, hogy a víz-stressz alatt lévő növények a különböző fejlődési szakaszokban vízfogyasztásukban különböztek és termésképzésük is eltérően alakult.

Korai és középérésű szója és zöldbabfajták vízhasznosításának összehasonlítása azt mutatta, hogy víz-stressz alatt a szóják vízfelhasználása 46%-al, míg a baboké csak 18-21%-al csökkent, ami a fejlődési szakaszokkal és a gyökér fejlődésével függött össze. A bab gyökértömege meghatározza a termést és a növény vízforgalmát, de nem feltétlenül hat a hüvelyképződésre (Nemeskéri, 2001).

Webber et al. (2006) Közép-Ázsiában zöldbab és mungóbab vízhasznosítását vizsgálták barázdás és vízhiányos öntözés mellett 2003-2004 tenéyszidőszakában. Megállapításaik alapján a mungóbab jobban alkalmazkodik a vízhiányos körülményekhez, mint a zöldbab. A zöldbab megfelelő termésképzéséhez és vízhasznosításához a 45%-os vízhiányos kezelés volt a legmegfelelőbb, a mungóbab esetében ez a vízmennyiség már túlöntözést jelent és terméskiesést okoz. A gyökérre vonatkoztatott WUE értékek alapján kimutatták, hogy a babnál a talaj nedvességtartalmának csökkenésével a gyökértömeg akár duplájára is nőhet.

Sezen et al. (2005, 2008) eredményei alapján minden öntözési szakaszban szignifikáns lineáris kapcsolat van a zöldbab termése és teljes vízfelhasználása között. Öntözési rendszere 4 öntözési szakaszból állt, amit az összesített párolgásadatok alapján

alakítottak ki. Az öntözési szintek (15, 30, 45 és 60 mm-es vízhiány) és az öntözés gyakorisága (2-12 nap) eltérő hatással volt a minőségi paraméterekre, úgymint a friss bab hüvely hosszára, szélességére, a hüvelyenkénti magszámra és 100 friss babhüvely súlyára. A kisebb öntözési gyakoriságnál és a deficit öntözésnél a virágzás és termésképzés előfordulását és a zöldbab érését korábbi időpontban figyelték meg, mint a nagyobb gyakoriságú öntözéseknél és a stressz mentes kezelésekben. Megállapításuk szerint a vízhasznosítás (WUE) és öntözővíz-hasznosítás (IWUE) értékeket szignifikánsan befolyásolták az öntözési szakaszok és az evapotranszspirációs koefficiensek.

Viswanatha et al. (2002) a párolgásmérő kád evapotranszspirációs értékei alapján hetente csepegtető öntözéssel juttatták ki az elpárolgott víz 20, 40 és 60%-át dupla és szimpla sorban vetett csemegekukorica parcellákban. Eredményeik alapján a 60%-os vízhiány 30%-os termésnövekedést okozott és a rendelkezésre álló öntözővíz mennyiség növekedésével a normál soros parcellákban erőteljesebben, a dupla soros parcellákban mérsékeltebben csökkent a csemegekukorica növények vízhasznosítása.

Oktem (2008 b) csemegekukoricánál vizsgálta a vízellátottság és a termés mennyiség és minőség kapcsolatát csepegtető öntözési kísérletben. Az öntözési kezeléseket teljes vízádagos, valamint 10, 20 és 30%-os vízhiányra állította be az A-típusú kád párolgása alapján. Megállapította, hogy a termés a vízhiány emelkedésével szignifikánsan csökken, valamint a legnagyobb LAI érték teljes adagú öntözésnél, a legkisebb pedig 30%-os vízhiánynál volt. A növények víz- és öntözővíz-hasznosítása 30%-os vízhiányban volt a legalacsonyabb. Ezzel szemben *Karam et al.* (2003) azt figyelték meg, hogy stresszelt növények vízhasznosítása jobb, mint a jó vízellátottságban részesülőké. A vízhasznosítás hatékonyságának növekedése a vízhiány okozta levélfelület-csökkenés miatt kialakuló növényi párolgás csökkenésével magyarázható, ami csökkentheti a talaj párolgását is.

Garcia et al. (2009) az időjárás és a talaj nedvességtartalmának hatásait vizsgálták a csemegekukorica termésére és vízhasznosítására. Megállapításaik szerint a jobb vízellátottságban részesülő növényeknek magasabb a terméshozama, viszont a vízhasznosításuk gyengébb, mint a természetes csapadékelátottságban részesülő növényeké. Eredményeik szerint 1 mm vízmennyiség átlagosan 50 kg-mal növeli a friss szemek mennyiségét hektáronként. A különböző növekedési és fejlődési szakaszok

talajnedvesség-hiányának ismeretével meghatározhatjuk a termés csökkenést okozó legkritikusabb szakaszokat.

Mansouri-Far et al. (2010) eredményei alapján a kukorica vegetatív szakaszban egyszeri vízhiányt tud elviselni az IWUE változása nélkül. A fejlődés során többször előforduló vízhiányos állapot IWUE csökkenést okoz. A tenyészidőszakban kijuttatott öntözővíz mennyisége és a betakarított termésmennyiség között pozitív lineáris kapcsolatot találtak.

A 2011-2012-es tenyészidőszakban *Ertek és Kara (2013)* vizsgálták a különböző vízellátottság (teljes adagú öntözés, 15, 30, 45 és 60%-os vízhiány) hatását a csemegekukorica termésére, beltartalmi értékeire és vízhasznosítására. Megfigyeléseik alapján a vízellátottság csökkenése jelentős termés csökkenést okozott, a vízhiány növekedésével fokozódott a növények víz- és öntözővíz-hasznosítása. A legalacsonyabb vízfogyasztást (ET) 60%-os vízhiányban, a legmagasabbat teljes adagú öntözésnél mérték. Eredményeik szerint a 30% vízhiányos kezelés volt a legvíztakarékosabb, ebben a kezelésben a termés nem csökkent szignifikánsan a jobb vízellátottságú kezelésekhez képest és itt volt a legmagasabb protein és cukortartalom.

Koksal et al. (2013) két kukorica hibrid víz-stressz reakcióit vizsgálták teljes öntözés, 25%-os, 50%-os, 75%-os vízhiány, valamint öntözés nélküli kezelésben. Eredményeik alapján a különböző öntözési szinteknek szignifikáns hatása volt a címerhánycsúcs-nyírágás hosszára, a növény magasságra, a csőhosszra és csőátmérőre, a szemszámra és az ezermagtömegre, valamint a várható csőszámra. A vízhiány mindkét hibridnél növelte a cukortartalmat, de csökkentette a fehérjetartalmat. A hibridek WUE és IWUE értékei 50%-os és 75%-os vízhiányban voltak a legmagasabbak. A hibridek átlagtermésében a 25%-os vízhiány 12,5%-os, az 50%-os vízhiány 17%-os, a 75%-os vízhiány 39,5%-os, az öntözés nélküli termesztés pedig 71%-os csökkenést okozott.

3. ANYAG ÉS MÓDSZER

3.1. A kísérleti évek időjárásának értékelése

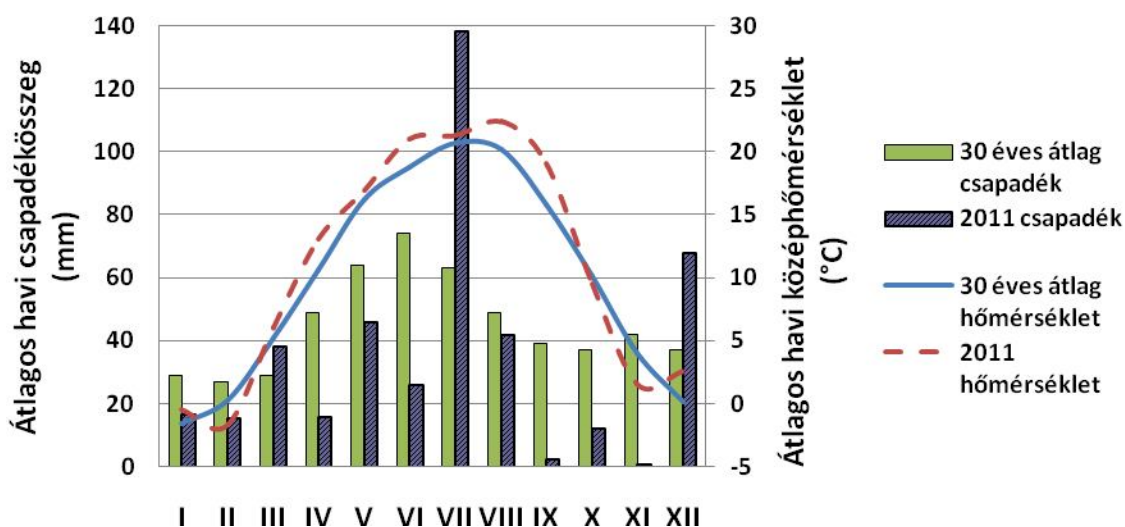
A 2011-es év hónapjai az átlagnál melegebbek voltak, kivételt a fagyos február és a télies november jelentett. A vegetációs időszak kezdetén az ország egész területén melegebb volt az átlagnál, májusban azonban egy hűvösebb periódus miatt a sokéves átlaghoz igazodtak az értékek. Júniusban és júliusban a havi átlaghőmérsékletek 21,02 és 21,3 °C-ig emelkedtek, augusztusban pedig már a 22 °C-ot is meghaladta (22,39 °C), ami 2,19 °C-al magasabb a sokéves átlagnál.

A magas hőmérséklet értékekhez csekély mennyiségű csapadék párosult. A 2010-es rekordcsapadékos év után 2011 szélsőségesen száraz volt. Az év szinte minden hónapja csapadékdeficitet mutat. A vegetációs időszakban egyedül júliusban esett nagyobb mennyiségű eső (138,4 mm), mely azonban felhőszakadások alkalmával érkezett és a sokéves átlag (63 mm) kétszerese volt. A csapadékhiány a vegetációs időszakra vetítve ezzel együtt is több mint 100 mm (3., 6., 7. ábra).

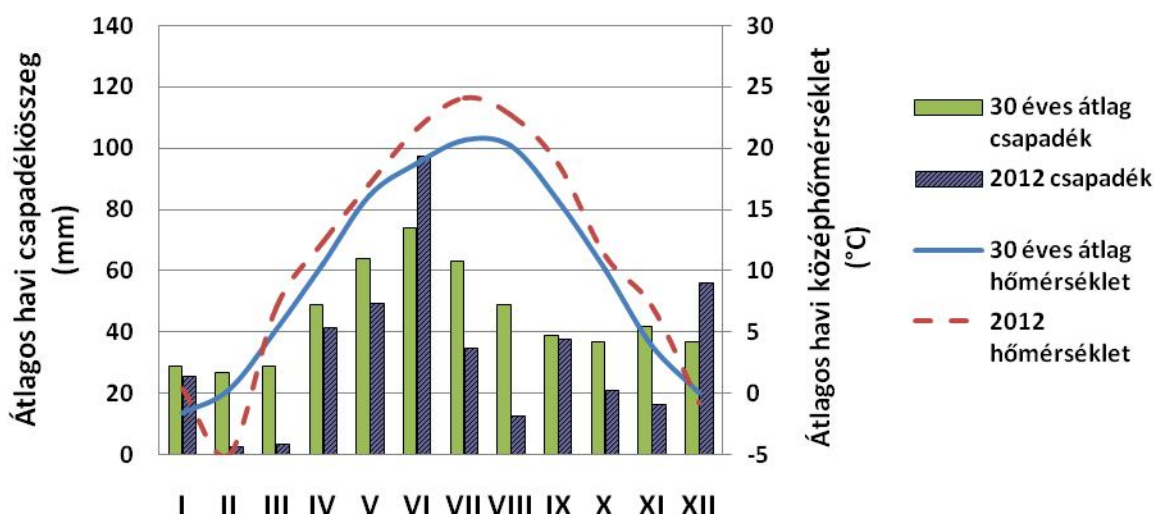
Az előző évhez hasonlóan a 2012-es év is aszályosnak bizonyult. A március és az augusztus száraz volt (márciusban 25, augusztusban 36 mm-rel esett kevesebb csapadék az átlagnál), amelyhez nyáron hosszan tartó kánikulák társultak. A tenyészidőszakban az átlaghőmérsékletek jóval a sokévi átlag felett alakultak. Június-augusztus hónapokban a középhőmérsékletek 2-3 °C-al voltak magasabbak az átlagnál.

A 2012-es év első kilenc hónapját súlyos aszályal jellemezhetjük. A kísérleti területen egyedül júniusban (97,8 mm) volt a sokéves átlagot (74 mm) meghaladó csapadék. A tenyészidőszak még ezzel együtt is 85 mm csapadékdeficittel zárult, amit tovább fokozott a szintén csapadékszegény tavaszi időszak (január és március között több mint 50 mm-rel esett kevesebb csapadék a 30 éves átlagnál) (4., 6., 7. ábra).

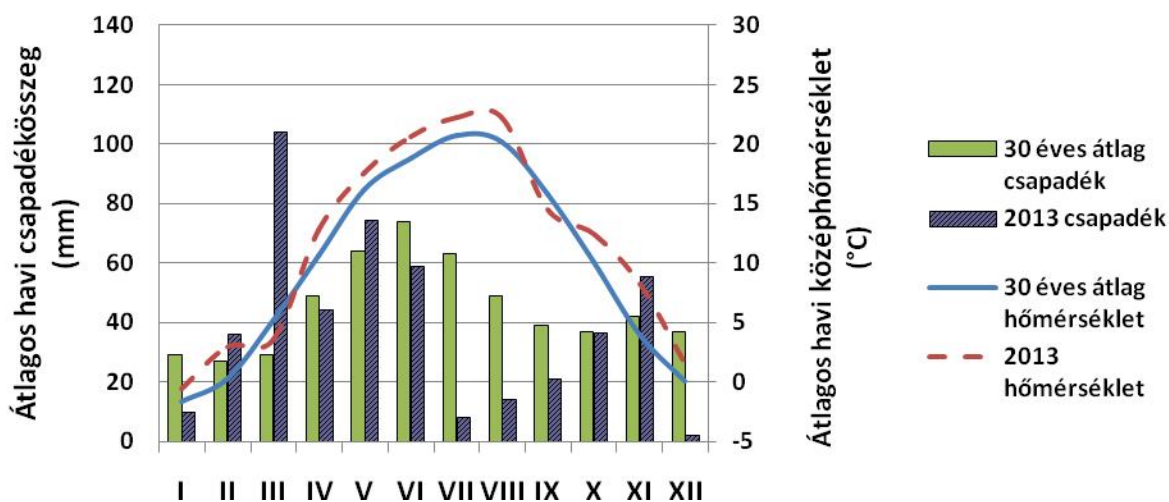
2013-ban a téli és tavaszi hónapok melegebbnek bizonyultak a megszokottnál. Kivételt a március jelentett, amely középhőmérséklete (3,6 °C) jóval az átlag (5,2 °C) alatt maradt. Csapadék szempontjából szintén kitűnik a március, hiszen a kísérleti területen ebben a hónapban a sokéves átlag (29 mm) több mint háromszorosa (104,4 mm) esett. A nyári időszak havi középhőmérséklete az előző évekhez hasonlóan 1-2 °C-al haladta meg a sokéves átlagot. A 2013-as év tenyészidőszakában egyedül májusban (74,4 mm) esett több csapadék a sokéves átlagnál (64 mm). Július volt a legszárazabb hónap, 54 mm-es csapadékhiánnyal zárult (5., 6., 7. ábra).



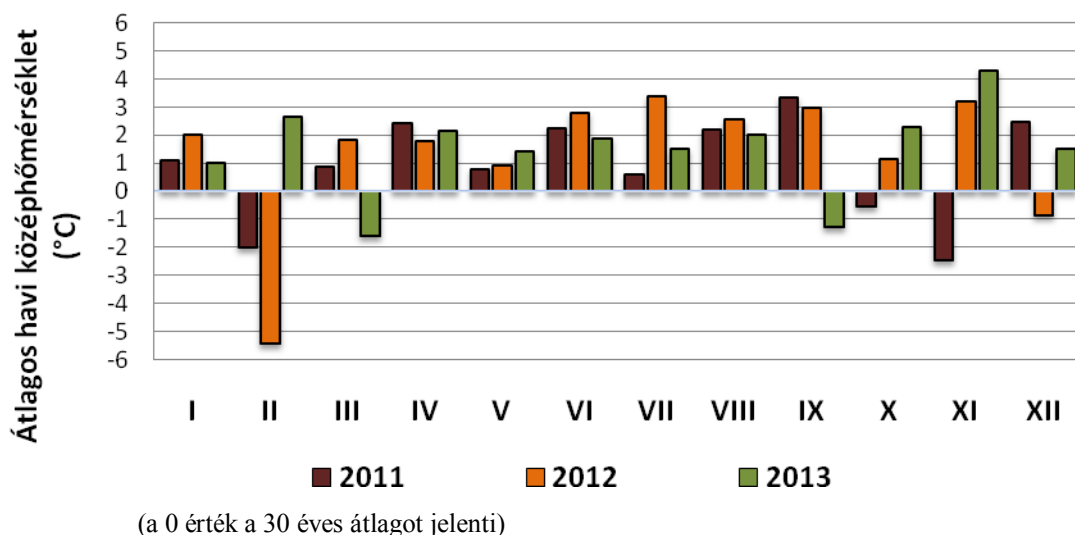
3. ábra: A 30 éves átlag és a 2011-es év átlagos havi középhőmérsékletének és csapadékösszegének összehasonlítása



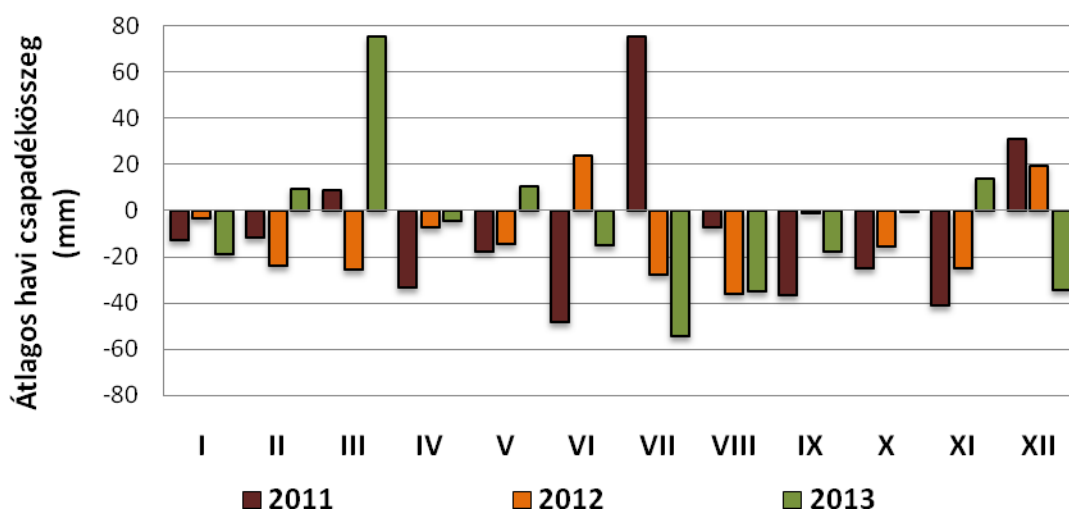
4. ábra: A 30 éves átlag és a 2012-es év átlagos havi középhőmérsékletének és csapadékösszegének összehasonlítása



5. ábra: A 30 éves átlag és a 2013-es év átlagos havi középhőmérsékletének és csapadékösszegének összehasonlítása



6. ábra: A hőmérséklet 30 éves átlagtól való eltérése a kísérleti években (2011-2013)



7. ábra: A csapadékösszeg 30 éves átlagtól való eltérése a kísérleti években (2011-2013)

3.2. A kísérleti terület talaja

A kísérleti terület talaja mészlepedékes csernozjom. Morzsalékos szerkezetű, a humuszanyagok felhalmozódása miatt könnyen művelhető. A csapadék a CaCO_3 -tartalmat a mélyebb rétegekbe mossza, így a felső talajrétegre jellemző a kilúgzás. A mészhiány miatt száraz periódusban cserepedésre hajlamos. Tápanyagtartalma közepes, tápanyagdinamizmusa jó. A talaj szervesanyagtartalma 2,75%, kötöttsége 45 AK, pH értéke 7, N-tartalma 0,12%, AL-oldható P_2O_5 100 mg kg^{-1} , K_2O tartalom 165 mg kg^{-1} . A talaj szabadföldi vízkapacitása 270-285 mm m^{-1} , holtvíz-tartalma 120-133 mm m^{-1} között volt.

3.3. A kísérlet módszere

A kísérletet 2011-ben állítottuk be a Debreceni Egyetem Kertészettudományi Intézetének bemutatókertjében. A kisparcellás kísérletet véletlen blokk elrendezésben alakítottuk ki, az egyes fajtákat és hibrideket három ismétlésben vetettük.

A zöldbabot Wintersteiger parcella-vetőgéppel, 100 kg ha^{-1} vetőmagdózissal vetettük. A vetések időpontjai: 2011.05.24., 2012.05.07. és 2013.05.06. A parcellaméret $4,5 \text{ m}^2$, a sortávolság 50 cm volt.

A csemegekukoricát $8,4 \text{ m}^2$ nagyságú parcellákba, 70 cm-es sortávval és $60 \text{ db parcella}^{-1}$ tőszámmal vetőpuskával vetettük 2011.05.19.-én, 2012.05.09.-én és 2013.05.07.-én.

A kísérlet célja a vízellátottság hatásának vizsgálata volt, ezért a kísérleti területre automata csepegtető öntözőrendszert telepítettünk. A különböző vízellátottságú kezelésekben a kijuttatott öntözővíz mennyiségét a vizsgálati területen lévő meteorológiai állomás napi adatai alapján határoztuk meg. Az állomás egy 8 megyére kiterjedő agrometeorológiai mérőhálózat része, amely léghőmérsékletet, globálisugárzást, szélsébséget- és irányt, csapadékot, levélnedvességet, talajhőmérsékletet és talajnedvességet (0-30, 30-60, 60-90 cm mélységben) mér 5 másodperces mintavételezéssel. A mért adatokat 10 percenként az adatfeldolgozó központba juttatja.



1. kép: A vizsgálati területen lévő meteorológiai állomás

A területi párolgást a beérkező adatok alapján a Shuttleworth-Wallace (1985) modell segítségével határoztuk meg. Az egyik kezelésben (optimális vízellátottság - Ö2) a visszajuttatott víz mennyisége a Shuttleworth-Wallace módszer alapján becsült evapotranszspirációs veszteségnek felelt meg, a másikon (50%-os vízhiány - Ö1) ennek felét juttattuk ki a területre. Az öntözés nélküli (kontroll - Ö0) parcellák pedig csak a természetes csapadékelátásban részesültek.

A Shuttleworth-Wallace (1985) módszer alapösszefüggései:

$$ET_0 = \frac{C_c \cdot ET_c + C_s \cdot ET_s}{\lambda}$$

C_c - lombzat súlyfaktor

ET_c - transzspiráció (mm nap⁻¹)

C_s - talaj súlyfaktor

ET_s - evaporáció (mm nap⁻¹)

λ - (MJ kg⁻¹)

1. táblázat: A vizsgálati időszakban kijuttatott öntözővíz mennyisége

1. táblázat: A vizsgált időszakban kijuttatott öntözővíz mennyisége				
Év	Zöldbab		Csemegekukorica	
	Kijuttatott öntözővíz mennyisége (mm)			
	Ö 1	Ö 2	Ö 1	Ö 2
2011	40	80	50	100
2012	43,5	87	62	124
2013	19,5	39	59	118

Ö1- 50%-os vízhiány, Ö2-optimális vízellátottság

A növényállomány vízmérlegének tér- és időbeli változását a FAO ajánlások (Allen *et al.*, 1998) alapján kidolgozott MetAgro öntözési alrendszerrel modelleztük.

A tenyészidőszakban a teljes vízfelvételt az egyes kezelésekben számított tényleges evapotranszspirációs értékekből határoztuk meg. A vízhasznosítás (WUE) és az öntözővíz-hasznosítás (IWUE, IWUE₂) hatékonyságát az egységnyi víz felhasználásával előállított termésmennyiséggel jellemeztük (Viets, 1962; Ványiné Széles, A. *et al.*, 2012, Ertek és Kara, 2013).

$$WUE = \frac{\text{termés (kg ha}^{-1}\text{)}}{ET \text{ (mm)}}$$

$$IWUE = \frac{\text{termés öntözött (kg ha}^{-1}\text{)}}{\text{kijuttatott öntözővíz (mm)}}$$

$$IWUE_2 = \frac{\text{termés öntözött (kg ha}^{-1}\text{)} - \text{termés természetes csap. ellátottság (kg ha}^{-1}\text{)}}{\text{kijuttatott öntözővíz (mm)}}$$

3.4. A kísérletben tesztelt fajták és hibridek

3.4.1. Zöldbabfajták (*Phaseolus vulgaris*) agronómiai tulajdonságai

A zöldbab esetében a három év fajtahasználata változatos képet mutat, mivel alkalmazkodni kellett a rendelkezésre álló fajtakinálathoz. A fajtakiválasztásnál mindig törekedtünk arra, hogy minden évben legyenek sárga és zöld hüvelyű, valamint rövidebb és hosszabb tenyészidejű fajták is. A vizsgált zöldbabok növekedési típusuk alapján bokorbabok, vékony (Serengeti, Cerdon) és vastag hüvelyűek (Pation, Carson, Maxidor) egyaránt előfordultak közöttük (2. táblázat).

2. táblázat: A kísérletben vizsgált zöldbabfajták

<i>Fajta</i>	<i>Tenyészidő</i>	<i>Szín</i>	<i>Származás</i>	<i>Vizsgálati idő</i>
Serengeti	korai	zöld	Syngenta	2011-2013
Pation	középkésői	zöld	Syngenta	2011-2012
Cerdon	középkorai	zöld	Syngenta	2013
Carson	korai	sárga	Syngenta	2011-2013
Maxidor	középérésű	sárga	kereskedelmi	2012-2013

Zöldhüvelyű fajták:

Serengeti

Középmagas (40-45 cm) növény. A Serengeti jó állóképességű, nagy lombozatot nevelő zöldbab fajta. Koncentráltan virágzik és főként a növény felső harmadában köti a hüvelyeket. Hosszú (12-15 cm), középzöld színű hüvelyei közepesen vékonyak (8/8 mm vastag/széles), hosszú körömben végződnek, kerek keresztmetszetűek.

Pation

Középmagas (35-45 cm) növényeken, a képződött hüvelyek színe középzöld. A telt, egyenes hüvelyek hossza 10-13 cm, kerek keresztmetszetűek 8/9 mm (vastag/széles). Könnyen betakarítható, felálló növényhabitusú fajta, konzervipari feldolgozásra alkalmas. A nyers zöldhüvely semleges bab ízű.

Cerdon

Középmagas-magas (40-50 cm), kislevelű, merev szárú bokor. A közép zöld színű, 10-12 cm hosszú hüvelyek relatíve vékonyak; keresztmetszetük kerek, 8/8 mm (vastag/széles). A Cerdon sárga babmozaik vírusra (BYMC) igen fogékony. A

betakarított hüvelyeken baktériumos fertőzés (*Pseudomonas phaseolicola*) nyomokban fordult elő.

A nyers zöldbab hüvelyek íze kellemes édeskés.

Összehasonlítva a sárgahüvelyű Carson fajtával, a Cerdon hasonlóan korai tenyészidejű, de hüvelyei finomabbak (vékonyabbak), gyorsabban öregednek, mint a Carsoné.

Sárgahüvelyű fajták:

Carson

Középmagas (38-42 cm), közép sárga hüvelyei szálkamentesek. A hüvelyek hossza 11-14 cm, kerek keresztmetszetű 8/9 mm (vastag/széles). Korai fajta, feldolgozásra és frisspiacra termesztik. Nagy termőképességű, könnyen betakarítható. A nyers zöldbabhüvely semleges bab ízű. Carson 2-3 nappal korábbi tenyészidejű, mint a Maxidor fajta.

Maxidor

A középérésű, szálkamentes vajbab. Középmagas (40-42 cm) növény. 10-14 cm-es szép sárga színű hüvelyek jellemzik. Hüvelye kerek, vastag húsú, sárga színű. Koncentrált hüvelyképzés, kiváló termőképesség jellemzi. Friss piacra és feldolgozóipar számára is alkalmas fajta. Biztonságosan és bőven terem, másodvetésre is alkalmas. Középérésű fajta, tenyészideje 50-55 nap.

A betakarított hüvelyeken nyomokban *Fusarium sp.* fertőzési tünetek fordultak elő.

3.4.2. Csemegekukorica (Zea mays L. convar. saccharata Koern.) hibridek agronómiai tulajdonságai

A kísérleti időszakban használt csemegekukorica hibridek nagy termőképességű, kiváló szemkihozatalú és betegségellenállóságú, elsősorban friss piaci célra termesztett szuperédes változatok voltak (3. táblázat).

3. táblázat: A kísérletben vizsgált csemegekukorica hibridek

<i>Hibrid</i>	<i>Tenyészidő</i>	<i>Szemszín</i>	<i>Származás</i>	<i>Vizsgálati idő</i>
GSS 1477	79 nap	aransárga	Syngenta	2011-2013
Overland (GSS 3287)	84 nap	közepes sárga	Syngenta	2011-2013
GSS 2259 (Shinerock)	87 nap	közepes sárga	Syngenta	2011-2013

GSS 1477

Középkorai nagy termőképességű hibrid kiemelkedő minőséggel. Előnyei: Hosszú, szép formájú csövek. Aranyárga szemszín. Rendkívül édes és zamatos szemek, kiváló szemkihozatal. 20-cm-nél hosszabb, 22-23 cm-t elérő csövein 16-18 sorban helyezkednek el a szemek. Növénymagasság: 244 cm. Stresszhatásokra érzékeny.

Overland (GSS 3287)

Középkésői, a Jubilee után 4 nappal érő szuperédes csemegekukorica. Az erős szárú, közép magas növényeken nagyon egyöntetű csövek fejlődnek. A 20 cm hosszú csöveken 18-20 sorban helyezkednek el a szép sárga, ízletes szemek. MDMV (kukorica csíkos mozaik vírus) ellenálló. Magas hozam. Jó betegségellenállóság. Átlag szemmélység: 13-14 mm. Az átlagosnál jobb stressztűrése miatt fűlszáraz termesztési körülmények között is jó-közepes termésre képes.

GSS 2259 (Shinerock)

a legkésőbbi (a Jubilee után 5-6 nappal érik), magas növésű (270 cm), magasan hozza a csöveit is. Magassága ellenére az egyik legstabilabb szárú csemegekukorica fajta. Számos betegséggel, köztük az MDMV (kukorica csíkos mozaik vírus)-vel szemben is rezisztens. A közepes méretű, nagyon egyöntetű csövek magasan fejlődnek, de ez nem zavarja a betakarítását. Termése jó minőségű, a 18-20 szemsoros csöveken szép sárga színű, magas cukortartalmú szemeket fejleszt.

3.5. Mérések, vizsgálatok

A növények növekedését és fejlődését jellemző paramétereket különböző fejlődési stádiumokban parcellánként kijelölt 10 növényegyeden, valamint a parcellákban lévő teljes növényállományon mértük. A termőképességet jellemző paramétereket a betakarítás során, a termés minőségét pedig az Agrárműszer Központ akkreditált laboratóriumában határoztuk meg.

A méréseket a zöldbarnál virágzás előtt 7 napos intervallumban (zöldbimbós állapot), virágzás alatt, hüvelykötés és hüvelyérés idején, a csemegekukoricánál 6-8 leveles állapotban, hímvirágzás alatt valamint nővirágzás, illetve szentelítődés idején végeztük.

3.5.1. Növényegyedeken végzett fiziológiai mérések (SPAD)

SPAD érték mérése

A levelek relatív klorofill tartalmát a *Minolta SPAD-502* típusú hordozható klorofillmérővel állapítottuk meg. A készülék előnye, hogy gyors, megbízható és nem



2. kép: Minolta SPAD-502

sérti a növényi szöveteket. Mérési elve, hogy a növények levelében lévő klorofill fényelnyelése a fény hullámhossztól függően változik. A műszer a levél 2*3 mm-es felületén méri a levélen áthaladó infravörös és vörös fény erősségének arányát, amit 1-100-ig terjedő számértékkel jelez. Minél nagyobb ez az arány, annál nagyobb az érték és így a levél klorofilltartalma is.

$$SPAD = NIR/RED$$

ahol *NIR* = a levélen áthaladt infravörös fény (940 nm) intenzitása és

RED = a levélen áthaladt vörös fény (650 nm) intenzitása

(*Minolta Camera Co. Ltd.*, 1989).

SPAD mérések a zöldbab esetében a fenofázis legfelső kifejlett levelének középső levélkéjén, a főér mindkét oldalán voltak. A csemegekukoricánál a különböző mérési időpontokban a legfelső kifejlett levél felső harmadában a levéllemez mindkét oldalán mértük a SPAD értéket.

3.5.2. Növényállományban végzett fiziológiai mérések (*LAI*, *NDVI*)

A növényállomány növekedési mutatóit, a lombfelület nagyságát (*LAI*= Leaf Area Index) a *LI-COR LAI 2000* lombanalizátorral, a spektrális tulajdonságát (*NDVI*= Normalized Difference Vegetative Index) *GreenSeeker Model 505* hordozható készülékkel mértük.

LAI mérése

A *LI-COR LAI 2000* mérőműszer a nyílt területen és a növényállomány alatt egy nagylátószögű optikai szenzorral mért sugárzásviszonyok alapján határozza meg a lombkorona sugárzásfelfogó képességét, amit LAI értékben fejez ki (*LI-COR Inc.*, 1992).



3. kép: LI-COR LAI 2000

NDVI mérése



4. kép: GreenSeeker Model 505

A *GreenSeeker Model 505* mérőkészülék a lombzat relatív klorofilltartalmát NDVI értékben fejezi ki, 660 nm hullámhosszú fénysugarak reflektanciája alapján, referenciaként infravörös fényt (770 nm) használ:

$$NDVI = (NIR - RED) / (NIR + RED)$$

ahol *NIR* = a lombzatról visszaverődött infravörös fény (770 nm) intenzitása és
RED = a lombzatról visszaverődött vörös fény (660 nm) intenzitása
(*NTech Industries Inc.*, 2007).

3.5.3. A betakarítás során végzett mérések és vizsgálatok

A betakarítás során minden fajtából és hibridből a parcellákban kijelölt 10 mintanövény termőképességet jellemző paramétereit mértük. A parcellák termése alapján meghatároztuk a növények össztermését (t ha^{-1}) és a zöld biomassza mennyiségét (t ha^{-1}). A termés beltartalmi értékeit az Agrárműszer Központ akkreditált laboratóriumában határozták meg.

Zöldbab

A zöldbab növénymintáin mértük a növénymagasságot, valamint az alsó és felső hüvelykötés helyét, amelyek főként a fajtabélyegek megismerése miatt voltak fontosak. A hüvelyeket ipari felhasználhatóságuk szerint áru és szabványon kívüli minőségi csoportban osztályoztuk. Szabványon kívülinek tekintettük a fejletlen, elszíneződött, görbe hüvelyeket, illetve a hüvelykezdeményeket is.

Vizsgált termőképességet jellemző paraméterek:

áru hüvely db és súly tő^{-1} ,
szabványon kívüli hüvely db és súly tő^{-1} .

Vizsgált beltartalmi értékek: szárazanyag-, fehérje- és nyersrosttartalom.

Csemegekukorica

A csemegekukorica betakarítása során a kijelölt töveken mértük a növénymagasságot, a csövek elhelyezkedését a száron, valamint a csövek számát tövenként.

Vizsgált termőképességet jellemző paraméterek:

csőhosszúság (cm), csőátmérő (mm), fosztatlan csőtömeg (g), fosztott csőtömeg (g),
szemsorok száma hosszában és keresztben (db).

Vizsgált beltartalmi értékek: szárazanyag-, cukor- és karotin tartalom.

3.6. A kísérleti adatok értékelése

Az adatok feldolgozását *Microsoft Excel*, valamint *SPSS for Windows 16.0* statisztikai programcsomaggal végeztük. A fajták és kezelések összehasonlítására egytényezős variancia-analízist (ANOVA), a variancia-analízis kiegészítésére pedig Duncan vagy Games-Howell szimultán középérték összehasonlító tesztet alkalmaztunk annak függvényében, hogy az összehasonlítandó változók varianciája azonos, vagy különböző volt. A különböző paraméterek közötti kapcsolat megállapításához regresszióanalízist használtunk.

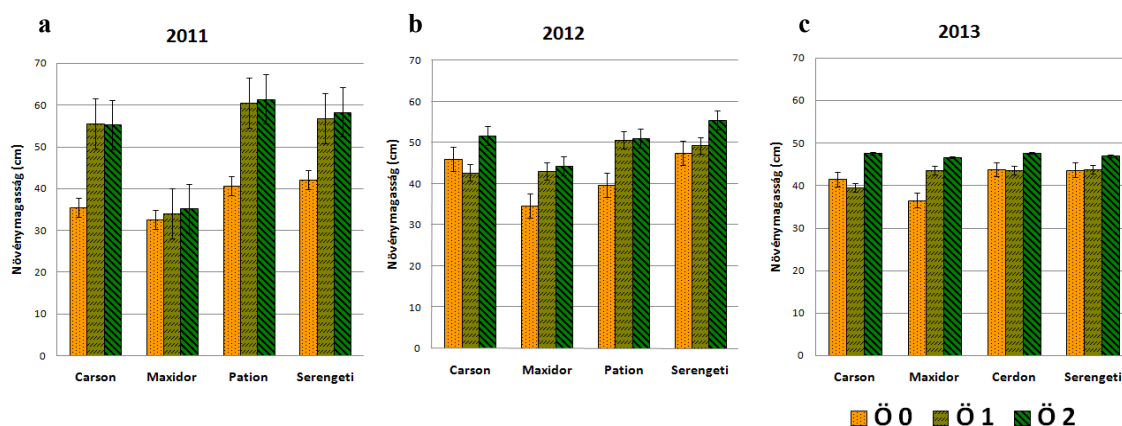
4. EREDMÉNYEK

4.1. A növényállományt jellemző paraméterek értékelése a vizsgálati években

4.1.1. Zöldbab

4.1.1.1. Növénymagasság

A betakarítás során fajtánként mértük a növénymagasságot a kijelölt egyedeknél. A 2011-ben kapott eredmények alapján minden fajta átlagmagassága szignifikánsan nagyobb volt az öntözött kezelésekben (Ö1, Ö2), mint a nem öntözöttben (Ö0). A tenyészedőszakban a Maxidor volt a legalacsonyabb, a gyenge kelést a fejlődés során az öntözés ellenére sem tudta kiheverni, így a kezelések növénymagasságai között nem volt számottevő különbség (8.a ábra). A Serengeti, a Pation és a Carson az öntözött kezelésekben 15-20 cm-rel magasabbra nőttek, mint természetes csapadékelátottságnál (Ö0).



8. ábra: A zöldbab növénymagassága eltérő vízellátottságban (Debrecen, 2011-2013)

Hibasávok: SzD_{5%}-os szinten.

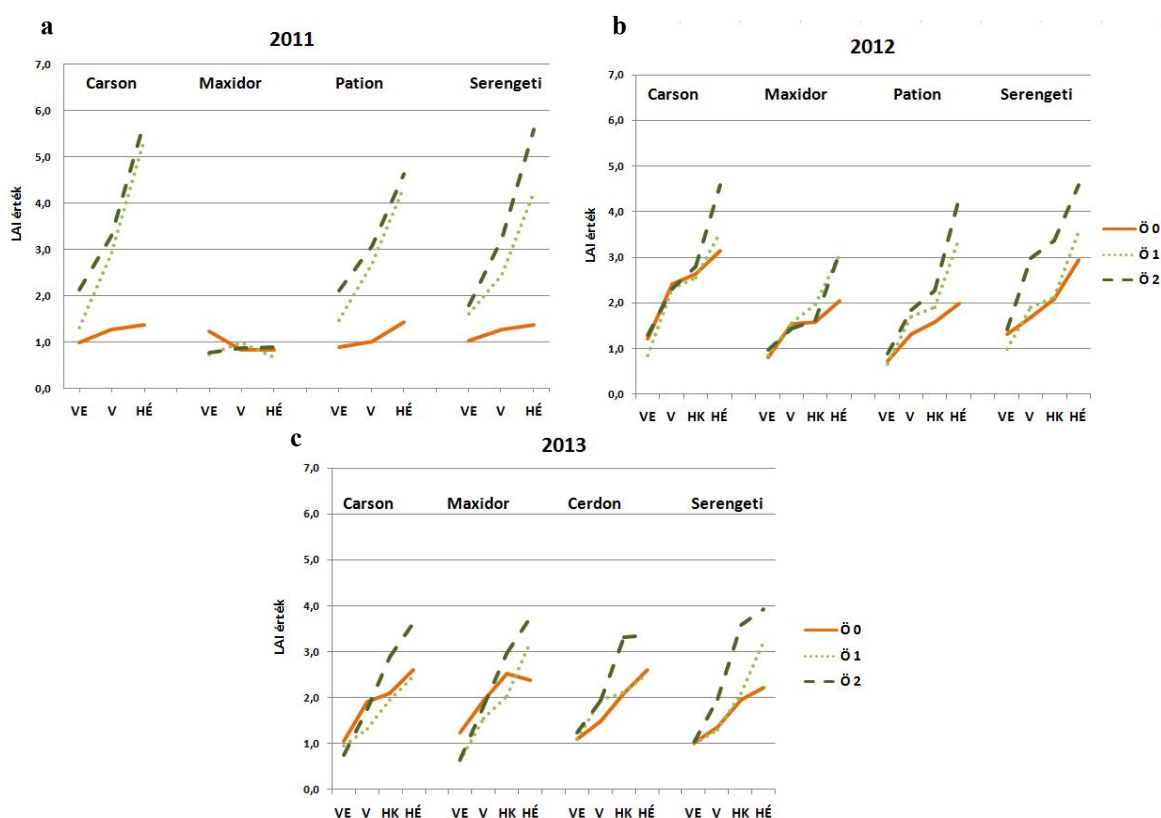
(Ö0- nem öntözött, Ö1- 50%-os vízhiány, Ö2- optimális vízellátottság)

A 2012-es évben a betakarítás során mért növénymagasságok minden fajtánál szignifikánsan különböznek a kedvező vízellátottságú (Ö2) és a nem öntözött (Ö0) kezelésben. A Carsonnál alakult ki a legnagyobb statisztikai eltérés a kezelések között: a jó vízellátottságban (Ö2) mért 51,7 cm-es növénymagasságnál a nem öntözött (Ö0) kezelésben 5,6 cm-rel, vízhiányban (Ö1) pedig közel 9 cm-rel voltak alacsonyabbak a növények. A Maxidornál és a Pationnál az öntözött kezelések (Ö1, Ö2), Serengetinél a vízhiányos (Ö0, Ö1) növények átlagmagasságai között nem volt szignifikáns különbség (8. b ábra).

2013-ban szintén optimális vízellátottságnál (Ö2) fejlődtek a legjobban a növények. A Carson és Cerdon vízhiányos (Ö0, Ö1) körülmények között szignifikánsan alacsonyabb volt, mint jó vízellátásnál (Ö2). A Maxidor öntözés hatására szignifikánsan magasabbra nőtt, mint öntözés nélkül. A Serengeti növénymagasságában nem volt különbség a kezelések között (8.c ábra).

4.1.1.2. LAI

Kísérletünkben 2011-ben három, 2012-ben és 2013-ban négy időpontban vizsgáltuk a növények levélterületének alakulását (9. ábra).



9. ábra: A zöldbab eltérő vízellátottságban mért LAI értékei a tenyészidőszakban (Debrecen, 2011-2013) (VE-virágzás előtt, V-virágzás, HK-hüvelykötés, HÉ-hüvelyérés; Ö0-nem öntözött, Ö1-50%-os vízhiány, Ö2-optimális vízellátottság)

A növények vegetatív fejlődése minden évben az öntözött kezelésekben volt erőteljesebb. Az évjárat függvényében a növények fejlődése eltérően alakult a három vizsgálati évben. A levélterület alakulása szempontjából az öntözés 2011-ben volt a leghatásosabb, mivel a súlyos aszály miatt a nem öntözött növények (Ö0) fejlődéséhez nem voltak megfelelőek a körülmények. Az öntözött kezelésekben (Ö1, Ö2) hüvelyérés idején a növényállomány LAI értékei $4,63-5,76 \text{ m}^2\text{m}^{-2}$ között mozogtak. *Monteiro et al.*

(2012) megfigyelései szerint a zöldbab LAI értékei vízellátottságtól függően 1,39-8,3 m^2m^{-2} között mozognak. A Carson, Pation és Serengeti dinamikusan fejlődött az öntözött kezelésekben (Ö1, Ö2), már virágzás alatt szignifikánsan magasabb levélterület index értékeik voltak öntözés hatására, mint nem öntözött körülmények között (Ö0) (9.a ábra).

A kelés során kialakult károsodás a Maxidor későbbi fejlődésére is jelentős hatással volt, így levélterület indexe a vegetációs periódus alatt csak kis mértékben változott.

2012-ben az előző évhez viszonyítva alacsonyabb volt a fotoszintetikusan aktív levélterület nagysága, ami a növények mérsékelt fejlődése miatt következett be a csapadékszegényebb tenyészidőszakban.

A kezelések között szignifikáns különbségek hüvelyérés idejére alakultak ki, a legmagasabb LAI értékek (3,11-4,58 m^2m^{-2}) optimális vízellátottságnál (Ö2) voltak.

A Carsonnál és a Pationnál hüvelykötésig a kezelések átlagos LAI értékei között nem volt szignifikáns különbség, hüvelyérés idejére az öntözött kezelésekben szignifikánsan magasabb volt a levélterület index nagysága, mint a nem öntözöttben (Ö0). A vízellátottságra a Serengeti a legérzékenyebb, virágzás idejére szignifikáns különbség alakult ki az optimális vízellátottságú (Ö2) és a gyengébb vízellátottságban részesülő (Ö0, Ö1) állomány levélterület index értékei között, a statisztikai eltérés hüvelyérés idején lett a legkifejezettebb (Ö0 kezelésben 36%-al, Ö1 kezelésben 23%-al mértünk alacsonyabb levélterület értéket, mint Ö2-ben) (9.b ábra). A Maxidor fejlődése volt a legviszamaradottabb a vegetációs periódusban, szignifikáns különbség az öntözött (Ö2: 3,11 m^2m^{-2} , Ö1: 3,07 m^2m^{-2}) és a nem öntözött (Ö0: 1,54 m^2m^{-2}) kezelések között virágzás-hüvelykötés idején alakult ki.

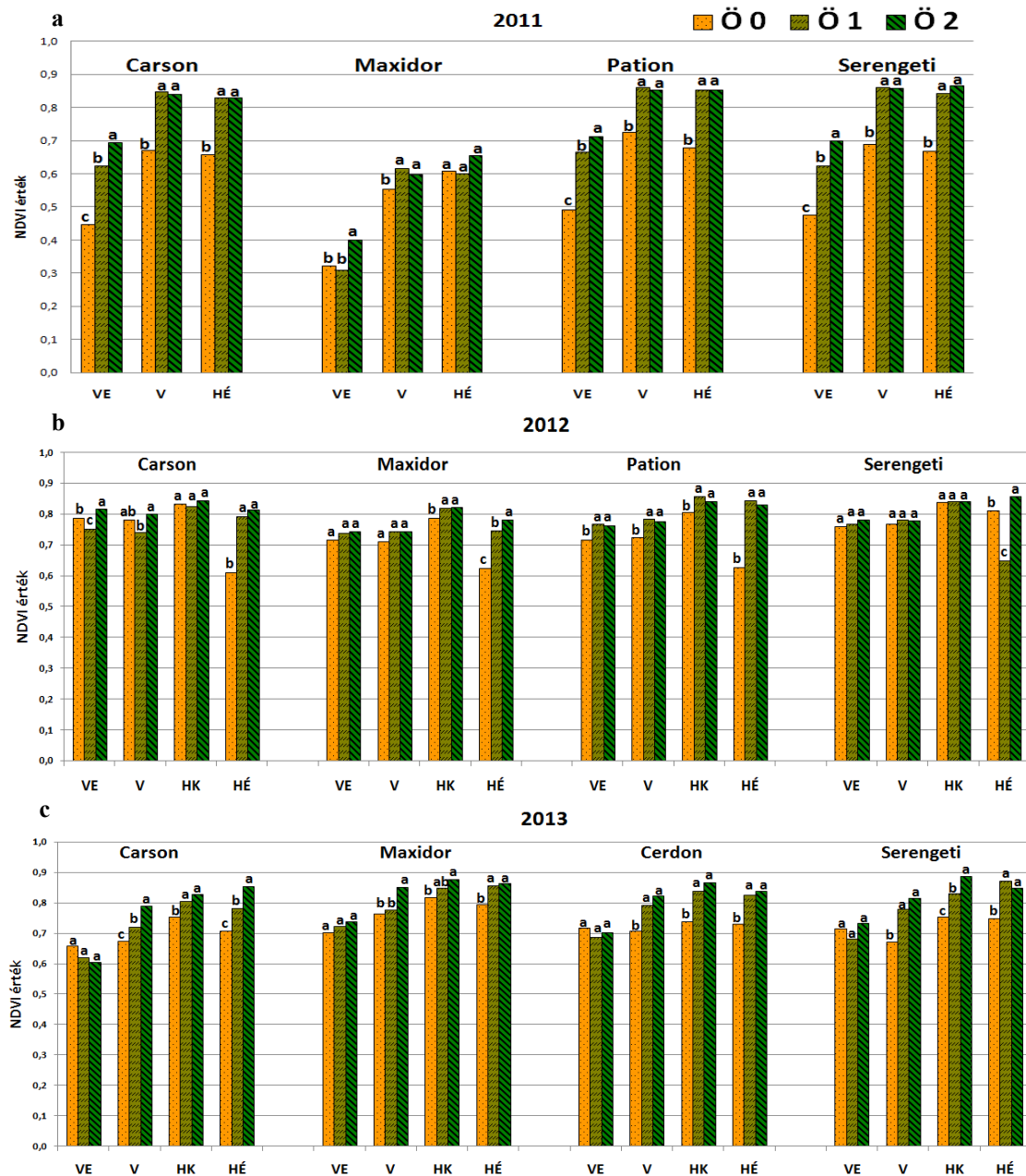
A három évben a legalacsonyabb levélterület értékeket 2013-ban mértük (optimális vízellátottságban 3,36-3,93 m^2m^{-2} volt a LAI maximuma), viszont a fajták növekedési dinamikája hasonló volt (9.c ábra). A korai fajták közül a Carsonnál és a Cerdonnál az optimális vízellátottságú (Ö2) és a gyengébb vízellátottságú (Ö0, Ö1) növényállomány átlagos LAI értékei közötti szignifikáns különbség hüvelykötés alatt alakult ki. A Serengetinél az eltérés a kezelések között virágzás idejére lett szignifikáns és a fenofázis végén nem öntözött állományban (Ö0) 44%-al, 50%-os vízhiányban (Ö1) pedig 20%-al mértünk alacsonyabb LAI-t, mint optimális vízellátásban (Ö2).

A középérésű Maxidor átlagos LAI értékei között szignifikáns különbség virágzás-hüvelykötés és hüvelyérés idején van. Hüvelyérés idején optimális vízellátásban (Ö2) az

átlagos levélterület érték $3,69 \text{ m}^2\text{m}^{-2}$, nem öntözöttben (Ö0) ennél szignifikánsan alacsonyabb, $2,35 \text{ m}^2\text{m}^{-2}$.

4.1.1.3. NDVI

Kísérletünkben 2011-ben három, 2012-ben és 2013-ban négy időpontban vizsgáltuk a növények vegetációs indexének alakulását a vegetációs periódusban (10. ábra).



10. ábra: A zöldbab eltérő vízellátottságban mért SPAD értékei a különböző fejlődési szakaszokban (Debrecen, 2011-2013)

(VE-virágzás előtt, V-virágzás, HK-hüvelykötés, HÉ-hüvelyérés; Ö0-nem öntözött, Ö1-50%-os vízhiány, Ö2-optimális vízellátottság)(a különböző betűk a szignifikáns különbséget jelentik SzD_{5%}-os szinten)

2011-ben az öntözést a virágzás előtti időszakban kezdtük, és mivel a csapadékviszonyok kedvezőtlenül alakultak a bab fejlődése szempontjából (közel 100 mm-es csapadékdeficit a virágzásig, felhőszakadás, amely a talaj levegőtlenességét okozta) a kezelések közötti különbségek a mérések idején már szignifikánsak voltak. Az optimális vízellátottságú (Ö2) és az 50%-os vízhiányos (Ö1) kezelésben virágzásig kijuttatott 42 mm és 21 mm öntözővíz hatására szignifikáns különbségek alakultak ki a korai fajtáknál (Carson, Pation, Serengeti) a kezelések között, a vízellátottsággal egyenes arányban nőtt a vegetációs index értéke is. A fejlődés során ezek a különbségek csökkentek és hüvelyérés idejére az Ö1 és Ö2 kezelésekből mért NDVI értékek közötti szignifikáns különbség megszűnt, a nem öntözött növények (Ö0) vegetációs indexei szignifikánsan alacsonyabbak voltak, mint az öntözött kezelésekből (Ö1, Ö2). A Carson világosabb levelű, sárga hüvelyű fajta, így átlagos NDVI értékei alacsonyabbak voltak a másik két fajtáénál. A Maxidor gyengébb fejlődését az NDVI értékeknél is kimutattuk. A vegetáció alatt minden fejlődési szakaszban alacsonyabb vegetációs indexe volt, mint a többi fajtának és a kezelések közötti különbségek is csak virágzásig voltak szignifikánsak. Virágzás előtt csak a jó vízellátottságú állomány, virágzás alatt már a vízhiányos állomány NDVI értékei is szignifikánsan magasabbak voltak, mint a nem öntözött állományé (Ö0) (10.a ábra).

2012-ben a kezelések közötti különbségek a fejlődési szakaszokban legkorábban a Carsonnál és a Pationnál jelentkeztek, de ezeket a különbségeket nem vettük figyelembe, mivel az öntözést a mérsékelt vízhiány miatt csak a virágzás kezdetén indítottuk. Az öntözés hatásai virágzás vagy hüvelykötés idején már minden fajtánál jelentkeztek. Az öntözésre leggyorsabban a Carson és a Pation reagált. A Carson esetében a virágzás alatt az 50%-os vízhiányos kezelés (Ö1) vegetációs indexe szignifikánsan nem különbözött a természetes csapadékelátottságban részesülő növényekétől, viszont a jó vízellátottságúakénál alacsonyabb volt. Ezek a különbségek hüvelykötés idején megszűntek és a vegetációs periódus végén alakult ki ismét szignifikáns eltérés az öntözött (Ö1, Ö2) és nem öntözött (Ö0) kezelésben lévő állományok átlagos NDVI értékei között (10.b ábra). A Pationnál ez a különbség a virágzás alatt alakult ki és a fejlődés végéig megmaradt. A Maxidor öntözött kezelésekből (Ö1, Ö2) mért vegetációs index értékei hüvelykötés alatt szignifikánsan magasabbak voltak, mint a nem öntözött állományban (Ö0), hüvelyérés alatt már az 50%-os vízhiányos parcellákban (Ö1) is alacsonyabb értékeket mértünk, mint az

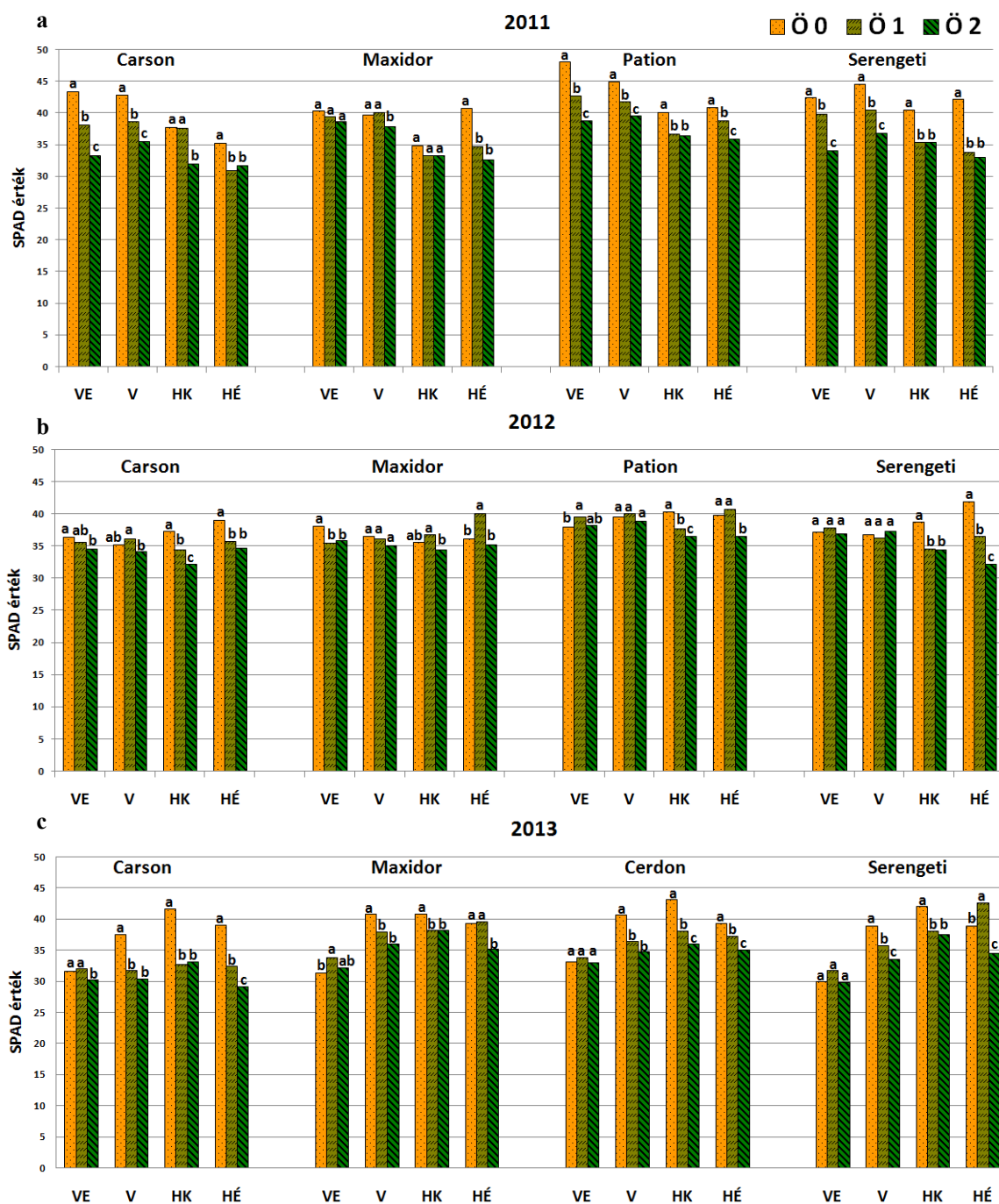
optimális vízellátottságúakban (Ö2). A három kezelés között szignifikáns különbség a Serengeti esetében csak hüvelyérés során alakult ki. A vegetációs index hüvelykötés idején volt maximumon, hüvelyérés idejére a nem öntözött kezelésekben (Ö0) erőteljesen, az öntözöttekben (Ö1, Ö2) mérsékelten csökkent.

Az öntözést 2013-ban is az előző évhez hasonlóan virágzás idején kezdtük, így a kezelések közötti különbségek ettől a fejlődési szakasztól mérvadóak. A vegetációs periódus végén minden fajta NDVI értéke szignifikánsan alacsonyabb nem öntözött körülmények között (Ö0), mint az öntözött kezelésekben (Ö1, Ö2). A kezelések közötti különbségek a Carsonnál virágzás és hüvelyérés, a Serengetinél hüvelykötés alatt a legkifejezettebbek (10.c ábra). A vegetációs index ebben az évben is hüvelykötés idején volt maximumon, hüvelyérés idejére minden kezelésben mérsékelten csökkent.

4.1.1.4. SPAD

A SPAD értékeket a különböző kezelésekben mindhárom évben virágzás előtt, virágzás alatt, hüvelykötés és hüvelyérés idején mértük a növények levelein (11. ábra).

2011-ben a fejlődés kezdeti szakaszában minden fajtánál szignifikáns különbségek voltak a kezelések között (11. a ábra). A magasabb SPAD értékek nem öntözött állományban (Ö0), míg az alacsonyabbak az öntözött kezelésekben (Ö1, Ö2) voltak. Virágzás után ezek a különbségek csökkentek. A Pationnál és a Serengetinél hüvelykötés idején nem volt statisztikai különbség az 50%-os vízhiányban (Ö1) és az optimális vízellátottságban (Ö2) mért SPAD értékek között, a Carsonnál pedig a nem öntözött (Ö0) és a vízhiányos (Ö1) kezelés átlagai voltak szignifikánsan magasabbak, mint optimális vízellátottságban (Ö2). Termésérés alatt a Carson és a Serengeti átlagos SPAD értékei a nem öntözött növényeknél (Ö0) szignifikánsan magasabbak, mint az öntözött (Ö1, Ö2) kezelésekben, a Pationnál újra kialakul a három kezelés közötti statisztikai eltérés. A Maxidor fejlődése alatt a kezelések között statisztikai különbség virágzás és hüvelyérés alatt volt, hüvelyérés idején az öntözött kezelések (Ö1, Ö2) SPAD értékei szignifikánsan alacsonyabbak voltak, mint a nem öntözött kezelésben (Ö0).



11. ábra: A zöldbab eltérő vízellátottságban mért SPAD értékei a különböző fejlődési szakaszokban (Debrecen, 2011-2013)

(VE-virágzás előtt, V-virágzás, HK-hüvelykötés, HÉ-hüvelyérés; Ö0-nem öntözött, Ö1-50%-os vízhiány, Ö2-optimális vízellátottság)(a különböző betűk a szignifikáns különbséget jelentik SzD_{5%}-os szinten)

2012-ben az öntözés a virágzás alatt indult, így a kezelések hatását onnan vettük figyelembe. A Carson és a Pation esetében a kezelések közötti különbségek hüvelykötés idején voltak a legkifejezettebbek, a Serengetinél ez hüvelyérés idején jelentkezik (11. b ábra).

Nem öntözött kezelésben (Ö0) a Serengeti átlagos SPAD értéke eléri a 41,92-t, ami 14%-al haladja meg az Ö1 és 33%-al az Ö2 kezelés átlagát. Az Ö1 kezelés átlagos SPAD értékei hüvelyérés idején a Maxidornál szignifikánsan magasabbak (40,06), mint a Ö0 (36,18) és az Ö2 (35,16) kezelés átlagai.

2013-ban az öntözést közvetlenül a virágzás előtt kezdtük el, így az Ö2 és Ö1 kezelésben kijuttatott 20 és 10 mm öntözővíz hatása az egyes fajtáknál már észlelhető volt (11.c ábra). Virágzás idején a kezelések közötti különbségek a Serengetinél voltak a legkifejezettebbek, a többi fajta átlagos SPAD értékei öntözött kezelésekben (Ö1, Ö2) statisztikailag azonosak voltak, és kisebb értéket adtak, mint nem öntözött kezelésben (Ö0). Hüvelykötés idején a kezelések közötti különbségek a Cerdon esetében, hüvelyérés idején pedig a Carsonnál voltak a legkifejezettebbek 5%-os szignifikancia szinten.

4.1.1.5. A növény fejlődését jellemző paraméterek értékelése

2011-ben a zöldbabfajták közötti különbségek az NDVI értékek esetében bizonyultak a legkifejezettebbnek ($F=112,9-124,1$) az öntözött (Ö1, Ö2) kezelésekben (4. táblázat). A SPAD értékekben kisebb ($F=28,0-32,2$), míg a levélterület indexben még kisebb különbségek voltak ($F=0,7-5,7$). A fajták LAI értékei között kialakult különbségek természetes vízellátottságnál (Ö0) nem bizonyultak szignifikánsnak, az öntözött kezelésekben (Ö1, Ö2) a Maxidor levélterület indexe volt a legkisebb, amihez képest 50%-os vízhiánynál $p<5,0$, optimális vízellátottságnál $p<1,0$ szinten háromszor-négyszer nagyobb átlagos LAI értéket mértünk a többi fajta esetében.

Természetes vízellátottságnál (Ö0) a Pation érte el a szignifikánsan legnagyobb átlagos NDVI értéket, a Carson ennél 6,3%-al, a Maxidor 22%-al volt kisebb, a Serengeti NDVI értéke nem különbözött a Pationétól és a Carsonétól. Öntözött kezelésekben (Ö1, Ö2) a Maxidor átlagos NDVI értékei voltak a legkisebbek, amihez képest 50%-os vízhiánynál 49-55%-al, optimális vízellátottságnál 44-45%-al mértünk nagyobb értékeket $p<0,1$ szinten a többi fajta esetében. A Carson, a Pation és a Serengeti vegetációs index értékei szignifikánsan nem különböztek. A legkisebb átlagos SPAD értékeket Ö0 kezelésben a Carson és a Maxidor parcelláiban kaptuk, amihez képest $p<0,1$ szinten, nagyobb értéket mértünk a Serengeti (+6,5-8,9%) és a Pation (+9,2-11,8%) parcelláiban. Ö1 és Ö2 kezelésben szignifikánsan a legmagasabb értéket a Pation érte el, ennél kisebb átlagos SPAD értéke volt a Maxidor (-5,6-7,7%) és a

Serengeti (-6,5-7,4%) fajtáknak (statisztikai értelemben azonosak voltak), a legkisebb érték a Carsont (-9,2-11,9%) jellemezte.

A növényi kondíciót a vizsgált paraméterekben jelentkező szignifikáns különbségek szerint pontoztuk. A legmagasabb pontszámot (3) a legmagasabb szignifikáns eredménnyel (a) rendelkező fajta kapta, a szignifikánsan alacsonyabb eredményt mutató (b, c) zöldbab eggyel kisebb pontszámot (2 v. 1) kapott, míg a szignifikánsan azonos eredményeket mutató fajták azonos pontszámot kaptak.

Természetes vízellátottságnál (Ö0) a LAI értékek esetében a fajták között nem alakult ki szignifikáns különbség, így minden fajta 1 pontot kapott. A legnagyobb NDVI értékű fajta a Pation 3 pontot, az annál kisebb eredménnyel jellemezhető Carson 2 pontot, a legalacsonyabb értéket elérő Maxidor 1 pontot kapott. A Serengeti átlagos NDVI értéke statisztikailag nem különbözött sem a 3 pontos Pationtól, sem a 2 pontos Carsontól, így 2,5 pontot kapott. A SPAD értékeknél a legmagasabb pontszámot (3) a Pation kapta, ennél alacsonyabbat (2) a Serengeti és a legalacsonyabbat (1) a szignifikánsan azonos értéket mutató Carson és Maxidor (5. táblázat).

Öntözött kezelésekben (Ö1, Ö2) a fajták minden paraméterben azonos szignifikáns eltérést mutattak, így a LAI és NDVI értékeknél a legkisebb eredménnyel jellemezhető Maxidor 1 pontot, a többi, azonos szignifikáns eredménnyel jellemezhető fajta 2 pontot kapott. A legnagyobb SPAD értékű fajta a Pation volt (3 pont), az ennél alacsonyabb, de szignifikánsan azonos értéket mutató Serengeti és Maxidor 2 pontot, a legalacsonyabb értékkel rendelkező Carson 1 pontot kapott.

A részpontokat összegezve megállapítottuk, hogy a fajták kezelésenként kialakult rangsorban azonos helyet foglaltak el növényi kondíciójuk alapján. 2011 aszályos évben a legmagasabb összpontszámot ($\bar{O}_{NK}$) mindhárom kezelésben a Pation kapta, a további sorrend a kondíció csökkenésében: Serengeti, Carson, Maxidor (5. táblázat).

4. táblázat A zöldbabfajták növényi fejlődést jellemző paraméterei eltérő vízellátottságban (Debrecen, 2011)

2011	Ö0			Ö1			Ö2		
	LAI	NDVI	SPAD	LAI	NDVI	SPAD	LAI	NDVI	SPAD
Carson	1,21±0,43 a	0,59±0,15 b	39,8±4,2 c	3,20±1,97 a	0,76±0,12 a	36,3±4,4 c	3,73±1,73a	0,79±0,09 a	33,2±3,2 c
Maxidor	0,96±0,35 a	0,49±0,16 c	38,9±3,9 c	0,82±0,21 b	0,51±0,17 b	36,9±4,7 b	0,84±0,38 b	0,55±0,19 b	35,6±4,7 b
Pation	1,05±0,47 a	0,63±0,14 a	43,5±4,3 a	2,85±1,44 a	0,79±0,11 a	40,0±3,8 a	3,27±1,17 a	0,80±0,08 a	37,7±3,0 a
Serengeti	1,22±0,30 a	0,61±0,13 ab	42,4±3,2 b	2,77±1,23 a	0,77±0,12 a	37,4±3,9 b	3,54±1,78 a	0,80±0,09 a	34,9±3,7 b
F érték	0,7 ⁿ	15,6*	30,5*	3,8***	124,1*	28,0*	5,7**	112,9*	32,2*

ⁿ=nincs szignifikáns különbség, *p < 0,1, **p < 1,0, ***p < 5,0; Az oszlopokban lévő betűk a fajták közötti szignifikáns különbséget jelölik SzD_{5%}-os szinten.

Ö0- nem öntözött, Ö1- 50%-os vízhiány, Ö2- optimális vízellátottság

5. táblázat A növényi kondíció pontozása a zöldbabfajták közötti szignifikáns eltérések alapján (2011)

2011	Ö0				Ö1				Ö2			
	LAI	NDVI	SPAD	Ö _{NK}	LAI	NDVI	SPAD	Ö _{NK}	LAI	NDVI	SPAD	Ö _{NK}
Carson	1	2	1	4	2	2	1	5	2	2	1	5
Maxidor	1	1	1	3	1	1	2	4	1	1	2	4
Pation	1	3	3	7	2	2	3	7	2	2	3	7
Serengeti	1	2,5	2	5,5	2	2	2	6	2	2	2	6

Ö0- nem öntözött, Ö1- 50%-os vízhiány, Ö2- optimális vízellátottság, Ö_{NK}-összesített növényi kondíció értékszáma

Ellentétben a 2011-es évvel 2012-ben a zöldbabfajták közötti különbségek a SPAD értékek esetében bizonyultak a legkifejezettebbnek ($F=15,9-34,0$). Az NDVI értékekben kisebb ($F=7,4-12,7$), míg a levélterület indexben még kisebb különbségek keletkeztek ($F=0,3-7,1$). Természetes vízellátottságnál a Carson és a Serengeti azonos mértékű, szignifikánsan nagyobb átlagos LAI értéket mutatott, mint a Maxidor és a Pation. Az NDVI értékek esetében szignifikáns különbség volt a Carson-Serengeti, valamint a Maxidor-Pation fajták között, a különbség itt $-5,3-6,5\%$ volt. A Carsonnál és a Maxidornál $p<0,1$ szinten szignifikánsan alacsonyabb ($-5,1-7,6\%$) átlagos SPAD értékeket mértek a Pation és a Serengeti átlagos SPAD értékeinél (6. táblázat).

A fajták LAI értékei között kialakult különbségek 50%-os vízhiánynál nem bizonyultak szignifikánsnak, jó vízellátottságban a Maxidor levélterület indexe 42,2%-al volt kisebb, mint a Serengetié, a Carson és a Pation átlagos LAI értékei szignifikánsan nem különböztek ezektől. Szignifikánsan a legalacsonyabb átlagos NDVI értékei a Maxidornak voltak az öntözött kezelésekben. 50%-os vízhiányban a Pation, jó vízellátottságban pedig a Carson rendelkezett a szignifikánsan legmagasabb átlagos vegetációs indexszel. A Carson átlagos NDVI értéke 50%-os vízhiányban alacsony volt, szignifikánsan azonos volt a Maxidoréval és a Serengetiével. A Serengeti vegetációs index értéke 50%-os vízhiányban 2,5%-al volt alacsonyabb, mint a Pationé, optimális vízellátottságnál statisztikailag nem különbözött a Carson és a Pation átlagos NDVI értékétől. Öntözött kezelésekben (Ö1, Ö2) a Carson átlagos SPAD értékei voltak a legkisebbek, amelyet 50%-os vízhiánynál a Maxidor 4,8%-al, a Pation 11,6%-al haladt meg (6. táblázat). Optimális vízellátottságnál a Pation 10,6%-al, a statisztikai értelemben azonos Maxidor és Serengeti 3,5-3,8%-al mutatott magasabb átlagos SPAD értéket, mint a Carson.

A fajták növényi kondícióját jellemző paraméterek szignifikáns különbségeinek pontozása után az összpontszámok alapján ($\bar{O}_{NK}$) megállapítottuk, hogy a természetes vízellátottság a Serengeti és Carson fejlődésének volt a legmegfelelőbb, 50%-os vízhiányban a Pation rendelkezett a legjobb növényi kondícióval, optimális vízellátottságnál pedig a Pation és a Serengeti érte el a legmagasabb értékeket, de a Carson is megfelelően fejlődött. A Maxidor mindhárom kezelésben gyengébben teljesített (7. táblázat).

A variancia-analízis eredményei alapján a 2013-as évben a fajták közötti különbségek a SPAD érték esetében öntözött (Ö1, Ö2) kezelésekben bizonyultak a

legkifejezettebbnek ($F=26,8-27$), a vegetációs indexben kisebb ($F=7,2-8,1$), a levélterület indexben ($F=0,1-1,1$) még kisebb eltérések jelentkeztek (8. táblázat). A zöldbab fajták átlagos levélterület indexeinek különbségei nem voltak szignifikánsak egyik kezelésben sem. A vegetációs index esetében mindhárom kezelésben szignifikáns különbségek voltak a fajták között $p<0,1$ szinten. Természetes vízellátottságnál a Maxidor NDVI értékei 7-10%-al magasabbak voltak a másik három fajtáénál. Az öntözött kezelésekben (Ö1, Ö2) a Carson NDVI értékei szignifikánsan alacsonyabbak voltak, mint a másik három fajtáé nem különbözött. Természetes vízellátottságban a fajták átlagos SPAD értékeinek különbsége (4,1%) statisztikailag azonos volt. 50%-os vízhiányban a Maxidor és a Cerdon érték el a legnagyobb SPAD értéket, aminél a Serengeti értékei 4,1-6,4%-al, a Carsoné 11,8-13,9%-al alacsonyabbak. Optimális vízellátottságnál a Carson átlagos SPAD értékei voltak a legkisebbek, ezt 10,4%-al haladta meg a Serengeti, 13,1%-al a Cerdon, 15,4%-al a Maxidor, a Cerdon átlagos SPAD értékei szignifikánsan nem különböztek a Serengetitől és a Maxidortól.

A levélterület index értékekben egyik kezelésben sem voltak szignifikáns különbségek a fajták között, így mindegyik 1 pontot kapott. Természetes vízellátottságnál (Ö0) a Maxidor ért el szignifikánsan magasabb NDVI értéket, így 2 pontot, a többi fajta 1 pontot kapott. Az öntözött kezelésekben (Ö1, Ö2) a szignifikánsan azonos, alacsonyabb értékekkel rendelkező Maxidor, Cerdon és Serengeti kapott 1-1-1 pontot, a Carson 2-t. A természetes vízellátottságban részesülő fajták átlagos SPAD értékei között nem volt statisztikai különbség, így 1 pontot kaptak. Az öntözött kezelésekben a szignifikánsan legkisebb eredményekkel rendelkező Carson 1 pontot, az ennél magasabbat mutató Serengeti 2-t, a legmagasabb értékeket elérő Maxidor 3-at kapott. A Cerdon 50%-os vízhiánynál a Maxidorral szignifikánsan azonos SPAD értékkel rendelkezett, így 3 pontot kapott, optimális vízellátottságnál statisztikailag azonos értéket mutatott a Maxidorról és a Serengetivel, így 2,5-öt.

A növényi kondíciót jellemző összpontszámok alapján megállapítottuk, hogy 2013-ban nem öntözött kezelésben a Maxidor rendelkezett a legjobb növényi kondícióval, a másik három fajta gyengébb, de azonos kondíciót mutatott. 50%-os vízhiányban a Maxidor és a Cerdon hasonlóan jó kondícióban volt, a Serengeti gyengébben, a Carson a leggyengébben teljesített. Optimális vízellátottságnál az összesített eredmények alapján a Carson érte el a legalacsonyabb, a Maxidor a legmagasabb értéket. A Cerdon és a Serengeti a két fajta közötti, hasonló eredményt ért el (9. táblázat).

6. táblázat A zöldbabfajták növényi fejlődést jellemző paraméterei eltérő vízellátottságban (Debrecen, 2012)

2012	Ö0			Ö1			Ö2		
	LAI	NDVI	SPAD	LAI	NDVI	SPAD	LAI	NDVI	SPAD
Carson	2,35±1,02 a	0,75±0,10 a	36,9±3,5 b	2,26±1,37 a	0,78±0,09 bc	35,4±3,4 c	2,74±1,36 ab	0,82±0,05 a	33,9±3,4 c
Maxidor	1,11±0,50 b	0,71±0,09 b	36,6±4,0 b	1,86±0,86 a	0,76±0,07 c	37,1±3,9 b	1,78±0,88 b	0,77±0,06 c	35,1±3,8 b
Pation	1,25±0,69 b	0,72±0,10 b	39,4±2,9 a	1,92±1,19 a	0,81±0,07 a	39,5±2,8 a	2,33±1,39 ab	0,80±0,07 b	37,5±3,7 a
Serengeti	2,39±0,94 a	0,76±0,10 a	38,8±3,6 a	2,14±1,25 a	0,79±0,07 b	36,3±3,2 bc	3,08±1,32 a	0,81±0,06 ab	35,2±3,7 b
F érték	7,1*	7,4*	15,9*	0,3 ⁿ	11,0*	34,0*	3,8***	12,7*	21,0*

ⁿ=nincs szignifikáns különbség, * p < 0,1, ***p < 5,0; Az oszlopokban lévő betűk a fajták közötti szignifikáns különbséget jelölik SzD_{5%}-os szinten.

Ö0- nem öntözött, Ö1- 50%-os vízhiány, Ö2- optimális vízellátottság

7. táblázat A növényi kondíció pontozása a zöldbabfajták közötti szignifikáns eltérések alapján (2012)

2012	Ö0				Ö1				Ö2			
	LAI	NDVI	SPAD	Ö _{NK}	LAI	NDVI	SPAD	Ö _{NK}	LAI	NDVI	SPAD	Ö _{NK}
Carson	2	2	1	5	1	1,5	1	3,5	1,5	3	1	5,5
Maxidor	1	1	1	3	1	1	2	4	1	1	2	4
Pation	1	1	2	4	1	3	3	7	1,5	2	3	6,5
Serengeti	2	2	2	6	1	2	1,5	4,5	2	2,5	2	6,5

Ö0- nem öntözött, Ö1- 50%-os vízhiány, Ö2- optimális vízellátottság, Ö_{NK}-összesített növényi kondíció értékszáma

8. táblázat A zöldbabfajták növényi fejlődést jellemző paraméterei eltérő vízellátottságban (Debrecen, 2013)

2013	Ö0			Ö1			Ö2		
	LAI	NDVI	SPAD	LAI	NDVI	SPAD	LAI	NDVI	SPAD
Carson	1,92±0,63 a	0,70±0,09 b	37,4±4,5 a	1,68±0,75 a	0,73±0,11 b	32,1±3,0 c	2,25±1,15 a	0,77±0,12 b	30,6±3,3 c
Maxidor	2,02±0,53 a	0,77±0,08 a	38,0±4,9 a	1,86±0,98 a	0,80±0,09 a	37,3±3,2 a	2,29±1,22 a	0,83±0,07 a	35,3±3,1 a
Cerdon	1,57±0,43 a	0,72±0,08 b	39,0±4,6 a	1,92±0,71 a	0,78±0,10 a	36,4±4,0 a	2,46±1,04 a	0,81±0,08 a	34,6±2,9 ab
Serengeti	1,64±0,55 a	0,72±0,09 b	37,4±5,6 a	1,90±0,90 a	0,79±0,09 a	34,9±3,6 b	2,64±1,31 a	0,82±0,08 a	33,8±4,3 b
F érték	1,1 ⁿ	7,2*	2,4 ⁿ	0,1 ⁿ	8,1*	26,8*	0,2 ⁿ	7,3*	27,0*

ⁿ=nincs szignifikáns különbség, *p < 0,1; Az oszlopokban lévő betűk a fajták közötti szignifikáns különbséget jelölik SzD_{5%}-os szinten.

Ö0- nem öntözött, Ö1- 50%-os vízhiány, Ö2- optimális vízellátottság

9. táblázat A növényi kondíció pontozása a zöldbabfajták közötti szignifikáns eltérések alapján (2013)

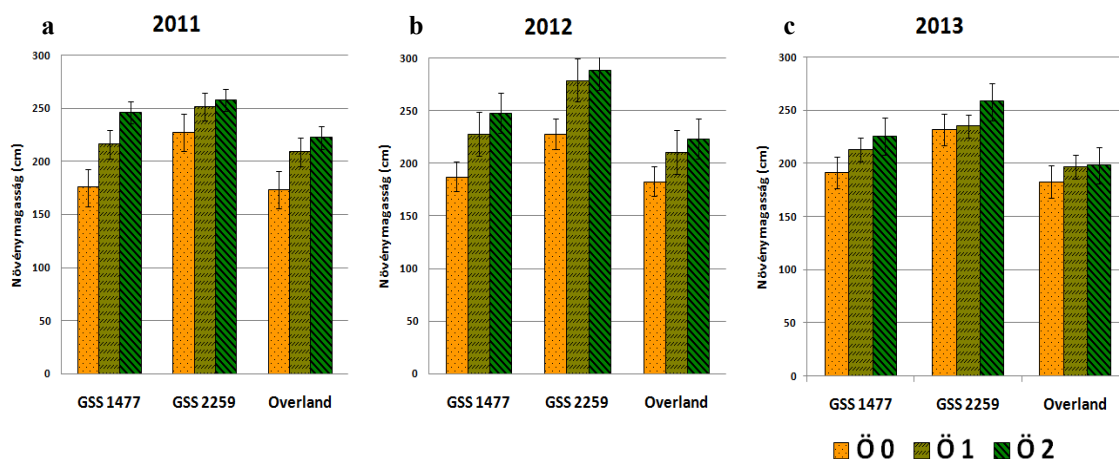
2013	Ö0				Ö1				Ö2			
	LAI	NDVI	SPAD	Ö _{NK}	LAI	NDVI	SPAD	Ö _{NK}	LAI	NDVI	SPAD	Ö _{NK}
Carson	1	1	1	3	1	1	1	3	1	1	1	3
Maxidor	1	2	1	4	1	2	3	6	1	2	3	6
Cerdon	1	1	1	3	1	2	3	6	1	2	2,5	5,5
Serengeti	1	1	1	3	1	2	2	5	1	2	2	5

Ö0- nem öntözött, Ö1- 50%-os vízhiány, Ö2- optimális vízellátottság, Ö_{NK}-összesített növényi kondíció értékszáma

4.1.2. Csemegekukorica

4.1.2.1. Növénymagasság

A növénymagasság alakulásában a genetikai tényezők mellett fontos szerepe van a vízellátottságnak is. 2011-ben mindhárom hibrid esetében statisztikailag kimutatható különbség volt a kezelésekben mért átlagos növénymagasságok között. A legalacsonyabbak a nem öntözött (Ö0), a legmagasabbak az öntözött kezelések (Ö1, Ö2) növényei voltak. A három hibrid közül GSS 2259 a legmagasabb, optimális vízellátottságban a növények átlagmagassága elérte a 257 cm-t. Természetes csapadékelátottságnál a GSS 1477 és az Overland között nem volt szignifikáns különbség, 51 és 54 cm-rel voltak alacsonyabbak a GSS 2259-nél (226 cm). 50%-os vízhiányban és optimális vízellátottságnál a hibridek növénymagassága között jelentős eltérések voltak (12.a ábra).



12. ábra: A csemegekukorica növénymagassága eltérő vízellátottságban (Debrecen, 2011-2013)

Hibasávok: SzD_{5%}-os szinten.

(Ö0- nem öntözött, Ö1- 50%-os vízhiány, Ö2- optimális vízellátottság)

A kezelések között a 2012-es évben is szignifikáns különbségek voltak, a természetes csapadékelátottságú és az optimális vízellátottságú kezelés növényei között a GSS 1477 és GSS 2259 esetében 60 cm, az Overlandnál 40 cm eltérés volt. Nem öntözött kezelésben (Ö0) a GSS 1477 és az Overland átlagmagassága hasonló volt (187,4 és 182,8 cm) és 10 cm-rel magasabb az előző évinél. Az öntözött kezelésekben (Ö1, Ö2) már szignifikáns különbség volt közöttük, a GSS 1477 50%-os vízhiányban átlagosan 17 cm-rel, optimális vízellátottságban 24 cm-rel volt magasabb az

Overlandnál. A GSS 2259 optimális vízellátottságnál elérte a 288,7 cm-es, 50%-os vízhiánynál pedig a 278,93 cm-es átlagmagasságot (12.b ábra).

2013-ban a fejlődés kezdeti szakaszában kialakuló kedvezőtlen hőmérsékleti viszonyok miatt a növények növekedése is lassult, így a 2011-es évhez hasonló növénymagasságok alakultak ki. Természetes vízellátottságnál a GSS 1477 és az Overland fejlődésében az előző évekhez hasonlóan nem volt különbség (átlagban 182,4 és 191,7 cm-es magasságot értek el, viszont az öntözéssel kezelt növények (Ö1, Ö2) kb. 20 cm-rel a 2011-es alatt maradtak. A GSS 2259 is csak nem öntözött körülmények között érte el az előző évi magasságokat, optimális vízellátottságban a 2011-es évvel megegyező (257 cm), 50%-os vízhiányban annál 17 cm-rel alacsonyabbra nőtt (12.c ábra).

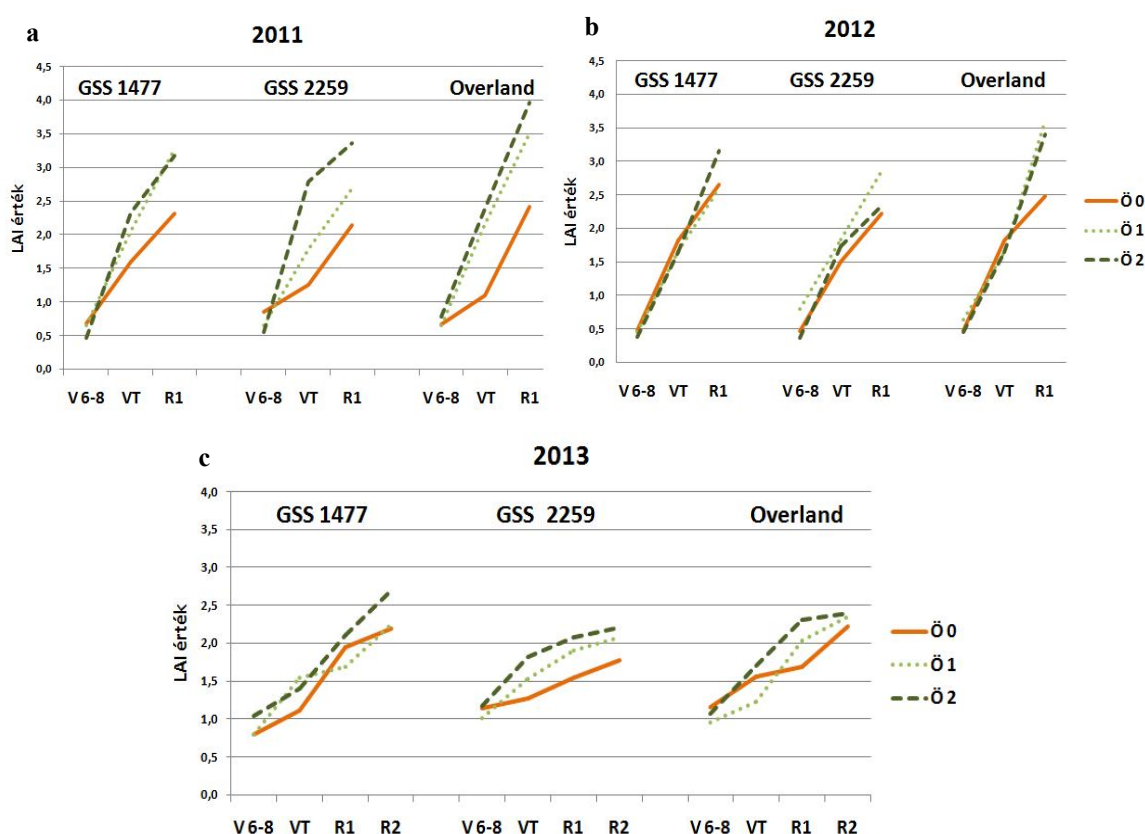
4.1.2.2. LAI

2011-ben a statisztikai értékelés alapján GSS 1477-nél az egyes fejlődési szakaszokban (6-8 leveles állapot, címerhányás, nővirágzás) 5%-os szignifikancia szinten nem volt szignifikáns különbség a kezelések LAI értékei között. A GSS 2259 és az Overland esetében a statisztikailag kimutatható különbségek a címerhányás idején jelentkeztek és a nővirágzás alatt is megmaradtak. A GSS 2259 hibridnél címerhányás idején az optimális vízellátottság átlaga szignifikánsan különbözött az 50%-os vízhiányban és a természetes vízellátottságban mért értékektől, nővirágzás alatt a különbségek elmosódtak és már csak az optimális vízellátottság és természetes vízellátottság értékei között volt kimutatható különbség (a LAI érték természetes vízellátottságnál $2,14 \text{ m}^2\text{m}^{-2}$, optimális vízellátottságnál $3,36 \text{ m}^2\text{m}^{-2}$). Az Overland a kedvező vízellátottság hatására erőteljes növekedésnek indult és nővirágzás idejére a három kezelés között kimutatható szignifikáns különbség volt (13.a ábra).

2012-ben a GSS 1477 esetében 5%-os szignifikancia szinten egyik fejlődési szakaszban sem lehetett különbséget kimutatni a kezelések között. A GSS 2259-nél és az Overlandnál 6-8 leveles állapotban voltak különbségek a különböző kezelésekben kijelölt növényállományokban. Címerhányás idejére ezek a különbségek megszűntek, és nővirágzás-szemtelítődés idején egyedül az Overlandnál jelentkezett az öntözések hatása a levélterület index értékek alakulásában. A nem öntözött állomány LAI értékeinek átlaga ($2,22 \text{ m}^2\text{m}^{-2}$) 27%-al volt alacsonyabb az optimális vízellátottság ($3,39 \text{ m}^2\text{m}^{-2}$) és 31%-al az 50%-os vízhiány átlagánál ($3,6 \text{ m}^2\text{m}^{-2}$). A vegetációs periódusban

az Overland fejlődött a legerőteljesebben, öntözött kezelésekben (Ö1, Ö2) levélterület indexe közel $3,5 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$ -re nőtt (13.b ábra).

A 2013-as vegetációs periódusban négy időpontban, 6-8 leveles állapotban, címerhányás, nővirágzás, valamint szemtelítődés idején mértük a növények levélterületének alakulását. A kelés utáni lassú növekedés miatt a hibridek fejlődése egyöntetű volt, az Overland sem fejlődött olyan erőteljesen, mint az előző években. A kezelések között szignifikáns különbség egyedül a GSS 2259-nél és az Overlandnál volt nővirágzás idején (13.c ábra).



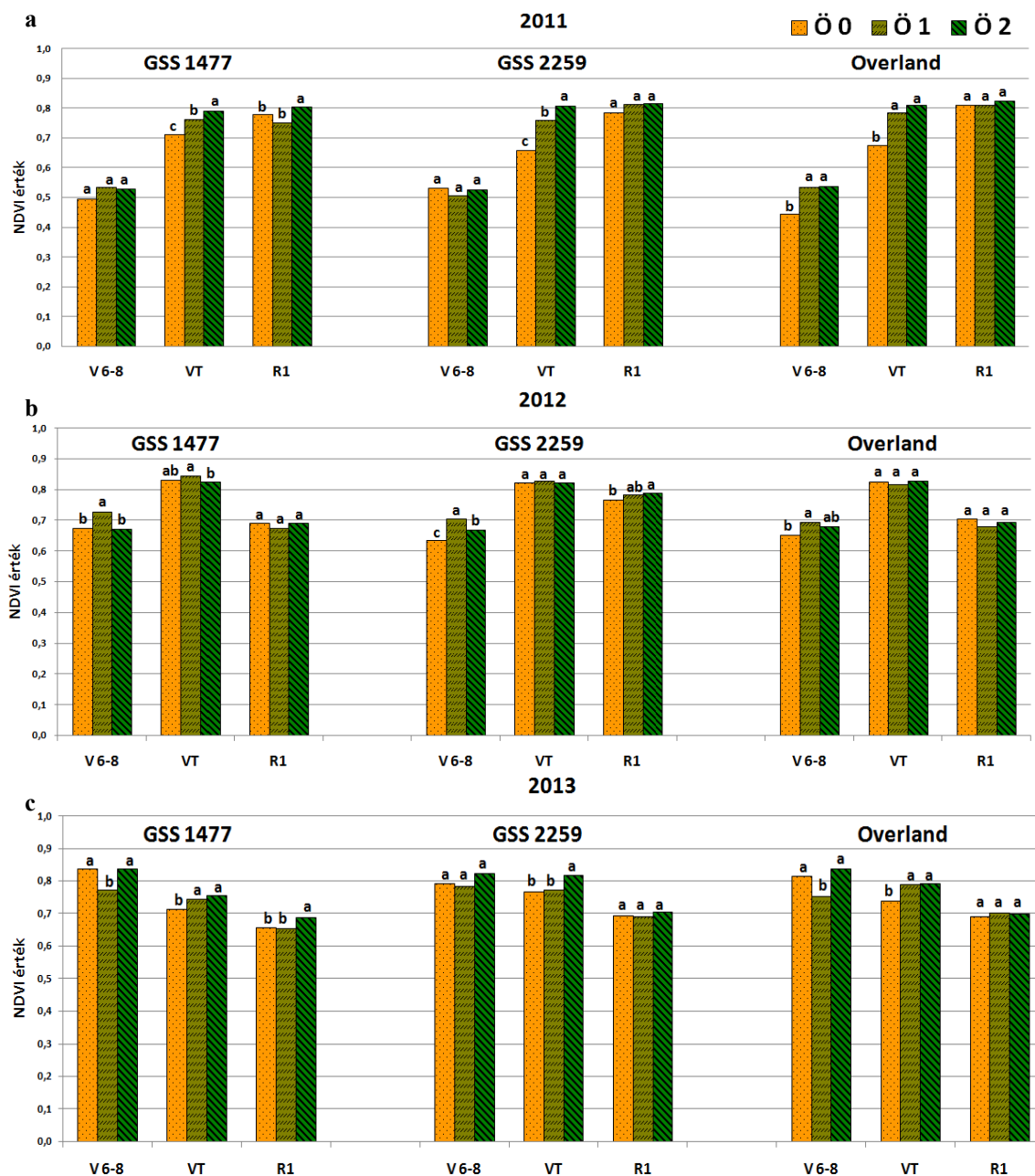
13. ábra: A csemegekukorica eltérő vízellátottságban mért LAI értékei a tenyészidőszakban (Debrecen, 2011-2013)

(V6-8- 6-8 leveles állapot, VT- címerhányás, R1- nővirágzás, R2- szemtelítődés; Ö0- nem öntözött, Ö1- 50%-os vízhiány, Ö2- optimális vízellátottság)

4.1.2.3. NDVI

2011-ben az öntözési kezelésekben (Ö1, Ö2) kijuttatott 30 és 60 mm öntözővíz hatására a hibrideknél a kezelésekben mért NDVI értékek különbségei címerhányás idején voltak a legkifejezettebbek. GSS 1477-nél és GSS 2259-nél a legalacsonyabb átlagos NDVI értékeket természetes vízellátottságnál mértük, 50%-os vízhiányban ennél

7 és 13%-al, optimális vízellátottságnál pedig 10 és 20%-al voltak magasabbak az értékek. Az Overlandnál a nem öntözött parcellák NDVI értékei statisztikailag alacsonyabbak voltak az öntözöttekétől (Ö1, Ö2). Nővirágzás idejére ezek az eltérések mérséklődtek: csak a GSS 1477-nél voltak magasabbak az optimális vízellátottság értékei (14.a ábra).



14. ábra: A csemegekukorica eltérő vízellátottságban mért NDVI értékei a különböző fejlődési szakaszokban (Debrecen, 2011-2013)

(V6-8- 6-8 leveles állapot, VT- címerhányás, R1- nővirágzás; Ö0- nem öntözött, Ö1- 50%-os vízhiány, Ö2- optimális vízellátottság)(a különböző betűk a szignifikáns különbséget jelentik SzD_{5%}-os szinten)

2012-ben 6-8 leveles állapotban nem öntözött körülmények között alakultak ki különbségek a hibridek között. Az öntözés elindítása után (2012.06.21.) ezek a különbségek szinte teljesen elmosódtak. Egyedül a legkorábbi érésű GSS 1477 esetében fejlődtek gyengébben a növények optimális vízellátottságban. Nővirágzás-szemtelítődés idejére legjobban a GSS 1477 átlagos NDVI értékei estek vissza (0,82-0,84-ről 0,68-0,69-re), ennél mérsékeltebben az Overlandé (0,82-0,83-ról 0,68-0,70-re) és a legkisebb mértékben a GSS 2259-é (0,82-0,83-ról 0,77-0,79-re). A GSS 1477 címerhányás idején 50%-os vízhiányban érte el a szignifikánsan legmagasabb átlagos NDVI értéket, a GSS 2259 pedig nővirágzás idején optimális vízellátottságban. A vízellátottság az Overland NDVI értékeiben nem okozott statisztikai különbségeket 5%-os szignifikancia szinten (14.b ábra).

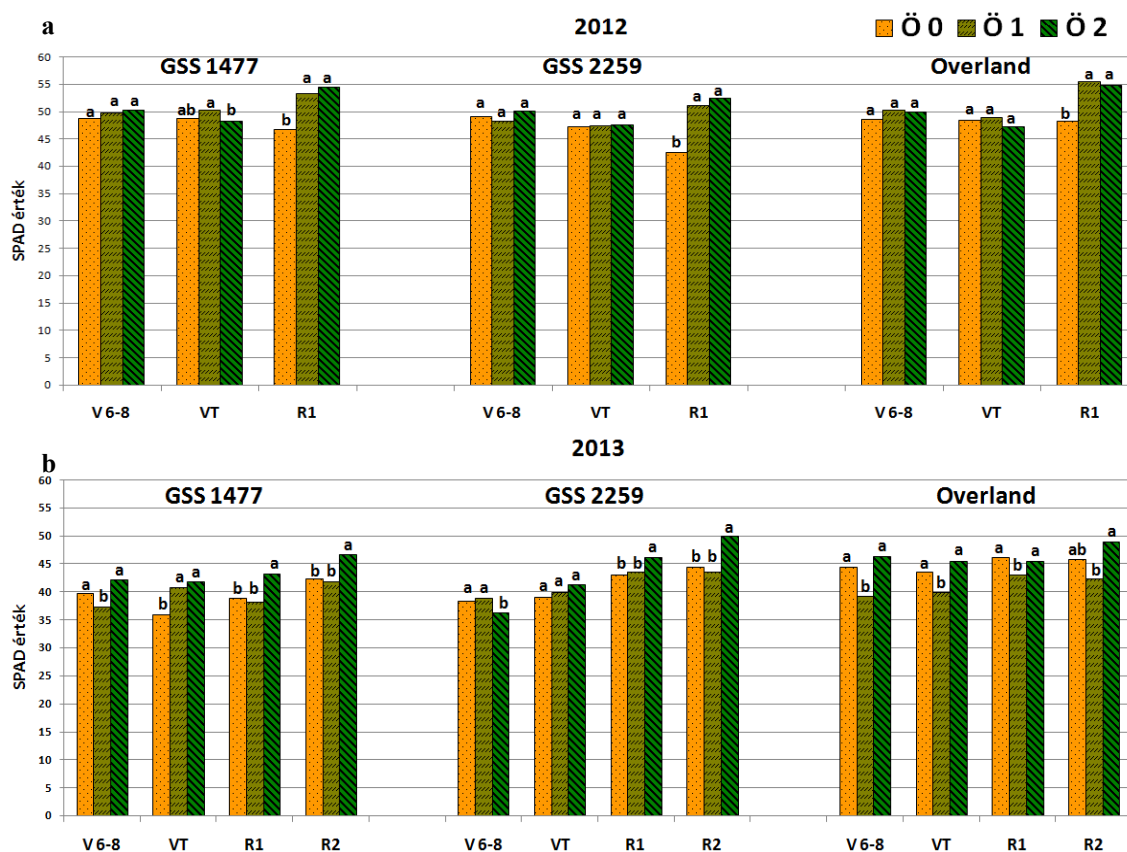
A 2013-as év kedvezően indult a csemegekukorica termesztése szempontjából, hiszen vetés idejére a talajok vízzel telítődtek és hőmérsékleti viszonyok is kedvezően alakultak. A gondot a május végi alacsony nappali középhőmérsékletek jelentették, amelyek visszavetették a fiatal növényeket a növekedésben. 6-8 leveles állapotban volt a legintenzívebb a növényi fejlődés, ami a magas NDVI értékekből (0,77-0,84) is látszik. Címerhányás idejére mérséklődtek az értékek (0,71-0,82), majd nővirágzáskor teljesen lelassult a fejlődés (0,66-0,71).

Az öntözés 2013.06.19-én indult, így az öntözött kezelések növényei már a 6-8 leveles állapotban kaptak 20 mm (Ö2) és 10 mm (Ö1) vízpótló öntözést. A kezelések között ekkor még nem voltak különbségek, GSS 1477 és Overland hibridnél az Ö1 kezelés alacsonyabb vegetációs index értékei valószínűleg a csapadékvíz összefolyás miatt alakultak ki. Címerhányásig optimális vízellátottságban 60 mm, 50%-os vízhiányban 30 mm öntözővizet juttattunk ki a területre, ami mindhárom hibrid esetében szignifikáns különbségeket okozott a nem öntözött (Ö0) és az öntözött kezelések (Ö1, Ö2) között. Az 50%-os vízhiánynál mért átlagos NDVI érték a GSS 2259-nél a természetes csapadékelátottság értékével, a GSS 1477-nél és az Overlandnál pedig az optimális vízellátottság értékével volt azonos. Nővirágzás idején a statisztikai különbségek csak a GSS 1477-nél maradtak meg, az optimális vízellátottság vegetációs indexe szignifikánsan magasabb volt, mint a gyengébb vízellátottságú (Ö0, Ö1) kezelésekből (14.c ábra).

4.1.2.4. SPAD

A SPAD értékek mérését a csemegekukorica levélzetén 2012-ben kezdtük (15. ábra). A vegetációs indexhez (NDVI) hasonlóan a SPAD érték is szoros összefüggésben van a levelek klorofill tartalmával, amiből következtetni lehet a növény vegetációs aktivitására.

2012-ben a vizsgált fejlődési szakaszok közül 6-8 leveles állapotban a kezelések között nem volt statisztikailag kimutatható különbség. A GSS 1477 SPAD értékei címerhányás idején 50%-os vízhiányban voltak a legmagasabbak, optimális vízellátottságnál a legalacsonyabbak, a természetes vízellátottság értékei szignifikánsan nem különböztek a másik két kezeléstől. A GSS 2259 és Overland SPAD értékeiben nem volt statisztikai eltérés a kezelések között. Nővirágzás idején mindhárom hibridnél statisztikailag kimutatható mértékben magasabb értékeket mértünk az öntözött (Ö1, Ö2) kezelésekben (15.a ábra).



15. ábra: A csemegekukorica eltérő vízellátottságban mért SPAD értékei a különböző fejlődési szakaszokban (Debrecen, 2012-2013)

(V6-8- 6-8 leveles állapot, VT- címerhányás, R1- nővirágzás, R2- szemtelítődés; Ö0- nem öntözött, Ö1- 50%-os vízhiány, Ö2- optimális vízellátottság)(a különböző betűk a szignifikáns különbséget jelentik SzD_{5%}-os szinten)

2013-ban az öntözésre a hibrdek hasonlóan reagálnak, legmagasabb SPAD értékeket optimális vízellátottságban mértük, ami alapján megállapítható, hogy a legintenzívebb vegetatív fejlődés ebben a kezelésben volt minden fejlődési szakaszban. GSS 1477-nél a természetes vízellátottságú növények és öntözésben részesülők (Ö1, Ö2) értékei közötti szignifikáns különbségek címerhányás idején alakulnak ki. Nővirágzás-szemtelítődés idején az optimális csapadékelátottság értékei szignifikánsan magasabbak, mint a másik két kezelésben. GSS 2259-nél nővirágzás alatt különülnek el a kezelések, statisztikailag igazolható különbség a természetes vízellátottságú növények és optimális vízellátottságú kezelés átlagos SPAD értéke között van, szemtelítődés idején a természetes vízellátottságú parcellák és az 50%-os vízhiányban mért átlag azonos. Az Overland esetében nővirágzásig szignifikánsan a legalacsonyabb értékeket mértük, szemtelítődés alatt a SPAD értékek különbségei a másik két hibridhez hasonlóan alakultak (15. b ábra).

4.1.2.5. Növényi fejlődés értékelése

A 2011-es évben a csemegekukoricánál a különböző kezelésekből a hibrdek levélterület index és a vegetációs index értékei alapján állapítottuk meg a hibrdek növényi kondíciójának különbségeit (10. táblázat). A variancia-analízis eredményei alapján természetes vízellátottságnál a LAI értékek 1,41-9,15%-os, az NDVI értékek 3%-os, 50%-os vízhiánynál a LAI értékek 5,2-14,6%-os, az NDVI értékek 1,4-4,2%-os, valamint az optimális vízellátottságban mért 6,3-16,4%-os és 1,4%-os különbségek nem bizonyultak szignifikánsnak.

10. táblázat A csemegekukorica hibrdek növényi fejlődést jellemző paraméterei eltérő vízellátottságban (Debrecen, 2011)

2011	Ö 0		Ö 1		Ö 2	
	LAI	NDVI	LAI	NDVI	LAI	NDVI
GSS 1477	1,53±0,73 a	0,66±0,14 a	1,99±1,24 a	0,68±0,14 a	1,99±1,33 a	0,71±0,15 a
GSS 2259	1,41±0,65 a	0,66±0,13 a	1,70±0,92 a	0,69±0,16 a	2,23±1,40 a	0,72±0,15 a
Overland	1,39±0,80 a	0,64±0,17 a	2,10±1,29 a	0,71±0,14 a	2,38±1,39 a	0,72±0,15 a
F érték	0,9 ⁿ	0,5 ⁿ	0,3 ⁿ	0,8 ⁿ	0,2 ⁿ	0,3 ⁿ

ⁿ=nincs szignifikáns különbség; Az oszlopokban lévő betűk a fajták közötti szignifikáns különbséget jelölik SzD_{5%}-os szinten. Ö0- nem öntözött, Ö1- 50%-os vízhiány, Ö2- optimális vízellátottság

Mivel a növényi kondíciót jellemző paraméterekben egyik kezelésben sem voltak szignifikáns különbségek, így mindhárom hibridet 1 ponttal értékeltük, növényi kondíciójukat azonosnak tekintettük (11. táblázat).

11. táblázat A növényi kondíció pontozása a csemegekukorica hibridek közötti szignifikáns eltérések alapján (2011)

2011	Ö 0			Ö 1			Ö 2		
	LAI	NDVI	Ö _{NK}	LAI	NDVI	Ö _{NK}	LAI	NDVI	Ö _{NK}
GSS 1477	1	1	2	1	1	2	1	1	2
GSS 2259	1	1	2	1	1	2	1	1	2
Overland	1	1	2	1	1	2	1	1	2

Ö0- nem öntözött, Ö1- 50%-os vízhiány, Ö2- optimális vízellátottság, Ö_{NK}-összesített növényi kondíció értékszáma

2012-ben a csemegekukorica hibridek növényi kondíciójának jellemzéséhez a LAI és az NDVI értékek mellett a SPAD értéket is mértük. A variancia-analízis (ANOVA) eredményei alapján (F érték) a vizsgált csemegekukorica hibridek közötti különbségek a növényi kondíciót jellemző paraméterek közül a SPAD érték esetében bizonyultak a legkifejezettebbnek ($F=5,0-7,6$). A vegetációs indexben (NDVI) kisebb ($F=3,9-6,9$), míg a levélterület indexben (LAI) még kisebb ($F=0,007-0,4$) eltérések jelentkeztek (12. táblázat).

Természetes vízellátottságnál a hibridek levélterület és vegetációs index értékekben nem volt statisztikailag kimutatható különbség. Az alacsonyabb átlagos SPAD értéket a GSS 2259 hibridet jellemezte, ennél szignifikánsan 3,8-4,5%-al mértünk magasabb és azonos értéket a GSS 1477 és az Overland esetében. A hibridek levélterület index értékei közötti különbségek az öntözött (Ö1, Ö2) kezelésekben sem voltak szignifikánsak. 50%-os vízhiányban a legmagasabb átlagos NDVI értéket a GSS 2259 hibrid ismétléseiben volt, a másik két hibrid esetében ennél szignifikánsan alacsonyabb, statisztikailag azonos értékeket mértünk $p<1,0$ szinten. A legnagyobb SPAD értékeket a GSS 1477 és az Overland parcelláiban mértünk, a GSS 2259-nél ennél 4,3-5,2%-al voltak alacsonyabb értékek. Optimális vízellátottságnál a legmagasabb átlagos NDVI érték a GSS 2259 hibridet jellemezte, a másik két hibrid ennél szignifikánsan alacsonyabb, statisztikailag azonos értékeket mutatott $p<5,0$ szinten. A hibridek SPAD értékeiben 1,4-2%-os eltérések voltak, viszont a különbségek nem voltak szignifikánsak.

A növényi kondíciót a vizsgált paraméterekben jelentkező szignifikáns különbségek szerint pontoztuk (13. táblázat). A legmagasabb pontszámot (2) a legmagasabb szignifikáns eredménnyel rendelkező hibrid kapta, a szignifikánsan alacsonyabb eredményt mutató csemegekukorica hibrid eggyel kisebb pontszámot (1) kapott, míg a szignifikánsan azonos eredményeket mutató hibridek azonos pontszámot kaptak. A

levélterület index (LAI) szerint mindhárom hibridet egy ponttal értékeltük, ugyanis a levélterületben nem jelentkezett szignifikáns különbség a hibridek között. Természetes vízellátottságnál a vegetációs indexben sem volt különbség a hibridek között, így mindegyik 1 pontot kapott (13. táblázat). A SPAD mérések alapján a legnagyobb SPAD értékű hibridek (GSS 1477, Overland) 2-2, míg a szignifikánsan kisebb értékkel jellemezhető GSS 2259 1 pontot kapott. 50%-os vízhiányban a magasabb NDVI értékkel rendelkező GSS 2259 2 pontot, a másik két hibrid 1-1 pontot kapott. A SPAD értékeknél a szignifikánsan magasabb eredményt elérő GSS 1477 és Overland kapott 2-2 pontot, a GSS 2259 1-et. Az optimális vízellátottságú parcellákban a GSS 2259 hibridé volt a magasabb vegetációs index érték, 2 pontot kapott, a másik két hibrid 1-1-et. A hibridek átlagos SPAD értékei között nem volt statisztikailag kimutatható különbség.

A növényi kondíciót jellemző összpontszámok ($\bar{O}_{NK}$) alapján megállapítottuk, hogy természetes vízellátottságnál a GSS 1477 és az Overland, optimális vízellátottságnál pedig a GSS 2259 rendelkezett a legjobb növényi kondícióval. 50%-os vízhiányban a hibridek azonos növényi kondíciót mutattak (13. táblázat).

12. táblázat A csemegekukorica hibridek növényi fejlődést jellemző paraméterei eltérő vízellátottságban (Debrecen, 2012)

2012	Ö 0			Ö 1			Ö 2		
	LAI	NDVI	SPAD	LAI	NDVI	SPAD	LAI	NDVI	SPAD
GSS 1477	1,65±1,08 a	0,73±0,10 a	48,0±4,7 a	1,57±0,99 a	0,75±0,09 b	51,0±5,0 a	1,73±1,27 a	0,73±0,10 b	50,9±4,7 a
GSS 2259	1,60±1,14 a	0,74±0,09 a	46,2±5,1 b	1,61±0,74 a	0,77±0,07 a	48,8±4,2 b	1,48±0,89 a	0,76±0,08 a	49,9±4,6 a
Overland	1,59±1,00 a	0,73±0,10 a	48,3±4,7 a	1,96±1,33 a	0,73±0,09 b	51,5±5,2 a	1,83±1,37 a	0,73±0,08 b	50,6±5,7 a
F érték	0,007 ⁿ	0,6 ⁿ	5,0**	0,4 ⁿ	6,9**	7,6**	0,2 ⁿ	3,9***	0,8 ⁿ

ⁿ=nincs szignifikáns különbség, **p < 1,0, ***p < 5,0; Az oszlopokban lévő betűk a fajták közötti szignifikáns különbséget jelölik SzD_{5%}-os szinten.

Ö0- nem öntözött, Ö1- 50%-os vízhiány, Ö2- optimális vízellátottság

13. táblázat A növényi kondíció pontozása a csemegekukorica hibridek közötti szignifikáns eltérések alapján (2012)

2012	Ö 0				Ö 1				Ö 2			
	LAI	NDVI	SPAD	Ö _{NK}	LAI	NDVI	SPAD	Ö _{NK}	LAI	NDVI	SPAD	Ö _{NK}
GSS 1477	1	1	2	4	1	1	2	4	1	1	1	3
GSS 2259	1	1	1	3	1	2	1	4	1	2	1	4
Overland	1	1	2	4	1	1	2	4	1	1	1	3

Ö0- nem öntözött, Ö1- 50%-os vízhiány, Ö2- optimális vízellátottság, Ö_{NK}-összesített növényi kondíció értékszáma

2013-ban a variancia-analízis (ANOVA) eredményei alapján (F érték) a hibridek közötti különbségek a SPAD érték esetében bizonyultak a legkifejezettebbnek ($F=3,2-31,2$). A vegetációs indexben (NDVI) kisebb ($F=2,9$), míg a levélterület indexben (LAI) nincs szignifikáns különbség a hibridek között (14. táblázat).

Természetes vízellátottságnál a hibridek NDVI értékei szignifikánsan nem különböztek egymástól, a legnagyobb átlagos SPAD értéket az Overlandban mértük, a GSS 2259 hibrid átlagai ennél 8,2%-al, a GSS 1477-é pedig 12,6%-al voltak alacsonyabbak. 50%-os vízhiányban a GSS 1477 hibrid vegetációs indexe volt alacsonyabb, a másik két fajtáé 4,1%-al szignifikánsan magasabb és értékük azonos volt. A magasabb átlagos SPAD értéket a GSS 2259 hibrid ismétléseiben kaptuk, a GSS 1477-é ennél 4,6%-al volt alacsonyabb, az Overland átlagos SPAD értéke szignifikánsan nem különbözött a másik két hibridétől. Optimális vízellátottságban a hibridek átlagos NDVI értékei között nem volt szignifikáns különbség, a SPAD esetében az Overland érte el a legmagasabb értéket, a GSS 1477 és 2259 hibrid ennél 6,6-6,9%-al alacsonyabbat, ezek az értékek statisztikailag azonosnak bizonyultak (14. táblázat).

A hibrideket a különböző kezelésekben a vizsgált paraméterekben jelentkező szignifikáns különbségek szerint pontoztuk. Az összpontszámok ($\bar{O}_{NK}$) alapján megállapítottuk, hogy természetes vízellátottságban az Overlandé volt a legjobb növényi kondíció, gyengébben teljesített a GSS 2259, leggyengébben a GSS 1477. 50%-os vízhiányban a GSS 2259-é volt a legmagasabb összpontszám, az Overland mindössze 0,5 ponttal kapott kevesebbet, a GSS 1447 viszont a legalacsonyabb értéket kapta. Optimális vízellátottságban az Overland teljesített a legjobban, a másik két hibrid gyengébb, de közel azonos növényi kondíciót mutatott (15. táblázat).

14. táblázat A csemegekukorica hibridek növényi fejlődést jellemző paraméterei eltérő vízellátottságban (Debrecen, 2013)

2013	Ö 0			Ö 1			Ö 2		
	LAI	NDVI	SPAD	LAI	NDVI	SPAD	LAI	NDVI	SPAD
GSS 1477	1,59±0,66 a	0,74±0,10 a	39,3±6,1 c	1,37±0,41 a	0,72±0,08 b	39,6±6,2 b	1,66±0,56 a	0,76±0,09 a	43,5±6,3 b
GSS 2259	1,43±0,32 a	0,75±0,07 a	41,3±5,3 b	1,56±0,46 a	0,75±0,08 a	41,5±5,9 a	1,82±0,58 a	0,78±0,08 a	43,4±7,6 b
Overland	1,66±0,51 a	0,75±0,08 a	45,0±5,8 a	1,57±0,66 a	0,75±0,08 a	41,1±7,2 ab	1,83±0,58 a	0,78±0,09 a	46,6±6,5 a
F érték	0,6 ⁿ	0,8 ⁿ	31,2*	0,6 ⁿ	2,9***	3,2***	0,3 ⁿ	1,6 ⁿ	8,4*

ⁿ=nincs szignifikáns különbség, * p < 0,1, ***p < 5,0; Az oszlopokban lévő betűk a fajták közötti szignifikáns különbséget jelölik SzD_{5%}-os szinten.

Ö0- nem öntözött, Ö1- 50%-os vízhiány, Ö2- optimális vízellátottság

15. táblázat A növényi kondíció pontozása a csemegekukorica hibridek közötti szignifikáns eltérések alapján (2013)

2013	Ö 0				Ö 1				Ö 2			
	LAI	NDVI	SPAD	Ö _{NK}	LAI	NDVI	SPAD	Ö _{NK}	LAI	NDVI	SPAD	Ö _{NK}
GSS 1477	1	1	1	3	1	1	1	3	1	1	1	3
GSS 2259	1	1	2	4	1	2	2	5	1	1	1	3
Overland	1	1	3	5	1	2	1,5	4,5	1	1	2	4

Ö0- nem öntözött, Ö1- 50%-os vízhiány, Ö2- optimális vízellátottság, Ö_{NK}-összesített növényi kondíció értékszáma

4.2. A termőképeséget jellemző paraméterek értékelése a vizsgálati években

4.2.1. Zöldbab

4.2.1.1. Termés

A vízellátottság jelentős mértékben befolyásolja a zöldbab termékenyülését, amely az áru és szabványon kívüli hüvelyek számával jellemezhető.

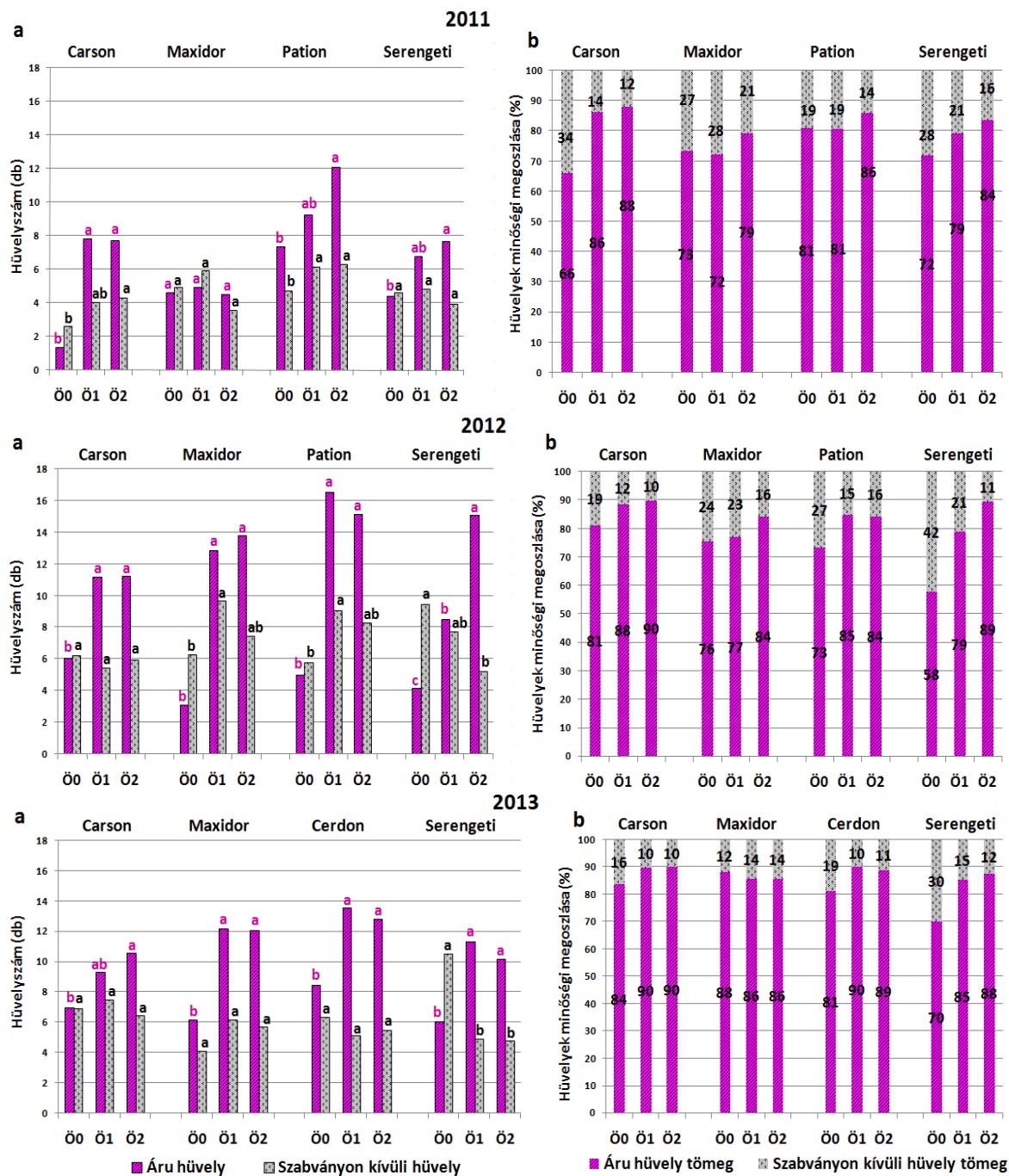
A betakarítás során a fajtánként kiválasztott növényegyedeken mértük a termékenyülést (áru és szabványon kívüli hüvelyek száma), valamint a hüvelyek minőségi megoszlását (áru és szabványon kívüli hüvelyek tömege) a különböző kezelésekben.

2011-ben a Carson érése természetes vízellátottságban (Ö0) rendkívül elhúzódott, kevés hüvely kötődött, aminek nagy része szabványon kívüli hüvely és hüvelykezdemény volt (16. ábra 2011 a). Az öntözött kezelések (Ö1, Ö2) között nem volt különbség, mindkettőben feleannyi szabványon kívüli hüvely termett, mint áruhüvely. A Maxidor gyenge vegetatív fejlődése a termésképzésre is hatott, minden kezelésben közel annyi konzervipari minőségű hüvely fejlődött, mint szabványon kívüli. Termésképzés szempontjából a Pation volt a legeredményesebb, a gyengébb vízellátottságú (Ö0, Ö1) kezelésekben 40%-al, optimális vízellátottságnál (Ö2) pedig 50%-al képződött több áruhüvely, mint szabványon kívüli. A Serengeti természetes vízellátottság mellett ugyanannyi áruhüvelyt termett, mint szabványon kívülit, 50%-os vízhiánynál 30%-al, optimális vízellátottságnál pedig 50%-al többet.

A képződött hüvelyek minőségi megoszlását a hüvelyek tömege alapján számítottuk. Az áru és szabványon kívüli hüvelyek arányában a legkifejezettebb eltérés a kezelések között a Serengetinél volt. Az áruhüvelyek aránya 50%-os vízhiánynál 7%-al, optimális vízellátottságnál pedig 12%-al volt magasabb, mint természetes csapadékelátottságnál. A Carsonnál az öntözött kezelések (Ö1, Ö2) között mindössze 2%-os eltérés volt a hüvelytömeg arányában, természetes vízellátottságnál viszont 20%-al kevesebb áruhüvely termett. A Maxidor és a Pation gyengébb vízellátottság esetén (Ö0, Ö1) közel azonos mennyiségű konzervipari hüvelyt termett, optimális vízellátottságnál ennél 5-7%-al többet (16. ábra 2011 b).

2012-ben a Maxidor és a Serengeti számára a rendelkezésre álló csapadék mennyisége (Ö0) rendkívül kevésnek bizonyult a megfelelő minőségű hüvelyek képződéséhez (16. ábra 2012 a). Esetükben kétszer annyi deformált, szabványon kívüli hüvely képződött, mint konzervipari, de a Carson és a Pation termésképzése is elnyúlt a

kevés csapadék miatt, így fele-fele arányban képződtek a hüvelyek. A Carson, a Maxidor és a Pation számára már az 50%-os vízhiányig telített talaj vízkészlete is elég volt a megfelelő mennyiségű áruhávely képzéséhez. Az öntözött kezelésekben (Ö1, Ö2) kétszerannyi áruhávely fejlődött ki, mint szabványon kívüli. A Serengeti erre csak optimális vízellátottságnál volt képes.



16. ábra A zöldbabfajták termékenysége és hüvelymínősége eltérő vízellátottságban

(Debrecen, 2011-2013)

(Ö0- nem öntözött, Ö1- 50%-os vízhiány, Ö2- optimális vízellátottság)

(az azonos színű, de különböző betűk a szignifikáns különbséget jelentik SzD_{5%}-os szinten)

A hüvelyek minőségi eloszlásában a kezelések közötti különbség az előző évhez hasonlóan a Serengetinél volt a legkifejezettebb. 50%-os vízhiánynál 21%-al, optimális vízellátottságnál pedig 31%-al termett több áruhüvelyt, mint nem öntözött körülmények között. Az öntözött kezelésekben (Ö1, Ö2) a Carson és a Pation termésének minőségi eloszlása hasonló volt, nem öntözött kezelésben (Ö0) 7-9% és 11-12%-al csökkent az áruhüvely mennyisége. A Maxidor gyengébb vízellátottságnál (Ö0, Ö1) képzett hasonló mennyiségű áru és szabványon kívüli hüvelyt, optimális vízellátottságnál ennél 7-8%-al lett jobb a termés (16. ábra 2012 b).

2013-ban a tenyészidőszak elején hullott jelentős mennyiségű csapadék (103,2 mm) kedvezően hatott az öntözésben nem részesülő növények többségének fejlődésére, így már Ö0 kezelésben azonos mennyiségű, vagy 25-50%-al több áruhüvelyt teremtek, mint szabványon kívülit (16. ábra 2013 a). A Serengeti rendkívül érzékeny a környezeti hatásokra, így hiába volt a kezdeti fejlődéshez megfelelő a vízellátás, esetében a virágzás alatti csapadékhiány a szabványon kívüli hüvelyek képződésének kedvezett. Az öntözés ebben az évjáratban a Carsonnál okozott kisebb különbséget az áru és szabványon kívüli hüvelyek számában, a többi fajtánál 50-60%-al több áruhüvely termett, mint szabványon kívüli.

A hüvelyek minőségi megoszlásában kisebb mértékű különbségek voltak a kezelések között, mint az előző években. A Maxidor mindössze 2%-al termett kevesebb szabványon kívüli hüvelyt természetes csapadékelátottságnál (Ö0), mint az öntözött kezelésekben (Ö1, Ö2). A Carsonnál 5%-al, a Cerdonnál 8-9%-al képződött kevesebb szabványon kívüli hüvely öntözés hatására. A legnagyobb különbség ebben az évben is a Serengetinél volt a kezelések hüvelyminőségében, természetes vízellátottságnál 15-18%-al képződött több szabványon kívüli, mint áruhüvely (16. ábra 2013 b).

4.2.1.2. Termőképességet jellemző paraméterek értékelése

Különböző vízellátottságban az egyes fajták termőképességének kifejezésére a kijelölt növényegyedeken mért áru- és a szabványon kívüli hüvelyek átlagos tömegét, valamint a parcellatermések $t\ ha^{-1}$ -ban kifejezett termésátlagát használtuk. A hüvelytömeg a parcellákban termett áru és szabványon kívüli hüvelyek össz súlyát jelenti $t\ ha^{-1}$ -ban kifejezve.

A termőképességet jellemző paramétereknél a fajták közötti különbségek különböző szinteken bizonyultak szignifikánsnak, amit a táblázatokban *-al jelöltünk.

A hüvelyek hossza és vastagsága határozza meg a hüvelyek súlyát. 2011-ben természetes csapadékellátottságnál (Ö0) Maxidor, a Pation és a Serengeti szignifikánsan azonos, magas eredményeket adott az áruhávelyek átlagos tömegében, ennél lényegesen alacsonyabb értéket ért el a Carson (16. táblázat). A szabványon kívüli hüvelyek tömegében is az előzőhöz hasonló szignifikáns különbség volt a három fajta és a Carson között, viszont a deformált hüvelyek tömegét is meghatározza a fajta hüvelytípusa, így statisztikailag a legmagasabb értéket a Maxidor érte el, a legalacsonyabbat a Carson. A Pation és a Serengeti pedig szignifikánsan nem különbözött sem a Maxidortól, sem a Carsonától. A parcellatermés alapján számolt t ha⁻¹-ban kifejezett áru- és hüvelytömeg a Pationnál és a Serengetinél volt a magasabb, mivel gyengébb csapadékellátottság mellett is konzervipari minőségű hüvelyek fejlődtek ki. Száraz körülmények között a Maxidor és a Carson kevesebb áruhávelyt és nagyobb mennyiségű szabványon kívüli hüvelyt termelt.

16. táblázat: A zöldbab termőképességét jellemző paraméterek változása eltérő vízellátásban (Debrecen, 2011)

2011 Ö0				
	Áru hüvely tömeg (g)	Szabv.on kívüli hüvely tömeg (g)	Áru hüvely (t ha ⁻¹)	Hüvelytömeg (t ha ⁻¹)
Carson	3,39±5,34 b	1,75±1,95 b	0,69±0,72 b	1,07±0,94 bc
Maxidor	19,21±26,34 a	7,00±6,25 a	0,37±0,30 b	0,43±0,37 c
Pation	17,80±14,36 a	4,17±2,65 ab	2,90±1,55 a	4,13±2,15 a
Serengeti	14,23±13,82 a	5,58±5,54 ab	2,04±1,07 a	2,49±1,24 ab
F érték	5,6**	6,6*	9,8*	10,8*

Ö1				
	Áru hüvely tömeg (g)	Szabv.on kívüli hüvely tömeg (g)	Áruhávely (t ha ⁻¹)	Hüvelytömeg (t ha ⁻¹)
Carson	35,25±22,61 a	5,61±4,28 a	6,37±1,73 b	7,66±2,02 b
Maxidor	21,53±18,53 a	8,32±5,41 a	0,60±0,14 c	0,73±0,20 c
Pation	32,83±30,20 a	7,90±5,00 a	13,20±2,21 a	14,35±2,45 a
Serengeti	24,50±18,75 a	6,43±5,37 a	6,41±0,71 b	7,75±0,93 b
F érték	1,9 ⁿ	1,5 ⁿ	85,9*	74,9*

Ö2				
	Áru hüvely tömeg (g)	Szabv.on kívüli hüvely tömeg (g)	Áruhávely (t ha ⁻¹)	Hüvelytömeg (t ha ⁻¹)
Carson	41,27±26,87 a	5,68±4,04 a	11,33±3,20 b	11,86±3,26 b
Maxidor	20,55±18,35 b	5,40±5,37 a	0,70±0,48 c	0,77±0,55 c
Pation	43,07±20,69 a	7,10±4,30 a	15,73±2,22 a	16,64±2,70 a
Serengeti	32,13±26,64 ab	6,33±5,17 a	8,73±1,10 b	9,55±1,72 b
F érték	4,4**	0,5 ⁿ	61,8*	53,5*

ⁿ=nincs szignifikáns különbség, *p < 0,1, **p < 1,0, ***p < 5,0; Az oszlopokban lévő betűk a fajták közötti szignifikáns különbséget jelölik SzD_{5%}-os szinten. (Ö0- nem öntözött, Ö1-50%-os vízhiány, Ö2- optimális vízellátottság)

50%-os vízhiányban (Ö1) az áru- és szabványon kívüli hüvelyek tömegében nem volt szignifikáns különbség a fajták között. A $t \text{ ha}^{-1}$ -ban kifejezett áruhüvely súly és hüvelytömeg esetében a fajták között szignifikáns különbségek voltak. Szignifikánsan a legtöbb termést a Pation, ennek 48-54%-át a Carson és a Serengeti, a legkevesebbet pedig a Maxidor produkálta.

Optimális vízellátottság (Ö2) mellett az áruhüvelyek tömege a Maxidornál volt a legalacsonyabb, a Carson és a Pation hüvelyének átlagos tömege kétszer akkora volt, a Serengeti statisztikailag nem mutatott eltérést tőlük. A fajták között a szabványon kívüli hüvelyek tömegében nem volt statisztikailag kimutatható eltérés. A szignifikánsan legkisebb termésátlag ($t \text{ ha}^{-1}$) a Maxidor, a legnagyobb a Pation parcelláiban termett. A Carson és a Serengeti $t \text{ ha}^{-1}$ -ban kifejezett áruhüvely termése szignifikánsan nem különbözött (16. táblázat).

A termőképességet a vizsgált paraméterekben jelentkező szignifikáns különbségek szerint pontoztuk. Az áru hüvely tömeg, valamint a $t \text{ ha}^{-1}$ -ban kifejezett termésmennyiség esetében a legkisebb szignifikáns eredményt adó fajta 1 pontot, a szignifikánsan nagyobb eredményt mutató zöldbab 2 pontot, a legnagyobb szignifikáns eredménnyel jelentkező fajta pedig 3 pontot kapott. A szabványon kívüli hüvely tömeg esetében fordított sorrendben pontoztunk: a legkevesebb szabványon kívüli hüvelyt termő növény kapta a magasabb pontszámot, a többet termő pedig az alacsonyabbat. Szignifikánsan azonos eredmények esetén azonos pontszámot adtunk. A termőképességet jellemző paraméterekre adott pontszámok összegzése után (Ö_T) megállapítottuk, hogy melyik kezelésben melyik fajta érte el a legjobb termőképességet. 2011-ben a szignifikáns különbségek alapján adott pontszámok összegzése után megállapítottuk, hogy a termőképesség teljes mértékben összhangban van a növényi kondícióval (17. táblázat). Minden kezelésben a legjobb növényi kondícióval rendelkező Pation érte el a legjobb terméseredményeket, leggyengébben a Maxidor szerepelt. A többi fajta esetében természetes vízellátottságnál a sorrend a növényi kondíciónak megfelelően alakult (2. Serengeti, 3. Carson), 50%-os vízhiánynál a Carson és a Serengeti termőképessége azonos volt, optimális vízellátottságnál a Carson ért el jobb terméseredményt, mint a Serengeti.

17. táblázat: A termőképességet jellemző paraméterek pontozása a zöldbabfajták közötti szignifikáns különbségek alapján (2011)

2011					
Ö0					
	Áru hüvely tömeg (g)	Szabv.on kívüli hüvely tömeg (g)	Áruhüvely (t ha ⁻¹)	Hüvelytömeg (t ha ⁻¹)	Ö _T
Carson	1	2	1	1,5	5,5
Maxidor	2	1	1	1	5
Pation	2	1,5	2	3	8,5
Serengeti	2	1,5	2	2,5	8

Ö1					
	Áru hüvely tömeg (g)	Szabv.on kívüli hüvely tömeg (g)	Áruhüvely (t ha ⁻¹)	Hüvelytömeg (t ha ⁻¹)	Ö _T
Carson	1	1	2	2	6
Maxidor	1	1	1	1	4
Pation	1	1	3	3	8
Serengeti	1	1	2	2	6

Ö2					
	Áru hüvely tömeg (g)	Szabv.on kívüli hüvely tömeg (g)	Áruhüvely (t ha ⁻¹)	Hüvelytömeg (t ha ⁻¹)	Ö _T
Carson	2	1	2	2	7
Maxidor	1	1	1	1	4
Pation	2	1	3	3	9
Serengeti	1,5	1	2	2	6,5

Ö0- nem öntözött, Ö1-50%-os vízhiány, Ö2- optimális vízellátottság, Ö_T- összesített termőképesség értékszám

2012-ben természetes vízellátottságnál a termőképességet kifejező paraméterek közül az egyedenként képződött átlagos áruhüvely tömeg szignifikánsan a Carsonnál volt a legmagasabb (18. táblázat). Az áruhüvelyek tömege a Serengetinél volt a legalacsonyabb, a Pation és a Maxidor értékei magasabbak voltak, de statisztikailag azonosak a másik két fajta értékeivel. A Serengeti szabványon kívüli hüvelyének átlagos tömege volt szignifikánsan a legmagasabb, a Maxidoré ennek fele, a Carson és a Pation értékei szignifikánsan nem különböztek a másik két fajtaétól. A Maxidor és a Pation t ha⁻¹-ban kifejezett átlagos parcellatermése szignifikánsan azonos és a legalacsonyabb volt, nagyobb hüvelytermés képződött a Serengeti, a legnagyobb a Carson parcelláiban.

50%-os vízhiányban az áruhüvelyek tömege szintén a Serengetinél volt a legalacsonyabb, a másik három fajtánál ennél szignifikánsan magasabb, statisztikailag azonos értékeket mértünk. A deformált hüvelyek súlya a Carsonnál és a Serengetinél szignifikánsan azonos és a legalacsonyabb, a Pationé ennél 64-70%-al magasabb, a Maxidoré pedig a duplája. A fajták közötti különbségek nem bizonyultak szignifikánsnak az áruhüvely (t ha⁻¹) és a hüvelytömeg (t ha⁻¹) esetében.

Optimális vízellátottságnál az áruhávelyek tömegében nem voltak szignifikáns eltérések a fajták között. A szabványon kívüli hüvelyek tömege a Maxidornál és a Pationnál szignifikánsan azonos volt és a másik két fajta értékeinél magasabb értéket adott. Az átlagos parcellatermés ($t\ ha^{-1}$) esetében a Carson hüvelytömegei voltak a legnagyobbak, ennél szignifikánsan alacsonyabb volt a Pation (-36,4-43,5%) és a Maxidor (-66,5-68,5%) termése is. A Serengeti termésátlaga az áruhávelyek esetében nem különbözött a Carsonétól és a Pationétól, a hüvelytermésnél pedig a Carsonnal szignifikánsan megegyező, magas értéket produkált.

18. táblázat: A zöldbab termőképességét jellemző paraméterek változása eltérő vízellátásban (Debrecen, 2012)

2012				
	Ö0			
	Áru hüvely tömeg (g)	Szabv.on kívüli hüvely tömeg (g)	Áruhávely ($t\ ha^{-1}$)	Hüvelytömeg ($t\ ha^{-1}$)
Carson	17,25±7,31 a	4,04±2,22 ab	2,64±1,52 a	3,80±1,95 a
Maxidor	10,13±11,02 ab	3,27±3,11 b	0,20±0,00 c	0,27±0,00 c
Pation	14,61±18,83 ab	5,30±5,34 ab	0,29±0,19 c	0,42±0,26 c
Serengeti	8,54±7,87 b	6,25±3,19 a	1,15±0,48 b	2,13±0,48 b
F érték	2,9***	2,9***	27,2*	37,5*

Ö1				
	Áru hüvely tömeg (g)	Szabv.on kívüli hüvely tömeg (g)	Áruhávely ($t\ ha^{-1}$)	Hüvelytömeg ($t\ ha^{-1}$)
Carson	48,66±22,85 a	6,41±4,09 c	6,70±2,58 a	8,15±2,96 a
Maxidor	47,89±16,30 a	14,21±5,30 a	5,67±0,87 a	7,36±1,35 a
Pation	61,07±49,96 a	10,90±7,08 b	6,62±2,64 a	8,21±3,10 a
Serengeti	24,57±12,30 b	6,63±4,83 c	5,63±1,32 a	6,93±1,55 a
F érték	7,5*	11,0*	1,2 ⁿ	0,9 ⁿ

Ö2				
	Áru hüvely tömeg (g)	Szabv.on kívüli hüvely tömeg (g)	Áruhávely ($t\ ha^{-1}$)	Hüvelytömeg ($t\ ha^{-1}$)
Carson	57,30±32,31 a	6,47±4,27 b	10,38±4,28 a	12,65±4,62 a
Maxidor	60,25±38,09 a	11,30±7,83 a	3,27±0,14 c	4,24±0,28 c
Pation	57,50±49,50 a	10,70±7,70 a	6,60±4,59 b	7,15±4,63 b
Serengeti	52,33±23,87 a	6,27±5,14 b	8,67±2,31 ab	11,12±2,41 a
F érték	0,2 ⁿ	4,8**	12,8*	18,0*

ⁿ=nincs szignifikáns különbség, *p < 0,1, **p < 1,0, ***p < 5,0; Az oszlopokban lévő betűk a fajták közötti szignifikáns különbséget jelölik SzD_{5%}-os szinten. (Ö0- nem öntözött, Ö1-50%-os vízhiány, Ö2- optimális vízellátottság)

A termőképesség pontozása után megállapítottuk, hogy a kezelésekben a Carson termőképessége volt a legjobb (19. táblázat). Nem öntözött körülmények között a többi fajta hasonló termőképességi értékeket ért el. 50%-os vízhiánynál a Carson után a kezelésben legjobb kondícióban lévő Pation kapta a legmagasabb összpontszámot. A Serengeti termőképessége ezzel megegyezett, a Maxidoré volt a leggyengébb. Optimális

vízellátottságnál a Maxidor kapta a legalacsonyabb összpontszámot. A kezelésben legjobb növényi kondícióval rendelkező Pation és Serengeti, a Carsonnál 1-1,5 pontszámmal kapott kevesebbet.

19. táblázat: A termőképességet jellemző paraméterek pontozása a zöldbabfajták közötti szignifikáns különbségek alapján (2012)

2012					
Ö0					
	Áru hüvely tömeg (g)	Szabv.on kívüli hüvely tömeg (g)	Áruhüvely (t ha ⁻¹)	Hüvelytömeg (t ha ⁻¹)	Ö _T
Carson	2	1,5	3	3	9,5
Maxidor	1,5	2	1	1	5,5
Pation	1,5	1,5	1	1	5
Serengeti	1	1	2	2	6

Ö1					
	Áru hüvely tömeg (g)	Szabv.on kívüli hüvely tömeg (g)	Áruhüvely (t ha ⁻¹)	Hüvelytömeg (t ha ⁻¹)	Ö _T
Carson	2	3	1	1	7
Maxidor	2	1	1	1	5
Pation	2	2	1	1	6
Serengeti	1	3	1	1	6

Ö2					
	Áru hüvely tömeg (g)	Szabv.on kívüli hüvely tömeg (g)	Áruhüvely (t ha ⁻¹)	Hüvelytömeg (t ha ⁻¹)	Ö _T
Carson	1	2	3	2	8
Maxidor	1	1	1	1	4
Pation	1	1	2	3	7
Serengeti	1	2	1,5	2	6,5

Ö0- nem öntözött, Ö1-50%-os vízhiány, Ö2- optimális vízellátottság, Ö_T- összesített termőképesség értékszáma

2013-ban természetes vízellátottságnál az áruhüvelyek tömegében nem volt szignifikáns különbség a fajták között (20. táblázat). A szabványon kívüli hüvelyek tömege a Maxidornál volt a legalacsonyabb, a többi fajtánál ennél szignifikánsan kétszer-háromszor nagyobb súlyú, de statisztikai értelemben azonos mennyiség termett. Az áruhüvelyek t ha⁻¹-ban kifejezett átlagtömege a Maxidornál volt szignifikánsan a legmagasabb, a Serengetinél a legalacsonyabb, a Carson és a Cerdon áruhüvelyeinek átlagtömege szignifikánsan nem különbözött a másik két fajtaétól. Az átlagos hüvelytömeg (t ha⁻¹) szintén a Maxidornál volt a legmagasabb, a többi fajtaé ennél 33-52%-al volt kevesebb, de ezek a mennyiségek szignifikánsan azonosnak bizonyultak. 50%-os vízhiányban a fajták közötti különbségek a szabványon kívüli hüvelyek tömegében nem voltak szignifikánsak. Az áruhüvelyek tömege a hüvelyek típusából adódóan a Carsonnál volt a legmagasabb, a Serengetinél a legalacsonyabb, a Maxidor és a Cerdon áru hüvelyeinek tömege szignifikánsan nem különbözött a másik két fajta

értékeitől. A legtöbb áruhévelyt t ha⁻¹-ban a Cerdon termelte, ennél kevesebb (-11,1-25,1%), de szignifikánsan azonos mennyiség termelt a Maxidor és a Serengeti parcelláiban, a legkevesebb (-58,1%) a Carsonéban. A Maxidor, a Cerdon és a Serengeti parcelláiban termelt hüvelyek mennyisége statisztikailag azonos volt, ezeknél szignifikánsan kevesebbet takarítottunk be a Carson parcelláiból.

Optimális vízellátottságnál az áruhévelyek átlagtömege (t ha⁻¹) a Serengetinél volt a legalacsonyabb, ennél szignifikánsan +14,2% termelt több a Carson, +59,2% a Cerdon és +94,6%-al a Maxidor parcelláiban. A parcellánként betakarított hüvelymennyiség a Carsonnál és a Serengetinél volt a legalacsonyabb, a Cerdon ennél 42,3-51,2%-al, a Maxidor 77,6-88,7%-al termelt többet.

20. táblázat: A zöldbab termőképességét jellemző paraméterek változása eltérő vízellátásban (Debrecen, 2013)

2013				
Ö0				
	Áru hüvely tömeg (g)	Szabv.on kívüli hüvely tömeg (g)	Áruhévely (t ha ⁻¹)	Hüvelytömeg (t ha ⁻¹)
Carson	26,15±16,66 a	5,16±4,42 a	4,02±0,88 ab	4,45±0,93 b
Maxidor	15,60±5,76 a	2,09±1,72 b	5,52±0,00 a	7,30±0,00 a
Cerdon	20,30±12,05 a	4,73±2,87 a	4,15±1,77 ab	4,89±2,11 b
Serengeti	15,15±14,39 a	6,52±4,01 a	2,84±1,58 b	3,52±1,71 b
F érték	2,6 ⁿ	3,5***	3,3***	4,8**

Ö1				
	Áru hüvely tömeg (g)	Szabv.on kívüli hüvely tömeg (g)	Áruhévely (t ha ⁻¹)	Hüvelytömeg (t ha ⁻¹)
Carson	50,00±25,87 a	5,47±4,12 a	3,87±1,70 c	4,22±1,65 b
Maxidor	43,1±23,15 ab	7,27±7,72 a	8,27±0,00 b	10,19±0,00 a
Cerdon	37,33±16,98 ab	4,66±2,80 a	9,23±3,49 a	8,99±3,78 a
Serengeti	31,60±18,42 b	4,50±2,69 a	6,91±0,77 b	7,66±0,96 a
F érték	2,9***	1,2 ⁿ	6,9**	7,2**

Ö2				
	Áru hüvely tömeg (g)	Szabv.on kívüli hüvely tömeg (g)	Áruhévely (t ha ⁻¹)	Hüvelytömeg (t ha ⁻¹)
Carson	47,35±23,73 a	5,37±3,59 a	7,60±0,41 c	7,88±0,38 c
Maxidor	43,80±17,93 a	7,30±4,47 a	12,94±0,00 a	14,00±0,00 a
Cerdon	43,43±17,28 a	4,84±2,36 a	10,59±1,10 b	11,22±0,91 b
Serengeti	35,40±25,79 a	6,20±6,38 a	6,65±0,58 d	7,42±0,51 c
F érték	1,1 ⁿ	1,0 ⁿ	84,2*	131,8*

ⁿ=nincs szignifikáns különbség, *p < 0,1, **p < 1,0, ***p < 5,0; Az oszlopokban lévő betűk a fajták közötti szignifikáns különbséget jelölik SzD_{5%}-os szinten. (Ö0- nem öntözött, Ö1-50%-os vízhiány, Ö2- optimális vízellátottság)

A 2013-as évben a zöldbabbajták termőképességét kifejező paraméterekben jelentkező szignifikáns különbségek pontozása után (21. táblázat) megállapítottuk, hogy természetes vízellátottságnál a legjobb növényi kondícióval rendelkező Maxidornak volt a legjobb a termőképessége. A Carson és a Cerdon termőképességi paraméterei

összességében jobbak voltak, mint a Serengeti, annak ellenére hogy a LAI, NDVI és SPAD értékek alapján azonos kondícióval rendelkeztek. 50%-os vízhiányban a Cerdon és a Maxidor tudott a legjobban alkalmazkodni a körülményekhez, így növényi kondícióban és termőképességben is a legjobbak voltak. Optimális vízellátottságnál is a Maxidor és a Cerdon érte el a magasabb összpontszámot ($\bar{O}_T$), a Carson jobb termőképességi mutatókkal rendelkezett, mint a Serengeti.

21. táblázat: A termőképességet jellemző paraméterek pontozása a zöldbabfajták közötti szignifikáns különbségek alapján (2013)

2013					
Ö0					
	Áru hüvely tömeg (g)	Szabv.on kívüli hüvely tömeg (g)	Áruhüvely (t ha ⁻¹)	Hüvelytömeg (t ha ⁻¹)	$\bar{O}_T$
Carson	1	1	1,5	1	4,5
Maxidor	1	2	2	2	7
Cerdon	1	1	1,5	1	4,5
Serengeti	1	1	1	1	4

Ö1					
	Áru hüvely tömeg (g)	Szabv.on kívüli hüvely tömeg (g)	Áruhüvely (t ha ⁻¹)	Hüvelytömeg (t ha ⁻¹)	$\bar{O}_T$
Carson	2	1	1	1	5
Maxidor	1,5	1	2	2	6,5
Cerdon	1,5	1	3	2	7,5
Serengeti	1	1	2	2	6

Ö2					
	Áru hüvely tömeg (g)	Szabv.on kívüli hüvely tömeg (g)	Áruhüvely (t ha ⁻¹)	Hüvelytömeg (t ha ⁻¹)	$\bar{O}_T$
Carson	1	1	2	1	5
Maxidor	1	1	4	3	9
Cerdon	1	1	3	2	7
Serengeti	1	1	1	1	4

Ö0- nem öntözött, Ö1-50%-os vízhiány, Ö2- optimális vízellátottság, $\bar{O}_T$ - összesített termőképesség értékszáma

A 2013-as évben a rendelkezésre álló fajtakinálat változott, így a Pation helyett a Cerdon fajtát vontuk be a kísérletbe, de a 2011-es és 2012-es évben használt fajtákról a két év tapasztalatai alapján is vonhatunk le néhány következtetést. Az összesített növényi fejlődést (22. táblázat) és termőképességet (23. táblázat) jellemző pontszámok alapján a Carson növényi kondíciója és terméseredményei optimális vízellátottságban a legjobbak. A Maxidor ebben a két évben a fejlődés korai szakaszában bekövetkezett károsodásokat az öntözés ellenére sem tudta kiheverni. A Pation növényi kondíciója és terméseredményei öntözés hatására javulnak. A Serengeti a szárazabb körülményeket jobban elviseli a többi fajtánál.

22. táblázat Zöldbabbajták fejlődésének intenzitása eltérő vízellátásban 2011-2012

	Ö0			Ö1			Ö2		
	2011	2012	Ö _{NK}	2011	2012	Ö _{NK}	2011	2012	Ö _{NK}
Carson	4	5	9	5	3,5	8,5	5	5,5	10,5
Maxidor	3	3	6	4	4	8	4	4	8
Pation	7	4	11	7	7	14	7	6,5	13,5
Serengeti	5,5	6	11,5	6	4,5	10,5	6	6,5	12,5

Ö0- nem öntözött, Ö1-50%-os vízhiány, Ö2- optimális vízellátottság, Ö_{NK}-összesített növényi kondíció értékszáma

23. táblázat Zöldbabbajták terméstermőképessége eltérő vízellátottságban 2011-2012

	Ö0			Ö1			Ö2		
	2011	2012	Ö _T	2011	2012	Ö _T	2011	2012	Ö _T
Carson	5,5	9,5	15	6	7	13	7	8	15
Maxidor	5	5,5	10,5	4	5	9	4	4	8
Pation	8,5	5	13,5	8	6	14	9	7	16
Serengeti	8	6	14	6	6	12	6,5	6,5	13

Ö0- nem öntözött, Ö1-50%-os vízhiány, Ö2- optimális vízellátottság, Ö_T- összesített termőképesség értékszáma

4.2.1.3. Beltartalom

A zöldbab esetében a hüvelyérés alatti vízellátás, a légköri hőmérséklet és a talaj hőmérséklet befolyásolja a tápanyagfelvételt, hasznosulást és ezen keresztül a termék élelmi minőségét. Csapadékszegény években a zöldbabhüvely szárazanyag, fehérje, és nyersrost tartalma is nő (24. táblázat).

24. táblázat: Zöldbab termék minősége kezelések átlagában, aszályos években (2011-2013)

Év	Szárazanyag %	Fehérje %	Nyersrost %
2011	9,62±1,32 b*	1,91±0,36 b*	1,01±0,18 b*
2012	13,07±3,31 a*	2,74±0,76 a*	1,74±0,48 a*
2013	11,90±2,98 a*	1,57±0,43 b*	1,51±0,41 a*

* eredeti anyagra vonatkoztatva, p=0,05; Az oszlopokban lévő betűk az évek közötti szignifikáns különbséget jelölik SzD_{5%}-os szinten.

25. táblázat: Vízellátás hatása a zöldbabtermés minőségére 2011-2013

Kezelés	Szárazanyag %	Fehérje %	Nyersrost %
Ö0	13,01±3,14 a*	2,40±0,87 a*	1,58±0,53 a*
Ö1	11,43±2,91 ab*	2,09±0,69 ab*	1,44±0,51 ab*
Ö2	10,14±2,34 b*	1,73±0,45 b*	1,24±0,37 b*

* eredeti anyagra vonatkoztatva, p=0,05; Az oszlopokban lévő betűk a kezelések közötti szignifikáns különbséget jelölik SzD_{5%}-os szinten. (Ö0- nem öntözött, Ö1-50%-os vízhiány, Ö2- optimális vízellátottság)

A három év vízhiányos körülmények (Ö1) mért beltartalom paraméterei nem különböznek a másik két kezelés értékeitől, de a nem öntözött növények (Ö0) szárazanyag, fehérje és nyersrosttartalma lényegesen magasabb, mint optimális vízellátásban (Ö2) (25. táblázat).

A fajták közötti különbségek optimális vízellátottságban (Ö2) mutatkoztak meg a leginkább, vízhiányos kezelésben (Ö1) pedig csak a fehérjetartalomban voltak különbség közöttük. Nem öntözött körülmények között (Ö0) a fajták fehérjetartalma nem különbözött, a szárazanyag és nyersrosttartalma a Serengetinek volt a legmagasabb.

Minden fajta esetében az öntözés nélküli növények hüvelyének beltartalmi értékei lényegesen magasabbak, mint az öntözött növényeké. A kezelésekben a legnagyobb szárazanyag fehérje és nyersrosttartalma a Serengeti fajta hüvelytermésének volt. Az eredmények alapján megállapítható, hogy ez a zöldhüvelyű fajta a legérzékenyebb a vízhiányra, magas rosttartalma miatt hüvelyei hamar üregesednek, viszont magas fehérjetartalma miatt jó élelmi minőségű. A sárgahüvelyű fajták közül a Carson fehérjetartalma magasabb, viszont vízhiányra érzékenyebb, mint a Maxidor: nyersrosttartalma 40%-al nő a kedvezőtlen vízellátottság hatására (26. táblázat).

26. táblázat: Vízellátás hatása a zöldbabfajták termés minőségére az évek átlagában (2011-2013)

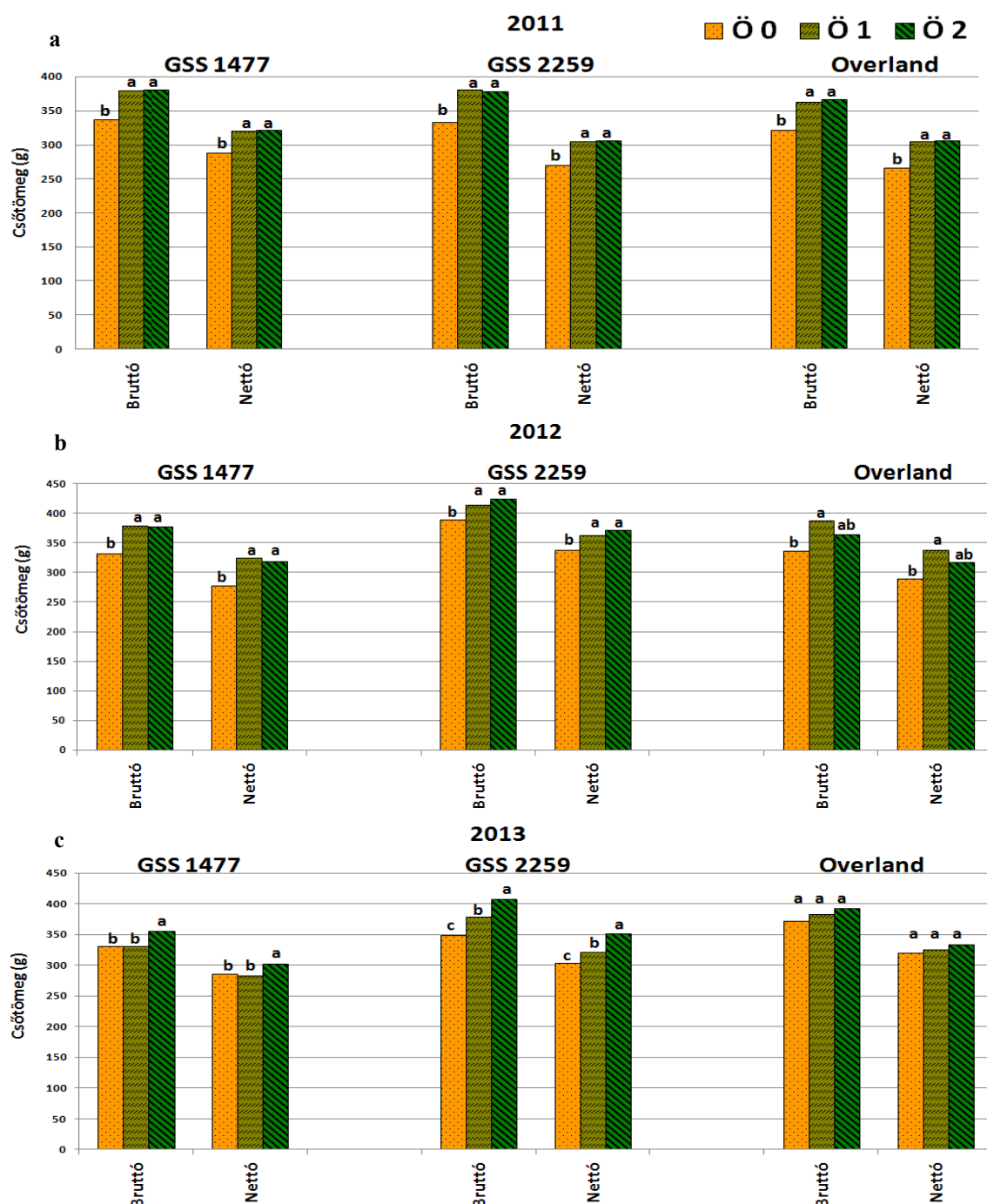
	Szárazanyag %	Fehérje %	Nyersrost %
Fajta	Ö0		
<i>Zöldhüvelyű</i>			
Serengeti	16,46±4,46 a**	3,04±1,11 a*	2,15±0,69 a**
Pation	11,75±0,35 b**	2,30±0,40 a*	1,29±0,39 b**
Cerdon	13,35 ab**	1,72 a*	1,35 b**
<i>Sárgahüvelyű</i>			
Carson	12,37±1,36 b**	2,24±0,83 a*	1,46±0,44 b**
Maxidor	10,93±2,40 b**	2,21±1,13 a*	1,39±0,32 b**
	Ö1		
<i>Zöldhüvelyű</i>			
Serengeti	14,29±4,71 a*	2,76±0,81 a**	1,91±0,69 a*
Pation	10,41±2,39 a*	1,86±0,46 ab**	1,14±0,43 a*
Cerdon	10,92 a*	1,64 b**	1,32 a*
<i>Sárgahüvelyű</i>			
Carson	10,42±0,82 a*	1,97±0,65 ab**	1,27±0,36 a*
Maxidor	10,44±2,07 a*	1,86±0,69 ab**	1,38±0,49 a*
	Ö2		
<i>Zöldhüvelyű</i>			
Serengeti	13,11±3,12 a*	2,23±0,32 a**	1,64±0,44 a**
Pation	8,93±1,08 b*	1,58±0,19 b**	0,94±0,21 b**
Cerdon	9,92 b*	1,53 b**	1,31 ab**
<i>Sárgahüvelyű</i>			
Carson	9,17±0,33 b*	1,55±0,53 b**	1,05±0,10 b**
Maxidor	9,02±1,34 b*	1,57±0,47b**	1,23±0,38 ab**

Az oszlopokban a különböző betűk *p=0,05, **p=0,1 szinten szignifikáns különbséget jelölnek. †egyéves vizsgálat (2013) Az oszlopokban lévő betűk a fajták közötti szignifikáns különbséget jelölik SzD_{5%}-os szinten. (Ö0- nem öntözött, Ö1-50%-os vízhiány, Ö2- optimális vízellátottság)

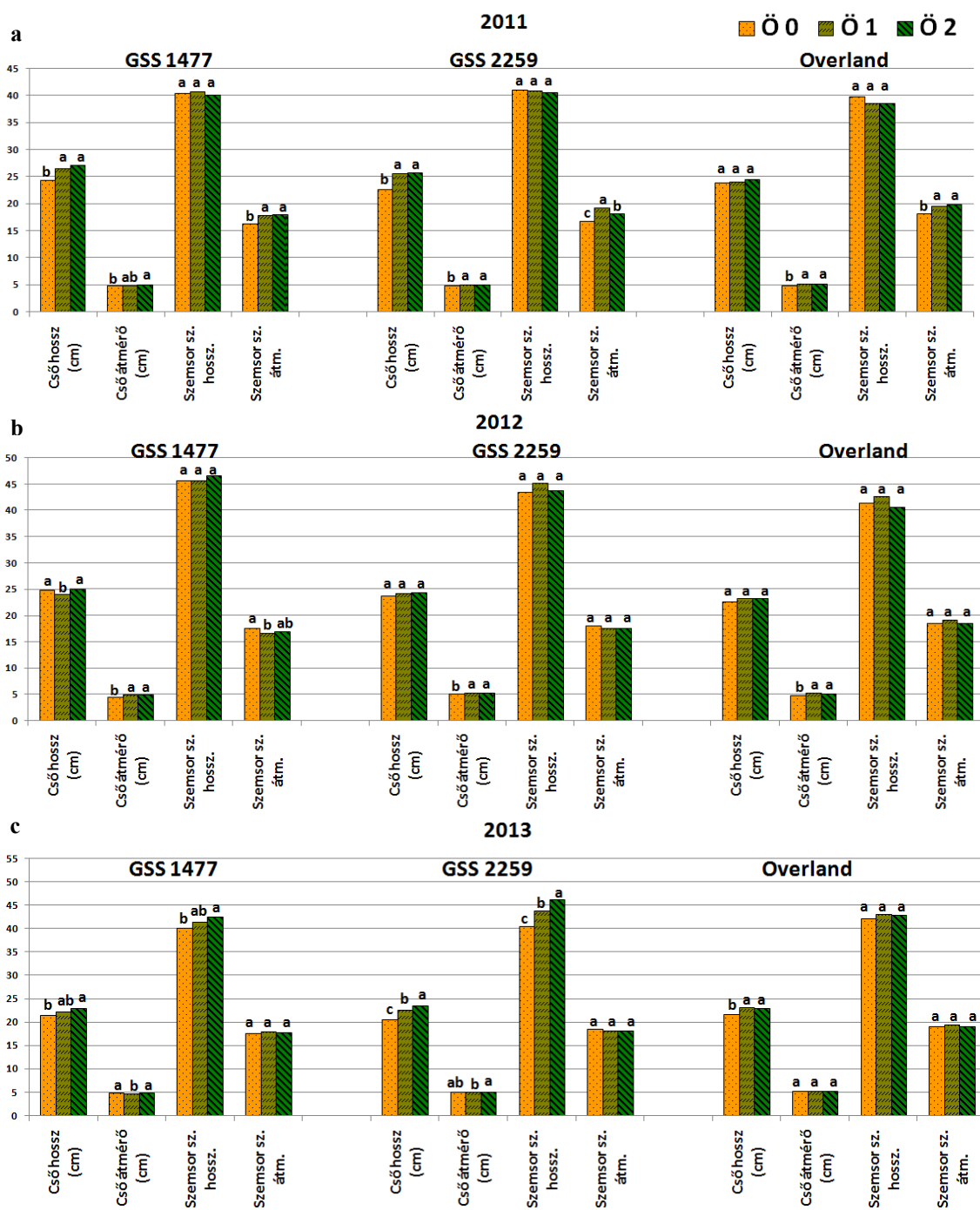
4.2.2. Csemegekukorica

4.2.2.1. Termés

A betakarítás során hibridenként a kijelölt növényeken mértük a fosztatlan (bruttó) és fosztott (nettó) csőtömeget, a csőhosszt, a csőátmérőt, valamint a szemsorok számát a cső hosszán és a keresztmetszete mentén.



17. ábra: A csemegekukorica bruttó (fosztatlan) és nettó (fosztott) csőtömege eltérő vízellátottságban (Ö0- nem öntözött, Ö1- 50%-os vízhiány, Ö2- optimális vízellátottság) (a különböző betűk a kezelések közötti szignifikáns különbséget jelentik SzD_{5%}-os szinten)



18. ábra: A csemegekukorica csőhossza, csőátmérője és szemsorainak száma eltérő vízellátottságban (Ö0- nem öntözött, Ö1- 50%-os vízhiány, Ö2- optimális vízellátottság)
(a különböző betűk a kezelések közötti szignifikáns különbséget jelentik SzD_{5%}-os szinten)

A 2011-es mérések alapján a fosztatlan (bruttó) és a fosztott (nettó) csőtömeg egyenes arányban állt egymással így hibridenként a kezelések közötti különbségek mindkét esetben azonosak voltak (17.a ábra). Az öntözött kezelésekben (Ö1, Ö2) mért csőtömegek között nem volt szignifikáns különbség, a nem öntözött parcellák

csőtömege viszont a GSS 1477 esetében 11%-al, a GSS 2259-é és az Overlandé pedig 13%-al volt alacsonyabb az optimális vízellátottságban mértnél.

A GSS 1477 és GSS 2259 hibridek csőhosszában szignifikáns különbség volt az öntözött (Ö1, Ö2) kezelésekben és a nem öntözöttben mért értékek között (18.a ábra). A GSS 1477 nem öntözött körülmények között mért 24,27 cm-es átlagos csőhosszát 50%-os vízhiányban 2 cm-rel, optimális vízellátottságban pedig 3 cm-rel növelte meg, ennek ellenére a szemsorok száma a cső hosszában nem változott. A csőátmérő szintén szignifikáns különbségeket mutatott a öntözött és természetes vízellátottságban részesülő növények csövei között, ez a különbség csak 0,2-0,3 mm-es eltérést jelentett mindhárom hibrid esetében. A csőátmérő növekedése miatt a csőátmérőn lévő szemsorok száma is eltért a különböző kezelésekben. A GSS 1477 és az Overland csőátmérőn lévő szemsorok számában szignifikáns különbség volt az optimális vízellátottság és a természetes vízellátottság értékei között. Öntözés hatására a csövek területén elhelyezkedő szemsorok száma a természetes vízellátottsághoz képest kettővel nőtt. A GSS 2259-nél volt a legkifejezettebb a kezelések közötti különbség: a nem öntözött növények 17-es átlagos szemsorszámához képest optimális vízellátottságban eggyel; 50%-os vízhiányban pedig hárommal lett több.

2012-ben a GSS 1477 és 2259 fosztatlan (bruttó) és a fosztott (nettó) csőtömegében az öntözött (Ö1, Ö2) kezelések között nem volt statisztikai eltérés, a természetes vízellátottságban mért értékek viszont 13% és 9%-al szignifikánsan alacsonyabbak voltak (17.b ábra). Az Overlandnál a legnagyobb átlagos csőtömeg 50%-os vízhiányban volt (fosztatlan 378,53 g és fosztott 338,10 g). Az optimális vízellátottságban mért 363,8 g fosztatlan és 317 g fosztott csőtömeg ettől minimálisan tért el, a természetes vízellátottságban a 336,7 g fosztatlan és 289,9 g fosztott csőtömeg viszont szignifikánsan alacsonyabb volt.

A hibridek csövének hossza a GSS 1477-nél különbözött szignifikánsan az öntözött (Ö1, Ö2) és nem öntözött parcellákban, az öntözött kezelések csövei 1 cm-rel voltak hosszabbak (18.b ábra). A cső hosszán lévő szemsorok számában nem voltak szignifikáns különbségek a hibridek között. A csőátmérő mindegyik hibridnél a természetes vízellátottságnál volt a legkisebb és szignifikánsan különbözött a másik két kezeléstől. A különbség 0,2-0,5 mm volt. A csőátmérőn lévő szemsorok számában különbség csak a GSS 1477-nél jelentkezett, a kisebb csőátmérő ellenére természetes vízellátottságban 0,5-tel volt nagyobb a szemsorszám, mint optimális vízellátottságnál.

2013-ban a fosztatlan (bruttó) és fosztott (nettó) csőtömegben a kezelések között szignifikáns különbség a GSS 1477-nél és a GSS 2259-nél volt (17.c ábra). A GSS 1477 brutó és nettó csőtömege optimális vízellátottságban szignifikánsan magasabb volt, mint a másik két kezelésben. A GSS 2259 esetében optimális vízellátottságnál a 406,4 g fosztatlan (bruttó) és 350,33 g fosztott (nettó) csőtömegéhez képest az 50%-os vízhiányban mért értékek 7%-al, a természetes vízellátottságban mértek pedig 14%-al voltak kisebbek.

A csövek hosszában szignifikáns különbség a GSS 1477-nél a természetes vízellátottság (21,6 cm) és az optimális vízellátottság (23,03 cm) átlagai között volt (18.c ábra). A GSS 2259 átlagos csőhossza szignifikáns eltérést mutatott a kezelések között: az optimális vízellátottságban mért 23,5 cm-es átlaghosszúságánál 50%-os vízhiányban 1 cm-rel, természetes vízellátottságnál 1,5 cm-rel mértünk rövidebbet. Az Overlandnál az öntözött kezelések és a nem öntözött növények átlagos csőhosszúsága között szintén 1,5 cm különbség volt. A szemsorok száma a csőhossz különbségeknél megfelelően alakult. GSS 1477-nél 2-nél több sor volt a csövön optimális vízellátottságban, mint természetes vízellátottságnál. A GSS 2259-nél optimális vízellátottságban 46; 50%-os vízhiányban 44; természetes vízellátottságnál 40 szem volt soronként a cső hosszában. Ez szignifikáns különbséget jelentett a kezelések között. Az Overlandnál a szemsorok száma a cső hosszában nem változik a különböző kezeléseknél. A csőátmérő GSS 1477 hibridnél optimális vízellátottságban és természetes vízellátottságnál szignifikánsan nem különbözik, az 50%-os vízhiány átlagos csőátmérője szignifikánsan 0,15 mm-rel kisebb. A GSS 2259-nél az optimális vízellátottság és az 50%-os vízhiány csőátmérője között van szignifikáns különbség. Ezek a különbségek a csőkeresztmetszeten lévő szemsorok számában nem okoztak eltéréseket.

4.2.2.2. Termőképességet jellemző paraméterek értékelése

A termőképesség értékelésénél a bruttó (fosztatlan) és nettó (fosztott) csőtömeget, ezek arányát (Nettó/Bruttó csőtömeg), a csőhosszt- és átmérőt, a cső hosszán és átmérőjén mért szemsorok számát, valamint a parcellákon betakarított termés (fosztatlan csövek) $t\ ha^{-1}$ -ban kifejezett mennyiségét vettük alapul. A termőképességet kifejező paraméterek hibridek közötti eltérése különböző szinteken volt szignifikáns, amit a táblázatokban *-gal jelöltünk.

2011-ben a variancia-analízis eredményei alapján a hibridek közötti különbségek a bruttó és a nettó csőtömeg, valamint a csövek hosszán mért szemsorok száma esetén egyik kezelésben sem bizonyultak szignifikánsnak (27. táblázat). Ugyanezt állapítottuk meg természetes vízellátottságnál a csőátmérő, valamint optimális vízellátottságban a Nettó/Bruttó csőtömeg értékeinél is.

27. táblázat: A csemegekukorica termőképességét jellemző paraméterek változása eltérő vízellátásban (Debrecen, 2011)

2011								
Ö 0								
	Bruttó csőtömeg (g)	Nettó csőtömeg (g)	Nettó/Bruttó csőtömeg	Csőhossz (cm)	Csőátmérő (cm)	Szemsorok száma hossz	Szemsorok száma átm	Termés (t ha ⁻¹)
GSS 1477	337±38 a	288±38 a	0,85±0,04 a	24,3±1,1 a	4,7±0,2 a	40±4 a	16±2 b	30,4±1,9 a
GSS 2259	333±57 a	270±51 a	0,81±0,05 b	22,5±1,9 b	4,7±0,3 a	41±5 a	17±2 b	27,4±1,0 b
Overland	321±42 a	266±39 a	0,83±0,03 b	23,8±1,2 a	4,7±0,3 a	40±3 a	18±1 a	27,4±3,8 b
F érték	0,9 ⁿ	2,3 ⁿ	9,5*	12,4*	0,09 ⁿ	0,7 ⁿ	12,4*	4,3***

Ö 1								
	Bruttó csőtömeg (g)	Nettó csőtömeg (g)	Nettó/Bruttó csőtömeg	Csőhossz (cm)	Csőátmérő (cm)	Szemsorok száma hossz	Szemsorok száma átm	Termés (t ha ⁻¹)
GSS 1477	379±63 a	320±57 a	0,84±0,05 a	26,4±1,8 a	4,8±0,3 b	41±4 a	18±1 b	41,8±10,9 a
GSS 2259	380±57 a	304±48 a	0,80±0,04 b	25,5±1,5 b	5,0±0,3 a	41±3 a	19±1 a	32,5±4,6 b
Overland	362±60 a	304±52 a	0,84±0,04 a	23,9±1,3 c	5,1±0,3 a	38±5 a	19±2 a	33,7±8,7 b
F érték	0,9 ⁿ	0,9 ⁿ	11,5*	21,8*	8,5*	3,0 ⁿ	13,1*	3,2***

Ö 2								
	Bruttó csőtömeg (g)	Nettó csőtömeg (g)	Nettó/Bruttó csőtömeg	Csőhossz (cm)	Csőátmérő (cm)	Szemsorok száma hossz	Szemsorok száma átm	Termés (t ha ⁻¹)
GSS 1477	380±56 a	321±44 a	0,87±0,27 a	27,1±2,3 a	4,9±0,3 b	40±4 a	18±2 b	38,9±4,3 a
GSS 2259	378±45 a	305±42 a	0,81±0,07 a	25,6±1,0 b	4,9±0,3 b	40±3 a	18±1 b	36,4±6,5 ab
Overland	366±58 a	306±46 a	0,84±0,04 a	24,4±1,3 c	5,1±0,3 a	38±3 a	20±1 a	33,7±3,0 b
F érték	0,5 ⁿ	1,2 ⁿ	1,0 ⁿ	19,7*	4,2***	2,3 ⁿ	14,5*	2,6***

ⁿ=nincs szignifikáns különbség, * p < 0,1, ***p < 5,0; Az oszlopokban lévő betűk a fajták közötti szignifikáns különbséget jelölik SzD_{5%}-os szinten. (Ö0- nem öntözött, Ö1- 50%-os vízhiány, Ö2-optimális vízellátottság)

Természetes vízellátottságnál a Nettó/Bruttó csőtömeg és a t ha⁻¹-ban kifejezett termésmennyiség a GSS 2259 és az Overland hibridnél szignifikánsan nem különbözött, a GSS 1477-nél mért értékek statisztikailag igazolható mértékben meghaladták a másik két hibrid értékeit. A csövek a GSS 1477 és az Overland egyedein szignifikánsan hosszabbak voltak, mint a GSS 2259 hibridnél. A csövek átmérőjén a szemsorok száma statisztikailag igazolható mértékben alacsonyabb volt a GSS 1477 és 2259 hibridnél, mint az Overlandnál. A GSS 2259 és az Overland parcelláin szignifikánsan kevesebb, azonos mennyiségű termést takarítottunk be, mint a GSS 1477 hibridnél.

50%-os vízhiányban a GSS 1477 és az Overland Nettó/Bruttó azonos értéket eredményező Nettó/Bruttó csőtömeg aránya statisztikailag igazolható mértékben meghaladta a GSS 2259 átlagát. A három hibrid csőhossza szignifikánsan különbözött, a GSS 2259 csövei 0,9 cm-rel, az Overlandé 2,5 cm-rel voltak rövidebbek, mint a GSS 1477 hibridé. A csőátmérő és az átmérőn mért szemsorok száma szignifikánsan magasabb és azonos volt a GSS 2259 és az Overland hibridnél, viszont kevesebb termést takarítottunk be a parcelláinkból, mint a GSS 1477 parcelláiból.

Optimális vízellátottságnál a csövek hosszában az 50%-os vízhiánnyal azonos szignifikáns különbségek alakultak ki a hibridek között. A csőátmérő és az átmérőn lévő szemsorok számának átlaga az Overlandnál volt szignifikánsan a legmagasabb. A legkevesebb termést az Overland produkálta, a GSS 2259 ennél 8%-al, a GSS 1477 15,4%-al termett többet, a GSS 2259 termésmennyisége a másik két hibridével azonosnak bizonyult.

A termőképességet a vizsgált paraméterekben jelentkező szignifikáns különbségek szerint pontoztuk. A legkisebb szignifikáns eredményt adó hibrid 1 pontot, a szignifikánsan nagyobb eredményt mutató csemegekukorica hibrid 2 pontot, a legnagyobb szignifikáns eredménnyel jelentkező hibrid pedig 3 pontot kapott. Szignifikánsan azonos eredmények esetén azonos pontszámot adtunk. A termőképességet jellemző paraméterekre adott pontszámok összegzése után ($\bar{O}_T$) megállapítottuk, hogy a legjobb termőképességet melyik hibrid érte el az adott kezelésben.

2011-ben a termőképességi paraméterekben megmutatkozó szignifikáns különbségekre adott pontok összesítése alapján megállapítható, hogy a legjobb termőképességi értéket minden kezelésben a GSS 1477 érte el (28. táblázat). Az összesített pontszámok alapján a legnagyobb különbség a hibridek között természetes csapadékelátottságnál volt, a leggyengébb eredményt a GSS 2259 érte el. 50%-os vízhiányban a GSS 2259 és az Overland közel azonos termőképességet ért el. Optimális vízellátottságnál a hibridek eredményeiben nem volt jelentős különbség, de ebben a kezelésben is a GSS 2259 érte el a legalacsonyabb összpontszámot.

Termésképzés szempontjából az évjárat a GSS 1477 hibridnek volt a legmegfelelőbb. Természetes vízellátottságnál és optimális vízellátottságnál az Overland a GSS 2259-nél jobban tudott alkalmazkodni a körülményekhez, 50%-os vízhiányban hasonló termőképesség jellemezte őket.

28. táblázat: A termőképesség pontozása a csemegekukorica hibridek közötti szignifikáns eltérések alapján (2011)

2011									
Ö 0									
	Bruttó csőtömeg (g)	Nettó csőtömeg (g)	Nettó/Bruttó csőtömeg	Csőhossz (cm)	Csőátmérő (cm)	Szemsorok száma hossz	Szemsorok száma átm	Termés (t ha ⁻¹)	Ö _T
GSS 1477	1	1	2	2	1	1	1	2	11
GSS 2259	1	1	1	1	1	1	1	1	8
Overland	1	1	1	2	1	1	2	1	10

Ö 1									
	Bruttó csőtömeg (g)	Nettó csőtömeg (g)	Nettó/Bruttó csőtömeg	Csőhossz (cm)	Csőátmérő (cm)	Szemsorok száma hossz	Szemsorok száma átm	Termés (t ha ⁻¹)	Ö _T
GSS 1477	1	1	2	3	1	1	1	2	12
GSS 2259	1	1	1	2	2	1	2	1	11
Overland	1	1	2	1	2	1	2	1	11

Ö 2									
	Bruttó csőtömeg (g)	Nettó csőtömeg (g)	Nettó/Bruttó csőtömeg	Csőhossz (cm)	Csőátmérő (cm)	Szemsorok száma hossz	Szemsorok száma átm	Termés (t ha ⁻¹)	Ö _T
GSS 1477	1	1	1	3	1	1	1	2	11
GSS 2259	1	1	1	2	1	1	1	1,5	9,5
Overland	1	1	1	1	2	1	2	1	10

Ö0- nem öntözött, Ö1- 50%-os vízhiány, Ö2- optimális vízellátottság, Ö_T- összesített termőképesség értékszáma

2012-ben a termőképességet jellemző paraméterek statisztikai elemzése után megállapítottuk, hogy a hibrdek közötti különbségek a bruttó és nettó csőtömeg esetében minden kezelésben azonosak voltak (29. táblázat). Mindegyik kezelésben a GSS 2259 átlagai statisztikailag igazolható mértékben meghaladták a másik két hibrid értékeit. A GSS1477 és az Overland csöveinek bruttó és nettó tömege természetes vízellátottságnál (Ö0) és optimális vízellátottságnál szignifikánsan alacsonyabb volt, mint a GSS 2259 hibridé. 50%-os vízhiányban a GSS 1477 csöveinek volt a legalacsonyabb bruttó és nettó átlagtömege, az Overlandé statisztikailag nem különbözött a másik két hibrid csőtömegétől. A GSS 2259 Nettó/Bruttó csőtömeg aránya minden kezelésben szignifikánsan magasabb volt, mint a GSS 1477-é. Minden kezelésben a GSS 1477 csövei voltak szignifikánsan a leghosszabbak, viszont az átmérőjük átlagosan a legkisebb volt. A csövek hosszán és átmérőjén lévő szemsorszám is ennek megfelelően alakult. Nem öntözött körülmények között a GSS 2259 csövei 0,7 cm-rel hosszabbak, mint az Overlandé a csövek hosszában elhelyezkedő szemsorok számában nem volt statisztikailag kimutatható különbség. A GSS 2259 csőátmérője szignifikánsan nagyobb, mint az Overlandé, az átmérőn elhelyezkedő szemsorok

számában hibridek között nem volt szignifikáns különbség. Az öntözött kezelésekben (Ö1, Ö2) a legrövidebb és legvastagabb csövű hibrid az Overland; a GSS 2259 csőhossza a két másik fajta átlagértékei között helyezkedik el, vastagsága szignifikánsan nem különbözött az Overlandétól. Természetes vízellátottságban (Ö0) az Overland parcelláiban volt a legalacsonyabb a termés, a GSS 1477 ennél 12,3%-al, a GSS 2259 21,4%-al termett többet, a két hibrid 9,1%-os eltérése szignifikánsan nem különbözött. Az öntözött kezelésekben (Ö1, Ö2) is az Overland hibrid adta a legalacsonyabb termést, 50%-os vízhiányban a GSS 1477 ennél 16,8%-al termett többet, a GSS 2259 termésátlagja szignifikánsan nem különbözött a másik két hibridétől. Optimális vízellátottságban a GSS 1477 25,5%-al, a GSS 2259 38%-al szignifikánsan több csövet produkált, mint az Overland.

29. táblázat: A csemegekukorica termőképességét jellemző paraméterek változása eltérő vízellátásban (Debrecen, 2012)

2012	Ö 0							
	Bruttó csőtömeg (g)	Nettó csőtömeg (g)	Nettó/Bruttó csőtömeg	Csőhossz (cm)	Csőátmérő (cm)	Szemsorok száma hossz	Szemsorok száma átm	Termés (t ha ⁻¹)
GSS 1477	332±44 b	278±35 b	0,84±0,04 b	24,9±1,1 a	4,5±0,2 c	46±3 a	18±1 a	28,3±2,3 a
GSS 2259	388±50 a	337±44 a	0,87±0,02 a	23,7±1,8 b	5,1±0,3 a	44±4 ab	18±1 a	30,6±4,5 a
Overland	337±59 b	290±56 b	0,86±0,04 a	22,4±2,3 c	4,8±0,3 b	41±6 b	19±2 a	25,2±2,0 b
F érték	10,9*	13,8*	5,1**	14,1*	31,4*	5,9**	2,6 ⁿ	6,7**

	Ö 1							
	Bruttó csőtömeg (g)	Nettó csőtömeg (g)	Nettó/Bruttó csőtömeg	Csőhossz (cm)	Csőátmérő (cm)	Szemsorok száma hossz	Szemsorok száma átm	Termés (t ha ⁻¹)
GSS 1477	379±39 b	324±37 b	0,85±0,03 b	24,0±1,2 a	4,9±0,2 b	46±4 a	17±2 c	36,8±1,7 a
GSS 2259	414±33 a	363±27 a	0,88±0,03 a	24,2±1,1 a	5,2±0,2 a	45±3 a	18±2 b	34,9±4,2 ab
Overland	388±56 ab	338±52 ab	0,88±0,02 a	23,2±1,6 b	5,2±0,2 a	43±4 b	19±1 a	31,5±3,9 b
F érték	5,1**	7,2**	5,4**	4,7***	24,8*	5,7**	21,4*	5,6***

	Ö 2							
	Bruttó csőtömeg (g)	Nettó csőtömeg (g)	Nettó/Bruttó csőtömeg	Csőhossz (cm)	Csőátmérő (cm)	Szemsorok száma hossz	Szemsorok száma átm	Termés (t ha ⁻¹)
GSS 1477	377±47 b	318±44 b	0,84±0,03 b	25,0±1,2 a	4,9±0,3 b	47±3 a	17±2 b	38,3±2,8 b
GSS 2259	424±56 a	371±51 a	0,87±0,03 a	24,3±1,4 b	5,3±0,3 a	44±4 b	18±2 b	42,1±1,2 a
Overland	364±66 b	317±59 b	0,87±0,03 a	23,3±1,5 c	5,1±0,4 a	41±4 c	19±2 a	30,5±2,6 c
F érték	9,3*	10,7*	9,0*	12,7*	13,6*	20,2*	6,9**	59,5*

ⁿ=nincs szignifikáns különbség, * p < 0,1, **p < 1,0, ***p < 5,0; Az oszlopokban lévő betűk a fajták közötti szignifikáns különbséget jelölik SzD_{5%}-os szinten. (Ö0-nem öntözött, Ö1- 50%-os vízhiány, Ö2- optimális vízellátottság)

A termőképességet a vizsgált paraméterekben jelentkező szignifikáns különbségek szerint pontoztuk (30. táblázat). A pontszámok összesítése alapján megállapítottuk, hogy minden kezelésben a GSS 2259 termőképessége volt a legjobb, annak ellenére,

hogy természetes csapadékelátottságban gyengébb növényi kondíciója volt, mint a másik két hibridnek. Természetes vízellátottságnál (Ö0) és optimális vízellátottságnál az azonos növényi kondíciójú GSS 1477 és Overland közül a GSS 1477 termőképességi paraméterei voltak jobbak, 50%-os vízhiányban viszont az Overlandé.

Az eredmények alapján a 2012-es év meteorológiai viszonyai a GSS 2259 fejlődésének kedveztek, az 50%-os vízhiány az Overland, az optimális vízellátottság a GSS1477 termésképzésében ért el jobb hatást.

30. táblázat: A termőképesség pontozása a csemegekukorica hibridek közötti szignifikáns eltérések alapján (2012)

2012	Ö 0								
	Bruttó csőtömeg (g)	Nettó csőtömeg (g)	Nettó/Bruttó csőtömeg	Csőhossz (cm)	Csőátmérő (cm)	Szemsorok száma hossz	Szemsorok száma átm	Termés (t ha ⁻¹)	Ö _T
GSS 1477	1	1	1	3	1	2	1	2	12
GSS 2259	2	2	2	2	3	1,5	1	2	15,5
Overland	1	1	2	1	2	1	1	1	10

	Ö 1								
	Bruttó csőtömeg (g)	Nettó csőtömeg (g)	Nettó/Bruttó csőtömeg	Csőhossz (cm)	Csőátmérő (cm)	Szemsorok száma hossz	Szemsorok száma átm	Termés (t ha ⁻¹)	Ö _T
GSS 1477	1	1	1	2	1	2	1	2	11
GSS 2259	2	2	2	2	2	2	2	1,5	15,5
Overland	1,5	1,5	2	1	2	1	3	1	13

	Ö 2								
	Bruttó csőtömeg (g)	Nettó csőtömeg (g)	Nettó/Bruttó csőtömeg	Csőhossz (cm)	Csőátmérő (cm)	Szemsorok száma hossz	Szemsorok száma átm	Termés (t ha ⁻¹)	Ö _T
GSS 1477	1	1	1	3	1	3	1	2	13
GSS 2259	2	2	2	2	2	2	1	3	16
Overland	1	1	2	1	2	1	2	1	11

Ö0- nem öntözött, Ö1- 50%-os vízhiány, Ö2- optimális vízellátottság, Ö_T- összesített termőképesség értékszáma

2013-as adatok statisztikai elemzése kimutatta, hogy a Nettó/Bruttó csőtömeg arányában egyik kezelésben sem volt statisztikailag kimutatható különbség a hibridek között (31. táblázat). Természetes vízellátottságban (Ö0) a GSS 1477 és 2259 bruttó csőtömege azonos és szignifikánsan kisebb volt, mint az Overlandé, a nettó csőtömegnél csak a GSS 1477 átlagai voltak alacsonyabbak, a GSS 2259 értékei szignifikánsan nem különböztek a másik két hibridétől. Az öntözött kezelésekben (Ö1, Ö2) a GSS 2259 és az Overland csőtömegei azonosak és szignifikánsan magasabbak voltak, mint a GSS 1477 hibridé. Természetes vízellátottságban (Ö0) a GSS 1477 és az Overland csövei hosszabbra nőttek, mint a GSS 2259-é, a csövek hosszán lévő

szemsorok számában nem volt szignifikáns különbség a hibrdek között. 50%-os vízhiányban a GSS 1477 csövei voltak a legrövidebbek, az Overlandé a leghosszabbak, a GSS 2259 hossza szignifikánsan nem különbözött a másik két hibridétől. Optimális vízellátottságban a hibrdek csőhosszában nem volt szignifikáns különbség. A csövek hosszán jellemző szemsorszám a GSS 2259 hibridnél szignifikánsan magasabb volt, mint a GSS 1477 hibridnél. A gyengébb vízellátottságú kezelésekben (Ö0, Ö1) a hibrdek átlagos csőátmérője szignifikánsan különbözött egymástól; a GSS 1477 értékei voltak a legalacsonyabbak, a GSS 2259 ennél magasabb, az Overland pedig a legmagasabb értékeket mutatta. Optimális vízellátottságnál a GSS 2259 és az Overland csőátmérője azonos, de statisztikailag nagyobb volt, mint a GSS 1477-é. Az átmérőn lévő szemsorok száma természetes vízellátottságnál (Ö0) a GSS 2259 és Overland esetében azonos és magasabb volt, mint a GSS 1477 hibrid szemsorszám, öntözött (Ö1, Ö2) kezelésekben a GSS 1477 és GSS 2259 szemsorszám egyezett meg és szignifikánsan alacsonyabb volt, mint az Overlandé.

31. táblázat: A csemegekukorica termőképességét jellemző paraméterek változása eltérő vízellátásban (Debrecen, 2013)

2013	Ö 0							
	Bruttó csőtömeg (g)	Nettó csőtömeg (g)	Nettó/Bruttó csőtömeg	Csőhossz (cm)	Csőátmérő (cm)	Szemsorok száma hossz	Szemsorok száma átm	Termés (t ha ⁻¹)
GSS 1477	330±50 b	286±43 b	0,87±0,02 a	21,6±1,8 a	4,9±0,2 c	40±5 a	18±2 b	22,7±5,1 ab
GSS 2259	349±37 b	303±33 ab	0,87±0,02 a	20,5±1,2 b	5,0±0,2 b	41±3 a	19±2 a	25,0±3,1 a
Overland	371±42 a	319±39 a	0,86±0,03 a	21,6±1,3 a	5,2±0,3 a	42±4 a	19±1 a	18,7±3,0 b
F érték	6,6**	5,6**	1,1 ⁿ	5,6**	11,4*	2,2 ⁿ	7,2**	6,2**

	Ö 1							
	Bruttó csőtömeg (g)	Nettó csőtömeg (g)	Nettó/Bruttó csőtömeg	Csőhossz (cm)	Csőátmérő (cm)	Szemsorok száma hossz	Szemsorok száma átm	Termés (t ha ⁻¹)
GSS 1477	330±48 b	283±38 b	0,86±0,05 a	22,3±1,2 b	4,7±0,2 c	42±4 b	18±2 b	19,1±1,3 c
GSS 2259	378±38 a	321±30 a	0,85±0,03 a	22,7±1,4 ab	5,0±0,2 b	44±3 a	18±1 b	25,2±1,6 a
Overland	383±54 a	325±53 a	0,85±0,04 a	23,1±1,3 a	5,2±0,3 a	43±5 ab	19±2 a	21,1±2,1 b
F érték	11,7*	9,4*	0,9 ⁿ	2,9***	24,2*	2,8***	7,2**	30,3*

	Ö 2							
	Bruttó csőtömeg (g)	Nettó csőtömeg (g)	Nettó/Bruttó csőtömeg	Csőhossz (cm)	Csőátmérő (cm)	Szemsorok száma hossz	Szemsorok száma átm	Termés (t ha ⁻¹)
GSS 1477	355±39 b	301±35 b	0,85±0,03 a	23,0±1,1 a	4,8±0,2 b	43±2 b	18±2 b	30,3±2,7 a
GSS 2259	406±36 a	350±29 a	0,86±0,03 a	23,5±1,2 a	5,2±0,2 a	46±3 a	18±1 b	31,7±3,4 a
Overland	392±62 a	334±53 a	0,85±0,03 a	23,0±1,6 a	5,2±0,4 a	43±4 b	19±2 a	22,2±4,3 b
F érték	9,7*	11,3*	1,7 ⁿ	1,3 ⁿ	13,2*	10,2*	5,0**	19,2*

ⁿ=nincs szignifikáns különbség, * p < 0,1, **p < 1,0, ***p < 5,0; Az oszlopokban lévő betűk a fajták közötti szignifikáns különbséget jelölik SzD_{5%}-os szinten. (Ö0- nem öntözött, Ö1- 50%-os vízhiány, Ö2- optimális vízellátottság)

Természetes vízellátottságnál (Ö0) a GSS 2259 t ha⁻¹-ban kifejezett átlagos parcellatermése statisztikailag kimutatható mértékben 25,2%-al meghaladta az Overland parcelláiban betakarítottat, míg a GSS 1477 termése szignifikánsan nem különbözött a másik két fajtaétól. 50%-os vízhiányban voltak a fajták közötti különbségek a legkifejezettebbek (F=30,3), a GSS 2259-nél az Overland 16,3%-al, a GSS 1477 24,2%-al termelt kevesebbet. Optimális vízellátottságban a GSS 1477 és 2259 parcelláiban takarítottunk be nagyobb mennyiségű termést.

A hibridek közötti szignifikáns különbségeket pontosztuk (32. táblázat).

32. táblázat: A termőképeség pontosztása a csemegekukorica hibridek közötti szignifikáns eltérések alapján (2013)

2013									
Ö 0									
	Bruttó csőtömeg (g)	Nettó csőtömeg (g)	Nettó/Bruttó csőtömeg	Csőhossz (cm)	Csőátmérő (cm)	Szemsorok száma hossz	Szemsorok száma átm	Termés (t ha ⁻¹)	Ö _T
GSS 1477	1	1	1	2	1	1	1	1,5	9,5
GSS 2259	1	1,5	1	1	2	1	2	2	11,5
Overland	2	2	1	2	3	1	2	1	14

Ö 1									
	Bruttó csőtömeg (g)	Nettó csőtömeg (g)	Nettó/Bruttó csőtömeg	Csőhossz (cm)	Csőátmérő (cm)	Szemsorok száma hossz	Szemsorok száma átm	Termés (t ha ⁻¹)	Ö _T
GSS 1477	1	1	1	1	1	1	1	1	8
GSS 2259	2	2	1	1,5	2	2	1	3	14,5
Overland	2	2	1	2	3	1,5	2	2	15,5

Ö 2									
	Bruttó csőtömeg (g)	Nettó csőtömeg (g)	Nettó/Bruttó csőtömeg	Csőhossz (cm)	Csőátmérő (cm)	Szemsorok száma hossz	Szemsorok száma átm	Termés (t ha ⁻¹)	Ö _T
GSS 1477	1	1	1	1	1	1	1	2	9
GSS 2259	2	2	1	1	2	2	1	2	13
Overland	2	2	1	1	2	1	2	1	12

Ö0- nem öntözött, Ö1- 50%-os vízhiány, Ö2- optimális vízellátottság, Ö_T- összesített termőképeség értékszáma

A pontszámok összesítése alapján gyengébb vízellátottságban (Ö0, Ö1) a jó növényi kondícióval rendelkező Overland termőképesége volt a legjobb, optimális vízellátottságnál viszont a gyengébb növényi kondícióval rendelkező GSS 2259 hibridet jellemezte a legmagasabb termőképeségi összpontszám. A GSS 1477 gyenge növényi kondíciója gyengébb termőképeséget okozott. Az eredmények alapján megállapítható, hogy az évjárat az Overland hibrid számára volt a legmegfelelőbb, viszont az öntözésre a GSS 2259 reagált jobban és optimális vízellátottságnál a gyengébb növényi kondíció ellenére jobb terméseredményei voltak, mint az Overlandnak.

A csemegekukorica három éves (2011-2013) összesített növényi fejlődést (33. táblázat) és termőképességet (34. táblázat) jellemző potszámait alapján a GSS 1477 eltérő vízellátottságban is hasonló produkcióra képes. A GSS 2259 fejlődése és így terméseredményei is javulnak öntözés hatására. Az Overland vízhiányos körülmények körülmények között jobban fejlődik és terméseredményei is jobbak.

33. táblázat A csemegekukorica hibridek fejlődésének intenzitása eltérő vízellátottságban (2011-2013)

	Ö0				Ö1				Ö2			
	2011	2012	2013	Ö _{NK}	2011	2012	2013	Ö _{NK}	2011	2012	2013	Ö _{NK}
GSS 1477	2	4	3	9	2	4	3	9	2	3	3	8
GSS 2259	2	3	4	9	2	4	5	11	2	4	3	9
Overland	2	4	5	11	2	4	4,5	10,5	2	3	4	9

Ö0- nem öntözött, Ö1- 50%-os vízhiány, Ö2- optimális vízellátottság, Ö_T- összesített növényi kondíció értékszáma

34. táblázat A csemegekukorica hibridek termőképessége eltérő vízellátásban (2011-2013)

	Ö0				Ö1				Ö2			
	2011	2012	2013	Ö _T	2011	2012	2013	Ö _T	2011	2012	2013	Ö _T
GSS 1477	11	12	9,5	32,5	12	11	8	31	11	13	9	33
GSS 2259	8	15,5	11,5	35	11	15,5	14,5	41	9,5	16	13	38,5
Overland	10	10	14	34	11	13	15,5	39,5	10	11	12	33

Ö0- nem öntözött, Ö1- 50%-os vízhiány, Ö2- optimális vízellátottság, Ö_T- összesített termőképesség értékszáma

4.2.2.3. Beltartalom

A vizsgált csemegekukorica hibridek szárazanyagtartalma a kezelések átlagában nem mutatott különbséget. A cukortartalom a 2012-es évben alacsonyabb volt, mint a másik kettőben, ami valószínűleg a rendkívül csapadékszegény és száraz, meleg időjárásnak volt köszönhető. A karotin-tartalom 2013-ban volt a legmagasabb (35. táblázat).

35. táblázat A csemegekukorica termés beltartalmi értékei a kezelések átlagában

Év	Szárazanyag (%)	Cukor (m/m%)	Karotin (mg/kg)
2011	22,63±0,75 a	9,75±0,55 a	0,22±0,03 b
2012	22,49±0,46 a	6,89±1,06 b	0,22±0,02 b
2013	22,76±2,40 a	8,94±1,53 a	0,30±0,02 a

Az oszlopokban lévő betűk az évek közötti szignifikáns különbséget jelölik SzD_{5%}-os szinten.

A szárazanyag-tartalom a nem öntözött kezelésben (Ö0) szignifikánsan magasabb volt, mint kedvező vízellátottságban (Ö2). A kezelésekben mért cukor-tartalom szignifikánsan nem különbözött, a karotin-tartalom a vízhiány következtében kis mértékben csökkent (36. táblázat).

36. táblázat A vízellátás hatása a csemegekukorica termésminőségére (2011-2013)

Kezelés	Szárazanyag (%)	Cukor (m/m%)	Karotin (mg/kg)
Ö0	23,59±1,45 a	8,89±2,01 a	0,23±0,04 b
Ö1	22,48±0,49 ab	8,39±1,35 a	0,25±0,05 a
Ö2	21,81±1,56 b	8,30±1,59 a	0,26±0,05 a

Az oszlopokban lévő betűk a kezelések közötti szignifikáns különbséget jelölik SzD_{5%}-os szinten. (Ö0- nem öntözött, Ö1- 50%-os vízhiány, Ö2- optimális vízellátottság)

A szárazanyag-tartalom mindhárom hibridnél természetes csapadékelátottságnál volt magasabb, a legnagyobb különbség (17%) Overlandnál volt a nem öntözött (Ö0) és a optimális vízellátottságú növényeknél (37. táblázat). A vízellátottság eltérő hatással volt a hibridek cukortartalmára. A GSS 1477 cukortartalma kedvező vízellátottságnál volt a legmagasabb. A GSS 2259 szélsőségeket mutatott, cukortartalma 50%-os vízhiányban volt a legalacsonyabb. Az Overland cukortartalma az öntözés hatására 26%-al csökkent a természetes vízellátottsághoz képest.

37. táblázat Vízellátás hatása a csemegekukorica termés minőségére az évek átlagában (2011-2013)

	Szárazanyag (%)	Cukor (m/m %)	Karotin (mg/kg)
GSS 1477			
Ö0	23,58±0,42 a	8,82±1,73 ab	0,22±0,04 b
Ö1	22,45±0,47 a	8,65±1,27 b	0,23±0,06 ab
Ö2	22,54±0,74 a	9,16±1,01 a	0,24±0,05 a
GSS 2259			
Ö0	22,80±0,65 a	8,36±2,50 a	0,24±0,05 c
Ö1	22,35±0,66 a	7,95±1,90 b	0,26±0,07 b
Ö2	22,17±0,38 a	8,24±1,73 ab	0,28±0,03 a
Overland			
Ö0	24,40±2,43 a	9,51±2,44 a	0,22±0,05 c
Ö1	22,35±0,35 b	8,57±1,29 b	0,24±0,04 b
Ö2	20,71±2,49 c	7,50±1,99 c	0,27±0,06 a

Az oszlopokban a különböző betűk P=0,5% szinten a kezelések közötti szignifikáns különbséget jelölik. (Ö0- nem öntözött, Ö1- 50%-os vízhiány, Ö2- optimális vízellátottság)

A karotin-tartalom a vízellátottsággal egyenes arányban nőtt, az Overlandnál volt a legnagyobb különbség (20%) a nem öntözött és jó vízellátottságú kezelés között. A hibridek beltartalmi értékei között nem voltak különbségek az egyes kezelésekben.

4.3. A növényi fejlődés és termőképesség összefüggései a különböző fejlődési szakaszokban

4.3.1. Zöldbab

Az évek termésátlagai és a vizsgált paraméterek közötti összefüggéseket lineáris regresszióval vizsgáltuk 5%-os szignifikancia szinten (38. táblázat). A zöldbab fejlődése során a három év adatai alapján az egyes kezelésekben közepes erősségű

összefüggéseket állapítottunk meg az áru hüvely termésmennyisége, valamint a LAI, NDVI és SPAD értékek között. A levélterület index és a termés között öntözött kezelésekben három fejlődési szakaszban is közepes összefüggést tapasztaltunk, a legmagasabb érték vízhiányban (Ö1) hüvelyérés idején volt. A természetes csapadékellátottságú növényeknél (Ö0) hüvelykötés alatt volt összefüggés a LAI érték és a termésmennyiség között. A vegetáció index értékek az öntözött kezelésekben virágzás idején mutatták a legmagasabb korrelációt a betakarított áruhüvelyek súlyával, vízhiányos kezelésben (Ö1) ez a kapcsolat a fejlődés végéig megmaradt. *Monteiro et al.* (2012), valamint *Gutiérrez-Rodríguez et al.* (2006) is pozitív kapcsolatot találtak az NDVI és a termés között. Nem öntözött növényeknél (Ö0) csak hüvelyérés idején volt pozitív közepes összefüggés a termés és a mért NDVI értékek között.

A SPAD értékek és a termés között csak vízhiányban (Ö1) voltak közepes összefüggések a hüvelykötés idejét kivéve. A többi esetben csak laza kapcsolatot találtunk.

38. táblázat: A vizsgált paraméterek és a termés közötti korrelációs együttható (r) vizsgálata zöldbab esetében (2011-2013)

	LAI - Áruhüvely (t ha ⁻¹)			NDVI- Áruhüvely (t ha ⁻¹)			SPAD- Áruhüvely (t ha ⁻¹)		
	Ö0	Ö1	Ö2	Ö0	Ö1	Ö2	Ö0	Ö1	Ö2
Virágzás előtt	0,183	0,465	0,595	0,230	0,268	0,071	0,318	0,400	0,314
Virágzás	0,000	0,429	0,430	0,186	0,640	0,608	0,069	0,464	0,213
Hüvelykötés	0,461	0,396	0,499	0,052	0,544	0,076	0,389	0,294	0,090
Hüvelyérés	0,065	0,610	0,135	0,564	0,573	0,257	0,020	0,426	0,295

Korreláció p=0,05 valószínűségi szint. (Ö0-nem öntözött, Ö1- 50%-os vízhiány, Ö2- optimális vízellátottság)

A három vizsgált év mérési adatai alapján a levélterület index és a vegetációs index értékek között virágzás idején mindhárom kezelésben közepes összefüggés volt, nem öntözött (Ö0) körülmények között még hüvelykötés idején, vízhiányos (Ö1) körülmények között pedig hüvelyérés idején. *Monteiro et al.* (2012) vizsgálata során 50%-os virágzás idején a LAI és NDVI értékek között erős ($R^2=0,78$) korreláció volt. A SPAD és a LAI értékek virágzás alatt természetes csapadékellátásnál (Ö0) és vízhiányban (Ö1) mutattak közepes korrelációt. A legszorosabb kapcsolat a SPAD és NDVI értékek között virágzás előtt nem öntözött (Ö0) kezelésben volt, ez virágzás idejére közepesre mérséklődött. Vízhiányban (Ö1) virágzás idején, a jó vízellátottságú

(Ö2) növényeknél virágzás előtt és hüvelykötés idején volt közepes az összefüggés erőssége (39. táblázat).

39. táblázat: A vizsgált paraméterek közötti összefüggés (r érték) vizsgálata zöldbab esetében (2011-2013)

	LAI - NDVI			SPAD - LAI			NDVI - SPAD		
	Ö0	Ö1	Ö2	Ö0	Ö1	Ö2	Ö0	Ö1	Ö2
Virágzás előtt	0,311	0,155	0,009	0,172	0,316	0,251	0,711	0,039	0,469
Virágzás	0,587	0,652	0,595	0,686	0,401	0,339	0,441	0,647	0,081
Hüvelykötés	0,459	0,363	0,031	0,255	0,304	0,107	0,181	0,338	0,485
Hüvelyérés	0,324	0,534	0,136	0,204	0,273	0,091	0,321	0,309	0,314

Korreláció p=0,05 valószínűségi szint. (Ö0-nem öntözött, Ö1- 50%-os vízhiány, Ö2- optimális vízellátottság)

4.3.2. Csemegekukorica

A csemegekukoricánál a három év alatt mért levélterület, vegetációs index és SPAD értékek valamint a t ha⁻¹-ra átszámított fosztatlan csőtömeg között közepes és szoros összefüggéseket is találtunk (40. táblázat).

40. táblázat: A vizsgált paraméterek és a termés közötti korrelációs együttható (r) vizsgálata csemegekukoricánál (2011-2013)

	LAI - Csőtömeg (t ha ⁻¹)			NDVI - Csőtömeg (t ha ⁻¹)			SPAD - Csőtömeg (t ha ⁻¹)		
	Ö0	Ö1	Ö2	Ö0	Ö1	Ö2	Ö0	Ö1	Ö2
6-8 leveles	0,436	0,385	0,632	0,537	0,423	0,562	0,434	0,751	0,322
Címerhányás	0,076	0,421	0,292	0,178	0,349	0,356	0,479	0,591	0,339
Nővirágzás	0,484	0,407	0,284	0,454	0,268	0,426	0,270	0,710	0,513
Szemtelítődés							0,105	0,162	0,349

Korreláció p=0,05 valószínűségi szint. (Ö0-nem öntözött, Ö1- 50%-os vízhiány, Ö2- optimális vízellátottság)

Nem öntözött kezelésben (Ö0) mindhárom paraméter közepes erősségű kapcsolatot mutatott 6-8 leveles állapotban, a SPAD adatoknál címerhányás, a LAI és NDVI értékeknél pedig szemtelítődés idején volt még közepes korreláció a terméssel. Vízhiányos (Ö1) körülmények között a LAI értékeknél címerhányás és nővirágzás, az NDVI értékeknél 6-8 leveles állapotban, a SPAD értékeknél pedig címerhányás alatt közepes összefüggést tapasztaltunk. A SPAD értékek szoros pozitív összefüggéseket mutattak a terméssel 6-8 leveles állapotban és nővirágzáskor. Optimális

vízellátottságban (Ö2) 6-8 leveles állapotban a LAI és az NDVI értékek, nővirágzás idején az NDVI és a SPAD értékek esetében volt közepes statisztikailag igazolható összefüggés. A többi esetben csak gyenge statisztikai összefüggést tapasztaltunk. *Gallegos és Shibata* (1989) eredményei alapján erős pozitív korreláció van a LAI érték és a szemtermés között.

A kísérlet folyamán mért paraméterek közötti statisztikai összefüggéseket 5 %-os szignifikancia szinten lineáris regresszióval vizsgáltuk (41. táblázat). Szoros szignifikáns összefüggést a LAI és az NDVI értékek között gyengébb vízellátottságnál (Ö0, Ö1) 6-8 leveles állapotban, míg az NDVI és a SPAD értékeknél címerhányás idején tapasztaltunk.

Hasonlóan erős szignifikáns kapcsolat volt természetes csapadékelátottságnál (Ö0) 6-8 leveles állapotban a LAI és a SPAD, valamint az NDVI és a SPAD értékek között. Az optimális vízellátottságú kezelésben (Ö2) szoros összefüggés csak a levélterület index és a SPAD értékek között volt 6-8 leveles állapotban. Közepes korrelációt nem öntözött kezelésben (Ö0) címerhányás idején állapítottunk meg a levélterület és a vegetációs index, valamint a SPAD érték között, öntözött kezeléseknél (Ö1, Ö2) nővirágzás alatt volt hasonló kapcsolat a levélterület index és a SPAD értékek között. Az NDVI és a SPAD jó vízellátottságnál (Ö2) mutatott közepes összefüggést.

41. táblázat: A vizsgált paraméterek közötti összefüggés (r érték) vizsgálata csemegekukorica esetében (2011-2013)

	LAI - NDVI			SPAD-LAI			NDVI - SPAD		
	Ö0	Ö1	Ö2	Ö0	Ö1	Ö2	Ö0	Ö1	Ö2
6-8 leveles	0,956	0,932	0,536	0,742	0,334	0,789	0,727	0,378	0,701
Címerhányás	0,427	0,334	0,263	0,512	0,336	0,060	0,880	0,749	0,358
Nővirágzás	0,299	0,177	0,044	0,176	0,685	0,496	0,292	0,223	0,165

Korreláció $p=0,05$ valószínűségi szint(Ö0-nem öntözött, Ö1- 50%-os vízhiány, Ö2- optimális vízellátottság)

4.4. Tényleges evapotranszspiráció változása a tenyészidőszakban

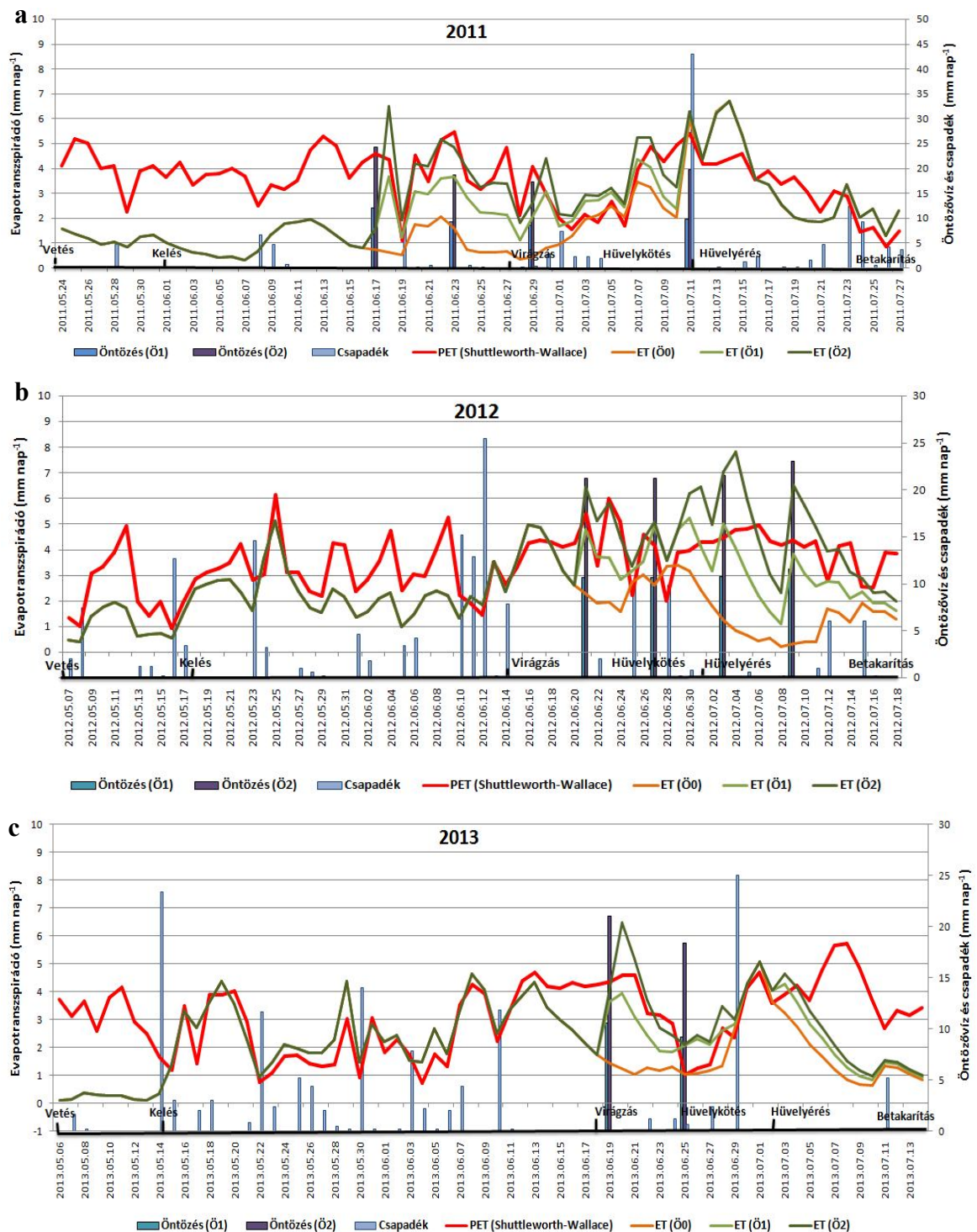
4.4.1. Zöldbab

A tényleges evapotranszspiráció (ET) mindhárom évben optimális vízellátottságban (Ö2) volt a legmagasabb.

A 2011-es és 2012-es év tenyészidőszakában 50%-os vízhiánynál 23-30%-al, optimális vízellátottságnál 41-57%-al magasabb ET értékeket kalkulált a vízforgalmi modell, mint a természetes csapadékelátottságban részesülő növények parcelláiban. 2011-ben a virágzás előtt megkezdett öntözés hatására 50%-os vízhiányban 62%-al, optimális vízellátottságban 110%-al volt magasabb a tényleges evapotranszspiráció, mint természetes csapadékelátottságnál. Ez a különbség a virágzás-hüvelykötés idején hullott 70 mm csapadéknak köszönhetően 46%-ra és 79%-ra módosult, majd hüvelyérés idején megszűnt (19.a ábra).

2012-ben virágzásig hullott 115,2 mm csapadék miatt kedvezőek voltak a vízellátottsági viszonyok, így az öntözést virágzás alatt kezdtük. Hatására hüvelykötés idején Ö1 kezelésben 28%-al, Ö2 kezelésben 45%-al volt magasabb az evapotranszspiráció, mint nem öntözött kezelésben (Ö0). Hüvelyérés idején a csapadékhiány hatására 50%-os vízhiányban 2,5-szer, optimális vízellátottságban 4-szer akkora volt az evapotranszspiráció, mint természetes csapadékelátottságban (19.b ábra).

2013-ban a tenyészidőszak kedvezőbb hőmérsékleti és csapadékviszonyai miatt a kezelések tényleges evapotranszspirációja közötti különbségek mérsékeltebbek voltak (50%-os vízhiányban 14%-al, optimális vízellátottságban 22%-al volt magasabb az evapotranszspiráció, mint természetes csapadékelátottságnál). A fejlődés kezdeti szakaszában 103,2 mm csapadék hullott, így az öntözést virágzás alatt kezdtük. Virágzás-hüvelykötés idején az evapotranszspirációs különbség +54% (Ö1) és +89% (Ö2) volt a természetes csapadékelátottsághoz képest. A fenofázis végén 35,6 mm csapadék hullott, ezért hüvelyérés alatt Ö1 kezelésben 26%-ra, Ö2 kezelésben 40%-ra csökkent az ET különbsége (19.c ábra).



19. ábra: Az evapotranszpiráció és a rendelkezésre álló vízmennyiség a zöldbab különböző fejlődési szakaszaiban (2011-2013)

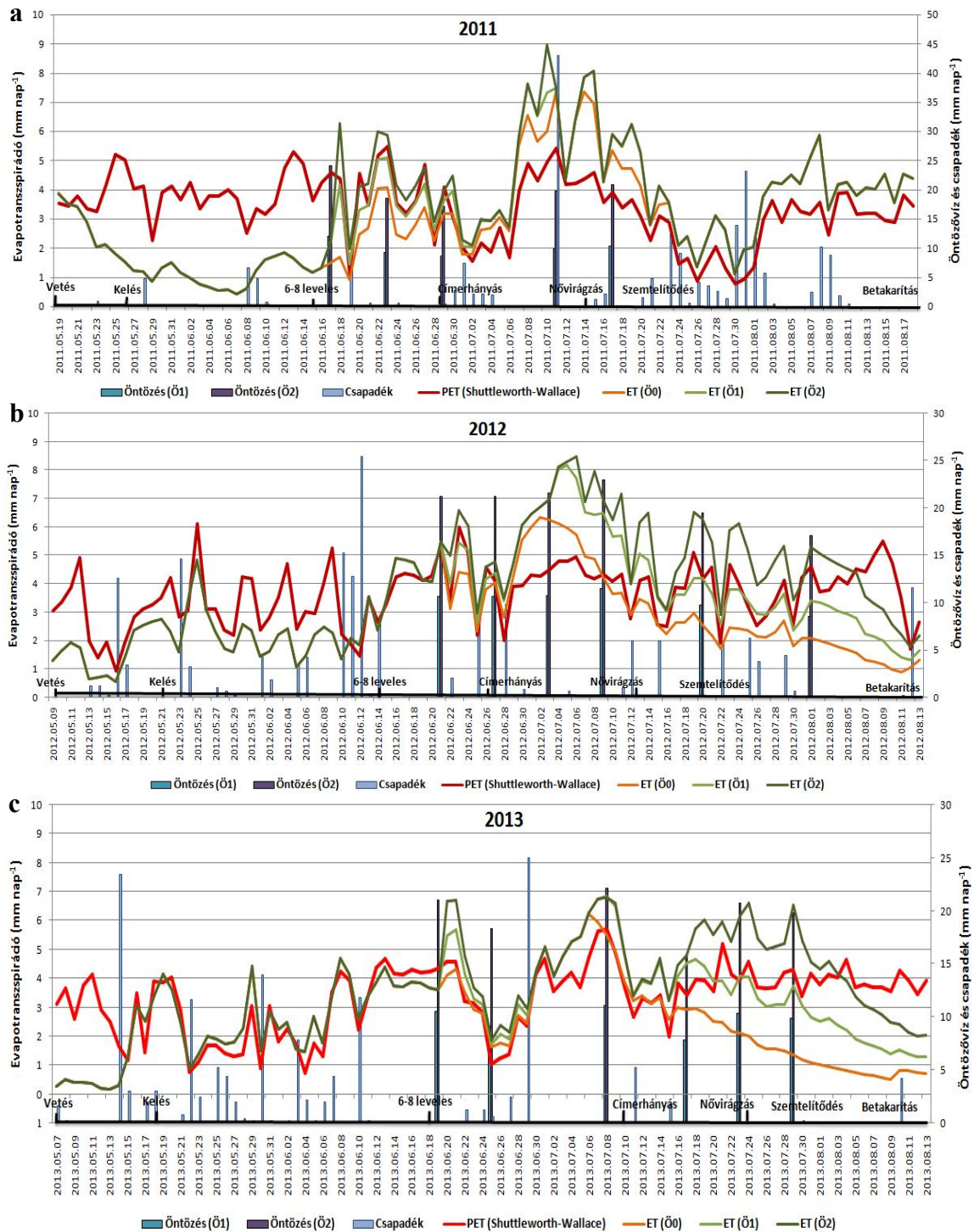
(Öntözés (Ö1)- kijuttatott öntözővíz mennyisége 50%-os vízhiányban, Öntözés (Ö2)- kijuttatott öntözővíz mennyisége optimális vízellátottságban, PET(Shuttleworth-Wallace)- potenciális evapotranszpiráció Shuttleworth-Wallace módszer alapján, ET- tényleges evapotranszpiráció (Ö0) nem öntözött kezelésben, (Ö1) 50%-os vízhiányban, (Ö2) optimális vízellátottságnál)

4.4.2. Csemegekukorica

A csemegekukoricánál a vizsgált időszakban optimális vízellátottságnál volt a legmagasabb a tényleges evapotranszspiráció (ET). 2011-ben a rendszer által kalkulált evapotranszspiráció 50%-os vízhiányban 9%-al, optimális vízellátottságban 13%-al haladta meg a természetes csapadékelátottság értékeit. A növények ebben az évben a rendelkezésre álló víz nagy részét az öntözött kezelésekben is csak termésképzésre fordították. A címerhányásig kijuttatott 43 mm és 21,5 mm öntözővíz optimális vízellátottságnál 60%-al, 50%-os vízhiánynál 34%-al eredményezett magasabb ET értéket, mint természetes csapadékelátottságban. Címerhányás-nővirágzás alatt 60,2 mm csapadék hullott, ami a kezelések között fennálló evapotranszspirációs különbségeket fokozatosan csökkentette. Szemtelítődés idején a 123 mm csapadék miatt mindössze 4%-os eltérés volt az öntözött és a nem öntözött parcellák ET értékei között (20.a ábra).

2012-ben és 2013-ban 50%-os vízhiányban 21%-al, optimális vízellátottságban 40-42%-al magasabb volt az ET, mint természetes csapadékelátottságnál. 2012-ben a tenyészidőszak elején a növények fejlődéséhez megfelelőek voltak a vízellátottsági viszonyok, viszont a 6-8 leveles állapot elérése után egy csapadékszegényebb időszak következett. A csapadékhiány és az öntözés beindítása miatt egyre nagyobb eltérések voltak a kezelések ET értékei között. Címerhányás idején 50%-os vízhiányban 6%-al, optimális vízellátottságban 13%-al volt magasabb az evapotranszspiráció, mint természetes csapadékelátottság mellett. Nővirágzás idején ez a különbség 28% és 38% volt, szemtelítődés alatt 52% és 130%-ra nőtt (20.b ábra).

2013-as tenyészidőszakban az előző évhez hasonlóan alakultak a csapadékviszonyok: a fejlődés kezdetén megfelelő mennyiségű csapadék hullott, viszont címerhányástól betakarításig mindössze 11,4 mm. Címerhányáskor 10% és 16%-al, nővirágzás idején 45% és 80%-al volt magasabb az ET 50%-os vízhiányban és optimális vízellátottságnál, mint természetes csapadékelátottság mellett. Szemtelítődés alatt a nem öntözött parcellák evapotranszspirációs értékeihez képest Ö1 kezelésben 2,3-szor, Ö2 kezelésben 4-szer magasabb ET értéket számított a vízforgalmi modell (20.c ábra).



20. ábra: Az evapotranspiráció és a rendelkezésre álló vízmennyiség a csemegekukorica különböző fejlődési szakaszaiban (2011-2013)

(Öntözés (Ö1)- kijuttatott öntözővíz mennyisége 50%-os vízhiányban, Öntözés (Ö2)- kijuttatott öntözővíz mennyisége optimális vízellátottságban, PET(Shuttleworth-Wallace)- potenciális evapotranspiráció Shuttleworth-Wallace módszer alapján, ET- tényleges evapotranspiráció (Ö0) nem öntözött kezelésben, (Ö1) 50%-os vízhiányban, (Ö2) optimális vízellátottságnál)

4.5. A növények vízhasznosítása a vizsgálati időszakban

4.5.1. Zöldbab

A zöldbab fajták vízhasznosító képességét (WUE) a parcellákban termett hüvelyek (áru és szabványon kívüli) tömegének evapotranszpirációra vonatkoztatott értékéből állapítottuk meg. Az öntözővíz felhasználás hatékonyságát (IWUE) az öntözött parcellákban termett hüvelymennyiség és a kijuttatott öntözővíz aránya, az öntözéshatást ($IWUE_2$) a nem öntözött és az öntözött kezelésekben termett hüvelymennyiség különbségének egységnyi öntözővízre jutó mennyisége fejezte ki (42. táblázat).

2011-ben és 2013-ban a legmagasabb átlagos WUE értéket optimális vízellátottságnál, 2012-ben 50%-os vízhiánynál mértük.

2011-ben az optimális vízellátottságban részesülő növények vízhasznosítási értékeihez képest 50%-os vízhiányban a 10%-os WUE csökkenés 21%-os termés csökkenést okozott, a nem öntözött növényeknél a 70%-os WUE csökkenés 80%-os terméskiesést jelentett. 2012-ben 50%-os vízhiányban átlagosan 5%-al hatékonyabban hasznosították a zöldbab fajták a vizet, de termésmennyiségük 13%-al alacsonyabb volt, mint az optimális vízellátottságban részesülő növényeké. Természetes csapadékelátottságban az előző évhez hasonlóan tudta a zöldbab a rendelkezésére álló vizet hasznosítani és ebből hüvelyeket képezni. 2013-ban az előző évinél kedvezőbb klimatikus viszonyok hatására természetes csapadékelátottság mellett a növények vízhasznosítása 40%-al alacsonyabb, mint az optimális vízellátottságban részesülőké, viszont hüvelytömegük csak feleannyi volt. 50%-os vízhiányban a 18%-os WUE csökkenés 23%-os terméskiesést okozott.

Az öntözött parcellákban évenként és fajtánként megállapítottuk az öntözővíz felhasználás hatékonyságát. Mindhárom évben 50%-os vízhiányban voltak magasabbak a fajták átlagos öntözővíz-hasznosítási (IWUE) és öntözéshatás ($IWUE_2$) értékei. 50%-os vízhiányban a fajták átlagos IWUE értékei 2011-ben 58%-al, 2012-ben 76%-al, 2013-ban 53%-al voltak magasabbak, mint az optimális vízellátottságban részesülő növényeké. Az öntözéshatás ($IWUE_2$) 50%-os vízhiányban 2011-ben 46%-al, 2012-ben 71%-al, 2013-ban mindössze 7%-al volt magasabb, mint optimális vízellátottságnál. Ez azzal magyarázható, hogy a kezdeti fejlődés idején a növények számára megfelelő

menyiségű csapadék hullott és virágzás-terméskötés idején is csak két kis adagú öntözést indokoltak az időjárási körülmények.

A három év átlagában az optimális vízellátottsághoz képest 50%-os vízhiányban a 9%-os WUE csökkenés 19%-os termésnövekedést, természetes csapadékelőlejtésben a 60%-os WUE csökkenés 70%-os termésnövekedést okozott. Az öntözővíz-hasznosítás (IWUE) 50%-os vízhiányban 59%-al, az öntözéshatás (IWUE₂) 38%-al magasabb volt, mint optimális vízellátottságnál, viszont a termés így is 19%-al alacsonyabb lett. A három év adatai alapján természetes csapadékelőlejtésben a Carson tudta a legjobban hasznosítani a rendelkezésre álló vizet a termésképzéshez (1 mm vízből 23,68 kg ha⁻¹ termést állított elő), a Pation, a Maxidor és a Serengeti kevesebbet termelt, hasonlóan teljesítettek (19,25-20,08 kg ha⁻¹ mm⁻¹). 50%-os vízhiányban a Pation egységnyi vízből 71,97 kg ha⁻¹ hüvelytömeget produkált, ennél a Serengeti 37%-al, a Carson 40%-al, a Maxidor 48%-al kevesebbet. Optimális vízellátottságnál szintén a Pation hasznosította legjobban a rendelkezésre álló vízmennyiséget (66,25 kg ha⁻¹ mm⁻¹), a Carson ennél 8%-al, a Serengeti 26%-al, a Maxidor 45%-al alacsonyabb értéket ért el.

50%-os vízhiányban a Pation öntözővíz-hasznosítása (IWUE) volt legeredményesebb, a Serengeti és a Maxidor ennél 10%-al, a Carson 28%-al alacsonyabb értéket mutatott. Az optimális vízellátottság a Carson számára volt a legkedvezőbb, de a másik három fajta is csak 10%-al termelt kevesebb hüvelyt ugyanannyi öntözővíz felhasználásával.

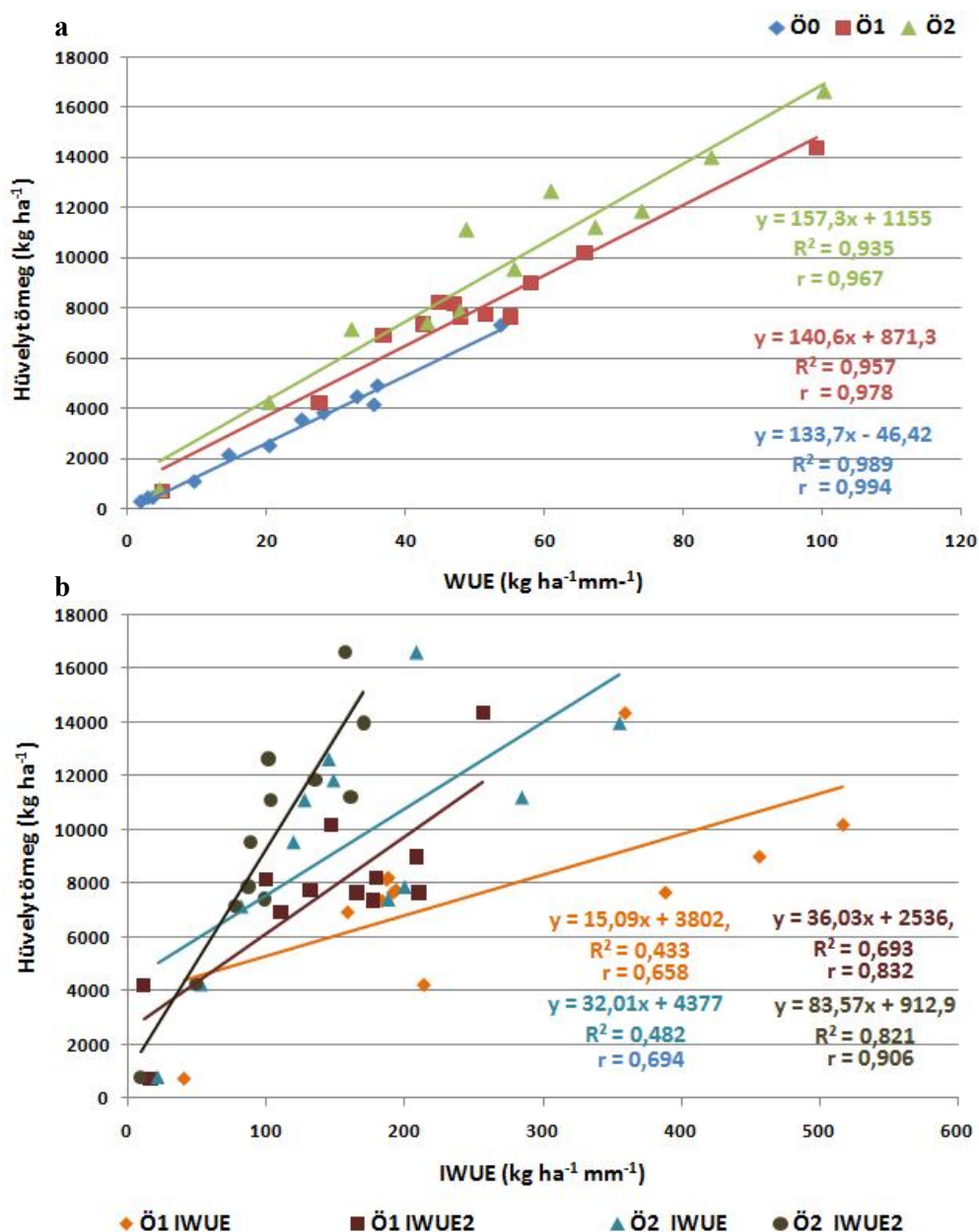
Az öntözéshatás (IWUE₂) a fajták között nagyobb eltéréseket mutatott. 50%-os vízhiányban a Pation 1 mm öntözővíz felhasználásával 217, 65 kg ha⁻¹ hüvelyt termelt, a Serengeti 31%-al, a Maxidor 48%-al kevesebbet, a legalacsonyabb értéket a Carson érte el. Optimális vízellátottságnál szintén a Pationé volt a legmagasabb érték, de a Carson kivételével mindhárom fajta egységnyi öntözővízből előállított hüvelytömege kisebb volt, mint 50%-os vízhiányban (42. táblázat).

42. táblázat Zöldbab fajták vízfelhasználása 2011-2013

Fajta	Év	természetes csapadékellátottság (Ö0)			50%-os vízhiány (Ö1)					optimális vízellátottság (Ö2)				
		Hüvely tömeg (kg ha ⁻¹)	Zöldtömeg (kg ha ⁻¹)	WUE (kg ha ⁻¹ mm ⁻¹)	Hüvely tömeg (kg ha ⁻¹)	Zöldtömeg (kg ha ⁻¹)	WUE (kg ha ⁻¹ mm ⁻¹)	IWUE (kg ha ⁻¹ mm ⁻¹)	IWUE ₂ (kg ha ⁻¹ mm ⁻¹)	Hüvely tömeg (kg ha ⁻¹)	Zöldtömeg (kg ha ⁻¹)	WUE (kg ha ⁻¹ mm ⁻¹)	IWUE (kg ha ⁻¹ mm ⁻¹)	IWUE ₂ (kg ha ⁻¹ mm ⁻¹)
Serengeti	2011	2493	16627	20,48	7748	29611	51,55	194,29	131,77	9547	33178	55,68	119,78	88,50
Pation	2011	4126	10604	35,48	14348	27274	99,08	359,78	256,32	16637	28024	100,24	208,59	156,86
Carson	2011	1070	9396	9,68	7662	21486	55,09	192,13	165,31	11862	26074	74,02	148,72	135,31
Maxidor	2011	433	5007	3,73	729	7062	5,03	41,04	16,64	769	7176	4,63	21,65	9,45
Éves átlag		2031	10408	17,34	7622	21358	52,69	196,81	142,51	9704	23613	58,64	124,69	97,53
Serengeti	2012	2126	9636	14,64	6929	14010	36,77	159,25	110,39	11124	20153	48,76	127,81	103,38
Pation	2012	424	6591	3,01	8211	13839	44,86	188,72	178,98	7147	17569	32,27	82,12	77,25
Carson	2012	3804	9639	28,28	8150	15156	47,06	187,30	99,88	12651	22044	60,95	145,35	101,65
Maxidor	2012	267	4440	1,98	7356	12667	42,48	184,07	177,40	4236	14527	20,40	52,96	49,62
Éves átlag		1655	7576	11,98	7661	13918	42,79	179,84	141,66	8790	18573	40,59	102,06	82,98
Serengeti	2013	3526	8298	25,13	7660	10887	47,90	389,03	209,95	7415	11958	43,16	188,29	98,76
Cerdon	2013	4890	8985	36,00	8996	9580	58,04	456,88	208,53	11220	13110	67,33	284,92	160,74
Carson	2013	4450	8053	33,07	4220	8960	27,54	214,32	-11,68	7880	11781	47,89	200,10	87,10
Maxidor	2013	7298	12160	53,73	10186	11809	65,72	517,32	146,69	14000	14049	84,01	355,51	170,20
Éves átlag		5041	9374	36,98	7766	10309	49,80	394,39	138,37	10129	12725	60,60	257,21	129,20
3 év átlaga		2909	9120	22,10	7683	15195	48,43	257,01	142,80	9541	18303	53,28	161,32	103,23
Fajták 3 éves átlaga														
Serengeti		2715	11520	20,08	7446	18169	45,41	247,52	150,70	9362	21763	49,20	145,29	96,88
Pation*		2275	8598	19,25	11280	20556	71,97	274,25	217,65	11892	22796	66,25	145,35	117,05
Carson		3108	9029	23,68	6677	15200	43,23	197,92	84,50	10798	19967	60,95	164,72	108,02
Maxidor		2666	7202	19,81	6090	10513	37,74	247,48	113,58	6335	11917	36,35	143,37	76,42

* két éves adatsor

A vízhasznosítás és a termés közötti kapcsolat vizsgálatához regresszióanalízist használtunk. A zöldbab vízhasznosítási (WUE) és öntözővíz-hasznosítási (IWUE) és öntözéshatás (IWUE₂) értékei is pozitív korrelációt mutattak a terméssel. A három év adatai alapján mindhárom kezelésben szoros pozitív kapcsolat van a zöldbab vízhasznosítása (WUE) és hüvelytömege között (21.a ábra). A determinációs együttható természetes csapadékelátottságnál $R^2=0,989$, 50%-os vízhiányban $R^2=0,957$, optimális vízellátottságnál $R^2=0,935$.



21. ábra: A zöldbab hüvelytömege és vízfelhasználása közötti összefüggések a három év átlagában (Ö0-természetes csapadékelátottság, Ö1-50%-os vízhiány, Ö2-optimális vízellátottság, WUE-vízhasznosítási együttható, IWUE- öntözővíz-hasznosítási együttható, IWUE2- öntözéshatás)

A zöldbab öntözővíz-hasznosítása (IWUE) és a termés közötti korreláció közepes erősségű. 50%-os vízhiányban $r=0,658$, optimális vízellátottságnál $r=0,694$. Az öntözéshatás (IWUE₂) esetében szoros az összefüggés az öntözővíz mennyisége és az öntözés hatására keletkezett terméstöbbség között, 50%-os vízhiányban $r=0,832$, optimális vízellátottságnál $r=0,906$ (21.b ábra).

4.5.2. Csemegekukorica

A csemegekukorica hibridek vízhasznosító képességét (WUE) a parcellákban termett fosztott csőtömeg evapotranszpirációra vonatkoztatott értékéből állapítottuk meg. Az öntözővíz felhasználás hatékonyságát (IWUE) az öntözött parcellákban termett fosztott csőtömeg és a kijuttatott öntözővíz aránya, az öntözéshatást (IWUE₂) a nem öntözött és az öntözött kezelésekben termett fosztott csőtömeg különbségének egységnyi öntözővízre jutó mennyisége fejezte ki (43. táblázat).

A csemegekukorica hibridek vízhasznosítási együtthatóinak átlaga alapján 2011-ben és 2012-ben 50%-os vízhiányban hasznosították legjobban a növények a rendelkezésre álló vizet, 2013-ban pedig természetes csapadékelátottságban.

2011-ben 50%-os vízhiányban 3%-al magasabb volt a hibridek vízhasznosítási együtthatóinak átlaga az optimális vízellátottsághoz képest, de ez 1%-os terméseszkökenéssel párosult. A nem öntözött növényeknél a 11%-os WUE eszkökenés 22%-os terméseszkökenést okozott az optimális vízellátottságban részesülő növények vízhasznosításához képest.

2012-ben 50%-os vízhiányban 8%-al voltak magasabbak az átlagos vízhasznosítási együtthatók, ennek ellenére 6%-os terméseszkökenést tapasztaltunk. Természetes vízellátottságban 4%-al volt magasabb a hibridek vízhasznosító képessége, mint optimális vízellátottságban, de ez 25%-os terméseszkökenéssel párosult.

2013-ban természetes csapadékelátottság mellett volt a legmagasabb a vízhasznosítási együttható értéke. Ehhez képest 50%-os vízhiányban 22%-al alacsonyabb vízhasznosítás mellett 3%-os terméseszkökenést tapasztaltunk, optimális vízellátottságnál a 12%-os vízhasznosítás eszkökenés ellenére 20%-os termésnövekedést figyeltünk meg.

Az öntözött parcellákban (Ö1, Ö2) mindhárom évben hibridenként számítottuk az öntözővíz-felhasználás hatékonyságát. Az évenkénti átlagos öntözővíz-hasznosítási együttható (IWUE) 2011-ben 98%-al, 2012-ben 87%-al, 2013-ban 55%-al volt magasabb 50%-os vízhiányban, mint optimális csapadékelátottságban. Az öntözéshatás

(IWUE₂) esetében hasonló, de mérsékeltebb különbségeket tapasztaltunk: 50%-os vízhiányban egységnyi öntözővíz mennyiségből 2011-ben 92%, 2012-ben 48%-al tudtak több termést előállítani a növények, mint optimális vízellátottságnál. 2013-ban 50%-os vízhiányban 3%-al kevesebb termést takarítottunk be, mint természetes csapadékelletottság mellett, így az öntözéshatás nem volt értelmezhető. Optimális vízellátottság mellett a növények 1 mm öntözővíz felhasználásával 41,06 kg ha⁻¹ terméstoppletet érték el.

A három év átlagolt WUE értékei alapján megállapítható, hogy a kezelésekből a vízfelhasználás minimális eltéréseket mutatott (50%-os vízhiányban 1%-al magasabb átlagos vízhasznosítási együttható értéket kaptunk, mint a másik két kezelésben). Ennek ellenére a rendelkezésre álló vízmennyiség csökkenésével a termésmennyiség is csökkent. 50%-os vízhiányban 9%-al, természetes csapadékelletottságban 22%-al volt kevesebb termés, mint optimális vízellátottságban. 50%-os vízhiányban az öntözővíz-hasznosítás (IWUE) 83%-al, az öntözéshatás (IWUE₂) 47%-al volt magasabb, mint optimális vízellátottságnál, viszont a fosztott csőtömeg 9%-al alacsonyabb volt. Számos szerző (*Wiswanatha*, 2002; *Garcia et al.*, 2009; *Ertek és Kara*, 2013) hasonlóképpen azt állapította meg, hogy az öntözővíz mennyiségének növekedésével csökkent a növények vízhasznosítása.

Vízhasznosítás szempontjából a három év adatai alapján mindhárom kezelésben a GSS 1477 volt a leghatékonyabb, majd a GSS 2259 és az Overland következett. Természetes csapadékelletottságban a GSS 1477 és a GSS 2259 vízhasznosítási együtthatója mindössze 2%-os eltérést mutatott, az Overland ennél 14%-al alacsonyabb értéket ért el. 50%-os vízhiányban a GSS 1477 94,05 kg termést tudott előállítani hektáronként 1 mm vízből, a GSS 2259 11%-al, az Overland 13%-al kevesebbet. Optimális vízellátottságban a GSS 2259 3%-al, az Overland 21%-al hasznosította gyengébben a rendelkezésre álló vizet, mint a GSS 1477 (43. táblázat).

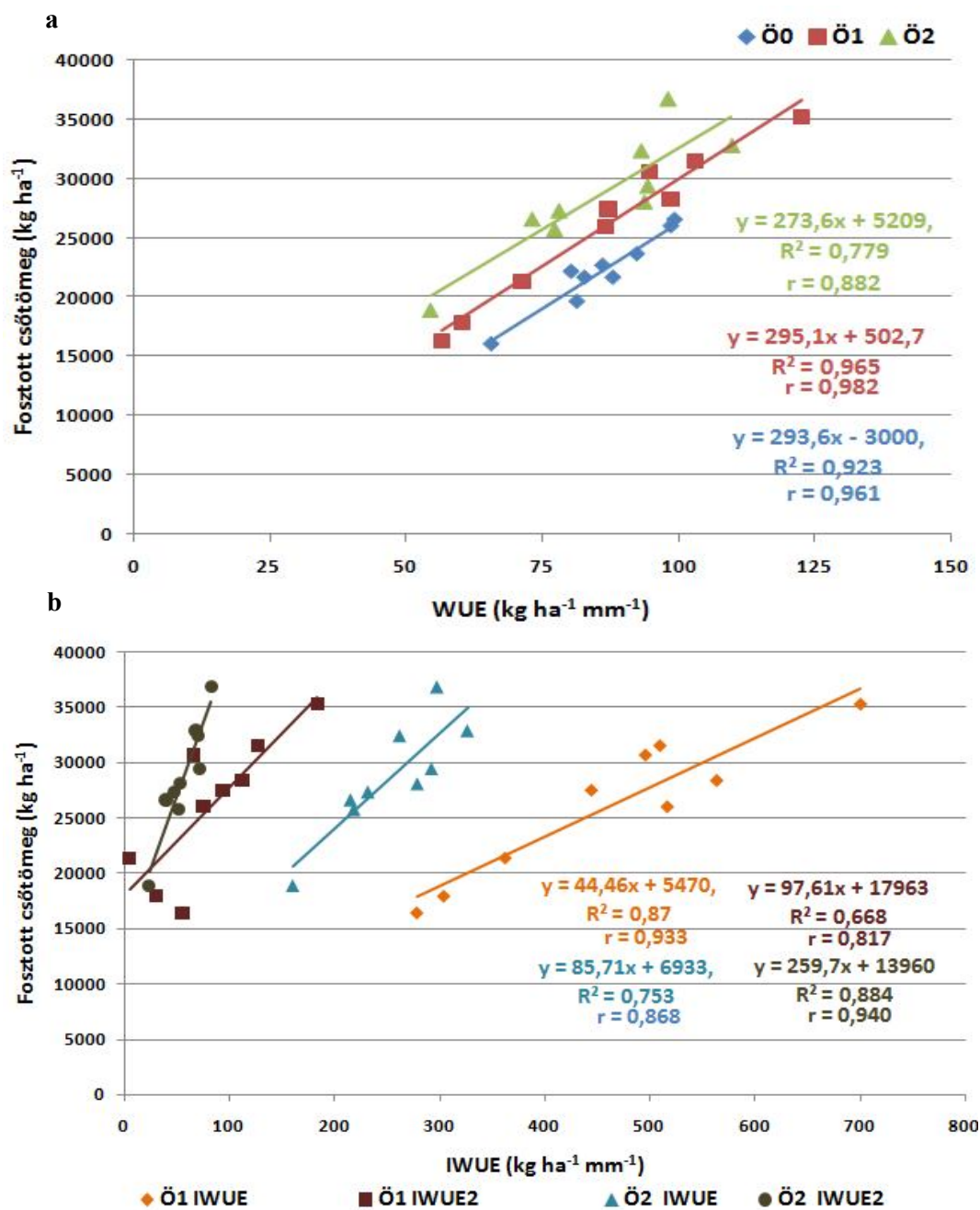
43. táblázat Csemegekukorica hibridek vízfelhasználása 2011-2013

Hibrid	Év	természetes csapadékelátottság (Ö0)			50%-os vízhiány (Ö1)					optimális vízellátottság (Ö2)				
		Fosztott csőtömeg (kg ha ⁻¹)	Zöldtömeg (kg ha ⁻¹)	WUE (kg ha ⁻¹ mm ⁻¹)	Fosztott csőtömeg (kg ha ⁻¹)	Zöldtömeg (kg ha ⁻¹)	WUE (kg ha ⁻¹ mm ⁻¹)	IWUE (kg ha ⁻¹ mm ⁻¹)	IWUE ₂ (kg ha ⁻¹ mm ⁻¹)	Fosztott csőtömeg (kg ha ⁻¹)	Zöldtömeg (kg ha ⁻¹)	WUE (kg ha ⁻¹ mm ⁻¹)	IWUE (kg ha ⁻¹ mm ⁻¹)	IWUE ₂ (kg ha ⁻¹ mm ⁻¹)
GSS 1477	2011	26017	33434	98,57	35236	66214	122,45	700,45	183,26	32866	64797	109,74	326,66	68,07
GSS 2259	2011	22186	43181	80,26	25985	63431	86,55	516,55	75,52	29435	64346	94,35	292,56	72,05
Overland	2011	22703	34835	86,02	28354	60697	98,54	563,64	112,32	28066	66938	93,71	278,96	53,30
Éves átlag		23635	37150	88,28	29858	63447	102,51	593,54	123,70	30122	65360	99,27	299,39	64,47
GSS 1477	2012	23659	47571	92,30	31497	60297	103,07	509,58	126,81	32402	61502	93,15	262,09	70,72
GSS 2259	2012	26548	59823	99,25	30647	84281	94,68	495,82	66,31	36807	87281	98,04	297,72	82,98
Overland	2012	21686	43101	82,74	27470	64097	87,02	444,42	93,57	26616	70636	73,20	215,29	39,88
Éves átlag		23965	50165	91,43	29871	69558	94,92	483,27	95,56	31942	73140	88,13	258,37	64,52
GSS 1477	2013	19670	37820	81,32	16402	46075	56,64	278,29	-55,43	25754	50846	77,31	218,48	51,62
GSS 2259	2013	21693	44764	87,92	21357	50977	71,26	362,36	-5,70	27334	57349	78,11	231,88	47,85
Overland	2013	16093	36599	65,62	17911	49714	60,28	303,88	30,84	18889	52158	54,61	160,24	23,72
Éves átlag		19152	39728	78,29	18557	48922	62,73	314,84	-10,10	23992	53451	70,01	203,53	41,06
3 év átlaga		22251	42348	86,00	26095	60642	86,72	463,89	83,31	28685	63984	85,80	253,76	56,69
Hibridek 3 éves átlaga														
GSS 1477		23115	39608	90,73	27712	57529	94,05	496,10	84,88	30341	59049	93,40	269,08	63,47
GSS 2259		23476	49256	89,15	25996	66229	84,16	458,24	45,38	31192	69659	90,17	274,05	67,63
Overland		20161	38178	78,13	24578	58169	81,95	437,31	78,91	24524	63244	73,84	218,16	38,96

A három év átlagában 50%-os vízhiányban a GSS 1477 öntözővíz-hasznosítása (IWUE) volt a legeredményesebb, a GSS 2259 ennél 8%-al, az Overland 12%-al ért el alacsonyabb értéket. Az optimális vízellátottságban kijuttatott öntözővíz mennyiséget a GSS 2259 tudta a legjobban hasznosítani, 1 mm öntözővíz felhasználásával 274,05 kg csövet termett hektáronként. A GSS 1477 ennél 2%-al, az Overland 19%-al kevesebbet. Az öntözéshatás (IWUE₂) vizsgálata során megállapítottuk, hogy 50%-os vízhiányban a GSS1477 1 mm öntözővíz felhasználásával 84,88 kg terméstöbbletet ért el hektáronként, az Overland ennél 7%-al, a GSS 2259 47%-al produkált kevesebbet. Optimális vízellátottságban a GSS 2259 hozta a legjobb eredményt, ennél a GSS 1477 esetében 6%-al, az Overlandéban 42%-al volt alacsonyabb az IWUE₂ értéke (43. táblázat).

A csemegekukorica vízhasznosítása és termése között szoros pozitív korrelációt mutattunk ki. A három év adatai alapján eltérő vízellátottsági viszonyok között a csemegekukorica produkcióját nagymértékben befolyásolja a növények vízhasznosítása (22.a ábra). A determinációs együttható értéke 50%-os vízhiányban ($R^2=0,965$) és természetes csapadékelátottság mellett ($R^2=0,923$) magasabb, mint optimális vízellátottságnál ($R^2=0,779$).

A csemegekukorica öntözővíz-hasznosítása (IWUE) és a betakarított csőtömeg mennyisége közötti kapcsolat erős, 50%-os vízhiányban $r=0,933$, optimális vízellátottságnál $r=0,868$. Az öntözéshatás (IWUE₂) és az öntözés következtében keletkezett terméstöbblet között szintén erős pozitív összefüggés volt, 50%-os vízhiányban $r=0,817$, optimális vízellátottságnál $r=0,940$ (22.b ábra).



22. ábra: A csemegekukorica csőtömege és vízfelhasználása közötti összefüggések a három év átlagában (Ö0-természetes csapadékelátottság, Ö1-50%-os vízhiány, Ö2-optimális vízellátottság, WUE-vízhasznosítási együttható, IWUE- öntözővíz-hasznosítási együttható , IWUE2-öntözéshatás)

5. KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK

A gazdaságos növénytermesztés alapfeltétele a növények számára legoptimálisabb feltételek biztosítása a megfelelő növekedéshez és fejlődéshez. Napjainkban a szélsőséges éghajlati viszonyok indokoltá teszik, hogy minél szélesebb körben vizsgáljuk a növények reakcióit a különböző stressz-hatásokra. Különösen fontos ez a zöldségtermesztésben, hiszen a termesztést meghatározó legfontosabb tényező a megfelelő vízellátottság biztosítása, amely az utóbbi évek aszályos jellegét figyelembe véve, csak öntözéssel valósítható meg.

Hároméves kísérletünkben néhány köztermesztésben lévő zöldbabfajta és csemegekukorica hibrid növekedését és fejlődését vizsgáltuk eltérő vízellátottsági viszonyok között.

A növényi fejlődést jellemző paraméterek (növénymagasság, LAI, NDVI, SPAD) eltérően változtak a vízellátottság hatására. A növénymagasság és a LAI értékek vízellátottság javulásával egyenes arányban nőttek. Öntözött kezelésekben virágzás és hüvelykötés idején közepes pozitív korreláció ($r=0,429-0,499$) volt a levélterület index és a termésmennyiség között. A csemegekukoricánál nővirágzás idején vízhiányos körülmények között volt közepes korreláció ($r=0,407-0,484$) a mért LAI értékek és a csőtömeg között.

Megfigyeléseink szerint a vízellátottság jelentősen befolyásolja az NDVI értékeket. A zöldbab vegetációs index értékeinek maximumai hüvelykötés idején voltak. A vegetációs index értékek az öntözött kezelésben virágzás idején mutatták a legmagasabb korrelációt ($r=0,608-0,640$) az áruhüvelyek súlyával, ez a kapcsolat vízhiányos körülmények között a fejlődés végéig megmaradt. A csemegekukoricánál nővirágzás idején közepes összefüggés ($r=0,426-0,454$) volt az NDVI és a csőtömeg között.

A SPAD értékek a zöldbabnál elégtelen vízellátottságban magasabbak voltak, mint optimális vízellátottság mellett. Közepes korreláció ($r=0,426-0,464$) vízhiányos öntözésnél virágzás és hüvelyérés idején volt. A csemegekukoricánál nővirágzás és szemtelítődés idején kedvezőbb vízellátásban magasabb értékeket mértünk. A SPAD és a csőtömeg között címerhányás-nővirágzás idején közepes ($r=0,479-0,591$) és szoros ($r=0,710$) összefüggések is voltak.

A tenyészidőszak során mért paraméterek és a termés közötti kapcsolat alapot ad a LAI, NDVI és SPAD értékekre alapozott termésbecslés kidolgozásához.

Eredményeink alapján a növényi kondíciót mindkét növény esetében a fajták és hibridek NDVI és SPAD érték szignifikáns különbségei határozták meg, a LAI értékek ebben az esetben nem alkalmasak a növények teljesítőképességének meghatározására, így a további vizsgálatokba más paraméter bevonása indokolt.

A csemegekukorica esetében a növényi fejlődést és a termőképességet jelentősen befolyásolja az évjárat, ezért hosszú távú következtetéseket csak a három év adatainak összegzése után tudtunk levonni. A három év adatai alapján a jobb növényi kondíció jobb termőképességgel párosul, viszont az évenkénti teljesítmény nagymértékben függ a vízellátottságtól és a hibridek stressztűrő képességétől.

A tenyészidőszakban mindkét növény esetében optimális vízellátottságban volt a legmagasabb a tényleges evapotranszpiráció (ET). A vízellátottság okozta evapotranszpirációs különbségek alapján a zöldbab 2013-ban, a csemegekukorica 2011-ben tudott egyöntetűbben fejlődni, mivel a csapadékosabb tenyészidőszak mérsékeltebb evapotranszpirációs eltéréseket okozott a kezelések között. Megállapítottuk, hogy a zöldbab esetében a vízhasznosítási együttható (WUE) csökkenése jelentős termés csökkenéssel társul ($r=0,967-0,994$). Az öntözővíz-hasznosítás és a hüvelytömeg között közepes pozitív korrelációt ($r=0,658-0,694$), az öntözéshatás és az öntözés miatt kialakult terméstöbblet között erős pozitív korrelációt ($r=0,832-0,906$) tapasztaltunk.

Megállapításaink szerint a csemegekukorica WUE csökkenése mérsékeltebb terméskiesést eredményezett ($r=0,882-0,982$). Az öntözővíz-hasznosítás és a fosztott csőtömeg valamint az öntözéshatás és az öntözés miatt kialakult terméstöbblet között erős pozitív korrelációt tapasztaltunk ($r_{IWUE}=0,868-0,933$), $r_{IWUE2}=0,817-0,940$).

A zöldbab és a csemegekukorica fejlődését és növekedését meghatározó paraméterek valamint a vízhasznosítási és öntözővíz-hasznosítási mutatók alapján meghatározható, hogy a fajták és hibridek számára milyen vízellátottsági viszonyok a legmegfelelőbbek. Ezek alapján az általunk vizsgált fajtákra eredményeink alapján a következő megállapítások érvényesek:

Zöldbab

Serengeti: Az öntözés nélküli növényeken sok hüvelykezdemény, minimális szabványos, áru minőségű termés képződött. A száraz körülményeket jobban elviseli a többi fajtánál, de a betakarítás időpontjára figyelni kell, mert magas rost-tartalma miatt

hüvelyei hamar üregesednek. Egységnyi öntözővízből 50%-os vízhiányban tudott több termést előállítani, deficit öntözésre alkalmas fajta.

Pation: A Pation gyenge csírázóképesége miatt a ritka növényállományban elhúzódó virágzás és egyenetlen hüvelyérés gyenge vízhasznosítást eredményezett. Víztakarékos öntözéssel és öntözés nélkül a hüvelyek feldolgozási minősége csökken; jelentős mennyiségű a hajlott, illetve erősen görbült hüvely (kb. 25%), ami növeli a feldolgozási veszteséget. Öntözővíz-hasznosítása és az egységnyi öntözővízből előállított termése kiemelkedő, deficit öntözésbe bevonható fajta.

Carson: Víztakarékos öntözés hatására a rövidebb hüvelyek fejlődtek, nőtt a zöldessárga árnyalatú hüvelyek aránya, öntözés nélkül nőtt a szabványon kívüli (hajlott, görbült) hüvelyek mennyisége. Vízhiányos körülmények között hüvelyeinek rosttartalma megnő, szálkásodnak. A rendelkezésre álló öntözővíz-mennyiséget optimális vízellátottságban hasznosította a legjobban.

Maxidor: Kelés idején nagyon érzékeny a környezeti hatásokra, az esetleges károsodás a későbbi fejlődését nagymértékben befolyásolja. Az öntözés nélküli növényeken sok a deformált, szabványon kívüli hüvely. A rendelkezésre álló öntözővíz-mennyiségből 50%-os vízhiányban több termést képzett, mint optimális vízellátottságban, így további deficitöntözési kísérletekre alkalmas lehet.

Csemegekukorica

GSS 1477: A csövek hossza a vízellátottság javulásával egyenes arányban nő, a szemsorok száma nem, inkább a szemek mérete változik. Cukortartalma optimális vízellátottságnál a legmagasabb, karotin-tartalma öntözés hatására kissé csökken. 50%-os vízhiányban hasznosítja legjobban a rendelkezésre álló öntözővizet és produkálja a legnagyobb terméstöbbséget.

GSS 2259: Nem öntözött körülmények között csőméreteik (csőtömeg, csőátmérő) csökkennek. Öntözés hatására a szemsorok száma a cső hosszában nő, hosszabb csövek fejlődnek. A cukortartalma 50%-os vízhiányban a legalacsonyabb, karotin-tartalma vízhiány következtében csökken. Öntözővíz-hasznosítása 50%-os vízhiányban volt jobb, viszont nagyobb terméstöbbséget optimális vízellátottságban produkált. Deficit öntözési rendszerbe vonásra alkalmas hibrid.

Overland: Öntözött kezelésekben megegyezik a csövek mérete, nem öntözött körülmények között kisebb csövek fejlődnek. Öntözés hatására nő a csőátmérőn lévő szemsorok száma, így vastagabbak lesznek a csövek. Öntözés hatására cukor-tartalma

csökken, karotin-tartalma nő. Optimális vízellátottságban 1 mm öntözővízből feleannyi termést tud előállítani, mint 50%-os vízhiányban. Deficit öntözési rendszerbe vonása esetén a magasabb deficitekre is jól reagálhat.

Ezek az ismeretek hozzájárulhatnak fajtákkal és hibridekkel kapcsolatos megfelelő szaktanácsadáshoz, valamint megkönnyítik a termelők számára a termőhelynek megfelelő növény fajták kiválasztását és a növények számára megfelelő vízellátottsági viszonyok biztosítását. A fajták és hibridek legoptimálisabb teljesítőképességének feltárására az optimális vízellátottság és az 50%-os vízhiány között további vízellátottsági szintek kialakítására lenne szükség (pl. 10, 20, 30 és 40%-os vízhiány).

6. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

- A vízellátottság a zöldbab levélterületének méretét hüvelykötés idején, a spektrális tulajdonságokat (NDVI, SPAD) virágzás alatt és hüvelykötés idején, a csemegekukorica LAI értékeit címerhányás idején, vegetációs indexértékeit nővirágzás, SPAD értékeit nővirágzás és szemtelítődés alatt befolyásolta szignifikánsan.
- A zöldbab fajták és csemegekukorica hibridek különböző fejlődési szakaszaiban a spektrális tulajdonságok (NDVI, SPAD) és a termésátlag közötti közepes erősségű összefüggések lehetőséget adnak a várható termés előrejelzésére.
- Az öntözővíz-hasznosítás (IWUE) és a termésátlag között a zöldbabnál közepes, a csemegekukoricánál szoros korrelációt állapítottunk meg. Az öntözéshatás (IWUE₂) és a termésátlag között mindkét növénynél szoros kapcsolat volt. Az eredmények alapján meghatározható a fajták/hibridek termesztéséhez legmegfelelőbb vízellátottsági szint.
- A vízhasznosítási együttható csökkenése zöldbabnál jelentős ($r=0,967-0,994$), a csemegekukoricánál mérsékeltebb ($r=0,882-0,982$) termés kieséssel társul.

7. AZ EREDMÉNYEK GYAKORLATI HASZNOSÍTHATÓSÁGA

- Vízhiány következtében a zöldbab szárazanyag-, fehérje- és nyersrost-tartalma nő. A zöldhüvelyű fajták közül a Serengeti a legérzékenyebb a vízhiányra, hüvelyei hamar üregesednek, viszont magas fehérje-tartalma miatt jó élelmi minőségű. A sárgahüvelyű Carson fehérje-tartalma magasabb, viszont vízhiányra érzékenyebb, mint a Maxidor.
- Öntözés hatására a csemegekukorica karotin-tartalma kissé nő, szárazanyag-tartalma csökken, a GSS 1477 cukortartalma optimális vízellátottságban a legmagasabb, a GSS 2259 hibridé 50%-os vízhiányban volt a legalacsonyabb, az Overland cukortartalma öntözés hatására csökken.
- A vízhasznosítási és öntözővíz-hasznosítási mutatók alapján a Serengeti, Pation és Maxidor zöldbabbfajták termesztéséhez az 50%-os vízhiányos körülmények megfelelőek, a Carson számára inkább az optimális vízellátottság kedvező; a csemegekukorica hibridek közül a GSS 1477 az öntözést meghálálja, a GSS 2259 az optimális vízellátottságot részesíti előnyben, az Overland pedig inkább a szárazabb körülményeket.

8. ÖSSZEFOGLALÁS

A zöldségtermesztés alapvető feltétele a növények igényének megfelelő vízellátottság biztosítása. Hazánk természeti adottságai miatt az őszi-téli félév csapadéka, valamint a tenyészidőszakban lehullott csapadék sokszor nem elegendő a növények optimális növekedéséhez és fejlődéséhez. A tenyészidőszak alatti csapadékeloszlás nem csak évenként, hanem az egyes hónapokban is eltér. Az így kialakuló vízhiány csökkentése és a termésbiztonság fokozása csak öntözéssel valósítható meg.

A költséghatékony és biztonságos növénytermesztés elengedhetetlen feltétele a szántóföldi és a kertészeti kultúrák vízellátottságának vizsgálata, valamint a megfelelő vízutánpótlási stratégiák kidolgozása az adott növények esetében.

Dolgozatomban a növényi fejlődést és termőképességet jellemző paraméterek, valamint a növények vízhasznosítása alapján vizsgáltam köztermesztésben lévő zöldbabfajták és csemegekukorica hibridek számára legoptimálisabb vízellátottsági viszonyokat.

A kísérlet célja vizsgálni,

- i) hogy a vízellátottság hogyan befolyásolja a különböző fejlődési szakaszokban a vizsgált fajták és hibridek fejlődését, valamint a termőképességet,
- ii) a LAI, SPAD, NDVI, valamint a termőképesség jellemzői alapján, hogyan változik a zöldbab és a csemegekukorica teljesítménye a különböző kezelésekben,
- iii) valamint hogy milyen összefüggések vannak a növényi fejlődést jellemző paraméterek és a termés között a különböző fejlődési szakaszokban.

A különböző vízellátottságban részesülő zöldbab és a csemegekukorica állományok potenciális evapotranszpiráció értékei és termése alapján meghatároztuk a fajták és hibridek vízhasznosítását. A fenti eredmények segítségével meghatározhatjuk az egyes genotípusok termesztéséhez szükséges öntözővíz mennyiségét.

A vizsgálatokat 2011-2013 között a Debreceni Egyetem Kertészettudományi Intézetének bemutatókertjében végeztük csernozjom talajon, kispácellás kísérletben öt zöldbabfajtával (Serengeti, Pation, Cerdon, Carson, Maxidor) és három csemegekukorica hibriddel (GSS 1477, GSS 2259, Overland) kezelésként 3 ismétlésben.

A különböző kezelésekben kijuttatott öntözővíz mennyiségét a vizsgálati területen lévő meteorológiai állomás napi adatai alapján határoztuk meg és csepegtető öntözőrendszerrel juttattuk ki. Optimális vízellátottságban (Ö2) a visszajuttatott víz

mennyisége a Shuttleworth-Wallace módszer alapján becsült evapotranszpirációs veszteségnek felelt meg, az 50%-os vízhiány (Ö1) ennek a felét jelentette. Az öntözés nélküli (Ö0) parcellák pedig csak a természetes csapadékelátásban részesültek. A tenyészidőszakban a teljes vízfelvételt az egyes kezelésekben számított tényleges evapotranszpirációs értékekből határoztuk meg. A vízhasznosítás (WUE) és az öntözővíz-hasznosítás (IWUE, IWUE₂) hatékonyságát az egységnyi víz felhasználásával előállított termésmennyiséggel jellemeztük.

A növekedés és fejlődés értékeléséhez a vegetációs periódus alatt a különböző kezelésekben fejlődési szakaszonként mértünk a növényegyedeken a SPAD értéket, a növényállományban a levélterület indexet (LAI) és a vegetációs indexet (NDVI). A növénymagasság mérésére közvetlenül betakarítás előtt került sor. Termésmintát ismétlésenként 10, azaz öntözés kezelésenként 30 növényről vettünk. A zöldbabnál meghatároztuk az áru és szabványon kívüli hüvelyek arányát és súlyát, valamint laboratóriumban meghatározták a hüvelyek beltartalmi értékeit (szárazanyag-, fehérje- és nyersrost-tartalom). A csemegekukoricánál mértük a csövek hosszát és átmérőjét, a fosztatlan (bruttó) és fosztott csőtömeget (nettó), valamint a szemsorok számát a cső hosszán és területén, a beltartalmi értékeket (szárazanyag-, cukor- és karotin-tartalom) laborban határozták meg.

Eredményeink szerint a különböző fejlődési szakaszokban a növények levélterülete és spektrális tulajdonságai nagymértékben függnak a rendelkezésre álló víz mennyiségétől. A zöldbab esetében a növények levélterülete hüvelyérés idejére az öntözött kezelésekben érte el a maximumot, ami 2011-ben 4,63-5,76 m² m⁻², 2012-ben 3,11-4,58 m² m⁻², 2013-ban 3,36-3,93 m² m⁻² volt. A kezelések LAI értékei között mindhárom évben hüvelykötés és hüvelyérés idején volt szignifikáns különbség. Virágzás után az öntözött kezelésekben mért NDVI értékek szignifikánsan magasabbak voltak, mint természetes csapadékelátottságban. A vegetációs index értékek a tenyészidőszakban hüvelykötésig növekedtek, majd hüvelyérés idején mérsékelten csökkentek. A vizsgálati időszak alatt a magasabb SPAD értékeket természetes csapadékelátottságban részesülő növények levelein mértük, tehát öntözés hatására a növények relatív klorofill-tartalma csökkent. A legnagyobb szignifikáns különbség a kezelések között virágzás és hüvelyérés alatt volt.

A csemegekukorica levélterület-index értékei az öntözés hatására jelentősen nőttek. A kezelések közötti szignifikáns különbségek címerhányás-nővirágzás idején jelentkeztek. A LAI értékek maximuma 2011-ben $2,41-3,97 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$, 2012-ben $2,48-3,6 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$, 2013-ban a kezdeti gyengébb fejlődés miatt mindössze $2,22-2,4 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$ volt. A kezelések vegetációs index értékei címerhányás idején voltak a legmagasabbak és a legkifejezettebbek, nővirágzás idejére az eltérések mérséklődtek és az NDVI értékek a legtöbb esetben csökkentek. A SPAD értékek mérését 2012-ben kezdtük, a nem öntözött növények leveleinek relatív klorofill-tartalma szignifikánsan alacsonyabb volt, mint az öntözött kezelésekben. 2013-ban optimális vízellátottságban mértük a legmagasabb értékeket. A GSS 1477 és GSS 2259 esetében a SPAD érték nővirágzás és szemtelítődés idején optimális vízellátottságban, Overlandnál pedig természetes csapadékellátottságban voltak magasabbak.

Külböző vízellátottság alatt a zöldbab terméseredményeit a termékenyüléssel és a hüvelyek minőségi megoszlásával jellemeztük. Eredményeink alapján megállapítottuk, hogy az öntözött kezelésekben az áruhüvelyek darabszáma kétszer annyi volt, mint a szabványon kívüli hüvelyeké, természetes vízellátottságnál pedig arányuk megegyezett. A hüvelyek minőségi megoszlása alapján öntözés nélkül 10%-al csökken az áruhüvelyek súlya. A Serengeti fajta beltartalmi értékei voltak a legmagasabbak minden kezelésben, az eredmények alapján ez a fajta a legérzékenyebb a vízhiányra, magas rosttartalma miatt hüvelyei hamar üregesednek, magas fehérjetartalma miatt jó élelmi minőségű.

A csemegekukorica termés-paramétereire (fosztatlan és fosztott csőtömeg, csőhossz- és átmérő, szemsorok száma) a vízellátottság jelentős hatással van. Öntözött kezelésekben szignifikánsan magasabb értékeket mértünk, mint természetes csapadékellátottságnál. A vízellátottság hatása a csemegekukorica beltartalmi értékeire hibridenként változott. A szárazanyag-tartalom vízhiányos körülmények között a legmagasabb. A GSS 1477 cukortartalma optimális vízellátottságban volt a legmagasabb, a GSS 2259 hibridé 50%-os vízhiányban a legalacsonyabb, az Overland cukortartalma öntözés hatására 26%-al csökkent. A hibridek karotin-tartalma öntözés hatására kismértékben nőtt.

A növények fejlődését és termőképességét jellemző paraméterek összesítése alapján 2011-ben a zöldbabok közül a legjobb növényi kondícióban lévő Pation érte el a legjobb terméseredményeket. 2012-ben a Carson rendelkezett a legmagasabb termőképességgel.

2013-ban pedig a Maxidornak voltak a legjobb növényi fejlődést és termőképességet jellemző mutatói. A Carson növényi kondíciója és terméseredményei optimális vízellátottságban a legjobbak. A Maxidor a fejlődés korai szakaszában bekövetkezett károsodásokat az öntözés ellenére sem tudja kiheverni. A Pation növényi kondíciója és terméseredményei öntözés hatására javulnak. A Serengeti a szárazabb körülményeket jobban elviseli a többi fajtánál.

A csemegekukukorica hibridek közül a 2011-es évjárat termésképzés szempontjából a GSS 1477-nek kedvezett. 2012-ben a GSS 2259 volt a legeredményesebb. A 2013-as év az Overland hibrid számára volt a legmegfelelőbb, viszont az öntözésre a GSS 2259 reagált a legjobban. A GSS 1477 eltérő vízellátottságban is hasonló produkcióra képes. A GSS 2259 fejlődése és így terméseredményei is javulnak öntözés hatására. Az Overland vízhiányos körülmények között jobban fejlődik és terméseredményei is jobbak.

Az évek termésátlagai és a vizsgált paraméterek közötti összefüggéseket lineáris regresszióval vizsgáltuk 5%-os szignifikancia szinten. A zöldbab fejlődése során a három év adatai alapján az egyes kezelésekben közepes erősségű összefüggéseket állapítottunk meg az áru hüvely termésmennyisége, valamint a LAI, NDVI és SPAD értékek között. A csemegekukukoricánál a levélterület, vegetációs index és SPAD értékek valamint a $t\ ha^{-1}$ -ra átszámított foszthatlan csőtömeg között közepes és szoros összefüggéseket is találtunk a különböző fejlődési szakaszokban.

A zöldbab fajták vízhasznosító képességét (WUE) a parcellákban termett hüvelyek (áru és szabványon kívüli) tömegének evapotranszpirációra vonatkoztatott értékéből állapítottuk meg. Az öntözővíz felhasználás hatékonyságát (IWUE) az öntözött parcellákban termett hüvelymennyiség és a kijuttatott öntözővíz aránya, az öntözéshatást ($IWUE_2$) a nem öntözött és az öntözött kezelésekben termett hüvelymennyiség különbségének egységnyi öntözővízre jutó mennyisége fejezte ki. 2011-ben és 2013-ban a legmagasabb átlagos WUE értéket optimális vízellátottságnál, 2012-ben 50%-os vízhiánynál mértük.

Az öntözött parcellákban évenként és fajtánként megállapítottuk az öntözővíz felhasználás hatékonyságát. Mindhárom évben 50%-os vízhiányban voltak magasabbak a fajták átlagos öntözővíz-hasznosítási (IWUE) és öntözéshatás ($IWUE_2$) értékei. A három év átlagában az optimális vízellátottsághoz képest 50%-os vízhiányban a 9%-os

WUE csökkenés 19%-os termésnövekedést, természetes csapadékelátottságban a 60%-os WUE csökkenés 70%-os termésnövekedést okozott. A vízhasznosítás és a termés közötti kapcsolat vizsgálatához regresszióanalízist használtunk. A zöldbab vízhasznosítási (WUE) és öntözővíz-hasznosítási (IWUE, IWUE₂) értékei is pozitív korrelációt mutattak a terméssel.

A csemegekukorica hibridek vízhasznosító képességét (WUE) a parcellákban termelt fosztott csőtömeg evapotranszpirációra vonatkoztatott értékéből állapítottuk meg. Az öntözővíz felhasználás hatékonyságát (IWUE) az öntözött parcellákban termelt fosztott csőtömeg és a kijuttatott öntözővíz aránya, az öntözéshatást (IWUE₂) a nem öntözött és az öntözött kezelésekben termelt fosztott csőtömeg különbségének egységnyi öntözővízre jutó mennyisége fejezte ki. A hibridek vízhasznosítási együtthatóinak átlaga alapján 2011-ben és 2012-ben 50%-os vízhiányban hasznosították legjobban a növények a rendelkezésre álló vizet, 2013-ban pedig természetes csapadékelátottságban. A három év átlagolt WUE értékei alapján a kezelésekben a vízfelhasználás minimális eltéréseket mutatott (50%-os vízhiányban 1%-al magasabb átlagos vízhasznosítási együttható értéket kaptunk, mint a másik két kezelésben). Ennek ellenére a rendelkezésre álló vízmennyiség csökkenésével a termésmennyiség is csökkent. 50%-os vízhiányban 9%-al, természetes csapadékelátottságban 22%-al volt kisebb a termésátlag, mint optimális vízellátottságban. 50%-os vízhiányban az öntözővíz-hasznosítás (IWUE) 83%-al, az öntözéshatás (IWUE₂) 47%-al volt magasabb, mint optimális vízellátottságnál, viszont a fosztott csőtömeg 9%-al alacsonyabb volt.

A csemegekukorica vízhasznosítása és termésátlaga között szoros pozitív korrelációt mutattunk ki. A három év adatai alapján eltérő vízellátottsági viszonyok között a csemegekukorica produkcióját nagymértékben befolyásolja a növények vízhasznosítása. A csemegekukorica öntözővíz-hasznosítása (IWUE) és a betakarított csőtömeg mennyisége közötti kapcsolat erős, az öntözéshatás (IWUE₂) és az öntözés következtében keletkezett termésmennyiség között 50%-os vízhiányban $r=0,817$, optimális vízellátottságnál $r=0,940$ a korreláció.

9. SUMMARY

Essential condition for the vegetable growing is to ensure adequate water supply to the plants needs. Due to our country's natural conditions the autumn-winter season precipitation and growing season precipitation are often not enough for optimal growth and development of plants. Distribution of rainfall during the growing season not only annually, but each month is different. Reduction of evolving water shortages and increasing crop safety can be achieved only with irrigation.

The major criteria of cost-effective and safe crop production are the examination of water supply on field and horticultural plants and development of adequate water supply strategies for a particular crops.

In my thesis I define the optimal water supply conditions for examined cultivated green bean and sweet corn varieties based on the parameters characterizing plant growth and productivity.

The aim of our research to examine

- i) how does the water supply affect the development of varieties and hybrids in different development stages and how affects fertility,
- ii) how to change green bean and sweet corn efficiency in different water regimes based on LAI, SPAD, NDVI values and fertility characteristics
- iii) what are the relationships between parameters of plant development and yield in different phenophase.

We determined the water use of green bean and sweet corn based on potential evapotranspiration values and yield in different water supply. With these results we can define the amount of irrigation water necessary for the cultivation of certain genotypes.

The field experiment was carried out between 2011-2013 in the demonstration garden of the Institute for Horticultural Sciences of the University of Debrecen, on chernozem soil, on small-plots involving five bean varieties (Serengeti, Pation, Cerdon, Carson, Maxidor) and three sweet corn hybrids (GSS 1477, GSS 2259, Overland) with three replications per treatment.

We determined the amount of irrigation water in different treatments by the daily data of meteorological station near the study area and we applied drip irrigation system. The first treatment (full irrigation - Ö2) the amount of irrigation water was the evapotranspiration loss estimate by the Shuttleworth-Wallace method, in the second

treatment (50% water deficit - Ö1) was the half of it. Without irrigation (Ö0) the plots were rain fed. In the treatments we determined the total water uptake of the growing season by actual evapotranspiration values. We characterized the water use (WUE) and irrigation water use efficiency (IWUE, IWUE₂) with yield produced per unit of water. We measured SPAD values on individual plants, leaf area index (LAI) and vegetation index (NDVI) in crops in different phenophase and treatments to evaluate the growth and development of plants. We measured plant height before harvesting directly. Yield samples were collected 10 times per replication and from 30 crops per treatments. At green bean we define the ratio and weight of standard (for sale) and non-standard pods and in laboratory determined the nutrient contents (dry matter, protein and crude fiber) of pods. At sweet corn we measured the ear length and ear diameter, ear weight with or without husk, kernel rows number on length and in laboratory determined the nutrient contents (dry matter, sugar and carotene).

We determined that leaf area and spectral features of plants in different developmental stages are highly dependent on the available water. In the case of green beans maximum leaf area were during pod maturation in irrigated treatments, which were in 2011 from 4.63 to 5.76 m² m⁻², in 2012 from 3.11 to 4.58 m² m⁻² and in 2013 from 3.36 to 3.93 m² m⁻². Significant differences between treatments in LAI values were during pod binding and maturity in all three years. After flowering NDVI values in the irrigated treatments were significantly higher than in rain fed treatment. Vegetation index values increased till pod binding in the growing season, under pod maturity they decreased slightly. During the investigation period we measured higher SPAD values on the leaves of plants in rain fed conditions, so the relative chlorophyll content of plants decreased with irrigation. The most significant difference between SPAD values of treatments was during flowering and pod maturation.

The leaf area index of sweet corn increased significantly with irrigation. There were significant differences between LAI values of treatments during tasseling and silking. The maximum LAI values in 2011 were from 2.41 to 3.97 m² m⁻², in 2012 were from 2.48 to 3.6 m² m⁻² and in 2013 were only 2.22 to 2.4 m² m⁻² because of the weak initial development. Differences in photosynthetic activity (NDVI) of treatments were the highest and most pronounced during tasseling. There were moderating differences during silking and NDVI values decreased in most cases. The SPAD value measurements began in 2012. The relative chlorophyll content of leaves was

significantly lower under rain fed conditions than in irrigated treatments. We measured the highest SPAD values in full irrigation in 2013. During silking and grain filling the SPAD values of GSS 1477 and GSS 2259 were high in full irrigation, but Overland highest SPAD values were in rain fed conditions.

We characterized the yields of green beans with fertility and quality distribution of pods. Based on our results, in irrigated treatments the numbers of standard pods were twice as much as non-standard pods, but in rain fed conditions the pods share the same. Based on quality distribution of pods the weight of standard pods decreased 10 % without irrigation. Serengeti nutrient contents values were the highest in all treatments, this variety is the most sensitive to water stress. It has high fiber content so the pods became old quickly, but its high protein content make it good food quality.

Water supply has a significant impact on yield parameters (ear weight with or without husk, ear length and ear diameter and number of kernel rows) of sweet corn. In the case of every parameters we measured significantly higher values in irrigated treatments than under rain fed conditions. The effect of water supply on nutrient contents of sweet corn changed by hybrid. The dry matter content were the highest under water stress. The sugar content of GSS 1477 was the highest in full irrigation, of GSS 2259 was the lowest in 50% water deficit and of Overland decreased by 26% with irrigation. The carotene content of hybrids increased with irrigation.

Summarizing the parameters of plant growth and fertility in 2011 Pation had the best crop condition and achieved the best yields among green beans. Carson had the highest productivity in 2012. Maxidor was the best in plant development and productivity in 2013. The crop condition and productivity of Carson are the best in full irrigation. Maxidor is very sensitive, despite irrigation it can not get over the damage in the early development stage. Crop condition and yield of Pation are improved by irrigation. Serengeti tolerate better dry conditions than the others.

2011 was the best for the GSS 1477 hybrid. In 2012 GSS 2259 achieved the highest yield in all treatments. Overland had the best crop condition and production in 2013, but GSS 2259 reacted to most of the irrigation. GSS 1477 has the same production in different water supply. Development and yield of GSS 2259 improved by irrigation. Development and yield of Overland are better in conditions of water shortage.

We determined the relationship between the yields and the studied parameters by linear regression at 5% significance level. On the basis of three years data there were average correlation between the amount of standard pods and LAI, NDVI or SPAD values during the development of green beans for each treatment. Average and strong correlations between the ear weight without husk (t ha^{-1}) of sweet corn versus leaf area, vegetation index or SPAD values were found in different development stages and treatments.

The water use efficiency (WUE) of green bean was calculated as pod weight of plots (standard and non-standard) divided by seasonal ET. The irrigation water use efficiency (IWUE) was the ratio of yield in irrigated plots and total seasonal irrigation water applied, the irrigation effect (IWUE₂) was the yield difference between irrigated and rain fed treatments divided by amount of irrigation water. We measured the highest average WUE in full irrigation in 2011 and 2013, and in 50% water deficit in 2012.

We determined the irrigation water use efficiency in irrigated plots annually and by varieties. The higher irrigation water use efficiency (IWUE) and irrigation effect (IWUE₂) values of varieties were in 50% water deficit in every year. Based on the average of three-year in 50% water deficit 9% decrease in WUE caused 19% yield reduction, under rain fed conditions 60% decrease in WUE caused 70% yield loss compared to the full irrigation WUE values. We user linear regression to examine the relationship between water use and yield. Water use efficiency (WUE) and irrigation water use efficiency (IWUE, IWUE₂) values of green beans also showed positive correlation with the yield.

The water use efficiency (WUE) of sweet corn was calculated as ear weight without husk of plots divided by seasonal ET. The irrigation water use efficiency (IWUE) was the ratio of yield in irrigated plots and total seasonal irrigation water applied, the irrigation effect (IWUE₂) was the yield difference between irrigated and rain fed treatments divided by amount of irrigation water. Sweet corn recovered most of the available water in 2011 and 2012 in 50% water deficit, and in 2013 under rain fed conditions based on the average water use efficiency of hybrids. There was little differences in average WUE values in the different treatments (we got 1% higher WUE in 50% water deficit than the other two treatments). Despite of it, the decreasing available water caused decreasing yield. The yield was 9% lower in 50% water deficit

and 22% lower under rain fed conditions than in full irrigation. In 50% water deficit the irrigation water use efficiency (IWUE) was 83% higher, the effect of irrigation (IWUE₂) was 47 % higher than in full irrigation, but the yield was 9% lower.

Strong positive correlation was also found between the water use and yield of sweet corn. In the three years the production of corn in different water supply highly affect the water use of plants.

The relationship between irrigation water use efficiency (IWUE) and the amount of harvested ear weight of sweet corn is strong. The correlation between the effect of irrigation (IWUE₂) and yield is $r=0,817$ in 50% water deficit and $r=0,940$ in full irrigation.

10. PUBLIKÁCIÓS JEGYZÉK

- Acevedo, E. - Hsiao, T.C. - Henderson, D.W.* (1971): Immediate and subsequent growth response of maize leaves to changes in water stress. *Plant Physiology*. 48. 631-636.
- Allen, R.G. - Pereira, L.S. - Raes, D. - Smith, M.* (1998): Crop evapotranspiration. Guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage. Paper No. 56. FAO, Rome
- Anda, A.* (2008): A kukoricaállományon belüli léghőmérséklet és légnedvesség alakulása kis vízádaggal történő öntözésnél. *Növénytermelés*. Tom. 57. No. 1. 69-85.
- Andrew, R.H. - Weis, G.G.* (1974): Variation in effectiveness of supplemental irrigation on sweet corn yield components. *Agronomy Journal*, 66. 3: 345-350.
- Antal, J. - Jolánkai, M.* (2005): Növénytermesztés tan 1. A növénytermesztés tan alapjai. Gabonafélék. Mezőgazda kiadó. Bp. 315-316.
- Aparicio, N. - Villegas, D. - Casadesus, J. - Araus, J.L. - Royo, C.* (2000): Spectral vegetation indices as nondestructive tools for determining durum wheat yield. *Agronomy Journal* 92: 83-91.
- Araus, J.L. - Casadesus, J. - Bort, J.* (2001): Recent tools for the screening of physiological traits determining yield. In: Reynolds M.P. - Ortiz-Monasterio J.I. - McNab A. (eds.). Application of Physiology in Wheat Breeding. CIMMIT. Mexico, D.F. 59-77.
- Arora, V.K. - Gajri, P.R.* (1998): Evaluation of crop growth-water balance model for analyzing wheat responses to climate-and water-limited environment. *Field Crops Research*. 59, 213-224.
- Baker, D.J. - Sullivan, C.Y. - Moser, C.E.* (1993): Water deficit effects on osmotic potential, cell wall elasticity, and proline in five forage grasses. *Agronomy Journal*. 85. No 2. 270-276.
- Balázs, S.* (2004): Zöldségtermesztők kézikönyve. Mezőgazda Kiadó, Bp. 7-592.
- Battistelli, A. - Moscatello, S. - Spaccino, L. - Guiducci, M. - Benincasa, P.* (1994): Recovery of photosynthesis after long term water stress in soybean. Proceedings of

the third congress of the European Society for Agronomy, Padova University, Abano Padova, Italy, 18-22 September 1994: 58-59

Bauerle, W.L. - Weston, D.J. - Bowden, J.D. - Dudley J.B. - Toler J.E. (2004): Leaf absorbance of photosynthetically active radiation in relation to chlorophyll meter estimates among woody plant species. *Scientia Horticulturae* 101. 169-178.

Bogoslavsky, L. - Neumann, P.M. (1998): Rapid regulation by acid pH of cell wall adjustment and leaf growth in maize plants responding to reversal of water stress. *Plant Physiology*. 118, 701-709.

Boutraa, T. - Sanders, F.E. (2001): Influence of water stress on grain yield and vegetative growth of two cultivars of bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Journal of Agronomy and Crop Science* 187 (4). 251-257.

Boyer, J.S. (1982): Plant productivity and environment. *Science* 218: 543-548.

Chaves, M.M. - Pereira, J.S. - Maroco, J. - Rodrigues, M.L. - Ricardo, C.P. - Osório, M.L. - Carvalho, I - Faria, T. - Pinheiro, C. (2002): How plant cope with water stress in the field. Photosynthesis and growth. *Annals of Botany* 89, 907-916.

Cifre, J. - Bota, J. - Escalona, M.J. - Medrano, H. - Flexas, J. (2005): Physiological tools for irrigation scheduling in grapevine (*Vitis vinifera* L.). An open gate to improve water-use efficiency? *Agriculture, Ecosystems and Environment* 106, 159-170.

Cruz de Carvalho, M.H. - Laffray, D. - Louguet, P. (1998): Comparison of the physiological responses of *Phaseolus vulgaris* and *Vigna unguiculata* cultivars when submitted to drought conditions. *Environmental and Experimental Botany*. 40, 197-207.

Csáki, Cs. (2008): Gondolatok a magyar mezőgazdaság versenyképességéről. *Gazdálkodás*. 52. évf. 6. szám. pp. 513-528.

Cselőtei, L. (1997): A zöldség- és gyümölcsnövények öntözése. Mezőgazda Kiadó. Bp. 23-65.

Cselőtei, L. - Nyújtó, S. - Csáki, A. (1993): Kertészet. Mezőgazda Kiadó. Bp. 85-245.

Cselőtei, L. - Varga, Gy. (1992): Az agrotechnika (öntözés) problémái a fajtakísérletekben. *Kertgazdaság*, 24. évf. 6. sz. 26-31.

- Daniel, L. (1978): A csemege- és pattogatni való kukorica termesztése. Mezőgazda Kiadó, Bp. 49-151.
- Deme, P. (2010): A zöldbabtermesztés ökonómiája. In: Kerek, Z. - Marselek, S. (szerk.): Gazdaságos zöldségtermesztés problémafelvetések, megoldások. Szaktudás Kiadó Ház, Bp. 337-343.
- Deme, P. (2012): A zöldbabtermesztés szervezése. In: Z. Kiss, L. (szerk.): Versenyképes zöldségtermesztés. Mezőgazda Kiadó, Bp. 190-194.
- Dry, P.R. - Loveys, B.R. - McCarthy, M.G. - Stoll, M. (2001): Strategic irrigation management in Australian vineyards. *Journal international des sciences de la vigne et du vin* 35, 129-139.
- English, M. (1990): Deficit irrigation. I. Analytical framework. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering ASCE* 116, 399-412.
- Eck, H.V. (1985): Effect of water deficit on yield, yield components and water use efficiency of irrigated corn. *Agronomical Journal* 78. 1035-1040.
- Elwadie, M.E. - Pierce, F.J. - Qi, J. (2005): Remote sensing of canopy dynamics and biophysical variables estimation of corn in Michigan. *Agronomy Journal* 97: 99-105.
- Erdész né (2008): A hazai zöldség-és gyümölcságazat fejlődési kilátásai. *Gazdálkodás*, 52. évf. 2. szám. 144-152. p.56.
- Erdész né (2012): A csemegekukorica-termesztés szervezése. In: Z. Kiss, L. (szerk.): Versenyképes zöldségtermesztés. Mezőgazda Kiadó, Bp. 209-214.
- Erdész né - Jankuné Kürthy, GY. - Kozak, A. - Radóczné Kocsis, T. (2009): A zöldség-és gyümölcságazat helyzete. AKI, Budapest. 1-113. p.
- Ertek, A. - Kara, B. (2013): Yield and quality of sweet corn under deficit irrigation. *Agricultural Water Management* 129. 138-144.
- Fehér, B-né (1998): Zöldségtermesztők zsebkönyve. Mezőgazda Kiadó, Bp. 175-309.
- Fereres, E. - Soriano, M.A. (2007): Deficit irrigation for reducing agricultural water use. *Journal of Experimental Botany*, Vol. 58. No. 2, 147-159.
- Flexas, J. - Ribas-Carbó, M. - Dias-Espejo, A. - Galmes, J. - Medrano, H. (2008): Mesophyll conductance to CO₂: current knowledge and future prospects. *Plant, Cell and Environment* 31, 602-621.

- Gallegos, J.A.A. - Shibata, J.K. (1989): Effect of water stress on growth any yield of indeterminate dry-bean (*Phaseolus vulgaris*) cultivars. *Field Crops Research*, 20. 81-93.
- Galvão, L.S. - Roberts, D.A. - Formaggio, A.R. - Numata, I. - Breunig, F.M. (2009): View angle effects on the discrimination of soybean varieties and on the relationships between vegetation indices and yield using off-nadir Hyperion data. *Remote Sensing of Environment* 113: 846-856.
- Gamon, J.A. - Field, C.B. - Goulden, M.L. - Griffin, K.L. - Hartley, A.E. - Joel, G. - Peñuelas, J. - Valentini, R. (1995): Relationships between NDVI, canopy structure, and photosynthesis in three Californian vegetation types. *Ecol. Applications*, 5:28-41.
- Garcia y Garcia, A. - Guerra, L.C. - Hoogenboom, G. (2009): Water use and water use efficiency of sweet corn under different weather conditions and soil moisture regimes. *Agricultural Water Management* 96. 1369-1376.
- Geerts, S. - Raes, D. (2009): Deficit irrigation as an on-farming strategy to maximize crop water productivity in dry areas. *Agricultural Water Management* 96. 1275-1284.
- Géczi, L. (2003): Piacos zöldségtermesztés. Szaktudás Kiadó Ház, Bp.123-133.
- Grubben, G.J.H. (1977): Tropical vegetables and their genetic resources. International board of Genetic resources, pp.197-199.
- Gutiérrez-Rodríguez, M. - Escalante-Estrada, J.A. - Rodríguez-Gonzalez, M.T. - Reynolds, M.P. (2006): Canopy reflectance indices and its relationship with yield in common bean plants (*Phaseolus vulgaris* L.) with phosphorous supply. *International Journal of Agriculture & Biology*. Vol. 8., No. 2., 203-207.
- Haboudane, D. - Miller, J.R. - Pattey, E. - Zarco-Tejada, P.J. - Strachan, I.B. (2004): Hyperspectral vegetation indices and novel algorithms for predicting green LAI of crop canopies: Modeling and validation in the context of precision agriculture. *Remote Sensing of Environment* 90. 337-352.
- Hágen, I. Zs. (2010): Csemegekukorica. In: Kerek, Z. - Marselek, S. (szerk.): Gazdaságos zöldségtermesztés problémafelvetések, megoldások. Szaktudás Kiadó Ház, Bp. 290-300.

- Haterlein, A.J.* (1983): Bean. In: *Tearce, T.P. - Peet, M.M.Jr* (Eds.), *Crop Water Relations*. Wiley, New York, pp. 157-185.
- Helyes, L. - Pék, Z. - McMichael, B.* (2006): Relationship between the stress degree day index and biomass production and the effect and timing of irrigation in snap bean (*Phaseolus vulgaris* var. *nanus*) stands: results of long-term experiments. *Acta Botanica Hungarica* 48 (3-4). pp.31-321
- Helyes, L. et al.* (2007): *Kertészet. Egyetemi tankönyv*. DE AMTC AVK, Debrecen. 17-21.
- Helyes, L. - Varga, Gy.* (1992): A zöldbab öntözésének irányítása és időzítése az infravörös távhőmérők segítségével. *Kertgazdaság*, 24. évf. 6. sz. 33-39.
- Herzogh, M.* (1978): A csemegekukorica termesztése. Martonvásár. 1-11.
- Hodossi, S. - Kovács, A. - Terbe, I.* (2004): *Zöldségtermesztés szabadföldön*. Mezőgazda Kiadó, Bp.
- Huzsvai, L.- Ványiné Széles, A.* (2009): Water stress. In which cases does irrigation reduce the yield of maize? *Cereal Research Communications*, 37: 45-48.
- Isik, M. - Önceler, Z. - Cakir, S. - Antay, F.* (2005): Effect of different irrigation regimes on yield and yield components of dry bean (*Phaseolus vulgaris*). *Acta Agronomica Hungarica* 52 (4). 381-389.
- Jamieson, P.D. - Martin, R.J. - Francis, G.S. - Wilson, D.R.* (1995): Drought effects on biomass production and radiation use efficiency in barley. *Field Crops Research*. 43. 77-86.
- Juhász, A. - Kozák, A. - Ehretné Berczik, I.* (2012): A zöldségtermesztés hazai helyzete. In: *Z. Kiss, L. (szerk.): Versenyképes zöldségtermesztés*. Mezőgazda Kiadó, Bp. 11-19.
- Karam, F. - Breidy J. - Stephan, C. - Rouphael, J.* (2003): Evapotranspiration, yield and water use efficiency of drip irrigated corn in the Bekaa Valley of Lebanon. *Agricultural Water Management*. 63 (2), 125-137.
- Koksal, A. - Erdal, S. - Buyuktas, D. - Bastug, R. - Toker, R.* (2013): The influence of regular deficit irrigation applications on water use, yield, and quality components of two corn (*Zea mays* L.) genotypes. *Agricultural Water Management* 128. 65-71.

- Köksal, E.S. - Kara, T. - Apan, M. - Üstün, H. - Ilbeyi, A. (2008): Estimation of green bean yield, water deficiency and productivity using spectral indexes during the growing season. *Irrig Drainage Syst* 22. 209-223.
- KSH (2013): A fontosabb zöldségfélék termesztése és felhasználása (1990-2012)
- Lemaire, G. - Jeuffroy, M.H. - Gastal, F. (2008): Diagnosis tool for plant and crop N status in vegetative stage: Theory and practices for crop N management. *European Journal of Agronomy*. 28. 4: 614-624.
- Mansouri-Far, C. - Sanavy, S.A.M.M. - Saberali, S.F. (2010): Maize yield response to deficit irrigation during low-sensitive growth stages and nitrogen rate under semi-arid climatic conditions. *Agricultural Water Management*. 97, 12-22.
- Mänd, P. - Hallik, L. - Peñuelas, J. - Nilson, T. - Duce, P. - Emmett, B. A. - Beier, C. - Estiarte, M. - Garadnai, J. - Kalapos, T. - Schmidt, I. K. - Kovács-Láng, E. - Prieto, P. - Tietema, A. - Westerveld, J. W. - Kull, O. (2010): Responses of the reflectance indices PRI and NDVI to experimental warming and drought in European shrublands along a north–south climatic gradient. *Remote Sensing of Environment*, 114. 3: 626-636.
- Medina, V. (2005): A magyar zöldség-gyümölcs ágazat vizsgálati és ágazati stratégiájának megfogalmazása az európai uniós csatlakozás figyelembevételével. PhD disszertáció, Budapesti Közgazdaság-tudományi és Államigazgatási Egyetem, Agrárközgazdasági PhD program, Budapest. 181. p.
- Megyes, A. - Nagy, J. - Rátonyi, T. - Huzsvai, L. (2005): Öntözés és a műtrágyázás hatása a kukorica (*Zea mays* L.) termésére tartamkísérletben In: Nagy J. (szerk.) Kukorica hibridek adaptációs képessége és termésbiztonsága. ISBN 963 9274 91 7, Center-Print Kft. Debrecen, p. 147-155.
- Minolta Camera Co. Ltd., (1989): Chlorophyll meter SPAD-502. Instruction Manual. Radiometric Instruments Divisions, Osaka, Minolta, p. 22.
- Miyashita, K. - Tanakamaru, S. - Maitani, T. - Kimura, K. (2005): Recovery responses of photosynthesis, transpiration, and stomatal conductance in kidney bean following drought stress. *Environmental and Experimental Botany* 53, 205-214.

- Monteiro, P.F.C. - Filho, R.A. - Xavier, A.C. - Monteiro, R.O.C. (2012): Assessing biophysical variable parameters of bean crop with hyperspectral measurements. *Scientia Agricola* 69. n.2. 87-94.
- Muchow, R.C. (1985): Phenology, seed yield and water use of grain legumes grown under different soil water regimes in semi-arid tropical environment. *Field Crops Research* 11: 81-97.
- Muchow, R.X. - Sicclair, T.R. - Benneth, J.M. - Hammond, L.C. (1986): Response of leaf growth, leaf nitrogen and stomatal conductance to water deficits during vegetative growth of field grown soyabean. *Crop Science*. 26. 1190-1195.
- Mwanamwenge, J. - Loss, S.P. - Siddique, K.H.M. - Cocks P.S. (1999): Effect of water stress during floral initiation, flowering and podding on the growth and yield of faba bean (*Vicia faba* L.). *European Journal of Agronomy* 11. 1-11.
- Nagy, J. (2007): Kukoricatermesztés. Akadémiai Kiadó, Budapest. pp. 68-349.
- Nagy, J. (2010): Impact of fertilization and irrigation on the correlation between the soil plant analysis development value and yield of maize. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 41. 11. 1293-1305.
- Nemeskéri, E. (1990): Zöldbab fajták vízfelhasználásának és stressz-tűrő képességének vizsgálata. *Kertgazdaság* 2. sz. 24-34.
- Nemeskéri, E. (1994): Investigation of the adaptability of legumenes in the Hungarian climate. In: Rognli O.A. (ed) Breeding fodder crops for marginal conditions. Kluwer, Dordrecht, pp 69-80.
- Nemeskéri, E. (2001): Water deficiency resistance study on soya and bean cultivars. *Acta Agronomica Hungarica* 49 (1) 83-93.
- Nemeskéri, E. - Sárdi, É. - Remenyik, J. - Kőszegi, B. - Nagy, P. (2010): Study of defensive mechanism against drought in French bean (*Phaseolus vulgaris* L.) varieties. *Acta Physiologiae Plantarum* 32. 1125-1134.
- Nigicser, T. (2001): A sikeres csemegekukorica termesztés sarokpontjai. *Gyakorlati Agroforum*, 12 (1) 21-19.
- Ninou, E. - Tsialtas, J.T. - Dordas, C.A. - Papakosta, D.K. (2013): Effect of irrigation on the relationships between leaf gas exchange related traits and yield in dwarf dry bean

- grown under Mediterranean conditions. *Agricultural Water Management* 116, 235-241.
- NTech Industries Inc.* (2007): Operating Manual of GreenSeeker Model 505. Ukiah, California, United States of America.
- Obreczáné Kőszegi, M. - Varga, Gy.* (1985): Az öntözés hatása a zöldbab minőségére. Hajtatás, korai termesztés. 16. évf. 2. sz. 22-26.
- Oktem, A.* (2008 a): Determination or selection criterious for sweet corn using path coefficient analyses. *Cereal Research Communication*. 36. 4. 561-570.
- Oktem, A.* (2008 b): Effect of water shortage on yield, and protein and mineral compositions of drip irrigated sweet corn in sustainable agricultural systems. *Agricultural Water Management*. 95. 1003-1010.
- Ombódi A. - Helyes L.* (2011): Öntözés, kevesebb vízzel. *Kertészet és Szőlészet*. 60. évf. 2.sz. 7-9.
- Pandey, R.K. - Maranville, J.W. - Admou, A.* (2000): Deficit irrigation and nitrogen effects on maize in Sahelian environment. I. Grain yield and yield components. *Agricultural Water Management*. 46. 1-13.
- Peñuelas, J.* (1998): Visible any near infrared reflectance techniques for diagnosing plant physiological status. *Trends in Plant Science.*, 3: 151-6
- Pereczes, J.* (1999): Csemegekukorica. In: Mártonffy, B. - Rimóczi, I. (szerk.) Nagymagvú zöldségfélék. Zöldborsó, zöldbab és csemegekukorica. Mezőgazda Kiadó, Bp. 50-72.
- Pethő, M.* (1996): Mezőgazdasági növények élettana. Mezőgazdasági Kiadó Vállalat. Bp. 50-63.
- Ramirez-Vallejo, P. - Kelly, J.D.* (1998): Traits related to drought resistance in common bean. *Euphytica* 99. 127-136.
- Romano, G. - Zia, S. - Spreer, W. - Sanchez, C. - Cairns, J. Araus, J.L. - Müller, J.* (2011): Use of thermography for high throughput phenotyping of tropical maize adaptation in water stress. *Computers and Electronics in Agriculture*. 79. 67-74.

- Ruzsányi, L. (1989): Az aszály enyhítésének agrotechnikai lehetőségei. ÖKI Kiadvány. Szarvas 49-54.
- Salter, R.J. - Goode, J.B. (1967): Crop response to water at different stages of growth. Commonw. Agric. Bur. Farham Royal Bucks, England, p. 246.
- Serrano, L. - Filella, I. - Peñuelas, J. (2000): Remote sensing of biomass and yield of winter wheat under different nitrogen supplies. *Crop Science* 40: 723-731.
- Sezen, S.M. - Yazar, A. - Canbolat, M. - Eker, S. - Celikel, G. (2005): Effect of drip irrigation management on yield and quality of field grown green beans. *Agricultural Water Management* 71, 243-255.
- Sezen, S.M. - Yazar, A. - Akyildiz, A. - Dasgan, H.Y. - Gencel, B. (2008): Yield and quality response of drip irrigated green beans under full and deficit irrigation. *Scientia Horticulturae* 117, 95-102.
- Shuttleworth, W.J. - Wallace, J.S. (1985): Evaporation from sparse crops - an energy combination theory. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 111: 839-855
- Stone, P.J. - Wilson, D.R. - Jamieson, P.D. - Gillespie, R.N. (2001): Water deficit effects on sweet corn II. Canopy Development. *Australian Journal of Agricultural and Resource Economics*. 52. 115-126.
- Subicz, F. (1999): Zöldbab. In: Mártonffy, B. - Rimóczi, I. (szerk.) Nagymagvú zöldségfélék. Zöldborsó, zöldbab és csemegekukorica. Mezőgazda Kiadó, Bp. 39-50.
- Szász, G. (1968): A kukorica és lucernaállomány nyári vízfogyasztásának meteorológiai vizsgálata. *Növénytermelés*. 17. 120-138.
- Székely, G. - Losó, V. - Kiss, O.Zs. (2009): Zöldség- és gyümölcsfogyasztás hazánkban. *Kertészet és Szőlészet*. 49. szám. pp. 12-13.
- Taiz L. - Zeiger E. (1991): Plant physiology. The Benjamin/Cummings Publishing Company, Inc. Redwood City, California 94065.
- Teixeira, J. - Pereira, S. (2007): High salinity and drought act on an organ-dependent manner on potato glutamine synthetase expression and accumulation. *Environmental and Experimental Botany*. 60, 121-126.

- Tégla, Zs. (2009): A zöldségajtatás méretökonómiai kérdései, PhD értekezés, Gödöllő, 1-188. p.
- Thenkabail, P.S. - Smith, R.B. - Pauw, E. (2000): Hyperspectral vegetation indices and their relationships with agricultural crop characteristics. *Remote Sensing of Environment* 71: 158-182.
- Thurn, L. (2012): Trendek a magyar zöldségkivitelben. In: Z. Kiss, L. (szerk.): Versenyképes zöldségtermesztés. Mezőgazda Kiadó, Bp. 25-28.
- Tollenaar M. (1986): Effect of assimilate partitioning during the grain filling period of maize on dry matter accumulation. In: Cronshaw J. - Lucas W.J. - Giaquinta T. (eds.): Phloem Transport. Allan, R. Liss, New York. 551-556.
- Varga, Gy. (1996): A zölségnövények növekedésének és vízfelhasználásának kapcsolata. Hajtatás, korai termesztés, 27. évf. 2. sz. 15-23.
- Varga, Gy. - Obrecánné Kőszegi, M. (1987): Irrigation peculiarities of spring and summer snap beans. ISHS Acta Horticulturae 220. I. International Symposium on Vegetables for Processing. Eds.: N. Hamar, P. Milotay. Kecskemét, Hungary. pp. 371-375.
- Varga-Haszonits, Z. - Varga, Z. - Lantos, Zs. - Enzsölné Gerencsér, E. - Milics, G. (2008): A talajok vízellátottságának hatása a gazdasági növények vízigényének alakulására. *Agrokémia és Talajtan*. 57. 1. 7-20.
- Ványiné Széles, A. - Megyes, A.- Nagy, J. (2012): Irrigation and nitrogen effects on the leaf chlorophyll content and grain yield of maize in different crop years. *Agricultural Water Management* 107. 133-144.
- Viets, Jr. F. G. (1962): Fertilizers and the efficient use of water. *Adv. Agron.* 14, 223-264.
- Viswanatha, G.B. - Ramachandrapa, B.K. - Ninjappa, H.V. (2002): Soil-plant water status and yield of sweet corn (*Zea mays* L. cv. Saccharata) as influenced by drip irrigation and planting methods. *Agricultural Water Management*. 55. 85-91.
- Vittum, M. T. - Peck, N. H. - Carruth, A. F. (1961): Responses of sweet corn to irrigation, fertility level and spacing. New York State Agricultural Experiment Station Geneva, New York, Bulletin, United States of America, 736: 3-45.

- Watson, D.J.* (1947a): Comparative physiological studies on the growth of field crops. I. Variation in net assimilation rate and leaf area between species and varieties and within and between years. *Ann. Bot. N.S.* 11, 41-76.
- Watson, D.J.* (1947b): Comparative physiological studies on the growth of field crops. II. The effect of varying nutrient supply on net assimilation rate and leaf area. *Ann. Bot. N.S.*, 11, 375-407.
- Webber, H.A. - Madramootoo C.A. - Bourgault M. - Horst M.G. - Stulina G. - Smith D.L.* (2006): Water use efficiency of common bean and green gram grown using alternate furrow and deficit irrigation. *Agricultural Water Management* 86. 259-268.
- Wiegand, C.L. - Richardson, A.J. - Escobar, D.E. - Gerbermann, A.H.* (1991): Vegetation indices in crop assessment. *Remote Sensing Environment*. 35: 105-119.
- Zsófi, Zs.* (2009): Eltérő vízellátottságú termőhelyek hatása a Kékfrankos szőlőfajta (*Vitis vinifera* L.) vízháztartására, produkciójára és fotoszintetikus hőstabilitására. Doktori (PhD) értekezés. Szent István Egyetem, Gödöllő.

11. MEGJELENT SAJÁT TUDOMÁNYOS KÖZLEMÉNYEK



DEBRECENI EGYETEM
EGYETEMI ÉS NEMZETI KÖNYVTÁR
PUBLIKÁCIÓK



Iktatószám: DEENKÉTK/212/2014.
Tételszám:
Tárgy: Ph.D. Publikációs Lista

Jelölt: Molnár Krisztina

Neptun kód: H3ZQK9

Doktori Iskola: Kerpely Kálmán Növénytermesztési- és Kertészeti

Tudományok Doktori Iskola

A PhD értekezés alapjául szolgáló közlemények

Idegen nyelvű, külföldi könyvrészlet(ek) (1)

1. Nemeskéri, E., **Molnár, K.**, Vig, R., Dobos, A., Nagy, J.: Defence Strategies of Annual Plants Against Drought.
In: Advances in Selected Plant Physiology Aspects. Ed.: by Guiseppe Montanaro, Bartolomeo Dichio, Intech, Croatia, 133-158, 2012. ISBN: 9789535105572
DOI: <http://dx.doi.org/10.5772/1874>

Magyar nyelvű tudományos közlemény(ek) hazai folyóiratban (3)

2. **Molnár K.**, Vig R., Nemeskéri E., Dobos A.: A vízellátottság és az évjárat hatása eltérő genotípusú csemegekukorica (*Zea mays* L. *saccharata* Koern.) hibridek termőképességére.
Agrártud. Közl. 50, 203-210, 2012. ISSN: 1587-1282.
3. Dobos A., Vig R., **Molnár K.**, Nagy P.T.: Biotrágyák hatása a növényi kondícióra és a termésre.
Agroforum. 22 (3), 42-45, 2011. ISSN: 1788-5884.
4. Vig R., Dobos A., **Molnár K.**, Nagy J.: Természetes alapanyagú lombtrágyák hatékonysága szabadföldi kísérletekben: I. Kukorica (*Zea mays* L.).
Növénytermelés. 59 (4), 89-105, 2010. ISSN: 0546-8191.

Idegen nyelvű tudományos közlemény(ek) hazai folyóiratban (3)

5. Dobos, A., **Molnár, K.**, Nemeskéri, E., Vig, R.: The effect of water supply on the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI).
Növénytermelés. 61 (Supl.), 407-410, 2012. ISSN: 0546-8191.

Cím: 4032 Debrecen, Egyetem tér 1. □ Postacím: 4010 Debrecen, Pf. 45. □ Tel.: (52) 518-600
E-mail publikaciok@lib.unideb.hu □ Honlap: lib.unideb.hu



DEBRECENI EGYETEM
EGYETEMI ÉS NEMZETI KÖNYVTÁR
PUBLIKÁCIÓK



6. **Molnár, K.**, Vig, R., Dobos, A., Nemeskéri, E.: The crop condition and productivity of greenpea and green bean under extreme water supply.
Növénytermelés. 60 (Suppl.), 369-372, 2011. ISSN: 0546-8191.
7. Dobos, A., Nagy, P.T., **Molnár, K.**, Vig, R.: Measuring the heterogeneity of yield and SPAD values maize (*Zea Mays* L.) based on plant height map.
Növénytermelés. 59 (Suppl.), 437-440, 2010. ISSN: 0546-8191.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1556/Novenyterm.59.2010.Suppl.4>

Idegen nyelvű konferencia közlemény(ek) (1)

8. **Molnár, K.**, Dobos, A., Nagy, J., Nemeskéri, E., Dövényi-Nagy, T., Rácz, C., Bakos, K.L.: The effect of water supply on yield and water use of green bean.
In: ESA Congress (13.)(2014.09.25-2014.09.29)(Debrecen)13th ESA Congress Proceedings.
Szerk.: Pepó Péter, European Society for Agronomy, Debrecen, [2] p., 2014.





További Közlemények

Magyar nyelvű közlemény(ek) hazai folyóiratban (1)

9. Dobos A., Vig R., **Molnár K.**, Nagy J.: Természetes alapanyagú lombtrágyák hatékonysága szabadföldi kísérletekben:II. Burgonya (*Solanum tuberosum* L.).
Növénytermelés. 60 (1), 27-42, 2011. ISSN: 0546-8191.

Idegen nyelvű közlemény(ek) hazai folyóiratban (1)

10. Vig, R., Dobos, A., **Molnár, K.**, Nagy, J.: The efficiency of natural foliar fertilizers.
Időjárás. 116 (1), 53-64, 2012. ISSN: 0324-6329.
IF:0.289

Idegen nyelvű konferencia közlemény(ek) (1)

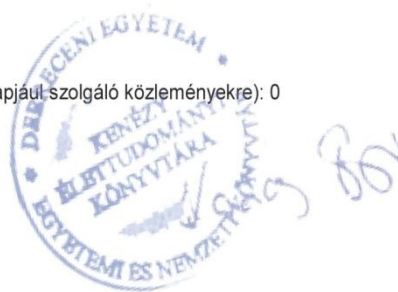
11. Rácz, C., Dobos, A.C., Nagy, J., Dövényi Nagy, T., **Molnár, K.**, Bakos, K.L.: Evaluation of the divergence between outputs of different evapotranspiration models.
In: 13th ESA Congress Proceedings. Szerk.: Pepó Péter, European Society for Agronomy, Debrecen, [2] p., 2014.

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

A közlő folyóiratok összesített impakt faktora: 0.289

A közlő folyóiratok összesített impakt faktora (az értekezés alapjául szolgáló közleményekre): 0

Debrecen, 2014.08.28.



KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Ezúton szeretnék a doktori értekezésem elkészítésében nyújtott segítségért köszönetet mondani témavezetőmnek, Dr. Dobos Attila Csaba tudományos főmunkatársnak, opponenseimnek Dr. Nemeskéri Eszter egyetemi docensnek és Dr. Helyes Lajos egyetemi tanárnak, valamint családomnak és a Bemutatókert dolgozóinak.

NYILATKOZAT

Ezen értekezést a Debreceni Egyetem Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Karán a Kerpely Kálmán Növénytermesztési, Kertészeti és Regionális Tudományok Doktori Iskola keretében készítettem el a Debreceni Egyetem MÉK doktori (PhD) fokozatának elnyerése céljából.

Debrecen, 2014.....

Molnár Krisztina

doktorjelölt

NYILATKOZAT

Tanúsítom, hogy Molnár Krisztina doktorjelölt 2008 - 2013 között a fent megnevezett Doktori Iskola keretében irányításommal – irányításunkkal végezte munkáját. Az értekezésben foglalt eredményekhez a jelölt önálló alkotó tevékenységével meghatározóan hozzájárult, az értekezés a jelölt önálló munkája. Az értekezés elfogadását javaslom.

Debrecen, 2014.....

Dr. Dobos Attila Csaba PhD

témavezető