

Egyetemi doktori (PhD) értekezés tézisei

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

Molnár Krisztina

Témavezető: Dr. Dobos Attila Csaba



DEBRECENI EGYETEM
Kerpely Kálmán Doktori Iskola

Debrecen, 2014

1. A DOKTORI ÉRTEKEZÉS ELŐZMÉNYEI ÉS CÉLKITŰZÉSEI

Napjainkban a szélsőséges időjárás, az átlagos évi csapadékmennyiség csökkenése és a középhőmérséklet növekedése megnehezíti a növények optimális növekedéséhez és fejlődéséhez szükséges vízmennyiség biztosítását. A csapadék mennyisége és eloszlása a különböző területeken és az egyes évek között is nagyon változó. A növények növekedését, fejlődését és termését nagy mértékben befolyásolja a növény és fizikai környezete közötti kölcsönhatás. Sok növény esetében a gátolt növekedés és a terméscsökkenés 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 fajtánként eltérő lehet (*Muchow, 1985*). 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*).

A magas szintű biztonságos termeléshez, valamint a termésingadozás csökkentéséhez öntözés szükséges (*Erdészné, 2008*). A növény vízfogyasztása a tenyészidőszak folyamán jelentősen változik, mértéke függ a növény élettevékenységétől, valamint a környezeti viszonyoktól is (*Cselőtei et al., 1993*). Öntözött körülmények között fontos a termés és a vízhasznosítás optimalizálása. Ezt úgy valósíthatjuk meg, ha az öntözés időzítésekor figyelembe vesszük, hogy az elkerülhetetlen vízhiányos időszakok egybeessenek a legkevésbé érzékeny növekedési szakaszokkal (*Arora és Gajri, 1998*).

Különösen olyan zöldségkultúráknál (pl. zöldbab, csemegekukorica) van szükség megfelelő öntözéstechnika alkalmazására, ahol a gazdaságos termesztés egyik alapfeltétele a növények számára optimális vízellátottság biztosítása.

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 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. A KUTATÁS MÓDSZEREI

A három éves kísérletet 2011-ben állítottuk be a Debreceni Egyetem Kertészettudományi Intézetének bemutatókertjében, mészlepedékes csernozjom talajon. A kisparcellás kísérletet véletlen blokk elrendezésben alakítottuk ki, az egyes zöldbab fajtákat és csemegekukorica hibrideket minden kezelésben három ismétlésben vetettük.

2.1. A kísérletben tesztelt fajták és hibridek

1. táblázat: A kísérletben vizsgált zöldbabfajták

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

2. táblázat: A kísérletben vizsgált csemegekukorica hibridek

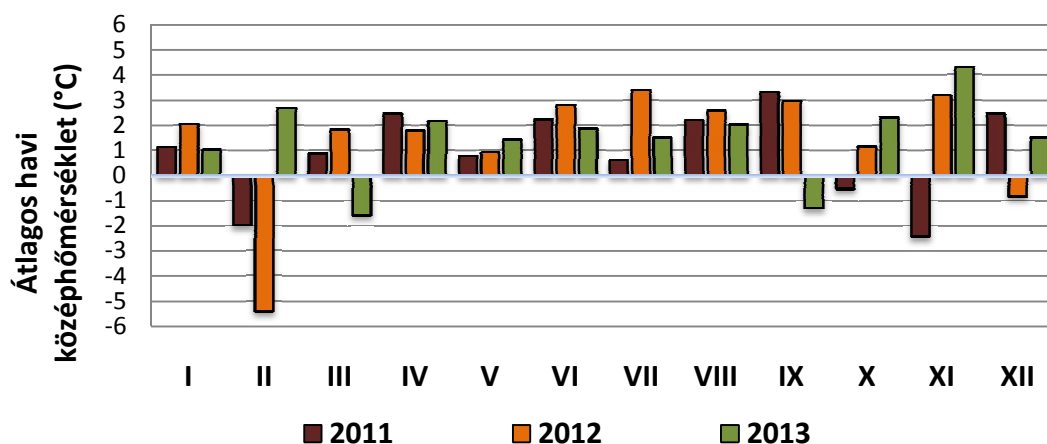
<i>Hibrid</i>	<i>Tenyészeitő</i>	<i>Szemszín</i>	<i>Vizsgálati idő</i>
<i>GSS 1477</i>	<i>79 nap</i>	aranysárga	2011-2013
<i>Overland (GSS 3287)</i>	<i>84 nap</i>	közepes sárga	2011-2013
<i>GSS 2259 (Shinerock)</i>	<i>87 nap</i>	közepes sárga	2011-2013

2.2. A kísérleti évek időjárásának értékelése

A 2011-es év hónapjai az átlagnál melegebbek voltak, májusban azonban egy hűvösebb periódus miatt a sokéves átlaghoz igazodtak az értékek. Június és augusztus hónapokban 2,22 °C és 2,19 °C-al volt magasabb a hőmérséklet a sokéves átlagnál. A magas hőmérséklet értékekhez csekély mennyiségű csapadék párosult. 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 volt.

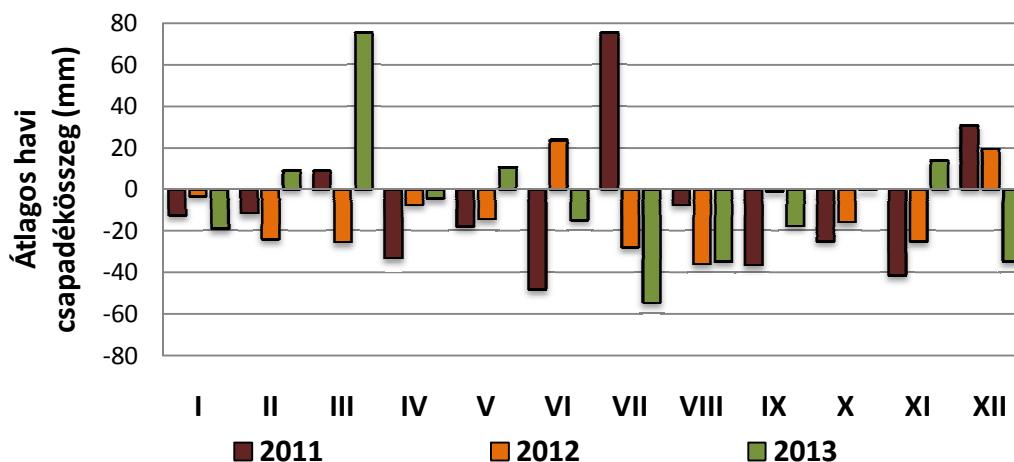
A 2012-es tenyészeitőszakban az átlaghőmérsékletek jóval a sokévi átlag felett alakultak. Június-augusztus hónapokban a középhőmérsékletek 2-3 °C-al voltak magasabbak az átlagnál. Csapadék szempontjából az évet súlyos aszályjal jellemezhetjük. A kísérleti területen egyedül júniusban (97,8 mm) volt a sokéves átlagot (74 mm) meghaladó csapadék. A tenyészeitőszak még ezzel együtt is 85 mm csapadékdeficittel zárult.

2013-ban a tenyészidőszak havi középhőmérséklete 1-2 °C-al haladta meg a sokéves átlagot. Egyedül májusban (74,4 mm) esett több csapadék a sokéves átlagnál (64 mm). Július volt a legszárazabb hónap, a tenyészidőszak 54 mm-es csapadékhiánnyal zárult (1., 2. ábra).



(a 0 érték a 30 éves átlagot jelenti)

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



(a 0 érték a 30 éves átlagot jelenti)

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

2.3. Az öntözési szintek kialakítása, vízhasznosítás értékelése

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 egyik kezelésben (optimális vízellátottság - Ö2) a visszajuttatott víz mennyisége a Shuttleworth-Wallace módszer alapján becsült evapotranszpirációs veszteségnek felelt meg, a másikban (50%-os vízhiány - Ö1) ennek felét juttattuk ki a területre. Az öntözés nélküli (Ö0) parcellák pedig csak a természetes vízellátásban részesültek.

3. táblázat: A vizsgálati időszakban kijuttatott öntözővíz mennyisége

Év	Zöldbab	Csemegekukorica		
Kijuttatott öntözővíz mennyisége (mm)				
	50%-os vízhiány	Optimális vízellátottság	50%-os vízhiány	Optimális vízellátottság
	(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

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

A tenyészidőszak teljes vízfelvételét az egyes kezeléseknél számított tényleges evapotranszpirációs értékekből határoztuk meg. A vízhasznosítás (WUE) és az öntözővíz-hasznosítás (IWUE, IWUE₂) hatékonyságát az egységnyi víz felhasználásával előállított termésmennyiséggel jellemeztük.

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

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

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

2.4. 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 laboratóriumban határoztuk meg.

A méréseket a zöldbabnál virágzás előtt, virágzás alatt és hüvelyérés idején, a csemegekukoricánál 6-8 leveles állapotban, hímvirágzás alatt valamint nővirágzás idején végeztük.

2.4.1. Növényegyedeken végzett fiziológiai mérések (SPAD)

A levelek relatív klorofill tartalmát a *Minolta SPAD-502* típusú hordozható klorofillmérőjével állapítottuk meg.

2.4.2. 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.

2.4.3. 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 és a zöld biomassza mennyiségét. A termés beltartalmi értékeit laboratóriumban határozták meg.

2.5. 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.

3. AZ ÉRTEKEZÉS FŐBB MEGÁLLAPÍTÁSAI

3.1. A növényállományt jellemző paraméterek értékelése a vizsgálati években

3.1.1. Zöldbab

3.1.1.1. Növénymagasság

A 2011-ben kapott eredmények alapján minden fajta szignifikánsan magasabb volt az öntözött kezelésekben (Ö1, Ö2), mint a nem öntözöttben (Ö0). A 2012-es évben a betakarítás során mért növénymagasságok minden fajtánál szignifikánsan különböznek a kedvező vízellátottságú (Ö2) és a nem öntözött (Ö0) kezelésben. 2013-ban szintén optimális vízellátottságnál (Ö2) fejlődtek a legjobban a növények.

3.1.1.2. LAI

Kísérletünkben 2011-ben három, 2012-ben és 2013-ban négy időpontban vizsgáltuk a növények levélterületének alakulását. A növények vegetatív fejlődése minden évben az öntözött kezelésekben volt erőteljesebb. 2011-ben az öntözött kezelésekben (Ö1, Ö2) hüvelyérés idején a növényállomány LAI értékei $4,63-5,76 \text{ m}^2\text{m}^{-2}$ között mozogtak. A vizsgált fajtáknak virágzás alatt szignifikánsan magasabb levélterület index értékeik voltak öntözés hatására, mint természetes vízellátottságnál (Ö0). 2012-ben az előző évhez viszonyítva alacsonyabb volt a fotoszintetikusan aktív levélterület nagysága, ami a növények mérsékeltebb fejlődése miatt következett be a csapadékszegényebb tenyészidőszakban. A kezelések között statisztikai különbségek hüvelyérés idejére alakultak ki. Optimális vízellátottságnál (Ö2) a LAI értéke $3,11-4,58 \text{ m}^2\text{m}^{-2}$ volt. A három évben a legalacsonyabb levélterület értékeket 2013-ban mértük (jó vízellátottságban $3,36-3,93 \text{ m}^2\text{m}^{-2}$ volt a LAI maximuma), viszont a fajták növekedési dinamikája hasonló volt. A korai fajtáknál az optimális vízellátottságú (Ö2) és a gyengébb vízellátottságú (Ö0, Ö1) növényállomány átlagos LAI értékei közötti szignifikáns különbség hüvelykötés alatt alakult ki. A középérésűeknél az eltérés a kezelések között virágzás-hüvelykötés idejére lett szignifikáns.

3.1.1.3. NDVI

Kísérletünkben 2011-ben három, 2012-ben és 2013-ban négy időpontban vizsgáltuk a növények vegetációs indexének alakulását a vegetációs periódusban. 2011-ben a csapadékviszonyok kedvezőtlenül alakultak a bab fejlődése szempontjából, a kezelések közötti különbségek a mérések idején már szignifikánsak voltak. A vízellátottsággal egyenes arányban nőtt a vegetációs index értéke. A fejlődés során ezek a különbségek

csökkentek és hüvelyérés idejére az Ö1 és Ö2 kezelésekben mért NDVI értékek közötti szignifikáns különbség megszűnt, a csak természetes vízellátottságban (Ö0) részesülő növények vegetációs indexei szignifikánsan alacsonyabbak voltak. 2012-ben az öntözés hatásai virágzás vagy hüvelykötés idején már minden fajtánál jelentkeztek. Az öntözésre leggyorsabban a Carson és a Pation reagált. 2013-ban a vegetációs periódus végén minden faj NDVI értéke szignifikánsan alacsonyabb természetes vízellátottságnál (Ö0), mint az öntözött kezelésekben (Ö1, Ö2). A kezelések közötti különbségek a Carsonnál és a Serengetinél a legkifejezettebbek.

3.1.1.4. SPAD

A SPAD értékeket a különböző kezelésekben mindhárom évben virágzás előtt, virágzás alatt, hüvelykötés és hüvelyérés idején mértük a növények levelein. 2011-ben a magasabb SPAD értékek természetes vízellátottságnál (Ö0), míg az alacsonyabbak az öntözött kezelésekben (Ö1, Ö2) voltak, virágzás után ezek a különbségek minden fajtánál csökkentek. 2012-ben a Carson és a Pation esetében a kezelések közötti különbségek hüvelykötés idején voltak a legkifejezettebbek, a Serengetinél ez hüvelyérés idején jelentkezik. 2013-ban virágzás idején a kezelések közötti különbségek a Serengetinél voltak a legkifejezettebbek, a többi fajta átlagos SPAD értékei öntözött kezelésekben (Ö1, Ö2) hasonlóak voltak, és kisebb értéket adtak, mint nem öntözött kezelésben (Ö0).

3.1.1.5. A növény fejlődését jellemző paraméterek értékelése

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 zöldbab (b, c) eggyel kisebb pontszámot (2 v. 1) kapott, míg a szignifikánsan azonos eredményeket mutató fajták azonos pontszámot kaptak.

2011-ben a részpontokat összegezve megállapítottuk, hogy a fajták kezelésenként kialakult rangsorban azonos helyet foglaltak el növényi kondíciójuk alapján. A legmagasabb összpontszámot mindhárom kezelésben a Pation kapta, a további sorrend a kondíció csökkenésében: Serengeti, Carson, Maxidor. 2012-ben a fajták növényi kondícióját jellemző paraméterek szignifikáns különbségeinek pontozása után az összpontszámok alapján 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. 2013-ban a növényi kondíciót jellemző összpontszámok alapján természetes vízellátottságnál 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 és a Carson gyengébben 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.

3.1.2. Csemegekukorica

3.1.2.1. Növénymagasság

A vizsgálati időszakban mindhárom hibrid esetében szignifikáns különbség volt a kezeléseken 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 257-288 cm-t.

3.1.2.2. 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 szignifikáns különbségek a címerhányás idején jelentkeztek és a nővirágzás alatt is megmaradtak. 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 kezeléseken 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 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.

3.1.2.3. NDVI

2011-ben a kezelésekben mért vegetációs index értékek (NDVI) különbségei címerhányás idején voltak a legkifejezettebbek. 2012-ben 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 2013-as év kedvezően indult a csemegekukorica termesztése szempontjából, 6-8 leveles állapotban volt a legintenzívebb a növényi fejlődés. A címerhányásig kijuttatott öntözővíz mindhárom hibrid esetében szignifikáns különbségeket okozott a természetes vízellátottságú és az öntözött kezelések (Ö1, Ö2) között.

3.1.2.4. SPAD

A SPAD értékek mérését a csemegekukorica levélzetén 2012-ben kezdtük. 2012-ben 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 értékei hasonlóak voltak eltérő vízellátottságban. Nővirágzás idején mindhárom hibridnél szignifikánsan magasabb értékeket mértünk az öntözött (Ö1, Ö2) kezelésekben. 2013-ban az öntözésre a hibridek hasonlóan reagálnak, legmagasabb SPAD értékeket optimális vízellátottságban mértük. A GSS 1477 és a GSS 2259 nővirágzás és szemtelítődés idején optimális vízellátottságban érte el a szignifikánsan magasabb SPAD értékeket. Az Overland átlagos SPAD értékei minden fejlődési szakaszban 50%-os vízhiányban voltak a legalacsonyabbak.

3.1.2.5. A növény fejlődését jellemző paraméterek értékelése

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

Mivel 2011-ben a növényi kondíciót jellemző paraméterekben egyik kezelésben sem voltak szignifikáns különbségek, így mindhárom hibridet 1 ponttal értékeltük, növényi kondíciójukat azonosnak tekintettük. 2012-ben a csemegekukorica hibridek növényi kondíciójának jellemzéséhez a LAI és az NDVI értékek mellett a SPAD értéket is mértük. A növényi kondíciót jellemző összpontszámok alapján megállapítottuk, hogy természetes csapadékelátottságnál 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. 2013-ban az összpontszámok alapján megállapítottuk, hogy természetes csapadékelátottságban 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, a GSS 1447 a legalacsonyabb értéket kapta. Optimális vízellátottságban az Overland teljesített a legjobban, a másik két hibrid gyengébb, de közel azonos növényi kondíciót mutatott.

3.2. A termőképességet jellemző paraméterek értékelése a vizsgálati években

3.2.1. Zöldbab

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. Különböző vízellátottságban az egyes fajták termőképességének kifejezésére a kijelölt növényegyedeken mért áruhüvelyek tömegét, a szabványon kívüli hüvelyek tömegét, valamint a parcellatermések $t\ ha^{-1}$ -ban kifejezett termés mennyiségét használtuk.

A termőképességet kifejező paraméterek fajták közötti eltérése különböző szinteken volt szignifikáns. A termőképességet a vizsgált paraméterekben jelentkező szignifikáns különbségek szerint pontoztuk.

Az áruhüvely tömeg, valamint a $t\ ha^{-1}$ -ban kifejezett termés mennyiség 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 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. 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.

2012-ben a termőképesség pontozása után megállapítottuk, hogy mindhárom kezelésben a Carson teljesített a legjobban. Természetes vízellátottságnál 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 Maxidor és a Serengeti termőképessége megegyezett. 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.

A 2013-as évben a zöldbabfajták termőképességét kifejező paraméterekben jelentkező szignifikáns különbségek pontozása után 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 Serengetié, 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. A Serengeti és a Carson eredményi kondíciónak megfelelően alakultak. Optimális csapadékelátottságnál is a Maxidor és a Cerdon érte el a magasabb összpontszámot, a Carson jobb termőképességi mutatókkal rendelkezett, mint a Serengeti.

A zöldbab esetében a hüvelyérés alatti vízellátás, a légköri hőmérséklet és a talaj hőmérséklet befolyásolja a tápanyagfelvételt, hasznosulást és ezen keresztül a termés élelmi minőségét. Csapadékszegény években a zöldbabhüvely szárazanyag, fehérje, és nyersrost tartalma is nő. A fajták közötti különbségek optimális vízellátottságban (Ö2) mutatkoztak meg a leginkább, vízhiányos kezelésben (Ö1) pedig csak a fehérjetartalomban voltak különbség közöttük. Természetes vízellátottságnál (Ö0) a fajták fehérjetartalma nem különbözött, a szárazanyag- és nyersrosttartalma a Serengetinek volt a legmagasabb.

3.2.2. Csemegekukorica

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

A termőképesség értékelésénél a bruttó (fosztatlan) és nettó (fosztott) csőtömeget, ezek arányát (Nettó/Bruttó csőtömeg), a csőhossz- 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.

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 megállapítottuk, hogy a legjobb termőképességet melyik hibrid érte el az adott kezelésben.

Termésképzés szempontjából a 2011-es 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. 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. 2013-ban a jó növényi kondícióval rendelkező Overland termőképessége volt a legjobb, optimális vízellátottságnál viszont a gyengébb növényi kondícióval rendelkező GSS 2259 hibridet jellemezte a legmagasabb termőképességi összpontszám. A GSS 1477 gyenge növényi kondíciója gyengébb termőképességet okozott.

A szárazanyag-tartalom mindhárom hibridnél természetes vízellátottságnál volt magasabb, a vízellátottság eltérő hatással volt a hibridek cukortartalmára, a karotin-tartalom a vízellátottsággal egyenes arányban nőtt.

3.3. A növény fejlődésének és a termőképességének összefüggései a különböző fejlődési szakaszokban

3.3.1. Zöldbab

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 (4. táblázat).

4. táblázat: A zöldbab növényi fejlődést jellemző paramétereinek és a termésének összefüggései (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

3.3.2. Csemegekukorica

A csemegekukoricánál a három év alatt mért 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 (5. táblázat).

5. táblázat A csemegekukorica növényi fejlődést jellemző paramétereinek és a termésének összefüggései (2011-2013)

	LAI - Csőtömeg (t ha ⁻¹)			NDVI - Csőtömeg (t ha ⁻¹)			SPAD - Csőtömeg (t ha ⁻¹)		
	Ö 0	Ö 1	Ö 2	Ö 0	Ö 1	Ö 2	Ö 0	Ö 1	Ö 2
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

3.4. Tényleges evapotranszpiráció változása a tenyészidőszakban

3.4.1. Zöldbab

A zöldbab esetében a tényleges evapotranszpiráció (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 vízellátottságban részesülő növények parcelláiban. 2013-ban a tenyészidőszak kedvezőbb hőmérsékleti és csapadékviszonyai miatt a kezelések tényleges evapotranszpirációja közötti különbségek mérsékeltebbek voltak (50%-os vízhiányban 14%-al, optimális vízellátottságban 22%-al volt magasabb az evapotranszpiráció, mint természetes vízellátottságnál).

3.4.2. Csemegekukorica

A csemegekukoricánál a vizsgált időszakban szintén optimális vízellátottságnál volt a legmagasabb a tényleges evapotranszpiráció (ET). 2011-ben a rendszer által kalkulált evapotranszpiráció 50%-os vízhiányban 9%-al, optimális vízellátottságban 13%-al haladta meg a természetes vízellátottság értékeit. 2012-ben és 2013-ban 50%-os vízhiányban 21%-al, optimális vízellátottságban 40-42%-al több vizet tudtak elpárologtatni a növények, mint természetes vízellátottságnál.

3.5. A növények vízhasznosítása a vizsgálati időszakban

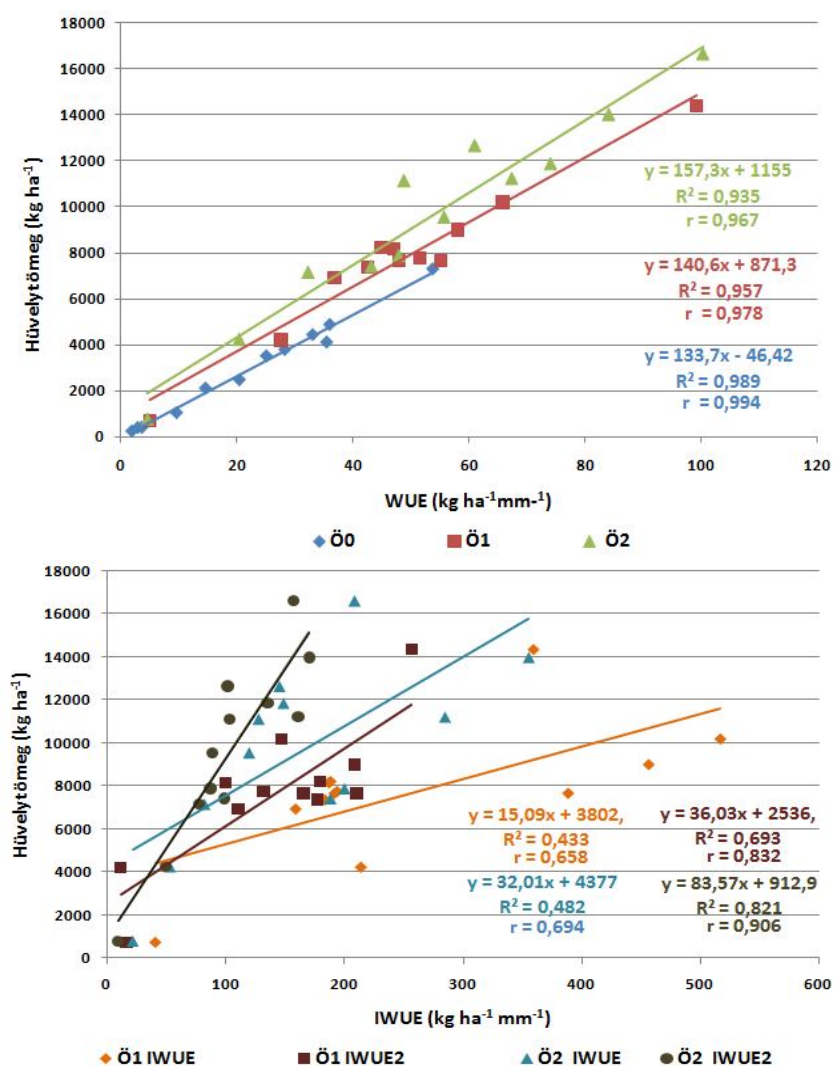
3.5.1. Zöldbab

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 (IWUE₂) 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 (IWUE₂) értékei.

A három év átlagában az optimális vízellátottsághoz képest 50%-os vízhiányban a 9%-os WUE csökkenés 19%-os termésnövekedést, természetes vízellátottságban 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 vízhasznosítás és a termés közötti kapcsolat vizsgálatához regresszióanalízist használtunk. A zöldbab vízhasznosítási (IWUE) és öntözővíz-hasznosítási (IWUE, IWUE₂) értékei is pozitív korrelációt mutattak a terméssel (3. ábra).



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

3.5.2. Csemegekukorica

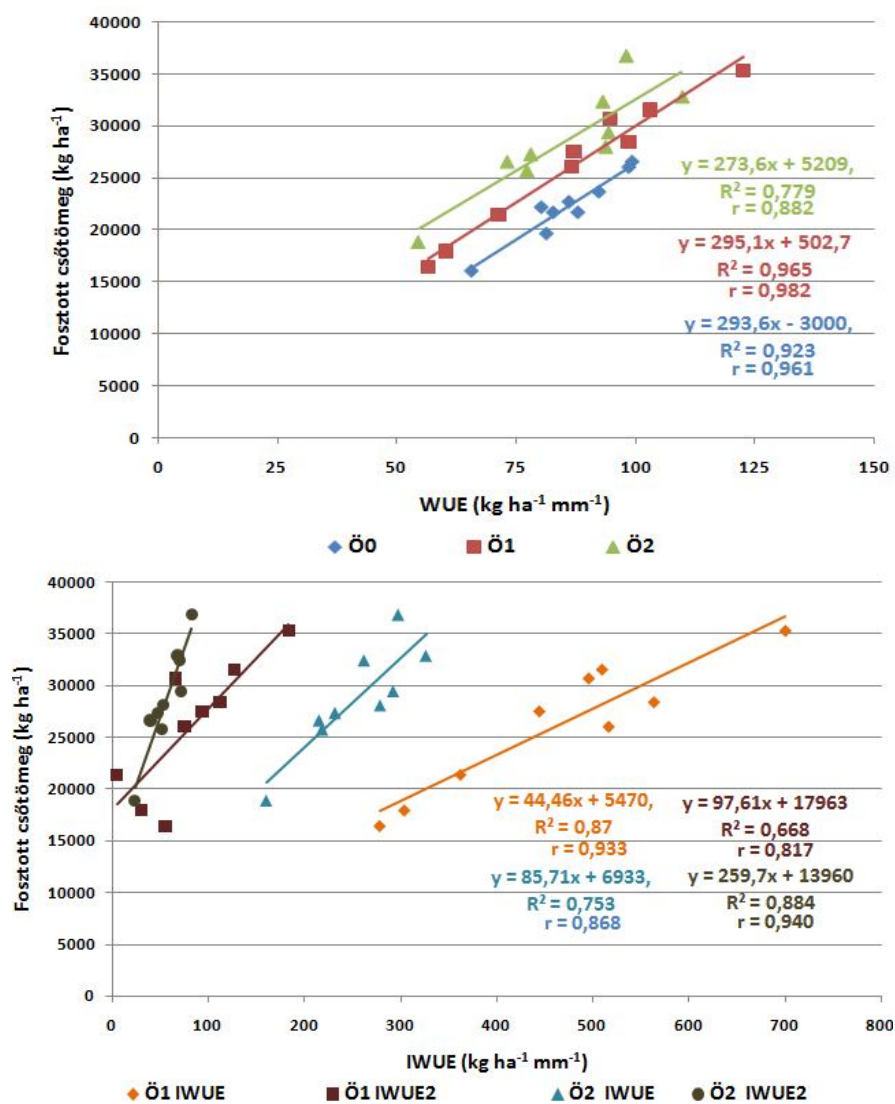
A csemegekukorica hibridek vízhasznosító képességét (WUE) a parcellákban termett fosztott csőtömeg evapotranszpirációra vonatkoztatott értékéből állapítottuk meg. Az öntözővíz felhasználás hatékonyságát (IWUE) az öntözött parcellákban termett fosztott csőtömeg és a kijuttatott öntözővíz aránya, az öntözéshatást ($IWUE_2$) a nem öntözött és az öntözött kezelésekben termett fosztott csőtömeg különbségének egységnyi öntözővízre jutó mennyisége fejezte ki.

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

Az öntözött parcellákban (Ö1, Ö2) mindhárom évben hibridenként számítottuk az öntözővíz-felhasználás hatékonyságát. Az évenkénti átlagos öntözővíz-hasznosítási együtttható (IWUE) 2011-ben 98%-al, 2012-ben 87%-al, 2013-ban 55%-al volt magasabb 50%-os vízhiányban, mint optimális csapadékelátottságban. Az öntözéshatás ($IWUE_2$) esetében hasonló, de mérsékeltebb különbségeket tapasztaltunk.

A három év átlagolt WUE értékei alapján megállapítható, hogy a kezelésekben a vízfelhasználás minimális eltéréseket mutatott, ennek ellenére a rendelkezésre álló vízmennyiség csökkenésével a termésmennyiség is csökkent. 50%-os vízhiányban 9%-al, természetes vízellátottságban 22%-al volt kevesebb termés, mint optimális vízellátottságban.

A csemegekukorica vízhasznosítása, valamint öntözővíz-hasznosítása és termése között szoros pozitív korrelációt mutattunk ki (4. ábra).



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

4. AZ ÉRTEKEZÉS ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEI

- 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 növényenél 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 ($r=0,882-0,982$) terméskieséssel társul.

5. 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 zöldbabbajták 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.

6. A TÉZISFÜZET HIVATKOZÁSAI

- 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.*
- 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.*
- Boyer, J.S. (1982): Plant productivity and environment. Science 218: 543-548.*
- Cselőtei, L. - Nyújtó, S. - Csáki, A. (1993): Kertészet. Mezőgazda Kiadó. Bp. 85-245.*
- Erdész F.-né (2008): A hazai zöldség-és gyümölcságazat fejlődési kilátásai. Gazdálkodás, 52. évf. 2. szám. 144-152. p.56.*
- 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.*
- 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.*
- 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.*

7. MEGJELENT PUBLIKÁCIÓK



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.

Idgen 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

Idgen 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.

