

DEBRECENI EGYETEM
AGRÁR- ÉS GAZDÁLKODÁSTUDOMÁNYOK CENTRUMA
MEZŐGAZDASÁG-, ÉLELMISZERTUDOMÁNYI ÉS KÖRNYEZETGAZDÁLKODÁSI KAR
NÖVÉNYTUDOMÁNYI INTÉZET

**HANKÓCZY JENŐ NÖVÉNYTERMESZTÉSI, KERTÉSZETI ÉS ÉLELMISZERTUDOMÁNYOK
DOKTORI ISKOLA**

Doktori Iskola vezető:

Dr. Kátai János
egyetemi tanár

Témavezető:

Dr. Pepó Péter
egyetemi tanár

**ÖKOLÓGIAI ÉS AGROTECHNIKAI TÉNYEZŐK HATÁSÁNAK
ÖSSZEHASONLÍTÓ VIZSGÁLATA ELTÉRŐ FIZIOLÓGIÁJÚ
GABONANÖVÉNYEKNÉL**

Készítette:

Vári Enikő
doktorjelölt

Debrecen
2014

**ÖKOLÓGIAI ÉS AGROTECHNIKAI TÉNYEZŐK HATÁSÁNAK
ÖSSZEHASONLÍTÓ VIZSGÁLATA ELTÉRŐ FIZIOLÓGIÁJÚ
GABONANÖVÉNYEKNÉL**

Értekezés a doktori (PhD) fokozat megszerzése érdekében
a Növénytermesztési, Kertészeti és Élelmiszertudományok tudományágban

Írta: Vári Enikő okleveles környezetgazdálkodási agrármérnök

Készült a Debreceni Egyetem Hankóczy Jenő Növénytermesztési, Kertészeti és
Élelmiszertudományok doktori iskolája
(Fenntartható növénytermesztés programja) keretében

Témavezető: Dr. Pepó Péter, MTA doktora

A doktori szigorlati bizottság:

Elnök: **Dr. Sárvári Mihály** CSc

Tagok: **Dr. Tóth Zoltán** PhD

Dr. Csajbók József PhD

A doktori szigorlat időpontja: 2013. november 19.

Az értekezés bírálói:

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

A bírálóbizottság:

	név	fokozat	aláírás
elnök:			
tagok:			
			
			
titkár:			

Az értekezés védésének időpontja: 2014.

TARTALOMJEGYZÉK

1. BEVEZETÉS	4
2. CÉLKITŰZÉSEK	6
3. IRODALMI ÁTTEKINTÉS	8
3.1. Az őszi búza	8
3.1.1. Az őszi búza növényfiziológiai, agronómiai, kórtani és növekedésanalízis értékeinek elemzése	8
3.1.2. Az őszi búza termésmennyiségét meghatározó ökológiai és agrotechnikai tényezők elemzése, értékelése	11
3.2. Kukorica	16
3.2.1. A kukorica növényfiziológiai, agronómiai, kórtani és növekedésanalízis értékeinek elemzése	16
3.2.2. A kukorica termésmennyiségét meghatározó ökológiai és agrotechnikai tényezők elemzése, értékelése	19
4. ANYAG ÉS MÓDSZER	26
4.1. A kísérleti terület elhelyezkedése, talajtani adottságai	26
4.2. A kísérlet beállítása, elrendezése	26
4.2.1. Őszi búza	27
4.2.1.1. Az alkalmazott agrotechnika	27
4.2.1.2. A vizsgált tenyésztések időjárásainak jellemzése	28
4.2.1.3. Az őszi búza fiziológiai és agronómiai paramétereinek és növekedésanalízis értékeinek meghatározása	34
4.2.2. Kukorica	37
4.2.2.1. Az alkalmazott agrotechnika	37
4.2.2.2. A vizsgált tenyésztések időjárásainak jellemzése.....	40
4.2.2.3. A kukorica fiziológiai és agronómiai paramétereinek és növekedésanalízis értékeinek meghatározása	43
4.3. Az eredmények értékelésének módszere	45
5. EREDMÉNYEK.....	46
5.1. Őszi búza	46
5.1.1. Ökológiai és agrotechnikai tényezők hatása az őszi búza kórtani tulajdonságaira	46

5.1.2. Az ökológiai és agrotechnikai tényezők hatása az őszi búza termésére	50
5.1.3. Az ökológiai és agrotechnikai tényezők hatása az őszi búza fiziológiai paramétereire	55
5.1.4. Az ökológiai és agrotechnikai tényezők hatása az őszi búza növekedésanalízis értékeire	64
5.1.5. Az őszi búza termését befolyásoló tényezők összefüggésvizsgálata	72
5.2. Kukorica	77
5.2.1. Ökológiai és agrotechnikai tényezők hatása a kukorica termésére	78
5.2.2. Az ökológiai és az agrotechnikai tényezők hatása a kukorica fiziológiai paramétereire	84
5.2.3. Az ökológiai és agrotechnikai tényezők hatása a kukorica növekedésanalízis értékeire	97
5.2.4. A kukorica termését befolyásoló tényezők összefüggésvizsgálata	106
5.3. Az agrotechnikai tényezők és az évjárat hatásának komplex értékelése	110
5.3.1. Az őszi búza termésére ható agrotechnikai tényezők és az évjárat hatásának vizsgálata varianciakomponensek felosztásával	110
5.3.2. A kukorica termésére ható agrotechnikai tényezők és az évjárat hatásának vizsgálatavarianciakomponensek felosztásával	113
5.4. A kukorica és az őszi búza fotoszintetikus kapacitásának összehasonlítása és értékelése.....	115
5.5. A kukorica és az őszi búza fotoszintetikus kapacitásának és termésének összefüggésvizsgálata	118
6. KÖVETKEZTETÉSEK	119
7. ÖSSZEFOGLALÁS	124
8. ÚJ ÉS ÚJSZERŰ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK	129
9. A GYAKORLATBAN HASZNOSÍTHATÓ EREDMÉNYEK	131
PUBLIKÁCIÓS JEGYZÉK.....	132
ÁBRÁK JEGYZÉKE.....	149
TÁBLÁZATOK JEGYZÉKE	152

MELLÉKLETEK.....	156
KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS	164
NYILATKOZAT	165

1. BEVEZETÉS

A gabonanövények a legfontosabb és legnagyobb területen termesztett szántóföldi növények a világon és hazánkban egyaránt. Magyarországon 1,2 millió ha-on kukoricát, 1,1 millió ha-on őszi búzát termesztnek. Napjainkban növényfajtól, fajtától, ökológiai és agrotechnikai feltételektől függően, a gabonanövények 4,0-8,0 t/ha termést is adhatnak átlagosan, de ennél nagyobb termések is elérhetőek megfelelő agrotechnika alkalmazásával.

A Föld népessége folyamatosan növekszik, 2013-ban meghaladta a 7,2 milliárd főt. A megnövekedett népesség igényeinek kielégítése egyre nagyobb elvárásokat támaszt a szántóföldi növénytermesztésre. A világ szántóterületének növelésére a jövőben nincs, vagy csak minimálisan van lehetőség, ezzel szemben egyre nagyobb mennyiségű növényi termékekre van szükség. Ugyanakkor a mennyiségi szemlélet mellett -elsősorban a fejlett országokban- a környezetbarát, fenntartható, növénytermesztés kerül előtérbe.

A csökkenő fajlagos szántóterület és a növekvő népesség élelemmel való ellátása mellett további problémát jelent a globális klímaváltozás jelensége is. A globális klímaváltozás hatására megnőtt a szélsőséges időjárási jelenségek gyakorisága, amely a hőmérsékletben és a csapadék mennyiségében, valamint időbeli eloszlásában is jelentkezik. Egyre gyakrabban fordulnak elő aszályok és áradások, amely kihatással van a mezőgazdasági termelésre is. Az éghajlati tényezők jelentős mértékben meghatározzák a termeszthető növényfajok körét, és ezen belül a fajtát vagy hibridet, ugyanakkor befolyásolják az alkalmazott agrotechnikát is. Az egyes haszonnövények eltérő módon reagálnak a változó klímára a fajtától, a termesztés módjától, a talajtól és a CO₂-tűrőképességüktől függően (Fry 2008). Figyelembe kell venni tehát az időjárási feltételeket a vetésváltás, talajművelés, tápanyagellátás, vetés, növényvédelem, öntözés és betakarítás agrotechnikai műveleteinek kialakítása során. A szántóföldi növénytermesztésben tehát adott ökológiai feltételek mellett a legnagyobb termésmennyiséget, megfelelő minőséget és a stabil termésbiztonságot kell megvalósítani.

A szántóföldi tartamkísérletekben rendszerint a gazdasági növények végső produkcióját, azaz a termését határozzák meg. Több évtizedes kutatómunka eredményeként megállapították az egyes gabonanövények tápanyag- és elővetemény igényét, és az egyéb agrotechnikai tényezők termésre gyakorolt hatását. Ezen eredményeket az évjáratok különbözősége is rendkívül befolyásolja, módosítja. Magyarország földrajzi elhelyezkedéséből adódóan különböző éghajlati hatások jutnak érvényre az egyes évjáratokban. Ezek a szélsőséges klímajelenségek jelentős mértékben próbára teszik a növények adaptációs képességét. Magyarország két legfontosabb szántóföldi növénye az őszi búza és a kukorica. Hazánk egész területe alkalmas búzatermesztésre, a legnagyobb területen az alföldi régióban találhatjuk meg,

ugyanakkor a nagyobb termésátlagok a dunántúli megyékre jellemző. Hazánkban az őszi búza még kedvezőtlen évjáratban is biztonságosan termesztethető, azonban az utóbbi években a termésingadozás mértéke közel 60%-ra növekedett. A másik meghatározó jelentőségű gabonanövényünk a kukorica, amelyet a világon a szántóterület 16 %-án (177 millió ha), Magyarországon 27 %-án (1,2 millió ha) termesztnek. A kukorica ma már szinte az egész világon megtalálható, amit a jó adaptív tulajdonsága tett lehetővé. Magyarország éghajlata megfelelő a kukorica termesztéséhez, azonban vannak kedvező és kedvezőtlen termőhelyek. Napjainkban a kukorica terméseredményeinél is az elsődleges problémát a termésingadozás okozza, amely az 50-60 %-ot is eléri.

A szántóföldi növények produktivitását tehát egyrészt a biológiai, genetikai tényezők, másrészt az ökológiai feltételek, harmadrészt pedig az agrotechnikai tényezők is befolyásolják. A gabonanövények termesztéstechnológiájában ezek harmonizációjára van szükség. A fenntartható növénytermesztéssel összhangban célszerű olyan produkcióbiológiai, asszimilációs felület vizsgálatokat végezni, melynek segítségével a szárazanyag-képződés üteme, mértéke, és növényi részenkénti disztribúciója mérhető. Ezek az adatok segítséget nyújthatnak a termésképződés ok-okozati folyamatainak a feltárásához. Korábban is voltak próbálkozások már terméselőrejelzésre, amelyet elsősorban az adott év időjárási adataiból becsültek. Sokszor azonban igen ellentmondásos előrejelzések jelentek meg a gabonatermeszre vonatkozóan. A növénytermesztésben elért eddigi tudományos ismeretek megkövetelik, hogy a tartamkísérletek elemzése során ne csak a végső produkció elemzésével foglalkozzunk, hanem az azokat befolyásoló tényezőkre, illetve technológiai elemekre is figyeljünk. Ezt úgy érhetjük el, hogy a tenyésztő folyamán megfigyeléseket és mérések végzünk, amelyek elemzése után egy pontosabb termésbecslést tudunk elvégezni. Sokszor számos kérdésre adhat választ az is, hogy a tenyésztőszak folyamán milyen a képződött biomassza mennyisége, illetőleg a képződésnek az üteme. Ilyen méréseket tesz lehetővé a növekedésanalízis, amely során a különböző kezelések (pl.: műtrágyázás, vetésváltás, tőszám, öntözés, növényvédelem, stb.) hatását nem csak a már betakarított termésben, hanem a növekedésdinamikai változások megfigyelésével, a teljes tenyésztőszak alatt nyomon tudjuk követni. Magában foglalja a növények vagy növényi szervek produkciójának kvantitatív tanulmányozását ökológiailag vagy agronómiailag értelmezhető intervallumokban (Berzsenyi 2002). A növényfiziológiai vizsgálatok jelentik a növénytermesztési kutatások korszerű elemzésének a módját. Ezen előnyök miatt a növénytermesztésben széles körben alkalmazzák a termésképzés fiziológiájának tanulmányozásában (Smith-Hamel, 1999).

2. CÉLKITŰZÉSEK

Az elmúlt években az őszi búza és a kukorica termésátlagai is jelentős ingadozás mutattak, amely a klímaváltozás következtében fellépő változékony, és sok esetben igen szélsőséges évjáratoknak a következménye. A növényfiziológiai mérések segítségével olyan kérdéseket tudunk vizsgálni, amelyek lehetővé teszik a környezet és a termés kapcsolatrendszerének tanulmányozását, illetve előrejelzését eltérő ökológiai körülmények között. A növekedésanalízis klasszikus és funkcionális módszerével, valamint a kiegészítő agronómiai, ökológiai és élettani mérések alkalmazásával a növénytermesztési tartamkísérleteket több paraméter alapján lehet kiértékelni. Ezek a mérések pontos és gyors válaszokat adnak az agronómiai reakciók időbeni folyamatáról és a termésképzéssel való kapcsolatukról.

Ph.D. doktori értekezésemhez a kutatómunkát Prof. Dr. Pepó Péter egyetemi tanár, intézetigazgató témavezetésével, támogatásával és szakmai irányításával a Debreceni Egyetem Agrár- és Gazdálkodástudományok Centruma, Kutató Intézetek és Tangazdaság Debreceni Kutató Intézet és Tangazdaság Látóképi növénytermesztési kísérleti telepén végeztük. A három év során, a 2011-2013 közötti időszakban, Dr. Ruzsányi László által 1983-ban alapított tartamkísérletben végeztünk méréseket.

A harminc éves tartamkísérletben a kezelések hatása szignifikáns terméskülönbségekben mérhető, azonban kevésbé ismerjük a terméskülönbségek kialakulásának agronómiai, ökológiai és fiziológiai tényezőit és a köztük levő interakciókat. Ezen okok miatt nagy hangsúlyt helyezünk az ökofiziológiai vizsgálatokra, különösen új összefüggések feltárására a termés (terméskomponensek) és a vizsgált gabonanövények (őszi búza és kukorica) növekedése, relatív klorofilltartalma, levélterülete között. Összefüggést kívánunk keresni a szárazanyag gyarapodás üteme és a vizsgált növényfajok terméseredménye között is. Célunk továbbá meghatározni, hogy a környezeti feltételek (időjárás) mennyiben határozzák meg a növényi biomassza mennyiségét, asszimilációs területét és a növények terméseredményét. Kerestük a választ arra is, hogy a vizsgált növekedést jellemző paraméterek és a termés mennyisége között milyen kapcsolatot tudunk megállapítani, lehet –e ezen méréseket terméselőrejelzéshez használni.

A harminc éves tartamkísérlet lehetőséget teremt számunkra arra is, hogy a különböző agrotechnikai tényezők (műtrágyázás, öntözés, vetésváltás, növényvédelem) hatását vizsgáljuk egyrészt a termésre, másrészt pedig a növényfiziológiai és agronómiai paraméterekre. Ezeket független szempontból is tudjuk elemezni, de az agrotechnikai tényezők együttes vizsgálata is hasznos lehet, mert az egyik faktor hatását módosíthatja egy másik faktor. Kerestük a választ

arra is, hogy a műtrágyázás, öntözés, vetésváltás, növényvédelem, valamint a növényfiziológiai-, agronómiai paraméterek és a termés között milyen kapcsolatot tudunk megállapítani.

Az eredmények hatékonyan járulhatnak hozzá a növények növekedését befolyásoló környezeti és agrotechnikai tényezők hatásának pontosításához, a növényi produktum és a fitomassza tömeg, valamint a növekedési mutatók közötti kapcsolatok egzakt meghatározásához. Megismerhetjük, hogy az alkalmazott agrotechnikai tényezők közül melyik vagy melyek determinálják legjobban a vizsgált paramétereket. Az összefüggés-vizsgálatokkal igazolhatjuk, hogy a levélterület, a levelek élettartama, a relatív klorofilltartalom, az egyes növekedést jellemző mutatók, milyen kapcsolatban vannak a termés mennyiségével. A kutatómunka során kapott eredmények segítségével eldönthetjük, melyik paraméterek és milyen agrotechnikai tényezők járulnak hozzá a maximális szemtermés kialakulásához. Kutatási témám fontosságát és újszerűségét jelenti még, hogy eltérő fotoszintetikus alapú (C3, C4 növények) gabonanövények összehasonlító vizsgálatát is elvégeztem.

Kutatásaink elsősorban a termesztőket segítheti a jövőben, hiszen a gyakorlatban egyszerűen és gyorsan alkalmazható műszerek alkalmazásával választ kaphatnak a termés alakulását befolyásoló faktorokról, a technológiai elemek hatásáról és szerepéről. Az egész évben nyomon követhető rendszer segítségével olyan információkhoz juthatnak a termesztők, amelyek a későbbi évek gazdaságosabb és jobb terméseredményeihez járulhatnak hozzá.

3. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

3.1. Az őszi búza

3.1.1. Az őszi búza növényfiziológiai, agronómiai, kórtani és növekedésanalízis értékeinek elemzése

A szántóföldi tartamkísérletekben rendszerint a gazdasági növények végső produkcióját, azaz a termését határozzák meg, azonban ezek elemzése önmagában nem elegendő a termést kialakító tényezők hatásainak feltárásához. A mezőgazdasági termelés intenzív fejlődésével kiterjedtek a vizsgálatok a szárazanyag-felvétel kapcsolatának tanulmányozására is. A szárazanyag-felhalmozódás üteme lényegesen eltér az őszi búza különböző fejlődési szakaszaiban. A kezdeti fejlődésben lassú, a szárbaszökéstől gyors és a szemtelítődési szakaszban is folytatódik (Ragasits 1998). Lásztity (1988) megállapította, hogy a szárazanyag-képződés folyamata a búza tenyészidejének végéig tartott.

A növekedésanalízis teszi lehetővé, hogy vizsgáljuk a kísérleti kezelések és a környezeti tényezők hatására a fotoszintetikus produkció dinamikájában bekövetkezett változásokat a növény növekedésének és fejlődésének teljes időszakában. (Berzsenyi 2000a). A növekedésanalízis magában foglalja a növények vagy növényi szervek produkciójának kvantitatív tanulmányozását, integrálva a vizsgált rendszerben és az ökológiailag vagy agronómiailag értelmezhető időintervallumokban (Berzsenyi 2002). A növekedésanalízis irányulhat növényegyedek vagy növényállományok vizsgálatára. A növénytermesztők általában a növényállomány növekedését analizálják, mivel ily módon betekintést kapnak a hasznos produkció (pl. a szemtermés) képződésének folyamatába. A növényállomány növekedésanalízisének mutatóihoz tartoznak a levélterület index (LAI), a terméknövekedési sebesség (CGR), a nettó asszimilációs ráta (NAR), a harvest index (HI), a levélterület-tartósság (LAD), a biomassa-tartósság (BMD) (Berzsenyi 2000b). Ezen mutatók meghatározása gyakran tíznél több mintavételt és több tízezer adatot foglal magába, amelyek feldolgozását nagymértékben elősegítik a speciális növekedésanalízis-programok (Berzsenyi et al. 1998). A növekedésanalízis funkcionális módszeréhez Hunt-Parsons növekedésanalízis-programja (HP-modell) általánosan elterjedt (Hunt és Parsons 1974). A program első-, másod-, és harmadfokú polinomot illeszt $\ln Y$ és $\ln Z$ idő (t) szerinti értékeihez, ahol Y a növényenkénti szárazanyag-produkciót, Z a növényenkénti levélterületet jelenti (Berzsenyi és Lap 2000). A növekedésanalízis klasszikus módszerénél a növények száraztömegéből számítjuk ki az egyes növekedést jellemző mutatókat, így a hőmérséklet, a víz és a tápanyag, ezen paramétereket is meghatározza. A nitrogénnek kulcsfontosságú szerepe van, mert információt nyújt a növények fiziológiai állapotáról. A N-műtrágyázásnak is jelentős hatása van az őszi búza

négyszetméterenkénti száraztömeg dinamikájára és a maximális szárazanyag-produkcióra, ugyanis a szárazanyag-felhalmozódás az egyes kezelésekben már a korai fejlődés időszakában elkülönül (*Sugár és Berzsenyi* 2009a). *Pepó* (1991) megállapította, hogy szoros összefüggés figyelhető meg az őszi búza szervesanyag-tömege és szemtermése között.

A növénytermesztésben különböző eszközök állnak rendelkezésre a termés-előrejelzésre, amelyek közül elterjedt a SPAD klorofill mérőműszer használata (*Le Bail et al.* 2005) és a levélterület nagyságának meghatározása.

Levélterület

Az asszimilációs teljesítmény döntő komponense a levelek és általában a zöld felületek nagysága, így a levélterület becslése céljából több változó mérésére is szükség van, mint például a levél szélessége és hosszúsága, a levélnyél hossza vagy ezek kombinációja (*Robbins és Pharr* 1987; *Montero et al.* 2000). Ezen érték meghatározására azonban különböző hordozható műszerek is rendelkezésre állnak, amelyek a levélterületi indexet (LAI=Leaf Area Index) adják meg számunkra, ami az 1 m²-re eső levélterületet jelenti (*Sági* 1987). *Balogh* (2009) Pearson-féle korreláció analízissel megállapította, hogy a LAI és a termésmennyiség között szignifikáns összefüggés van, és a levélterület nagysága hatással van a képződött szárazanyag nagyságának alakulására.

Petr et al. (1985) vizsgálati eredményei alapján a gabonafélék termése a levélborítottság növekvő értékeivel bizonyos határig nő. Az optimális értékek túllépése a gazdasági termés csökkenéséhez vezet. *Sági* (1987) más kutatók vizsgálataira támaszkodva leírja, hogy a szemtömeget alkotó szárazanyagnak kb. ¼-e szár illetve levél eredetű. *Ragasits* (1998) szerint a szemtermésbe beépülő szárazanyag fele az érési folyamat alatti asszimilációból származik, a másik fele a többi növényi részből helyeződik át a szemtermésbe. *Rawson és Hofstra* (1969) megállapította, hogy az alsó levelek leginkább a sarjhajtások és a gyökér számára juttatnak szénhidrátokat, tehát a szár és a levelek által termelt asszimilátáknak csak egy része áll a szemtelítődés rendelkezésére.

Donald és Hamblin (1976) beszámolt arról, hogy a gabonafélék szemtermésének növekedése elsősorban a harvest index (HI %) kedvezőbb értékének tulajdonítható. A HI % a szemtermés, azaz a hasznos produkció aránya a növény összes biomassza produkciójához képest a betakarítás időpontjában. *Sugár és Berzsenyi* (2009c) eredményei szerint a HI értékek az N₈₀, illetve az N₁₆₀ kezelésig szignifikánsan nőttek, majd az N₂₄₀ szinten visszaestek. Az értékek az N₀ kezelésben 35-41%, az N₈₀ kezelésben 37-43%, az N₁₆₀ szinten 41-43% között változtak. Véleményük szerint a HI mellett a szárazanyag-felhalmozás és a levélterület is hozzájárul a

maximális szemterméshez. Nagyon lényeges a termés alakulása szempontjából az asszimilációs felület élettartama is. A levélterület tartósság a Leaf Area Index-ből számolható, a növényenkénti levélterület és a tenyészterület közötti arányt fejezi ki. Ezt jellemzi az integrált levélterület (LAD) értéke. *Lönhardné és Kismányoky* (1992) megállapították, hogy a N-trágyázás szignifikánsan növelte a búza levélborítottságát (LAI), a levélterület-tartósságot (LAD) és a növénymagasságot, valamint, hogy a levélterület alakulása meghatározza a termés mennyiségét. A levélterület nagyságát a különböző tápanyagok különbözőképpen befolyásolják. *Lönhard és Németh* (1988) vizsgálatai arról számolnak be, hogy a N erősen befolyásolja a levélterület nagyságát és hatékonyságát. *Lönhardné* (1991) vizsgálatai alapján a különböző évjáratok időjárási viszonyai is igen nagymértékben befolyásolják a LAI alakulását. *Sugár és Berzsenyi* (2009b) az őszi búza levélterület alakulásában 2007-ben és 2008-ban is különbséget tapasztalt a N-ellátás hatására. Legalacsonyabb LAI-értékeket az N₀ kezelésben kapták, ami szignifikánsan nőtt az N₈₀-as kezelésben, a maximális értékeket a szezonális dinamikának megfelelően az N₁₆₀, ill. az N₂₄₀ szinteken tapasztalták. *Lönhardné és Németh* (1994) vizsgálatai során megállapították, hogy a maximális fejlettség idején a levélterületi index értékek 1991-ben a N-nélküli kontroll parcellákon 2,06-2,61 m² m⁻² között voltak, és ehhez képest a növekvő műtrágyázás hatására a N-adagok sorrendjében (N₈₇, N₁₇₄, N₂₆₁, N₃₄₈ kg ha⁻¹) 105,0-395,4-465,1-453,3%-kal növekedett. A növekvő N dózisok a fotoszintetikus aktivitás, a levélterület-index (LAI) és levélterület tartósság (LAD) növekedését eredményezte *Uribe Larrea et al.* (2009) kísérletében is. *Lönhardné és Ragasits* (1994) eredményei szerint a vetésidő is szignifikánsan befolyásolta az őszi búza fajta egyedi levélterületét (LA), a zászlóslevél nagyságát, a LAI-értékeket, és a levélterület tartósságot (LAD) vagy más néven az integrált levélterületet is. A későbbi vetésidő hatására az asszimiláló felület intenzív növekedése később indult meg és ez az elmaradás a tenyészidő végéig sem egyenlítődtött ki, azonban a három különböző időben vetett növényállomány egyszerre fejezte be működését. Eredményei igazolták, hogy a kalászfajlás legkorábbi szakaszától egészen a betakarításig minden időszakban szoros szignifikáns lineáris összefüggés mutatható ki a levélterület nagysága, élettartama és a termés között. *Dhiman et al.* (1980) szerint is szoros összefüggés van a termés és a levélterület nagysága között. A levélborítottság időbeli és térbeli változásának ismerete tehát szükséges az őszi búza növekedésének, fejlődésének, és termésképzésének megértéséhez (*Yang et al.* 2007).

Klorofilltartalom

A levelek klorofilltartalma információt szolgáltat a növények fiziológiai állapotáról (Carter 1994). Hu et al. (2010) Soil Plant Analysis Development (SPAD-502) klorofill mérőműszer segítségével az őszi búza nitrogén ellátottságát vizsgálták. Pozitív szoros kapcsolatot állapítottak meg a SPAD értékek, a levél nitrogén tartalma és a klorofill tartalma között (Wood et al. 1993, Hu et al. 2010). Hasonló eredményeket állapítottak meg Cartelat et al. (2005) is, őszi búzánál a levelek SPAD értéke és klorofill koncentrációja közötti összefüggés erősege $r=0,91$ volt.

Ji et al. (2007) az őszi búza SPAD értékeit vizsgálva megállapították, hogy a legmagasabb értékeket a virágzás és a szemtelítődés idején kapták műtrágyázott parcellákon, és szignifikáns különbségeket tapasztaltak a különböző műtrágyaszintek között. Hao et al. (2011) szerint a különböző műtrágyakezelések közül a 180 és a 270 kg ha⁻¹ N-nél növekedett a fotoszintetikus ráta és a SPAD értékek és ezeknél volt nagyobb a szárazanyag felhalmozódás is virágzás után. A SPAD értékek alakulását az elővetemény is módosítja. Smagacz (2004) megállapította, hogy őszi búza után vetett őszi búzánál a rossz elővetemény hatás jelentkezett, és csökkenést okozott a levelek klorofilltartalmában. Reeves et al. (1993) eredményei szerint szoros összefüggés van az őszi búza nitrogén tartalma és termése között, a termés nagyságát a bokrosodáskor mért SPAD-értékkel lehet előrejelezni. Mu et al. (2008) az árnyékolás hatását vizsgálta a SPAD értékek alakulására árnyéktűrő és árnyékolásra érzékeny búzafajtáknál. Amíg az árnyéktűrő fajtáknál csak csekély mértékű változást tapasztaltak, addig az árnyékolásra érzékenyeknél jelentős csökkenés következett be a SPAD értékekben.

3.1.2. Az őszi búza termés mennyiségét meghatározó ökológiai és agrotechnikai tényezők elemzése, értékelése

Ökológiai tényezők

Szász (1973) megállapítása szerint nagy termések csak akkor alakulhatnak ki, ha a klimatikus feltételek -elsősorban a vízellátottság- optimális mértékben illeszkednek a növényállomány által támasztott igényekhez. A változó termésátlagok a különböző edafikus és klimatikus tényezők hatására következnek be (Zatko és Balsan 1987, Birkás és Gyuricza 2001). Az őszi búza termését az éghajlati tényezők közül leginkább a hőmérséklet, a csapadék, valamint a talaj típusa alakítja és sok szempontból a mezőgazdasági termelést hátrányosan befolyásolja az időjárás (Foxa et al. 1999). A hőmérséklet, a víz és a tápanyag közvetlenül befolyásolhatják a növény föld feletti részének növekedését (Power et al. 1986), valamint közvetett módon a gyökerek fejlődését is módosíthatják (Merrill et al. 1996). Olesen és Bindi

(2002) és *Birkás et al.* (2006) eredményei szerint a globális klímaváltozás hatására a gabonanövények termésmennyisége csökken, a termésingadozás pedig növekszik. *Pepó* (2002a) szerint búzatermesztésünk legnagyobb kockázati elemét a rendkívül változékony, szélsőséges időjárás jelenti. A búza termésmennyiségét az extenzív termesztéstechnológiában a környezeti feltételek (évjárat 20%, talaj 40%=együttesen 60%) döntő mértékben determinálják. Az intenzív búzatechnológiában az ökológiai és az agrotechnikai tényezők szerepe teljesen más. A környezeti tényezők termésre gyakorolt negatív hatását jelentősen mérsékelni lehet az intenzív agrotechnikával, azaz az évjárat hatása 15%, a talaj hatása 10% volt (*Pepó*, 2010). *Kondora* (2001) szerint az őszi búza termésátlagainak alakulásában az évjárat a döntő jelentőségű (42%) a termőhely (29%), és a fajta (29%) csak másodlagos, és szerepe kisebb. Megállapítható, hogy az évjáráthatás 58%-ban magyarázza a megyeszintű búzatermésátlagok ingadozását, vagyis a klímátényezők alakulásának meghatározó szerepe van (*Tóthné és Lőkös* 2013). *Márton* (2004) a műtrágyázás, a meszezés és a csapadék hatását vizsgálta az őszi búza termésére, és megállapította, hogy csapadékos évben az aszálykárt meghaladó mértékben csökkent a hozam. *Szabó* (2013) eredményei szerint a maximális terméseket az őszi búza fajták viszonylag alacsony, $N_{30-60}+PK$ tápanyagszinten mutatták 2010-ben. Ennek oka, hogy a lehullott jelentős mennyiségű csapadék miatt a nagyobb tápanyagkezelésekben a fellépő betegségek és a megdőlés hatására termésdepresszió alakult ki. *Kutasy és Csajbók* (2001) megállapította, hogy az évjárat és az őszi búzafajták között igen erős, szignifikáns kölcsönhatás van, és előnyös tulajdonság, ha a magas termőképesség stabilitással párosul. Az őszi búza termesztése során a kedvezőtlen ökológiai hatások jelentős mértékben csökkenthetők az agrotechnikai elemek- tápanyagellátás, vetésváltás, öntözés-optimalizációjával (*Pepó*, 2009a).

Tápanyagellátás

A külföldi agrokémiai kutatások már a múlt században tisztázták a trágyázás alapvető szerepét és jelentőségét a növénytermesztésben, valamint a trágyázás célját, ami nem más, mint a szántóföldi növények tápanyagigényének kielégítése a gazdaságosság mértékéig (*Loch* 1982). Az utóbbi évtizedekben a nagyobb termőképességű fajták használatával és a műtrágyázással érték el jelentős termésmenyekekedést (*Pepó és Ruzsányi* 1990, *Ratner* 1958). A trágyázás mennyiségi növekedésével, minőségi javulásával együtt a termesztett növények termésbiztonsága is nőtt (*Koltay és Balla* 1982).

Az őszi búza technológiai elemei közül kiemelkedő szerep jut a tápanyagellátásnak. *Petróczi et al.* (1998), *Petróczi és Gyuris* (2002) megállapítása szerint a jó minőségű őszi

búza termesztés csak megfelelő tápanyagellátással biztosítható. A külső agrotechnikai tényezők közül az adott évjáratban a tápanyag-ellátottságnak van a legjelentősebb hatása a búza minőségére, mert az őszi búza a tápanyagellátásra az egyik legigényesebb és legjobban reagáló kultúra (Győri és Győriné 1998). Pepó (2002b) szerint is a búza termesztés technológiai elemei közül egyik legfontosabb a tápanyagellátás, mert ez minden más technológiai elemre közvetlenül vagy közvetetten hat.

Az őszi búza N-felvétele már ősszel is jelentős, ez szárbainduláskor folyamatosan növekszik és virágzáskor éri el a maximumát. Harmati (1987) vizsgálatai alapján a felvett összes nitrogénnek a 15-20%-át a bokrosodásig, kb. 40-50%-át a szárbaindulásig, a kalászolás végéig pedig a 90%-át veszi fel. Nelson (1982) a N trágyázás időzítésének fontosságára hívja fel a figyelmet, a korán kijuttatott N-t a növények ugyan jobban tudják hasznosítani, de az a levélbetegségekkel szembeni fogékonyságot növeli.

Bocz (1974) és Harmati (1987) vizsgálatai alapján a műtrágyák érvényesülését, hatékonyságát jelentősen módosítják a klimatikus adottságok. Az őszi búza szárazabb területeken is termesztethető, ahol a növekedés, a fejlődés és a termés nagysága nagymértékben a rendelkezésre álló víztől és tápanyagtól függ (Halitligil et al. 2000). Az optimális N adagok használatával jelentősen csökkenthető a N veszteség anélkül, hogy az őszi búza terméshozamai csökkennének (Cui et al. 2006). Az optimális N dózisok aszályos, átlagos és csapadékos években változtak, ez növekvő sorrendben 45, 135 és 180 kg N ha⁻¹ volt. Ezek az eredmények segítséget nyújthatnak a N trágyázás optimalizálásához és a maximális hozam eléréséhez (Guoa et al. 2012). Montemurro et al. (2007) a N₁₂₀+PK és az N₁₈₀+PK közötti műtrágyakezelésnél már nem tapasztalt különbséget sem az őszi búza termésében, sem a fehérjetartalmában. Pepó (2009b) megállapította, hogy őszi búzánál az optimális műtrágyaadagok N₁₅₀₋₂₀₀+PK bikultúra esetén, trikultúra esetén N₅₀₋₁₅₀+PK között változik évjáratától és az öntözési viszonyoktól függően. Márton (2002) szerint az N-, NP- és a NPK-műtrágyázás mintegy 1 t ha⁻¹ hozamnövekményt eredményezett a kontroll területekhez viszonyítva. Azonban a búza termése csak a teljes NPK-(3,4 t ha⁻¹) és a NPKMg-(3,7 t ha⁻¹) kezelésekkel volt fokozható gazdaságosan. Hao et al. (2007) stabilitáselemzéssel és trendelemzéssel megállapították, hogy a N és a P együttes alkalmazása jobb volt az őszi búza termésének növelése érdekében, mint azok külön-külön történő használata.

Az őszi búza fajlagos tápanyagigényéről (N: 2-3 kg, P₂O₅: 1-1,5 kg, K₂O: 2-2,5 kg 100 kg szem-és szalmaterméshez) közölt adatok egymáshoz nagyon hasonlóak (Bocz 1976, Sarkadi 1975, Láng 1976, Debreczeni 1979). Ugyanakkor az őszi búza alá kijuttatott műtrágyaadagok nagyságát, azok érvényesülését több tényező is befolyásolja, mint például az évjárat, a

talajművelés, a talajtulajdonságok. Figyelembe kell venni a talajok tápanyagtartalmát, tápanyagszolgáltató képességét, az elővetemények tápanyagpótló hatását is (*Pepó és Ruzsányi* 1990).

Elővetemény

Az elővetemény tápanyagadagot módosító hatása összetett. A repce után vetett őszi búzánál közel 9,5 t ha⁻¹ volt a termésmennyiség, míg a búza után vetett búza a 0,9 t ha⁻¹-ral, a 3 éves búza monokultúra körülbelül 1,9 t ha⁻¹ –ral kevesebb terméseredményt ért el, mint a bikultúra (búza-repce) (*Stahl et al.* 2007). A legjobb elővetemények közé sorolják a nyáron betakarított növényeket, ezek közül is a hüvelyeseket, a repcét, a kendert, melyeket júliustól augusztus közepéig takarítunk be (*Győri és Győriné* 1998). *Bocz és Sárvári* (1981) és *Várnai et al.* (1985) az elővetemények közül kiemeli, hogy borsó után 0,8-0,9 t ha⁻¹-ral, kukorica után vetve pedig 0,3-0,5 t ha⁻¹-ral több termésre lehet számítani, mintha önmaga után kerül a búza. *Káposzta* (1971), *Sárvári* (1978) vizsgálati eredményei szerint a búza önmaga után termesztése esetén növekedett a műtrágya, különösen a N-igény. *Győrffy* (1975) martonvásári tartamkísérletében a búza termése monokultúrában az 1960-1972 évek átlagában 14-35%-kal maradt el a különböző vetésforgókban kapott terméstől. *Tóth és Kismányoky* (2001) megállapította, hogy az őszi búza szemtermésére közvetlen az elővetemény jelentős hatást gyakorolt, míg a vetésforgó összetételének hatása nem volt szignifikáns. A kísérletben az őszi búza legjobb előveteményének a zabosbüköny, legrosszabbnak a szudánifű bizonyult. *Smutny* (2010) szerint az előveteménynek, a talajművelésnek, a szalmatrágyázásnak és a fungicides kezelésnek is jelentős hatása volt az őszi búza termésére egy kísérlet során, azonban a négy faktor közül csak az előveteménynek volt minden évben statisztikailag is igazolható hatása a terméseredményekre. Tehát a helyesen megválasztott elővetemény az egyik legfontosabb tényező az őszi búza terméseredményeinek alakulása során (*Rieger et al.* 2008).

Talaj

Hazánk talajtani és időjárási feltételei kitűnőek az őszi búza termesztéséhez, jó minőségű, nagy termések realizálhatók (*Bedő et al.* 1997), de a termőhelyek között vannak kedvezőbb és kevésbé jó búzatermő területek (*Nagy* 1981, *Antal* 2000). *Szász* (1985) a talajnak az őszi búza termésére gyakorolt hatásainak felméréséhez 13 talaj-körzeten végzett kutatásokat. Megállapította, hogy a csernozjom és a réti csernozjom biztosít kedvező feltételeket a nagy termések kialakulásához, valamint arra a következtetésre jutott, hogy az erősen kötött, rossz vízgazdálkodású szolonyeces, és a laza szerkezetű homok talajok kedvezőtlen termőhelynek számítanak. *Láng* (1966) úgy vélekedik, hogy a búza termesztésére a jó szerkezetű, közömbös,

gyengén lúgos, tápanyagokban és humuszban gazdag, mély rétegű talajok az ideálisak. Nem várható jó termés, ha a búzát sekély termőrétegű, köves, lejtős, kis humusztartalmú talajon termesztik. Búzatermesztés szempontjából a kedvezőtlenebb évek (2002-2003) esetén a megyék szerinti termésátlagok nagyobb relatív szórást mutattak, mint kedvező (2004, 2008) évjáratokban, azaz a termőhely puffer hatásának a kedvezőtlen évjáratokban van nagyobb szerepe (Tóthné és Lőkös 2013).

Betegségek

A nagy termések eléréséhez megfelelő fejlettségű levélterület kialakítása is szükséges. Az emelkedő N-adagok ugyan jelentősen megnövelik a levélterületet, de ideális mikroklímát teremtenek a kórokozók számára. A közönséges búzát és a durum búzát is nagyszámú kórokozó és kártevő képes megtámadni, de kevesebb, mint 20 betegség és körülbelül 5 kártevő az, amely jelentős károkat okozhat megfelelő feltételek (fogékony fajta, kórokozó jelenléte, kórokozó számára kedvező klimatikus viszonyok) esetén (Wiese 1987, Mcintosh 1998). Pepó (2004) szerint a levél- és kalászbetegségek mértékét az évjárat jellege határozza meg. Amennyiben a tavaszi és nyár eleji hónapokban (április, május, június) a csapadék mennyisége 200-250 mm között változott, a betegségek jelentős mértékben felléptek. Kovács (1996) szerint a kalászfuzáriózis elleni védekezést az határozza meg, hogy a kalászhányástól a betakarításig mennyi a csapadékos napok száma. Erős megbetegedésre lehet számítani, ha ez 20-23 nap között alakul. Az 1933-as év csapadékos és hűvös nyara elősegítette a sárgarozsda (*Puccinia striiformis*) fellépését (Ubrizsy 1965). Wiik és Ewaldz (2009) eredményei szerint a májusi csapadék mennyisége és a levélbetegségek megjelenése között szoros kapcsolat van és az előző tenyészév időjárása befolyásolja a növekedési szakaszt, a lisztharmat fertőzöttség és a vöröszsda mértékét. A lisztharmat szinte minden évben megjelenik a búzavetéseken, 5-30%-os termés kiesést okozva. A levélbetegségek közül az első helyet foglalja el (Pearce et al. 1996). A levélterület nagysága és a lisztharmat között az alkalmazott N kezelések tartományában szignifikáns összefüggés ($r=0,8765$) mutatható ki (Lönhardné et al. 1992). A fahéjbarna (helmintospóriumos) levélfoltosság elsősorban csapadékos évjáratban fertőz, eltérő mértékben, de mindig jelen van a búza állományokban (Zsombik 2007). Az őszi búza betegségei közül a vöröszsda világszerte elterjedt, és a fajták fogékonyságától, valamint a környezeti tényezőktől függően 5-40 %-os termésvesztést is okozhat, mely összességében több mint az egyéb rozsfajok által okozott veszteség (Samborski 1985). A kalászfuzáriózis tüneteinek kialakulásáért több kórokozó faj is felelős lehet. A szántóföldön is jól megfigyelhető tüneteket, ezáltal a legnagyobb gazdasági kárt a *F. graminearum* és a *F. culmorum* fajok okozzák. A

betegség fellépése következtében a termésveszteség nagysága elérheti az 50%-ot, de szélsőségesen fogékony búzafajta és a kórokozó számára kedvező környezeti feltételek esetén már 70%-os csökkenést is megfigyeltek. A gomba a fertőzést követően behatol a növényi szövetekbe, majd a kalászorsóban lefelé haladva a többi kalászkában fejlődő szemeket is fertőzi (Vida et al. 2011.).

Vári és Máriás (2013) infekció-dinamikai vizsgálatai azt bizonyították, hogy a 2011/2012. tenyészévben a levélbetegségek későn jelentek meg, mérsékelt ütemben terjedtek és alacsony szinten maradtak meg a búza állományokban. Ez összefüggésben volt az állományok gyengébb vegetatív fejlettségével, valamint a száraz és átlagosnál melegebb tavaszi időjárással, melyek nem kedveztek a betegségek fellépésének. Ezzel szemben a 2009/2010. év extrém csapadékos időjárása nemcsak az állományok vegetatív fejlődésének kedvezett, hanem jelentős mértékben léptek fel az állományokban a levél-, szár- és kalászbetegségek, valamint igen erőteljes megdőlés következett be (Vári és Pepó 2012).

A gombaölő szerek használata elterjedt és ajánlott az őszi búza levélbetegségei ellen. Az őszi búza termésmennyisége a fungicid használattal növekszik, azonban a kezelések eredményessége évenként igen eltérő. Az évek során tapasztalt különbségek kérdéseket vetnek fel arról, hogy, mikor és hogyan célszerű használni a fungicideket (Wiik és Rosenqvist 2010).

3.2. Kukorica

3.2.1. A kukorica növényfiziológiai, agronómiai, kórtani és növekedésanalízis értékeinek elemzése

Levélterület

Számos módszer lehet segítségül számunkra, ha a zöld levélterület nagyságát szeretnénk meghatározni termésbecslés céljából. Elterjedt a regresszióanalízis használata (Hunt és Parsons 1974), vagy a nem folytonos függvények alkalmazása (Dale et al. 1980), hogy leírják a tenyészidőszak alatt képződött levelek nagyságát és dinamikáját. Ugyanakkor különböző szimulációs modelleket (AUSIM-Maize, CERES-Maize) is kidolgoztak, a levélterület becslésének céljából (Carberry et al. 1989, Birch et al. 1998). A termésbecslés pontosságát, az abból levonható következtetéseket segíti az egész évi nyomonkövetés és felvételezés is. A termesztők számára nagy segítség ez, mert anyagi ráfordítás nélkül a terméstömeg alakulását kedvezően befolyásolhatják és a technológiai hibák kiküszöbölését is elősegíthetik. (Pap et al. 2009). Az asszimiláták növényi részek közötti megoszlásának kifejezésére használt különböző mutatók hozzájárulhatnak a terméskomponensek közötti kölcsönhatások jobb megértéséhez, a termésnövelés agronómiai stratégiájának kimunkálásához és a termésre szelektálás különböző

módszereinek sokoldalúbb értékeléséhez (Berzsenyi 1992). A komplex növekedésanalízis magába foglalja mind a növényegyedek, mind pedig a növényállományok vizsgálatát, tehát a mutatók e két csoportja nem határolódik el mereven egymástól. A növényegyedek növekedésének analízise, amelyet általában a korai stádiumban végzünk, a következő mutatókat foglalja magában: abszolút növekedési sebesség (AGR, ALGR), relatív növekedési sebesség (RGR, RLGR), nettó asszimilációs ráta (NAR), levélterület arány (LAR), specifikus levélterület (SLA), levéltömeg arány (LWR). A növénytermesztők általában a növényállomány növekedését analizálják, mivel ez reprezentálja a hasznos termés akkumulációját. A növényállomány növekedésanalízisének mutatóihoz tartoznak az alábbiak: levélterületi index (LAI), termésnövekedési sebesség (CGR), nettó asszimilációs ráta (NAR), levélterület-tartósság (LAD), biomassa-tartósság (BMD), harvest index (HI) (Micskei 2011). Duncan et al. (1965) bizonyították, hogy a termés mennyisége végső soron a növény asszimilációs teljesítményétől is függ, a termés és a levélfelület között szoros pozitív összefüggést írtak le. A termésképzés folyamatának egyik alapvető fontosságú tényezője tehát a növény asszimilációs rendszerének, ezen belül a levéllemezek területének alakulása. A növekedésanalízis különösen alkalmas módszer a kukorica növény növekedésének -mint biomassa produkciójának- és a növekedést befolyásoló ökológiai és agronómiai faktorok komparatív vizsgálatára (Berzsenyi és Lap 2000). Berzsenyi et al. (1998) szerint a kukorica szemtermése és a növekedési mutatók (CGR, RGR, LAI, NAR, ALGR, BMD) vizsgálata fontos, mert az R^2 többszörös determinációs koefficiens alapján a kukorica szemtermésének varianciáját a növekedési mutatók és az időjárási tényezők 90-91%-ban határozták meg. A levelek élettartamát a környezeti és endogén (pl.: hormonális) tényezők egyaránt befolyásolják, és gyorsíthatják is az öregedési folyamatot (Borrás et al. 2003). Lönhardné és Kismányoky (1993) kukorica kísérlete alapján 1991-ben a levélvesztés folyamata a tenyészidő végéig zavartalan volt, 1992-ben azonban a július-augusztusi rendkívül száraz és meleg időjárás hatására a levélvesztés felgyorsult, és a LAD értékeit lényegében a címerhányás idejére kialakult levélterület határozta meg. Lönhardné és Németh (1989) szoros összefüggést tapasztaltak a címervirágzáskor mért maximális levélterület és a termés között. Bavec és Bavec (2002) kísérleti eredményei szerint a kukorica levélterületi index értékei jelentős különbséget mutattak a különböző fenofázisokban (virágzás és a szemtelítődés között) a vizsgált években (1989-1991), eltérő hibrideknél, változó növény számnál. Megfelelő N-ellátással elősegíthető a kukorica levélterületének kezdeti gyors növekedése, ezáltal hosszabb ideig fenntartható az optimális levélborítottság, a biomassa tartóssága, ami az asszimilátáknak a szemtermésbe történő áramlása szempontjából kedvező, valamint kedvező a harvest indexre is (Anderson et al. 1985, Berzsenyi 1993). Singh és Stoskopf

(1971) hangsúlyozta, hogy a harvest index ismerete fontos a termőképesség előrejelzésekor. A szemtermés mennyiségével a harvest index szoros és jelentős pozitív összefüggésben van (Szalókiné és Szalóki 2002). A termés és a levélfelület között is szoros kapcsolat mutatható ki (Menyhért *et al.* 1980). Berzsenyi (2008) szerint szignifikáns hatása van a N-műtrágyázásnak és a hibridnek is a növényenkénti levélterületre és a növénymagasságra.

Klorofilltartalom

A növény nitrogénellátottságának meghatározására a nitrogéntápláltsági index (NNI) alkalmas, azonban ennek használhatóságát korlátozza, hogy destruktív mérési módszereket igényel. A gyakorlatban egyszerű és gyorsan alkalmazható műszerekre van szükség (Errecart *et al.* 2012). A nitrogén az egyik fő szerkezeti eleme a klorofillnak, ezért a növények N-ellátása szorosan összefügg a zöld felületek nagyságával (Pagola *et al.* 2009). Klorofill mérőműszert széles körben használnak, hogy megbecsüljék a levelek klorofill- és nitrogéntartalmát, nemcsak a szántóföldi növénytermesztésben (Marquard és Tipton 1987), hanem fás szárú növények vizsgálatánál is (Sibley *et al.* 1996). Izsáki (2005) növényanalízis alapján 64 különböző trágyakezelést vizsgálva megállapította, hogy a levélben legnagyobb koncentrációban a N (3-5%) van jelen, majd ezt követi a kálium és a foszfor. A levél nitrogéntartalmának növekedésével összefüggésben nagyobb szemtermés képződik. Chapman és Barreto (1997) a kukorica levelének szárazanyagban mért nitrogéntartalma és SPAD értéke között pozitív, szoros kapcsolatot állapítottak meg ($r=0,81$). Lemaire *et al.* (2008) is szoros kapcsolatot talált a levelek klorofill- és nitrogéntartalma és a SPAD érték között. A levelek klorofill tartalma és a levelek nitrogéntartalma között számos más kutató is lineáris összefüggést állapított meg (Evans 1989, Niinemets és Tenhunen 1997, Yoder és Pettigrew-Crosby 1995).

Széles (2007) az öntözés hatását vizsgálta a kukorica levelek klorofill tartalmára. A SPAD értékek nem mutatattak szignifikáns változásokat az öntözött és a nem öntözött parcellákon, azonban Széles *et al.* (2011) szignifikánsan nagyobb klorofill tartalmat mértek átlagos N műtrágya adagok mellett 2007-ben, amelynek időjárása aszályos volt, mint a kedvező vízellátottságú 2008-as évben. Az öntözés is megbízhatóan befolyásolta a kukorica SPAD-értékét átlagos csapadékellátottságú évjáratban, hatása ugyanakkor kisebb, mint a műtrágyázásé (Nagy és Ványiné 2009). Nagy (2010) az öntözés és a trágyázás hatását vizsgálta a kukorica levelek klorofill tartalmára. A legalacsonyabb SPAD értékeket azokon a parcellákon mérte, amelyeket 23 éve nem műtrágyáztak. A műtrágyázás hatására az SPAD értékek növekedése nagyobb volt az öntözött parcellákon, mint a nem öntözötteken. Azonban a kukoricánál öntözés hatására csökken a klorofill koncentráció, így ezáltal a nitrogénkoncentráció is (Csajbók és

Kutasy 2002; Nagy és Ványiné 2009). Micskei (2011) szoros összefüggést állapított meg a kukorica levélen, a növényállományban végzett klorofill mérés SPAD-értékei és a kukorica szemtermése között, ugyanakkor laza volt az összefüggés az évjáráttal. Rostami et al. (2008) vizsgálatai is arról számoltak be, hogy a növekvő műtrágyaadagok hatására növekedtek a SPAD értékek. A $400 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$ műtrágya adagok szignifikánsan növelték a kukorica termés mennyiségét és levelek klorofill tartalmát, de az ennél nagyobb mennyiségű műtrágyaadagoknál már nem tapasztaltak szignifikáns növekedést a két paraméternél. Széles et al. (2012) mérési eredményei szerint a nitrogén nem növelte szignifikánsan a kukorica 6 leveles állapotában a levelek klorofill tartalmát, azonban a nitrogén műtrágyázás erőteljes hatással van a levelek klorofill tartalmára az 50%-os nővirágzás stádiumában. Ványiné (2008) statisztikailag igazolta, hogy száraz és átlagos csapadékelátottságú években egyaránt a legnagyobb SPAD-érték eléréséhez a 6 leveles korban vizsgálva a 60 kg ha^{-1} dózis, a 12 leveles korban és az 50%-os nővirágzáskor vizsgálva a 120 kg N ha^{-1} dózis elegendőnek bizonyult. Széles (2010) korrelációs számítással meghatározta a trágyázás és a SPAD értékek közötti kapcsolatot. Megállapította, hogy az értékek nagymértékben függenek az évjáráttól, a legerősebb kapcsolatot 2004-ben, kedvező időjárási viszonyok mellett, a leggyengébbet pedig 2007-ben (száraz évben) tapasztalta. Széles (2008) arra következtetésre jutott, hogy a kukorica levelek SPAD értékei és a termés mennyisége közötti kapcsolat közepesen szoros és pozitív kapcsolat van ($r=0,449$). Ezzel ellentétben Bukan et al. (2010) eredményei szerint a levelek klorofill tartalma nem megbízható indikátora a termés mennyiségének, ugyanis a két tényező között nem volt szignifikáns kapcsolat. Huan et al. (2010) a SPAD értékek, a föld feletti száraz biomassa, és a kukorica terméseredményeinek növekedését állapították meg a növekvő N-műtrágyázás hatására. Berzsényi et al. (2006) is szignifikáns kapcsolatot állapított meg ($r=0,680$) a fotoszintetikus ráta és a termés között. Jelentős különbségeket lehet megállapítani azonban a különböző kukoricahibridek SPAD-értékeiben, ugyanis a hibridek leveleinek eltér a nitrogéntartalma. Cyrus et al. (2010) megállapították, hogy eltérő talajtípuson termesztett kukoricahibridek klorofill tartalma (SPAD-értékei) között is szignifikáns különbség van, ami az eltérő talajadottságokkal magyarázható.

3.2.2. A kukorica termésmennyiségét meghatározó ökológiai és agrotechnikai tényezők elemzése, értékelése

Ökológiai tényezők

A kukoricatermesztésben az egyik legnagyobb kihívást jelenti a vízhiány és a talajvíz csökkenés miatt bekövetkező környezeti változások (Efeoğlu et al. 2009). Pchelarova (2010)

szerint a tenyészidőszakban lehullott összes csapadék mennyisége mellett, az időbeli megoszlása is jelentős termésalakító tényező. Az időjárási tényezők kedvezőtlen hatása abiotikus stresszhatásként jelentkezik a kukorica vegetatív és generatív fejlődési szakaszaiban, ezáltal csökkenti a terméseredményeket (*Plavsic et al.* 2007).

Magyarország jelentősebb kukoricatermő területein a termesztés eredménye és biztonsága elsősorban a vízellátástól, annak mértékétől függ (*Antal-Jolánkai* 2005). *Pepó et al.* (2008b) szerint nagy termés-csökkenés volt tapasztalható a 2007. évben, amikor különösen aszályos időjárás uralkodott a kukorica kritikus fenofázisaiban, virágzáskor-termékenyüléskor és a trágyaadagok növelése további termésdepressziót okozott. *Vad és Dóka* (2009), valamint *Pepó et al.* (2008a) szerint aszályos évben termésdepresszió következett be a trágyázás hatására nem öntözött körülmények között. Ha a kukorica termését és termésbiztonságát növelni szeretnénk, akkor a termesztés összes tényezőjét egy rendszerben kell kezelni, mindegyik tényezőnek azonos jelentőséget tulajdonítunk és biztosítjuk a közöttük lévő pozitív interakciókat (*Sárvári és Boros* 2009). A termést több vegetációs elem is befolyásolja, amelyeket a tenyészidőszakban nyomon tudunk követni (*Simon* 1974). A globális klímaváltozás- a hőmérséklet emelkedés és a csapadék nem megfelelő időbeli megoszlása- hatására az aszály miatt bekövetkező hozamvesztés növekedése várható a kukoricatermesztésben (*Campos et al.* 2004). Az aszály a csapadék hiányával összefüggő agronómiai jelenség, amelyben a tartós vízhiány válik a növénytermesztés elsődleges korlátozó tényezőjévé (*Jolánkai és Birkás* 2009). Aszály esetén az egyedfejlődés első szakaszában jól fejlődnek a kukorica növények, azonban a nagy levélterület, és a megnövekedett vízigény következtében az egyedfejlődés második felében súlyos vízhiányba kerül a növény, és ez jelentős termés-csökkenést is okozhat (*Debreczeni és Debreczeniné* 1983). *Berzsenyi és Lap* (2002) kombinált varianciavizsgálat alkalmazása során megállapították, hogy a termésre az évjáratnak- elsősorban a csapadék mennyiségének- volt legnagyobb hatása. *Széles et al.* (2013) az évjárat és a műtrágyázás hatását vizsgálva megállapították, hogy a műtrágyázás nagyobb mértékben meghatározza a termés mennyiségét, mint az évjárat. Száraz évjárat esetén az N₉₀ volt a trágyaoptimum, míg csapadékos évben átlagos vízellátottságú évben az N₁₅₀ bizonyult a legjobbnak. *Pepó* (2007) megállapította, hogy az évjárat és az agrotechnikai elemek együttesen határozzák meg a kukorica termését és termésstabilitását.

Tápanyagellátás

Az agrotechnikai tényezők közül a trágyázás, a biológiai alapok, a növényvédelem, a tőszám, és az öntözés meghatározó szerepet játszanak a kukorica terméseredmények

kialakításában (Pepó 2001, Nagy 1996). Polifaktoriális tartamkísérletek bizonyították, hogy kukorica esetében átlagos csapadékellátottságú években a legnagyobb termésnövekedést a trágyázás eredményezte (Győrffy és Berzsenyi 1994, Nagy 1995). Zembery et al. (2011) 2008 és 2010 közötti vizsgálataiban megállapították, hogy szignifikáns kapcsolat van a trágyázás hatása és a kukorica termés nagysága között. Ezt az összefüggést más kutatók is leírták (Kriván és Bene 2013).

A szemes kukorica fajlagos tápanyagigénye 100 kg szem és a hozzá tartozó mellékterméshez 2,5 kg N, 1,1 kg P₂O₅, 2,2 kg K₂O, vagyis 5,8 kg vegyes (NPK) hatóanyag, ahol a tápanyagok aránya 1:0,4:0,9 körül alakul (Ruzsányi 1991a, Radics 2003). A nitrogénellátás nagyon fontos elem a növénytermesztésben. A kukorica harmonikus NPK ellátást igényel, a makroelemek közül azonban meghatározó jelentőségű a nitrogén szerepe (Liang és Mac Kenzie 1994; Kovačević et al. 2006). A nitrogén felelőtlen alkalmazása egyrészt a termelési költségeket növeli, másrészt pedig a jelentős környezetszennyezést okozhat (Meisinger és Randall 1991; Burkart és Kolpin 1993). Németh és Kádár (1999) szerint a kukorica termésmennyiségét a N-ellátás jelentősen befolyásolja, azonban az optimálisnál nagyobb mennyiségű N termésdepressziót, káros nitrogénfelhalmozódást okoz. Sárvári (1993, 2002) szerint a környezetvédelmi és a jövedelmezőségi szempontokat együttesen vizsgálva a kukorica hibridek számára legkedvezőbb nitrogénadag a 60-120 kg hektáronként, előveteménytől és évjáratától függően. Forgács (2002) kísérleti eredményei alapján a kukorica számára kedvező csapadékellátottságú 1997-től 1999-ig terjedő időszakban a három év átlagában a műtrágyázás megbízhatóan növelte a kukorica termését. A műtrágyázás átlagos terméstöbblete 2,087-4,286 t ha⁻¹ volt az évek átlagában, tőszámától függően és a terméstöbblet minden esetben a 120 kg ha⁻¹ nitrogén hatóanyag dózisonál volt nagyobb. Uribe Larrea et al. (2007) megállapították, hogy a kukorica növények N felhalmozódását és N felvételének hatékonyságát a hibrid és a N ellátottság is jelentősen befolyásolja.

A kukoricatermesztésben kiemelkedő jelentősége van az okszerű vetésváltásnak és a harmonikus NPK tápanyag visszapótlásnak (Nagy és Huzsvai 2005). Sárvári és Boros (2010) szerint egyre korszerűbb kukoricahibridek kerülnek a termesztésbe, amelyeknek a műtrágyahasznosító képességük egyre jobb, amíg az 1970-80-as években 180 kg ha⁻¹ N jelentette az agroökológiai optimumot, addig napjainkban ez 120 kg ha⁻¹ N hatóanyag. Berenguer et al. (2009) vizsgálatai alapján, 2003-ban 96, 2004-ben 153, 2005-ben 159 kg ha⁻¹ N-nél érték el a legnagyobb terméseredményeket. Közepes-jó NPK-ellátottságú csernozjom talajoknál a 120 kg ha⁻¹ N hatóanyagú műtrágyaadagokat meghaladó dózisok már nem növelik gazdaságos mértékben a termés mennyiségét (Rácz és Nagy 2011, Nagy 1995). Káposzta (1974) csernozjom

talajon végzett kísérleteket, és a 130 NPK kg ha⁻¹ összes műtrágya-hatóanyag alkalmazásakor a trágyázatlan kontrollhoz képest szignifikáns terméstöbblet kapott. A műtrágyázás nélküli kezelésekhez viszonyítva a legnagyobb termésnövekedést a viszonylag kis, de harmonikus N 40, P₂O₅ 25, K₂O 30 kg ha⁻¹-os kezelés eredményezi (Sárvári és Boros 2010). Győrffy *et al.* (1965) szerint leghatékonyabban a N trágyázással érhetjük el a kukoricatermés növekedést. A N trágyázás emellett növeli a levélfelületet is (Benett *et al.* 1988). Az agrotechnikai tényezők közül műtrágyázás 30,6 %-kal, a hibridválasztás 32,6 %-kal, a tőszám 20,2 %-kal járul hozzá a kukorica terméseredményeihez (Berzsenyi *et al.* 2011). Győrffy *et al.* (1969) megállapították, hogy azonos mennyiségű műtrágya nagyobb tőzámnál nagyobb terméstöbbletet eredményezett, mint a kisebb tőszámmal vetett kukoricaállományok esetében. Azonban a megfelelő tápanyag utánpótlás nélkül a tőszám nem növelte tartósan a termést. Berzsenyi és Lap (2006) vizsgálatait azt mutatják, hogy a növényszám növelésének hatására a csőtermés és a szemtermés nagyobb arányban csökkent, mint a növény vegetatív szerveinek tömege. A tőszámsűrítetőséget Sárvári (1995) szerint a termőhelyi adottság, valamint a tápanyag- és vízellátás mellett az évjárat hatása nagymértékben befolyásolta. Szalókiné és Szalóki (2002) a víz és a tápanyagellátás hatását vizsgálva megállapították, hogy a szemtermés mennyiségét külön-külön kevéssé, együtt viszont 2-3 szorosára, míg a növény többi részének tömegét csak 20-30%-kal növelte a vizsgált két tényező. A műtrágyadózis növelése a növény minden részében fokozta a nitrogéntartalmat, azonban a káliumot csak a szárban és a levélben, a foszfortartalmat pedig sem a szemen, sem a melléktermékben nem befolyásolta. A nitrogén műtrágyázás nemcsak a kukorica termését és annak nitrogéntartalmát növeli, hanem kedvezően befolyásolja a növény foszforfelvételét is (Szalka 1996).

Köztudott, hogy a túlzott N-trágyázás nem ad extra hozamot csupán növeli a műtrágyaveszteséget, csökkenti a termelés jövedelmezőségét, és potenciális nitrát szennyezésként jelentkezik (Broadbent és Carlton 1978). Nagy (2007) véleménye az, hogy a szükséges tápanyagok hiánya vagy túlzott mennyisége egyaránt megzavarja a növény növekedését, fejlődést, ami morfológiai elváltozásokkal és a termés mennyiségi, minőségi leromlásával jár. N hiány esetén kisebb és lassabb a szárazanyag felhalmozás és kisebb levelek fejlődnek (Debreczeni és Szlovák 1985). Zsigrai (1997) szerint a nitrogénhiányos kukorica növényállomány párologtatása jóval kisebb, mint a nitrogénnel jól ellátott állományé. Ha a vízfogyasztást a megtermelt szárazanyag egységnyi mennyiségére vetítve vizsgálta azt tapasztalta, hogy elégtelen tápanyagellátás esetén használnak több vizet. A terméstöbbletek elérésében a három tápelem közül a N-adagnak van meghatározó szerepe, azonban a N

érvényesülését a talaj tulajdonságai, a hibrid intenzitása mellett a klimatikus tényezők határozzák meg (*Berzsenyi és Lap* 2003).

Elővetemény

A világ számos növénytermesztési tartamkísérletében kimutatták a vetésforgók agrotechnikai, ökonómiai és ökológiai előnyeit (*Debreczeni és Debreczeni* 1994). *Pepó* (2006) szerint az agrotechnikai tényezők közül a vetésváltás, a trágyázás, a tőszám és az öntözés is meghatározó jelentőségű a kukorica terméseredményeinek alakulásában, de kiemelkedő jelentősége van a vetésváltásnak. Nagyobb kukorica terméseredmények érhetők el bikultúrájánál (szója-kukorica), mint monokultúrák termesztés esetén (*Qiang et al.* 2010). *Mead-Riley et al.* (1986) a termés stabilitását vizsgálták a vetésváltás hatására, és azt tapasztalták, hogy a monokultúrában termesztett kukorica termésének volt a legrosszabb a stabilitása. *Széll és Dévényi* (2009) szerint a kukorica monokultúrák termesztése esetén ugyanazon termésszint eléréséhez több műtrágyára van szükség, mint kedvező elővetemény után. A műtrágyahatás és a műtrágya igény monokultúrában nagyobb, mint vetésforgóban (*Győrffy* 1976, *Ruzsányi* 1991b). Rossz elővetemény után és monokultúrában a kukorica több N-műtrágyát igényel, amelynek javasolt mennyisége *Ruzsányi* (1992) szerint öntözés nélkül 120-140 kg ha⁻¹, öntözött körülmények között pedig 140-180 kg ha⁻¹. A kukorica a részleges monokultúrát eltűri ugyan, de a monokultúrában termesztett kukorica átlagos évjáratban 1,3 t ha⁻¹-ral, aszályos évjáratban pedig 3-4 t ha⁻¹-ral kevesebb termést adott a vetésváltásban termesztetthez képest. *Pepó* (2009b) vizsgálatai alapján optimális vízellátottság mellett 2008-ban a kukorica maximális terméseredményei monokultúrában 13729-13787 kg ha⁻¹, bikultúrában 14137-14152 kg ha⁻¹, trikultúrában 13987-14180 kg ha⁻¹ között változtak, tehát nem érvényesült a vetésváltás hatása. A vetésváltásban termesztett kukorica szignifikánsan több termést ad. Öntözött körülmények között a nem trágyázott parcellákon a vetésváltás termésnövelő hatása 55%-os. Az öntözés műtrágyázással kombinálva, mérséklődik a vetésváltás termésnövelő hatása, értéke 8-10% körül alakul. Kedvező víz- és tápanyag-ellátottság esetén némelyik évben teljesen el is tűnik a vetésváltás kedvező hatása (*Huzsvai et al.* 2007). A kukorica monokultúrák termesztése a talaj vízkészletét nagymértékben igénybe veszi, a szárazsági stressz előfordulásának gyakorisága nő. A monokultúrákban tapasztalható termésdepresszió oka kukoricában vízháztartásbeli problémákkal és a herbicidrezisztens gyomok elterjedésével hozható összefüggésbe (*Győrffy* 1993). Általánosságban kijelenthető, hogy a vetésváltás hatására csökken a gyomosodás, míg monokultúrában a gyomnövény-együttes egyes fajai felszaporodhatnak. A monokultúra gyomosító hatása azért következik be, mert a területen évről évre ismételt azonos agrotechnika

kedvez bizonyos gyomok felszaporodásának (Keszthelyi 2010). A talaj szakszerűbb és sokoldalúbb használata is a vetésváltásos termelés esetén jobban biztosított, amely a talaj tápanyagait és vízkészletét egyoldalúan használja (Könnecke 1969, Kismányoki 1991). Vetésváltás alkalmazásával (kalászosok, esetleg pillangósok beillesztésével a vetésszerkezetbe) a termés mennyisége és minősége egyaránt nagymértékben javítható (Sárvári és Győri 1981).

A monokultúra biztonságossága hazánkban részben öntözéssel teremthető meg, ez azonban az energia- és költségigény további növelését vonja maga után (Ruzsányi et al. 2000). Évtizedek tapasztalatai igazolják, hogy hazánk klimatikus viszonyai miatt az öntözés, mint agrotechnikai tényező a hozamok alakulásában közvetlenül és közvetve is kiemelt szerepet tölt be (Lengyel 2001). A kukorica elég gazdaságosan használja fel a talajok vízkészletét, mégis a vízigényes növényekhez tartozik, mivel átlagos körülmények között 1 kg szárazanyag előállításához 300-400 kg vizet párologtat el (Radics 1994). Csajbók (2000) vizsgálatai alapján a monokultúrában termesztett kukorica esetén igen szoros összefüggés van a tenyészidőben lehullott csapadék és a termés között, valamint a téli félév csapadéka és a termés között is olyan években, amikor a nyári félév csapadéka csekély.

Monokultúrában a legnagyobb terméskiesést a gombabetegségek okozzák (Kurowski és Adamiak 2007). Győrffy és Berzsenyi (1992) megállapították, hogy a szakszerű vetésváltás egy eredményes és költségtakarékos eszköz a károsítók elleni védekezésben.

Betegségek

A kukoricatermesztés sikerességét alapvetően meghatározza a kórokozók és kártevők elleni védekezés. Minden olyan kártétel, élettani elváltozás, amely a zöld, fotoszintetizáló vegetatív felületet csökkenti, potenciális termés-csökkentő tényező. A *Fusarium* fajok jelentősen csökkentik a kukorica termés-eredményét és minőségét a gyökér-, cső-, szempenészesedéssel, korhadással (Pepó et al. 2006). A kukorica betegségei közül a *Fusarium* fajok előfordulása lehet kihatással jelentős mértékben a termés-eredményekre (Clements et al. 2003). A kukoricatermesztés hatékonyságát a szárdőlés is veszélyezteti. Pepó (2009c) vizsgálatai alapján száraz évjáratban a *Diabrotica virgifera virgifera* nem okozott növénydőlést, optimális vízellátottságú évjáratban viszont monokultúras termesztésben jelentős volt a megdőlés. Hazánkban a kukorica egyik legjelentősebb kártevője a kukoricamolylet (Keszthelyi et al. 2002). Pálfi (1983) a kukoricamolylet elsődleges kártételének tekinti a közvetlen termés-csökkenést, valamint másodlagos kártételről beszél, amikor a kártétel hatására elszaporodnak a fitopatogén mikroorganizmusok. A növekvő nitrogéndózisok is szignifikánsan növelik a kukorica üszög- és fuzárium-fertőzöttségének mértékét (Szulc 2011).

Talaj

A kukoricának, különösen a hibrideknek jó a talajviszonyokhoz való alkalmazkodóképessége (*Győrffy és I'Só* 1966). Már *Grábner* (1935) is megállapította, hogy a kukorica legjobban tenyészik a mélyrétegű, közép kötött agyag- és vályogtalajokon. *Jakuskin* (1950) szerint a kukorica kielégítően fejlődik homoktalajon, a talaj savanyú kémhatását elég jól viseli, és csak pH 5 alatt kezdi azt megsínyleni. *Filep és Fülek*y (1999) szerint is a kultúrnövények fejlődése meghatározott pH-tartományban optimális, vannak a lúgosabb talajt igénylő és a savanyúbb talajt igénylő, vagy eltűrő növények. *Bocz* (1992) véleménye az, hogy a kukorica nagy és biztonságos termést ad mélyrétegű, humuszban gazdag, közép kötött vályogtalajon. *Sárvári* (2000) a löszhátakon kialakult mezősegi talajokat, réti csernozjom talajokat és a barna erdőtalajokat tekinti első osztályúnak a kukorica számára. *Radics* (2003) szerint nagy és biztos termések eléréséhez mélyrétegű, humuszban és tápanyagokban gazdag közép kötött talajokra van szükség, és a futóhomokon, nyirkos, levegőtlen talajokon, valamint a sekély termőrétegű talajokon nem termesztethető gazdaságosan a kukorica.

A szükséges tápanyagok mennyiségét mindig a várható termés nagyság és a talajok tápanyag-ellátottsága alapján kell meghatározni (*Radics* 2003). Ma már általánosan közismert, hogy a jelenlegi magasabb kukoricatermés-szint nemcsak a megfelelő műtrágyázásnak, hanem a talajok jó feltöltöttségének is köszönhető. A jól feltöltött talajoknak igen nagy a termés kiegyenlítő, termésbiztonságot fokozó hatása.

4. ANYAG ÉS MÓDSZER

4.1. A kísérleti terület elhelyezkedése, talajtani adottságai

Kísérleteinket a Debreceni Egyetem Agrár- és Gazdálkodástudományok Centruma, Debreceni Kutató Intézet és Tangazdaság Látóképi Növénytermesztési Kísérleti Telepén végeztük. A kísérlet helyszíne a hajdúsági löszháton, Debrecentől kb. 15 km-re helyezkedik el a 33. számú közlekedési útvonal mellett.

A kísérleti terület talaja sík, kiegyenlített, talajgenetikailag a mészlepedékes csernozjom típusba tartozik. Talajfizikailag a vályog kategóriába sorolható, kémhatása közel semleges. Foszforellátottsága közepesnek, káliumellátottsága közepes-jónak tekinthető (1. táblázat).

1. táblázat. A KÍSÉRLETI TERÜLET TALAJVIZSGÁLATI ADATAI (DEBRECEN)

Talaj-réteg (cm)	pH (KCl)	K _A	CaCO ₃ %	Humusz %	Össz. N %	NO ₃ +NO ₂ (mg/kg)	P ₂ O ₅	K ₂ O
							AL oldható	
							mg/kg	mg/kg
0-25	6.46	43.0	0	2.76	0.150	6.20	133.4	239.8
25-50	6.36	44.6	0	2.16	0.120	1.74	48.0	173.6
50-75	6.58	47.6	0	1.52	0.086	0.60	40.4	123.0
75-100	7.27	46.6	10.25	0.90	0.083	1.92	39.8	93.6
100-130	7.36	45.4	12.75	0.59	0.078	1.78	31.6	78.0

Forrás: *Pepó P.* adatai alapján, 2013.

A talaj vízgazdálkodási tulajdonságait jellemző adatokat a 2. táblázat tartalmazza.

2. táblázat. A KÍSÉRLETI TERÜLET TALAJÁNAK VÍZGAZDÁLKODÁSÁT JELLEMZŐ

MUTATÓK (DEBRECEN)

Talajréteg cm	Térfogat-tömeg Tt	Pórus térfogat P %	Gravitációs pórustér + levegőzárvány Pg+l %	Minimális vízkapacitás VK _{min} %	Holtvíztartalom HV %	hy
5-25	1.433	45.93	11.53	33.65	15.55	2.715
27-33	1.410	46.73	7.05	37.75	15.70	2.783
47-53	1.275	51.90	12.50	36.87	14.75	2.755
97-103	1.285	51.55	8.73	40.93	11.13	2.168
122-128	1.268	52.20	7.23	43.10	9.38	1.853
147-153	1.268	52.13	6.68	43.95	9.03	1.778
197-203	1.230	53.70	6.30	46.00	8.50	1.690

Forrás: *Pepó P.* adatai alapján, 2013.

A táblázat értékei és a Várallyay által közölt adatok alapján a IV. vízgazdálkodási csoportba sorolható a kísérlet talaja, ami közepes vízbefogadó képességet jelent. A diszponibilis víz a VK-nak mintegy 50 %-át teszi ki.

4.2. A kísérlet beállítása, elrendezése

Kutatásainkat 1983-ban, Dr. Ruzsányi László professzor úr által beállított, és Dr. Pepó Péter professzor úr által irányított polifaktoriális tartamkísérletben végeztük 2010. szeptember-2013. október között. A kísérleti parcellák véletlen blokk elrendezéssel, 4 ismétlésben lettek beállítva, a parcellaméret 9,2 m x 5 m (46 m²) volt mindkét növényfajnál. A polifaktoriális tartamkísérletben beállított kezelések négy fontos agrotechnikai elem, illetve ezek interaktív hatásának vizsgálatát teszik lehetővé.

Őszi búzánál a fő blokkokat az egyes vetésváltási változatok képezik. A vetésváltásokon belüli altényező az öntözés, amelyen belül őszi búza esetén a különböző növényvédelmi változatokat, kukoricánál pedig az egyes állománysűrűségeket különböztetjük meg. A negyedik változót pedig az egyes műtrágyakezelések jelentik. A tartamkísérlet áttekintő térképét az *1. és 2. sz. melléklet* tartalmazza.

4.2.1. Őszi búza

4.2.1.1. Az alkalmazott agrotechnika

Az alkalmazott búzafajta az GK Csillag volt, melyet 5,8 millió/ha csíraszámmal vetettünk el. A GK Csillag fajta bokrosodó képessége az átlagosnál jobb. Átlagos évjáratban magassága 85-90 cm. Állóképessége, megdőléssel szembeni ellenállósága jó. Érését tekintve korai, kalásza tar, kissé elhegyesedő. A gombabetegségekkel szemben átlagos rezisztenciával rendelkezik, lisztharmat és fuzárium fogékonysága közepes.

Az első vizsgált termesztéstechnológiai elem a **vetésváltás**, amelyből

- trikultúra (borsó-búza-kukorica) és
- bikultúra (búza-kukorica)

került beállításra.

A második agrotechnikai elem a **tápanyagellátás**, amelyből összesen 5 kezelés került beállításra (*3. táblázat*).

3. táblázat. A KÍSÉRLETBEN ALKALMAZOTT MŰTRÁGYAKEZELÉSEK (DEBRECEN)

Kezelés	Hatóanyag (kg ha ⁻¹)		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1	0	0	0
2	50	35	40
3	100	70	80
4	150	105	120
5	200	140	160

A foszfor és kálium műtrágyák mennyiségének 100 %-át, a nitrogén műtrágya 50 %-át juttattuk ki ősze. Az őszi tápanyag dózisok formája 11:15:17 komplex műtrágya volt. A tavaszi műtrágyázás során a nitrogén műtrágya mennyiségének másik 50 %-át juttattuk ki, amelynek formája 34 %-os NH_4NO_3 volt. A 2. kezelésnél ez 235 kg komplex műtrágyát és 70,5 kg 34 %-os NH_4NO_3 -t jelentett hektáranként, a többi műtrágyakezelésnél pedig ennek egész számú többszörösét juttattuk ki.

A harmadik változó az **öntözés** volt, amely során

- öntözés nélküli (Ö1)
- optimális vízellátás 50 %-ig visszapótoló öntözéssel (Ö2) és
- öntözéssel optimumig kiegészített vízellátási változatot (Ö3)

alkalmaztunk. A búzatermesztés egyik fejlesztési lehetősége a megfelelő időben, megfelelő módon és szükséges mennyiségben végzett mesterséges vízkiegészítés, ami azonban gazdasági és klimatikus viszonyaink között csak igen indokolt esetekben válhat szükségessé. A vizsgált három tenyészév időjárási tényezői nem indokolták az öntözés szükségességét, így a disszertációban az öntözetlen változat adatait közöljük.

A negyedik változó a **növényvédelem**, amelyből három modell került beállításra.

- extenzív,
- átlagos és
- intenzív növényvédelmi technológia.

A kísérletben alkalmazott agrotechnikai műveleteket, így a talajelőkészítést, a műtrágya kijuttatás idejét és módját, valamint a növényvédelmi kezeléseket (kórokozók, kártevők elleni védelem, gyomirtás) a 4.-6. táblázat foglalja össze.

4.2.1.2. A vizsgált tenyészévek időjárásainak jellemzése

2010/2011. tenyészév

A 2010/2011. vegetációs periódusában jelentős különbséget lehetett megállapítani az őszi-téli, valamint a tavaszi-nyáreleji hónapok időjárása között, amely jelentős mértékben meghatározta az őszi búza vegetatív és generatív fejlődését, kalászképződését, termékenyülési és szemfejlődési folyamatait. A 2010/2011. tenyészév időjárásában egy ellentétet figyelhetünk meg. Amíg az ősztél csapadékos, addig a tavasz-nyárelő száraz időjárású volt. Az októberi lassú kelést a kedvező novemberi időjárás állományfejlődésre, bokrosodásra gyakorolt kedvező hatása kompenzálni tudta. A decemberi változó hőmérsékletű periódusok megfelelő edzettséget

biztosítottak az őszi búza állományoknak. Ez, valamint a megfelelően vastag, tartós hótakaró kellő védelmet nyújtott a hideg januári, de különösen a februári időjárással szemben. A hideg tovább folytatódott március első felében is, majd ezt követően fokozatos, tavaszi felmelegedés kedvezően járult hozzá a bokrosodás kiteljesedéséhez, tavaszi fejlődéséhez. A márciusi havi középhőmérséklet (5,0 °C) megegyezett a sokévi átlaggal (5,0 °C) és a csapadék (35,1 mm) mennyisége is az átlaggal közel megegyező volt (33,5 mm).

4. táblázat. A KÍSÉRLETBEN ALKALMAZOTT AGROTECHNIKAI MŰVELETEK ÖSSZEFOGLALÓ TÁBLÁZATA (DEBRECEN, 2011)

Agrotechnikai műveletek	2011			
	Bikultúra		Trikultúra	
Talajelő-készítés	október 9.	tárcsa + gyűrűshenger	július 30. augusztus 24.	tárcsa + gyűrűshenger
	október 15.	szántás (25-27 cm)	-	-
	október 18. október 19. október 21. október 24.	tárcsa + Güttler henger	október 15. október 24.	tárcsa + Güttler henger
műtrágya kijuttatás	október 15.	N 50% PK 100%	október 15.	N 50% PK 100%
vetés	október 24.	Sulky vetőgép	október 24.	Sulky vetőgép
műtrágya kijuttatás	március 24.	N 50%	március 24.	N 50%
gyomirtás	április 20.	Extenzív techn. Solar 0,2 l/ha Duplosan DP 1,5 l/ha Mezzo 10 g/ha	április 20.	Extenzív techn. Solar 0,2 l/ha Duplosan DP 1,5 l/ha Mezzo 10 g/ha
		Átlagos techn. Solar 0,2 l/ha Duplosan DP 1,5 l/ha Mezzo 10 g/ha		Átlagos techn. Solar 0,2 l/ha Duplosan DP 1,5 l/ha Mezzo 10 g/ha
		Intenzív techn. Solar 0,2 l/ha Duplosan DP 1,5 l/ha Mezzo 10 g/ha		Intenzív techn. Solar 0,2 l/ha Duplosan DP 1,5 l/ha Mezzo 10 g/ha
kórokozók elleni védelem	-	Extenzív techn.	-	Extenzív techn.
	május 20.	Átlagos techn. Tango Star 0,8 l/ha	május 20.	Átlagos techn. Tango Star 0,8 l/ha
	május 11. május 20. május 27.	Intenzív techn. Innovis 1,0 l/ha Opera New 1,5 l/ha Osiris 2,5 l/ha	május 11. május 20. május 27.	Intenzív techn. Innovis 1,0 l/ha Opera New 1,5 l/ha Osiris 2,5 l/ha
kártevők elleni védelem	-	-	-	-
betarítás	július 8.	Sampo parcellakombájnn	július 8.	Sampo parcellakombájnn

5. táblázat. A KÍSÉRLETBEN ALKALMAZOTT AGROTECHNIKAI MŰVELETEK ÖSSZEFOGLALÓ

TÁBLÁZATA (DEBRECEN, 2012)

Agrotechnikai műveletek	2012			
	Bikultúra		Trikultúra	
Talajelő-készítés	szeptember 25.	tárcsa + gyűrűs-henger	július 18. augusztus 17.	tárcsa + gyűrűs-henger
	szeptember 27. szeptember 30. október 2. október 6.	tárcsa + Güttler henger	szeptember 30. október 6.	tárcsa + Güttler henger
műtrágya kijuttatás	szeptember 27.	N 50% PK 100%	augusztus 17.	N 50% PK 100%
vetés	október 7.	Sulky vetőgép	október 7.	Sulky vetőgép
műtrágya kijuttatás	március 14.	N 50%	március 14.	N 50%
gyomirtás	április 10.	Extenzív techn. Solar 0,2 l/ha Duplosan DP 1,5 l/ha Mezzo 10 g/ha	április 10.	Extenzív techn. Solar 0,2 l/ha Duplosan DP 1,5 l/ha Mezzo 10 g/ha
		Átlagos techn. Solar 0,2 l/ha Duplosan DP 1,5 l/ha Mezzo 10 g/ha		Átlagos techn. Solar 0,2 l/ha Duplosan DP 1,5 l/ha Mezzo 10 g/ha
		Intenzív techn. Solar 0,2 l/ha Duplosan DP 1,5 l/ha Mezzo 10 g/ha		Intenzív techn. Solar 0,2 l/ha Duplosan DP 1,5 l/ha Mezzo 10 g/ha
kórokozók elleni védelem	-	Extenzív techn.	-	Extenzív techn.
	május 18.	Átlagos techn. Tango Star 0,8 l/ha	május 18.	Átlagos techn. Tango Star 0,8 l/ha
	május 5. május 18. május 21.	Intenzív techn. Innovis 1,0 l/ha Opera New 1,5 l/ha Osiris 2,5 l/ha	május 5. május 18. május 21.	Intenzív techn. Innovis 1,0 l/ha Opera New 1,5 l/ha Osiris 2,5 l/ha
kártevők elleni védelem	-	-	-	-
betarítás	július 4	Sampo parcellakombájnn	július 4.	Sampo parcellakombájnn

6. táblázat. A KÍSÉRLETBEN ALKALMAZOTT AGROTECHNIKAI MŰVELETEK ÖSSZEFOGLALÓ

TÁBLÁZATA (DEBRECEN, 2013)

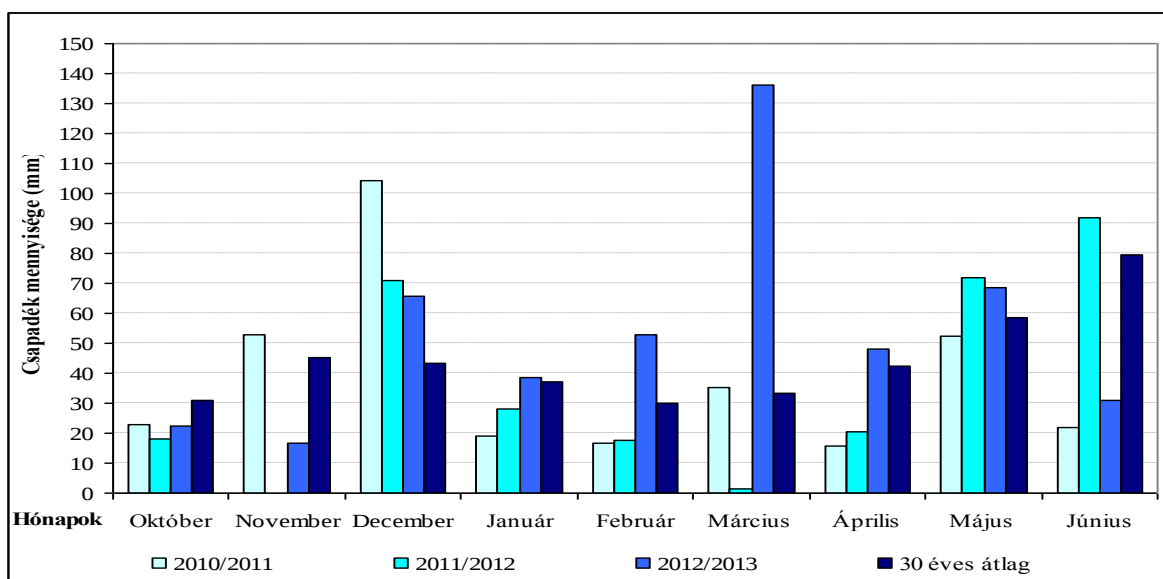
Agrotechnikai műveletek	2013			
	Bikultúra		Trikultúra	
Talajelő-készítés	szeptember 19.	tárcsa + gyűrűs- henger	július 16. augusztus 21.	tárcsa + gyűrűs- henger
	szeptember 29. október 1. október 4. október 6.	tárcsa + Güttler henger	szeptember 19. október 1.	tárcsa + Güttler henger
műtrágya kijuttatás	október 1.	N 50% PK 100%	augusztus 21.	N 50% PK 100%
vetés	október 6.	Sulky vetőgép	október 6.	Sulky vetőgép
műtrágya kijuttatás	március 7.	N 50%	március 7.	N 50%
gyomirtás	április 19.	Extenzív techn. Solar 0,2 l/ha Duplosan DP 1,5 l/ha Mezzo 10 g/ha	április 19.	Extenzív techn. Solar 0,2 l/ha Duplosan DP 1,5 l/ha Mezzo 10 g/ha
		Átlagos techn. Solar 0,2 l/ha Duplosan DP 1,5 l/ha Mezzo 10 g/ha		Átlagos techn. Solar 0,2 l/ha Duplosan DP 1,5 l/ha Mezzo 10 g/ha
		Intenzív techn. Solar 0,2 l/ha Duplosan DP 1,5 l/ha Mezzo 10 g/ha		Intenzív techn. Solar 0,2 l/ha Duplosan DP 1,5 l/ha Mezzo 10 g/ha
kórokozók elleni védelem	-	Extenzív techn.	-	Extenzív techn.
	május 18.	Átlagos techn. Tango Star 0,8 l/ha	május 18.	Átlagos techn. Tango Star 0,8 l/ha
	május 2. május 18. május 21.	Intenzív techn. Innovis 1,0 l/ha Opera New 1,5 l/ha Osiris 2,5 l/ha	május 2. május 18. május 21.	Intenzív techn. Innovis 1,0 l/ha Opera New 1,5 l/ha Osiris 2,5 l/ha
kártevők elleni védelem	május 18.	Extenzív techn. Fury 10 EC 0,1 l/ha	május 18.	Extenzív techn. Fury 10 EC 0,1 l/ha
		Átlagos techn. Fury 10 EC 0,1 l/ha		Átlagos techn. Fury 10 EC 0,1 l/ha
		Intenzív techn. Fury 10 EC 0,1 l/ha		Intenzív techn. Fury 10 EC 0,1 l/ha
betarítás	július 8.	Sampo parcellakombájn	július 8.	Sampo parcellakombájn

Kedvező időjárási hatások jellemezték az áprilist, annak ellenére, hogy a hónap csapadékmennyisége (15,6 mm) lényegesen elmaradt a sokévi átlagtól (42,4 mm). Ezt a csapadékdeficitet megfelelően tudta pótolni a csernozjom talajban tárolt felvehető vízkészlet. Az őszi búza állományok fejlődésére az áprilisi és májusi melegebb időjárás kedvezően hatott. A június hónapot a változó hőmérsékleti értékek, a tartós meleget időszakonként felváltó

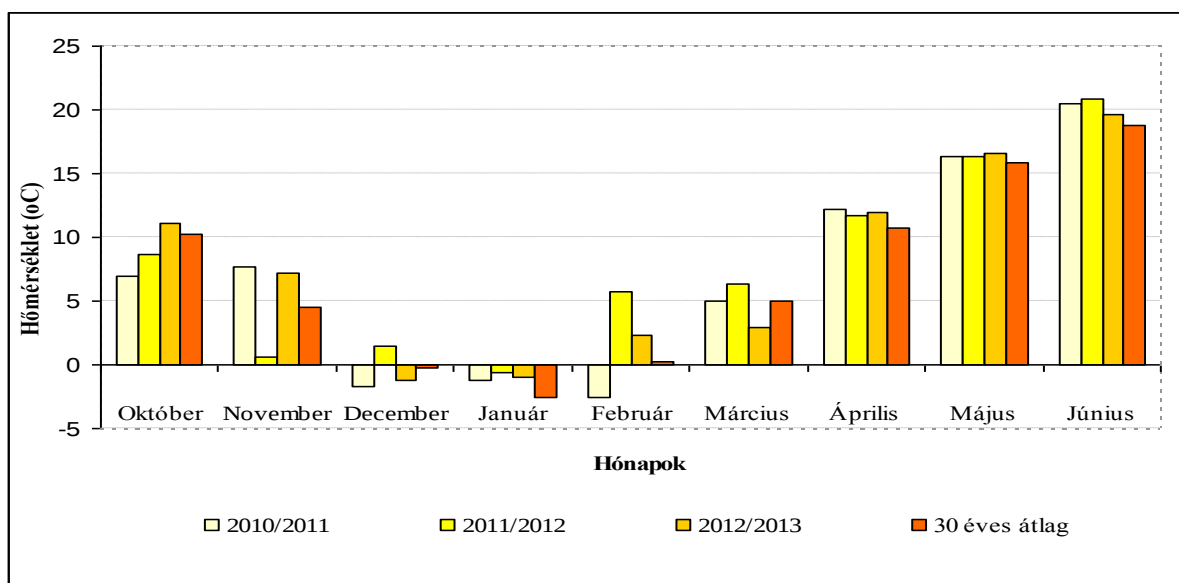
nagymértékű, rövid idejű lehűlések jellemezték, és a júniusban lehullott csapadék mennyisége (22,0 mm) lényegesen elmaradt a sokévi átlagtól (79,5 mm). Az őszi búza állományok szemfejlődési, szemtelítődési folyamatai a júniusi száraz, meleg időjárás következtében lerövidültek, kedvezőtlenül befolyásolva a szemtermés mennyiségét. A száraz, átlagosnál melegebb tavaszi-nyárelejei időjárásnak viszont pozitív hatása az volt, hogy az őszi búza állományokban a levél-, szár- és kalászbetegségek csak relatíve későn jelentek meg és terjedésük az állományokban mérsékelt dinamikájú volt. A meteorológiai tényezők alakulását a 2010/2011. tenyészévben az *1. és 2. ábra* tartalmazza.

2011/2012. tenyészév

A 2011/2012. vegetációs periódus rendkívül szélsőséges időjárási feltételeket biztosított az őszi búza vegetatív és generatív fejlődése, valamint termésképződése szempontjából (*1. és 2. ábra*). Az október hónapban lehullott csapadék mennyisége (18,1 mm, a sokévi átlag 30,8 mm) nem tette lehetővé a magágyak megfelelő átázását, a csírázás és kelés egyenletes megindulását. Ezt a helyzetet súlyosbította, hogy az októberi havi átlaghőmérséklet (8,6 °C) is elmaradt az átlagostól (10,3 °C). Novemberben nem hullott csapadék és a hőmérséklet is jelentősen elmaradt a tájegységünkön megszokott értékektől (0,6 °C, a sokévi átlag 4,5 °C). December hónapban ezzel szemben jelentős mennyiségű csapadék hullott (71,1 mm, a sokévi átlag 43,5 mm), és az időjárás is enyhébb volt, mint a 30 éves átlag. Ugyancsak enyhe hőmérséklettel volt jellemző a január is, bár a lehullott csapadék mennyisége (28,0 mm) elmaradt a sokévi átlagtól (37,0 mm). Február átlaghőmérséklete (-5,7 °C) lényegesen alacsonyabb volt a sokévi átlagnál (+0,2 °C). A hideg időjárás következtében hó formájában 17,8 mm csapadék hullott, és ez megfelelő védelmet biztosított az optimálisnál fejletlenebb őszi búza állományok átteleléséhez. Március közepétől felmelegedés, tavaszias időjárás következett be, azonban ebben a hónapban igen csekély mennyiségű csapadék esett, amely nem kedvezett a tavaszi bokrosodási folyamatoknak és vegetatív fejlődésnek. Ez a csapadékszegény és az átlagosnál melegebb időjárás április hónapban tovább folytatódott. Május kedvező, optimálishoz közeli időjárási feltételeket biztosított az őszi búza számára, a jelentős mennyiségű csapadékkal (71,9 mm, a sokévi átlag 58,8 mm) és megfelelő hőmérsékleti feltételekkel (16,4 °C, a sokévi átlag 15,8 °C). Ez a kedvező vízellátás júniusban is tovább folytatódott. A július elején bekövetkező kánikulai meleg elősegítette az érési folyamatokat, így az őszi búza állományokat átlagos időben lehetett betakarítani.



1. ábra. A VIZSGÁLT ÉVEK HAVI CSAPADÉKELOSZLÁSA (DEBRECEN, 2011-2013)



2. ábra. A VIZSGÁLT ÉVEK HAVI ÁTLAGHŐMÉRSÉKLETE (DEBRECEN, 2011-2013)

2012/2013. tenyészév

A 2012/2013. vegetációs periódus időjárását a kedvezőtlen és kedvező időjárási hatások kölcsönhatása jellemezte mind a nyárvégi-őszi, mind a téli, mind a tavaszi-koranyári periódusokban (1. és 2. ábra). Ezek a szélsőséges időjárási hatások jelentős mértékben próbára tették az őszi búza adaptációs képességét. Az október hónap hőmérséklete (11,1 °C) az átlagot (10,3 °C) csak kis mértékben haladta meg, de kevesebb csapadék (22,4 mm) hullott az átlagosnál (30,8 mm). Ennek következtében a búza csírázása, kelése, kezdeti fejlődése vontatott volt és inhomogén állományok alakultak ki. Novemberben a szárazság tovább folytatódott (16,6 mm csapadék hullott a 45,2 mm átlaghoz képest). A lehullott csapadék, valamint a november

hónap átlagosnál (4,5 °C) melegebb időjárásának köszönhetően (7,2 °C), a búza állományok fejlődésnek indultak. Decembert az átlagosnál csapadékosabb időjárás (65,8 mm hullott, az átlag 43,5 mm) jellemezte. Február hónap hőmérséklete (2,3 °C) lényegesen meghaladta a sokévi átlagot (0,2 °C), amely hatására a búza állományok fejlődése tovább folytatódott. Ehhez pozitív módon járult hozzá a csapadék is (52,9 mm, az átlag 30,2 mm). Márciust rendkívül csapadékos időjárás jellemezte (136,3 mm, az átlag 33,5 mm) és átlaghőmérséklete (2,9 °C) lényegesen elmaradt a sokévi átlagtól (5,0 °C). Csapadékos és mérsékelt meleg időjárás jellemezte április hónap első felét, a hónap második felében megre és szárazra fordult az időjárás. Ez folytatódott május első felében, majd május közepétől lehűlés és csapadékos időjárás kezdődött, amely egészen június közepéig tartott. Ez a hűvös, csapadékos időjárás kedvezett a levélszáradást okozó gombák fertőzésének és terjedésének. Ugyancsak – elvileg – kedvező feltételek voltak a kalászfuzáriózis kialakulásának, azonban ez nem következett be a június közepétől kezdődő kánikulai meleg időjárás miatt, amely a betakarításig, júliusig tartott.

4.2.1.3. Az őszi búza fiziológiai és agronómiai paramétereinek és növekedésanalízis értékeinek meghatározása

A növényfiziológiai méréseket

- bi- és trikultúránál,
- öntözetlen (Ö1) vízellátási változat esetén
- három tápanyagszintnél (kontroll, N₅₀+PK, N₁₅₀+PK)
- átlagos növényvédelmi technológia alkalmazásánál végeztük.

A kutatás során alkalmazott módszerek:

- növényi mintavétel
- klorofill mérés
- levélterület mérés
- növekedésanalízis mutatók meghatározása

A levélbetegségek infekció-dinamikájának vizsgálatát (lisztharmat-, HTR-, levélrozsdafertőzés)

- bi- és trikultúránál,
- öntözetlen (Ö1) vízellátási változatnál,

- öt tápanyagszintnél (kontroll, N₅₀+PK, N₁₀₀+PK, N₁₅₀+PK, N₂₀₀+PK)
- extenzív, átlagos és intenzív növényvédelmi technológia alkalmazása esetén végeztük.

Fiziológiai mérések

A növényi mintavételekből kiszámítottuk a növények összes szárazanyagtömegét. Az egyes méréseket az őszi búza különböző fenofázisához igazítottuk (3. ábra és 7. táblázat). A növényi minták szárítása szárítószekrényekben történt, a feldarabolt növényi részeket papírzacskóba tettük és 80 °C-on tömegállandóságig szárítottuk.

Az 1 m²-re eső levélterületet SunScan Canopy Analysis Systems (SS1) hordozható levélterület mérő segítségével határoztuk meg, ismétlésenként 8 mérést végeztünk el. A későbbiekben feltüntetett LAI-értékek (Leaf Area Index) a négy ismétlés átlagának az átlagát jelöli (egy méréskor, kezelésenként összesen 32 eredmény átlagát). A méréseket az őszi búza különböző fenológiai fázisaiban végeztük el, melyek időpontjait az 7. táblázat foglalja össze.

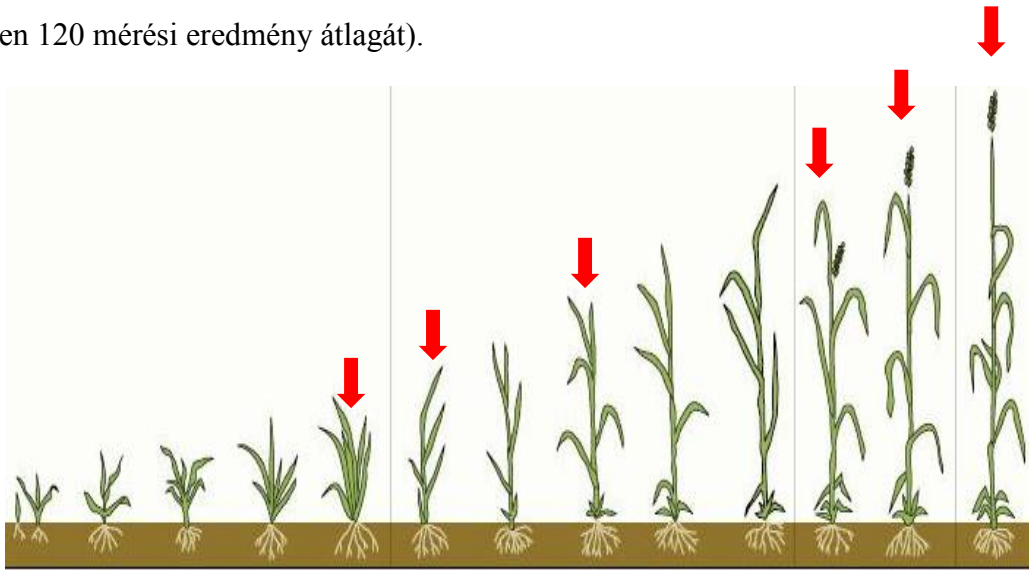
7. táblázat. A KÍSÉRLETBEN ELVÉGZETT FIZIOLÓGIAI MÉRÉSEK IDŐPONTJAI

(DEBRECEN, 2011-2013)

Fenofázis	Mérési időpont			Növényi mintavétel
	2011	2012	2013	
bokrosodás vége (BBCH 22)	március 30.	március 23.	-	1 méterről
szárbaindulás (BBCH 29)	április 26.	április 19.	április 30.	1 méterről
2-3 nóduszos állapot (BBCH 32)	-	május 9.	május 14.	1 méterről
virágzás (BBCH 65)	május 24.	május 22.	június 5.	0,5 méterről
tejes érés (BBCH 73)	-	június 14.	június 19.	0,5 méterről
viaszérés kezdete (BBCH 80)	június 21.	június 25.	július 3.	0,5 méterről

Hordozható Soil Plant Analysis Development (SPAD-502 Plus, Konica Minolta) klorofill mérőműszert használtunk az őszi búza N ellátottsági állapotának meghatározására. A SPAD-502 műszer a levelek fényelnyelését (abszorpció) a kék és vörös (R=600–700 nm) spektrum-tartományban méri, ami megegyezik a klorofill fényelnyelési csúcsával. A mért SPAD-érték azonosnak vehető a levél klorofilltartalmával, mivel különböző növényfajok levelében a SPAD-értékek és a klorofilltartalom között igen szoros az összefüggés (Wood *et al.* 1993, Hu *et al.* 2010, Cartelat *et al.* 2005). A méréseket az őszi búza különböző fenológiai fázisaiban végeztük el, melyek időpontjait az 7. táblázat tartalmazza. Egy-egy fenofázis során,

ismétlésenként (parcellánként) 30 mérést végeztünk, így a későbbiekben feltüntetett SPAD-értékek a négy ismétlés átlagának az átlagát jelöli (egy mérés alkalmával kezelésenként összesen 120 mérési eredmény átlagát).



3. ábra. A NÖVÉNYFIZIOLÓGIAI MÉRÉSEK AZ ŐSZI BÚZA FENOLÓGIAI FÁZISAIBAN

Növekedésanalízis mutatók

A növekedésanalízis klasszikus módszerével az összes száraztömeg adatokból és a LAI-értékekből két mintavétel közötti intervallumra kiszámítottuk az egyes növekedést jellemző mutatókat (CGR, RGR, HI, LAD).

A *CGR* (*Crop Growth Rate*) a termésnövekedés sebességét, vagy más néven a terméknövekedési arányt jelenti. Kifejezi a növényállomány szárazanyag (*W*) produkciójának sebességét egységnyi termőterületre (*P*) és egységnyi időre (*t*) vetítve.

Mértékegysége: $\text{g m}^{-2} \text{ nap}^{-1}$ vagy $\text{t ha}^{-1} \text{ év}^{-1}$.

A *CGR* átlagos értékének kiszámításának módszere:

$$\text{CGR} = \frac{1}{P} * \frac{(W_2 - W_1)}{t_2 - t_1}$$

Az *RGR* (*Relatív Growth Rate*) a relatív növekedési sebességet jelöli. A növekedésanalízis nagyon fontos mutatója, kifejezi a primer szervesanyag-tartalom időbeni felhalmozódásának sebességét, növekedésének ütemét. Rendszerint a növényenkénti összes száraztömeg relatív növekedési rátáját határozzuk meg. A negatív relatív növekedési rátát relatív csökkenési rátának hívjuk (Micskei 2011). Az *RGR* megadja a már elért egységnyi tömegre jutó tömeggyarapodás sebességét egységnyi időre (*t*) számítva.

Mértékegysége: g nap^{-1} vagy g hét^{-1} .

Az *RGR* átlagos értékének kiszámításának módszere:

$$RGR = \frac{\ln W_2 - \ln W_1}{t_2 - t_1}$$

A *HI* (*Harvest Index*) a szemtermés (azaz a hasznos produkció) aránya a növény összes föld feletti tömegéhez (azaz a biomassza produkcióhoz) a betakarítás időpontjában. Dimenzió nélküli arány, gyakran százalékban fejezik ki.

$$HI = \frac{\text{szemtermés}}{\text{biológiai hozam}} * 100$$

A *LAD*, a *levélterület tartósság*ot jelöli, ami a levélterületi index (LAI) idő szerinti görbéje alatti terület. A LAD kvantitatív formában fejezi ki, hogy milyen hosszú ideig tartja fenn a növényállomány az aktív fotoszintetizáló területet (*Berzsenyi 2000a*).

Mértékegysége: nap.

$$LAD = \frac{LAI_1 + LAI_2}{2} * (t_2 - t_1)$$

A képletekben szereplő rövidítések jelentése:

W= szárazanyagtömeg

LAI= 1m²-re eső levélterület

t= időpont

P= egységnyi termőterület

Betegségek felvételezése

A felvételezések időpontját a 8. táblázat tartalmazza. Véletlenszerűen kiválasztott 20 növényen vizsgáltuk meg a különböző levélbetegségek megjelenésének mértékét, amelyet az aktív levélszövet %-ban fejeztünk ki.

8. táblázat. AZ ŐSZI BÚZA LEVÉLBETEGSÉGEK FELVÉTELEZÉSÉNEK IDŐPONTJAI
(DEBRECEN, 2011-2013)

Betegségek	2011	2012	2013
lisztharmat (<i>Erysiphe graminis</i>)	június 4. június 14.	június 9. június 17.	június 17.
helminthosporiumos fertőzőbetegség (<i>Helminthosporium tritici-repentis</i>)	június 20.	május 27. június 17.	június 17.
levélrozsda (<i>Puccinia triticina</i>)	június 20.	június 24.	június 22.

4.2.2. Kukorica

4.2.2.1. Az alkalmazott agrotechnika

A kísérletben alkalmazott hibrid a Reseda (PR37M81; éréscsoport FAO 360), alkalmazkodóképessége, aszálytűrése folytán a gyengébb és közepes termőhelyek vezető hibridje volt.

Az első vizsgált termesztéstechnológiai elem a **vetésváltás**, amelyből

- trikultúra (borsó-búza-kukorica) és
- bikultúra (búza-kukorica)
- monokultúra

került beállításra.

A második agrotechnikai elem a **tápanyagellátás**, a kontroll mellett további négy műtrágyaszintet alkalmaztunk (9. táblázat).

9. táblázat. A KÍSÉRLETBEN ALKALMAZOTT MŰTRÁGYAKEZELÉSEK (DEBRECEN)

Kezelés	Hatóanyag (kg ha ⁻¹)		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1	0	0	0
2	60	45	45
3	120	90	90
4	180	135	135
5	240	180	180

A foszfor és kálium műtrágyák mennyiségének 100 %-át, a nitrogén műtrágya 50 %-át juttattuk ki összesen *Kemira Power 11:16:16* műtrágya formájában az őszi szántást megelőzően. A nitrogén műtrágya mennyiségének másik 50 %-át a tavaszi magágykészítést megelőzően jutattuk ki, amelynek formája 34 %-os NH₄NO₃ volt.

A harmadik változó az **öntözés**, amely során

- öntözés nélküli (Ö1)
- optimális vízellátás 50 %-ig visszapótoló öntözéssel (Ö2) és
- öntözéssel optimumig kiegészített vízellátási változatot (Ö3)

alkalmaztunk. A kísérletben alkalmazott öntözési normát és az öntözés időpontjait, évenkénti bontásban a 10.-12. táblázat tartalmazza.

A tartamkísérletben a negyedik változó az **állománysűrűség**, amelynél 3 tőszám lett beállítva (40000 tő ha⁻¹, 60000 tő ha⁻¹, 80000 tő ha⁻¹), amelyből a doktori disszertáció során a 60000 tő ha⁻¹-nél végeztünk méréseket.

A kísérletben alkalmazott agrotechnika során törekedtünk az optimális talajállapotban történő talajművelésre, elkerülve ezzel a talajszerkezet károsítását. Az agrotechnikai műveletek összefoglalását a 10.-12. táblázat tartalmazza.

10. táblázat. A KÍSÉRLETBEN ALKALMAZOTT AGROTECHNIKAI MŰVELETEK ÖSSZEFOGLALÓ

TÁBLÁZATA (DEBRECEN, 2011)

Agrotechnikai műveletek	2011					
	Monokultúra		Bikultúra		Trikultúra	
műtrágya kijuttatás	2010.10.27	N 50% PK 100%	2010.08.24	N 50% PK 100%	2010.08.24	N 50% PK 100%
tarlóhántás	2010.10.27		2010.08.24		2010.08.24	
őszi szántás	2010.11.04		2010.11.03		2010.11.03	
szántás elmunkálás	2011.04.08		2011.04.08		2011.04.08	
műtrágya kijuttatás	2011.04.19	N 50%	2011.04.19	N 50%	2011.04.19	N 50%
magágykészítés	2011.04.19		2011.04.19		2011.04.19	
vetés	2011.04.20		2011.04.20		2011.04.20	
talajfertőtlenítés	2011.04.20	Force 1,5 G 14 kg/ha	-	-	-	-
gyomirtás	2011.05.21	Laudis 2,2l Banvel 480 0,25l	2011.05.21	Laudis 2,2l Banvel 480 0,25l	2011.05.21	Laudis 2,2l Banvel 480 0,25l
kultivátorozás	2011.05.25		2011.05.25		2011.05.25	
öntözés	2011.06.27 2011.06.27 2011.06.28	Valmont lineár	2011.06.27 2011.06.27 2011.06.28	Valmont lineár	2011.06.27 2011.06.27 2011.06.28	Valmont lineár
		Ö2=25 mm		Ö2=25 mm		Ö2=25 mm
		Ö3=25+25 mm		Ö3=25+25 mm		Ö3=25+25 mm
betakarítás	2011.09.21	Sampo parcellakombájn Oros 2011 kétsoros adapter	2011.09.19	Sampo parcellakombájn Oros 2011 kétsoros adapter	2011.09.20	Sampo parcellakombájn Oros 2011 kétsoros adapter

11. táblázat. A KÍSÉRLETBEN ALKALMAZOTT AGROTECHNIKAI MŰVELETEK ÖSSZEFOGLALÓ

TÁBLÁZATA (DEBRECEN, 2012)

Agrotechnikai műveletek	2012					
	Monokultúra		Bikultúra		Trikultúra	
műtrágya kijuttatás	2011.09.29	N 50% PK 100%	2011.08.12	N 50% PK 100%	2011.08.15	N 50% PK 100%
tarlóhántás	2011.10.03		2011.08.13		2011.08.15	
őszi szántás	2011.10.04		2011.10.03		2011.10.03	
szántás elmunkálás	2012.03.16		2012.03.16		2012.03.16	
műtrágya kijuttatás	2012.04.11	N 50%	2012.04.11	N 50%	2012.04.13	N 50%
magágykészítés	2012.04.12		2012.04.12		2012.04.13	
vetés	2012.04.19		2012.04.19		2012.04.19	
gyomirtás	2012.05.15	Laudis 2,2l Banvel 480 0,25l	2012.05.15	Laudis 2,2l Banvel 480 0,25l	2012.05.15	Laudis 2,2l Banvel 480 0,25l
kultivátorozás	2012.05.27		2012.05.27		2012.05.27	
öntözés	2012.07.10 2012.07.10 2012.07.11	Valmont lineár	2012.07.10 2012.07.10 2012.07.11	Valmont lineár	2012.07.10 2012.07.10 2012.07.11	Valmont lineár
		Ö2=25 mm		Ö2=25 mm		Ö2=25 mm
		Ö3=25+25 mm		Ö3=25+25 mm		Ö3=25+25 mm
betakarítás	2012.09.13	Sampo parcellakombájn Oros 2011 kétsoros adapter	2012.09.12	Sampo parcellakombájn Oros 2011 kétsoros adapter	2012.09.13	Sampo parcellakombájn Oros 2011 kétsoros adapter

**12. táblázat. A KÍSÉRLETBEN ALKALMAZOTT AGROTECHNIKAI MŰVELETEK ÖSSZEFOGLALÓ
TÁBLÁZATA (DEBRECEN, 2013)**

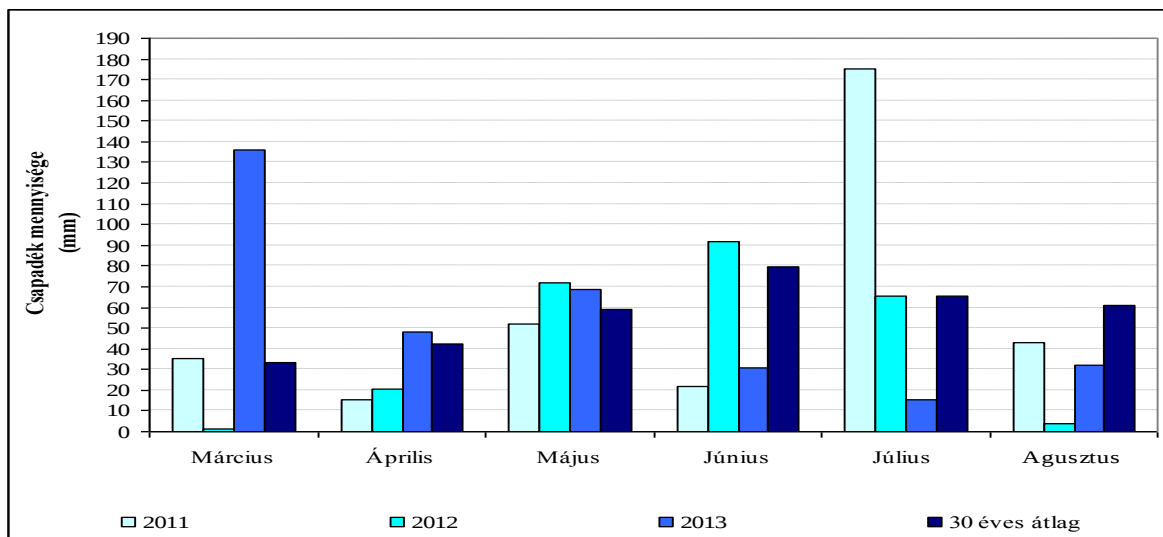
Agrotechnikai műveletek	2013					
	Monokultúra		Bikultúra		Trikultúra	
műtrágya kijuttatás	2012.10.05	N 50% PK 100%	2012.08.02	N 50% PK 100%	2012.08.03	N 50% PK 100%
tarlóhántás	2012.10.06		2012.08.02		2012.08.03	
őszi szántás	2012.10.07		2012.10.01		2012.10.01	
szántás elmunkálás	2013.04.18		2013.04.18		2013.04.18	
műtrágya kijuttatás	2013.04.19	N 50%	2013.04.19	N 50%	2013.04.19	N 50%
magágykészítés	2013.04.20		2013.04.20		2013.04.20	
vetés	2013.04.21		2013.04.21		2013.04.21	
talajfertőtlenítés	2013.04.21	Force 1,5G 14 kg/ha				
gyomirtás	2013.05.17	Elumis Peak 1,5l+20g	2013.05.17	Elumis Peak 1,5l+20g	2013.05.17	Elumis Peak 1,5l+20g
kultivátorozás	2013.05.29		2013.05.29		2013.05.29	
öntözés		Valmont lineár		Valmont lineár		Valmont lineár
	2013.06.26	Ö2=25 mm	2013.06.26	Ö2=25 mm	2013.06.26	Ö2=25 mm
	2013.06.26 2013.06.28	Ö3=25+25 mm	2013.06.26 2013.06.28	Ö3=25+25 mm	2013.06.26 2013.06.28	Ö3=25+25 mm
	2013.07.13	Ö2=25 mm	2013.07.13	Ö2=25 mm	2013.07.13	Ö2=25 mm
	2013.07.13 2013.07.20	Ö3=25+25 mm	2013.07.13 2013.07.20	Ö3=25+25 mm	2013.07.13 2013.07.20	Ö3=25+25 mm
	2013.07.27	Ö2=25 mm	2013.07.27	Ö2=25 mm	2013.07.27	Ö2=25 mm
	2013.07.27 2013.07.29	Ö3=25+25 mm	2013.07.27 2013.07.29	Ö3=25+25 mm	2013.07.27 2013.07.29	Ö3=25+25 mm
betakarítás	2013.09.24	Sampo parcellakombájn Oros 2011 kétsoros adapter	2013.09.24	Sampo parcellakombájn Oros 2011 kétsoros adapter	2013.09.25	Sampo parcellakombájn Oros 2011 kétsoros adapter

4.2.2.2. A vizsgált tenyészévek időjárásainak jellemzése

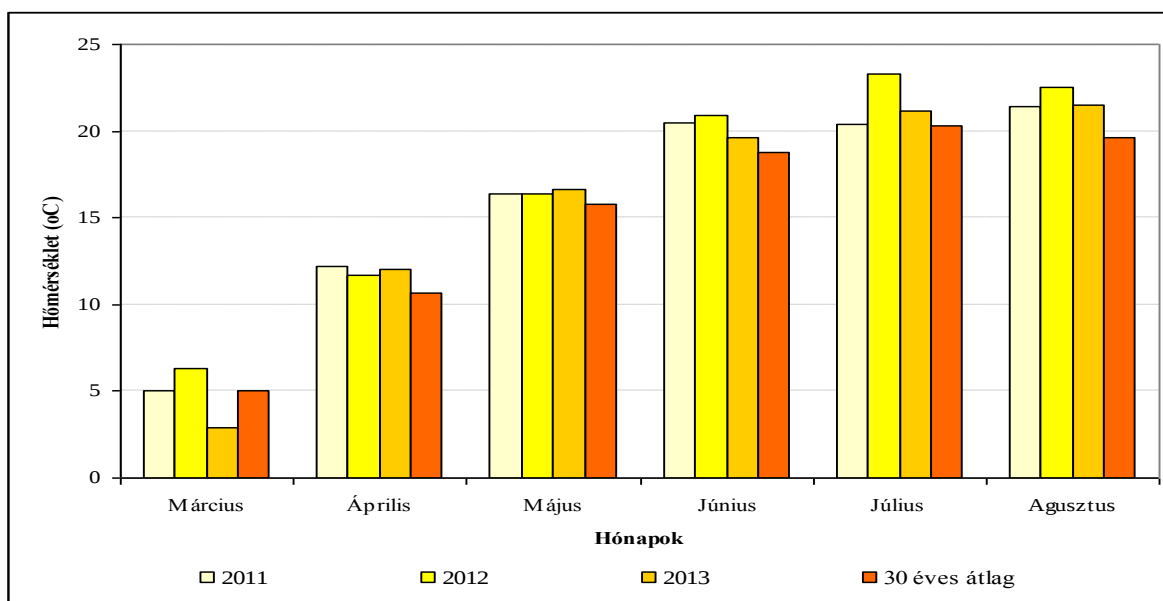
2011. tenyészév

A márciusi csapadék és a hőmérsékleti adatok is az átlaggal közel megegyeztek. Ezzel szemben áprilisban 15,6 mm csapadék esett, amely messze elmaradt a 30 éves átlagtól (42, 4 mm). A májusi csapadék mennyisége a sokévi átlaghoz hasonlóan alakult, és a hőmérséklet is kissé volt csak melegebb (16,4°C) a 30 éves átlagnál (15,8 °C). Júniusban 22 mm esett, ami jelentősen kevesebb a júniusi átlaghoz (79,5 mm) képest. Június melegebb (20,5°C), és szárazabb időjárásának következtében a kukorica állományok fejlődése felgyorsult. Kedvező volt virágzáskor-termékenyüléskor a csapadékmennyiség, amely 109,3 mm-rel haladta meg a sokévi átlagot. Ez köszönhető annak, hogy júliusban 175 mm volt a csapadékmennyiség, amely

több mint kétszerese a sokéves átlagnak (65,7 mm). Júliust átlagos hőmérsékleti értékek jellemezték. Az augusztusi csapadékmennyiség (42,7 mm) elmaradt az átlagtól (60,7 mm) a hőmérséklet azonban meghaladta (21,4 °C) a sokéves átlagot (19,6 °C). Ez a szárazabb, melegebb időjárás szeptemberben is folytatódott (4. és 5. ábra).



4. ábra. A VIZSGÁLT ÉVEK HAVI CSAPADÉKELOSZLÁSA (DEBRECEN, 2011-2013)



5. ábra. A VIZSGÁLT ÉVEK HAVI ÁTLAGHŐMÉRSÉKLETE (DEBRECEN, 2011-2013)

2012. tényészév

A meteorológiai tényezők alakulását 2012-ben az 4. és 5. ábra tartalmazza. A kukorica eredményes termesztéséhez meleg, napfényes időjárás szükséges. A kukorica melegigénye mellett a vízigénye is jelentős. Különösen fontos a májusi meleg és a július- augusztusi csapadék mennyisége, mivel vízigénye a címerhányás és a csöképzés idején a legnagyobb. A

2012. tenyészév márciusi átlaghőmérséklete 6,3 °C volt (a sokévi átlag 5,0 °C), és 32,1 mm-rel kevesebb csapadék hullott a sokévi átlaghoz képest. Április hónapban 20, 7 mm volt a csapadékmennyiség, amely közel fele a 30 éves átlagnak, és ehhez egy melegebb időjárás párosult (11,7 °C, a sokévi átlag 10,7 °C). A májusban (71,9 mm) lehullott csapadék mennyisége meghaladta a sokévi átlagot (58,8 mm), amely kedvező vízellátottsági feltételeket biztosított a kukorica kezdeti fejlődéséhez. A májusi átlaghőmérséklet is (16,4 °C) kedvezett a vegetatív fejlődésnek, mivel az átlag feletti volt (15,8 °C). A csapadékos és átlagosnál melegebb időjárás folytatódott júniusban is, amely tovább biztosította a kukorica megfelelő vízellátását, és zavartalan fejlődését. Júniusban 12,2 mm-el hullott több csapadék, és a hőmérséklet több mint 2 °C-kal meghaladta az sokéves átlagot. A júliusban lehullott csapadék mennyisége és az átlaghőmérséklet is a 30 éves átlaghoz hasonló volt. Augusztusban szinte elhanyagolható mennyiségű csapadék esett (4,1 mm), és ehhez egy rendkívül meleg párosult (22,5 °C, a sokévi átlag 19,6 °C). Ennek hatására a kukorica állományok asszimilációs felületének gyors leszáradását tapasztaltuk.

2013. tenyészév

A március hónapot a rendkívül szélsőséges hőingadozás és a kifejezetten nagy mennyiségű csapadék jellemezte. A márciusi átlaghőmérséklet (2,9 °C) lényegesen elmaradt a sokévi átlagtól (5,0 °C). A lehullott csapadék mennyisége (136,3 mm) rendkívül jelentős, többszöröse volt a sokévi átlagnak (33,5 mm). A kísérlet talajának vízkészlete jelentős mértékben feltöltődött, amely a tavaszi és koranyári időszakban biztosítani tudta a kukorica vegetatív fejlődéséhez szükséges vízmennyiséget, részben ellensúlyozva a száraz, aszályos júliusi-augusztusi időjárás kedvezőtlen hatását. Április közepétől gyors felmelegedés kezdődött száraz időjárással párosulva. A májusi csapadék mennyisége (68,7 mm) valamivel meghaladta a sokévi átlagot (58,8 mm), a hőmérséklet átlaga (16,6 °C) is magasabb volt a sokévi átlagnál (15,8 °C). Ez azonban a hónap első és második felének ellentétes időjárásának az átlagaként jött létre. A május végi és a június első felének hűvös időjárása nem kedvezett a kukorica állományok vegetatív fejlődésének. Az állományok fejlődése lelassult, vontatottá vált. Június közepétől a hőmérséklet gyors felmelegedést mutatott, az időjárás pedig ezt követően szárazzá, aszályossá vált. A kukorica állományok vegetatív fejlődése felgyorsult, másrészt a vegetatív fejlődés kifejezetten erőteljessé vált és kedvező fejlettségű állományok alakultak ki a generatív szakaszok bekövetkeztének idejére. Júliust is kifejezetten száraz, meleg jellemezte volt, mely kedvezőtlenül hatott, hiszen a kukorica legérzékenyebb fenofázisait, azaz a virágzást, termékenyülést, a szemtelítődés kezdeti szakaszait érintette. A száraz, meleg, aszályos időjárás

tovább folytatódott augusztusban is. Ebben a hónapban csapadék (32,2 mm) csak a hónap utolsó napjaiban hullott, amelyet a kukorica állományok gyakorlatilag nem tudtak már hasznosítani, hiszen az asszimilációs kapacitásukat, levélfelületüket addigra már jórészt elveszítették (átlagos csapadék 60,7 mm).

4.2.2.3. A kukorica fiziológiai és agronómiai paramétereinek és növekedésanalízis értékeinek meghatározása

A kutatás során alkalmazott módszerek:

- növényi mintavétel
- klorofill mérés
- levélterület mérés
- növekedésanalízis mutatók kiszámítása

A növényfiziológiai méréseket

- mono-, bi- és trikultúránál,
- öntözetlen (Ö1) és Ö3 vízellátási változat esetén,
- három tápanyagszintnél (kontroll, N₁₂₀+PK, N₁₈₀+PK),
- 60000 tő ha⁻¹ állománysűrűség alkalmazása esetén végeztük.

A korábbi évek kukorica terméseredményeit megvizsgálva azt tapasztaltuk, hogy az öntözés terméstöbblete az Ö1 és az Ö3 vízellátási változat között volt leginkább kifejezett. Ezen megfigyelésre alapozva, azáltal csökkentettük a parcellaszámot, hogy csak e kettő öntözési szintnél végeztük el az időigényes növényfiziológiai méréseket és növényminta vételeket.

13. táblázat. A KÍSÉRLETBEN ELVÉGZETT FIZIOLÓGIAI MÉRÉSEK IDŐPONTJAI

(DEBRECEN, 2011-2013)

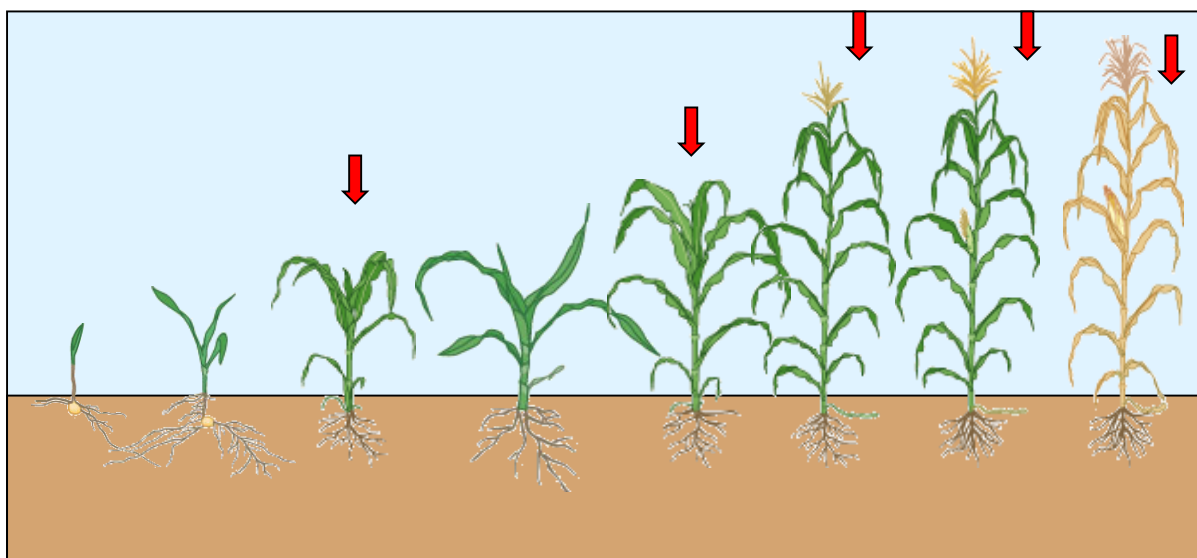
Fenofázis	Mérési időpont			növényi mintavétel
	2011	2012	2013	
6-8 leveles állapot	május 31.	május 10.	május 7.	5 növény
12 leveles állapot	június 16.	június 14.	június 12.	3 növény
hímvirágzás	július 7.	július 3.	július 1.	3 növény
nővirágzás	-	július 25.	július 22.	3 növény
szemtelítődés	augusztus 23.	augusztus 23.	augusztus 21.	3 növény

A növényi mintavételekből kiszámítottuk a növények összes szárazanyagtömegét. Az egyes méréseket a kukorica különböző fenofázisához igazítottuk (13. táblázat). A növényi

minták szárítása szárítószekrényekben történt, a feldarabolt növényi részeket papírzacskóba tettük és 80 °C-on tömegállandóságig szárítottuk.

Az 1 m²-re eső levélterületet az őszi búzánál is alkalmazott levélterület mérő segítségével határoztuk meg, ismétlésenként 6 mérést végeztünk el. A későbbiekben feltüntetett LAI-értékek a négy ismétlés átlagainak az átlagát jelöli. A méréseket a növénymintavételek alkalmával végeztük (13. táblázat).

A kukoricalevelek relatív klorofill koncentrációjának meghatározására a SPAD-502 Plus műszert használtunk. A mérések időpontjait az 13. táblázat tartalmazza. Egy-egy fenofázis során, ismétlésenként 15 mérést végeztünk, a későbbiekben feltüntetett SPAD-értékek a négy ismétlés átlagainak az átlagát jelöli, azaz kezelésenként összesen 60 mérési eredmény végeztünk.



6. ábra. A FIZIOLÓGIAI MÉRÉSEK ÁBRÁZOLÁSA A KUKORICA KÜLÖNBÖZŐ FENOLÓGIAI FÁZISAIBAN

A növekedésanalízis klasszikus módszerét használtuk a kukorica esetén is az egyes növekedést jellemző mutatók kiszámítására (CGR, RGR, HI, LAD). Ezen mutatók kiszámításához ugyanazokat a képleteket alkalmaztuk, amelyeket az őszi búzánál is feltüntettünk.

Kukoricánál mindhárom vetésváltási rendszerben felvételezésre kerül az üszög (*Ustilago maydis*)- és csőfuzárium (*Fusarium spp.*)- fertőzés mértéke, a kukoricamoly (*Ostrinia nubilalis*) és az amerikai kukoricabogár kártétele (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte). A

három vizsgált évben nem fordult elő amerikai kukoricabogár kártétel az állományokban, az üszög-és csőfuzárium, valamint a molykártétel mértéke is igen alacsony szinten maradt.

4.3. Az eredmények értékelésének módszere

Az adatok statisztikai értékelését *Microsoft Excel 2013*, illetve *SPPS for Windows 13.0* programok segítségével végeztük. Az eredményeket egy-, és háromtényezős varianciaanalízissel értékeltük. A vizsgált tényezők közötti kapcsolatok megállapításához Pearson-féle korrelációt számítottunk, emellett regresszióanalízis és stabilitásanalízis számítást is végeztünk. Az agrotechnikai tényezők termésre gyakorolt hatásának számszerűsítése variancia komponensek felosztásával történt.

5. EREDMÉNYEK

5.1. Őszi búza

5.1.1. Ökológiai és agrotechnikai tényezők hatása az őszi búza kórtani tulajdonságaira

A levélbetegségek fellépésének mértékét alapvetően az évjárat jellege, ezen belül is a tavaszi és nyáreleji hónapokban (április, május, június) lehullott csapadék mennyisége határozza meg, de jelentős módosító tényező az alkalmazott agrotechnika is.

2011. tenyészév

Az infekció-dinamikai vizsgálatok eredményei azt bizonyították, hogy a 2010/2011. tenyészévben a levélbetegségek mérsékelt szinten jelentek meg a búzaállományokban a száraz, melegebb időjárás, a relatíve mérsékelt vegetatív tömeg következtében.

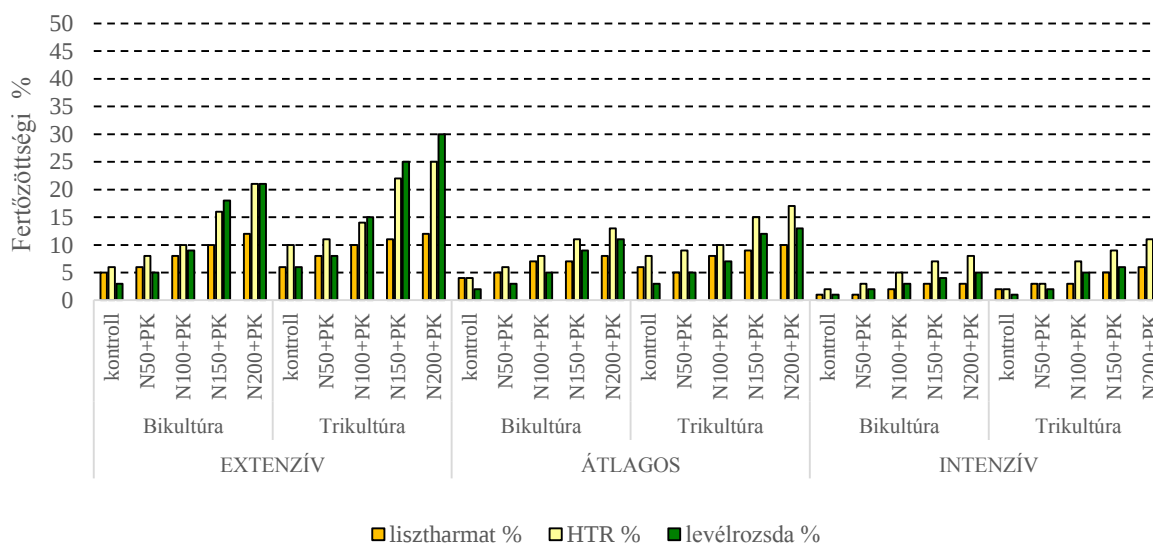
A lisztharmat (*Erysiphe graminis*) fertőzés már április végén megjelent, az infekció május közepéig mérsékelt, majd azt követően állandó szinten maradt a különböző intenzitású növényvédelmi technológiai modellekben. A lisztharmat maximális fertőzöttségi szintjét június közepén tapasztaltuk.

Az átlagos és intenzív növényvédelem kisebb mértékben csökkentette, a műtrágya adagok növelése pedig mérsékeltén növelte a lisztharmat fertőzés mértékét a 2011. évben. A lisztharmat-fertőzöttség a kontroll parcellákon nem volt jelentős (1-6 %), az N₂₀₀+PK műtrágyadózis hatására is csak mérsékelt (3-12 %) fertőzöttséget tapasztaltunk. A lisztharmat megjelenésére az elővetemény nem volt befolyásoló hatással, bikultúránál 1-12%, trikultúránál 2-12 % között változott a lisztharmat fertőzöttség mértéke. A lisztharmat fertőzöttség az N₂₀₀+PK tápanyagszintnél, extenzív növényvédelmi technológia esetén 12 %, az átlagos technológiai modellnél a 8-10 %, az intenzívnél pedig a 3-6 % volt.

A fahéjbarna levélfoltosság (HTR) (*Helminthosporium tritici-repentis*) mértékét is elsősorban a csapadék mennyisége és annak időbeli eloszlása befolyásolja, így terjedése mérsékelt ütemű volt mind májusban, mind júniusban, amelynek következményeként június második felében az átlagosnál kisebb mértékű fertőzés alakult ki. A disszertációban a maximális fertőzöttségi értékek elemzését végeztük el. A kontroll parcelláknál 2-10% volt a fertőzöttség mértéke előveteménytől és növényvédelemtől függően, a növekvő tápanyagszinteknél szignifikánsan nagyobb fertőzöttség alakult ki. A fahéjbarna levélfoltosság az N₂₀₀+PK, azaz a legnagyobb tápanyagszinten extenzív növényvédelmi modell esetén elérte a 21-25 %-ot. A két vetésváltás összehasonlításakor azt tapasztaltuk, hogy borsó elővetemény után erőteljesebb mértékben jelent meg a HTR-fertőzöttség. Az egyszeri védelem mérsékelt

(13-17 %), a kétszeri állományvédekezés jelentős mértékben (8-11 %) visszaszorította az infekció mértékét.

A tavaszi időjárás száraz, meleg volt, mégis a sajátos mikroklimatikus feltételek miatt a levélrozsda (*Puccinia triticina*) átlagosnál erőteljesebb mértékben jelent meg a nem védett, extenzív növényvédelmű állományokban, elsősorban a trikultúra vetésváltásban. A műtrágyázatlan parcellákon előveteménytől függően extenzív technológiánál 3-6 %-ot, átlagos növényvédelemnél 2-3 %-ot, intenzívénél pedig gyakorlatilag nem tapasztaltuk (1 %) a levélrozsda megjelenését. A növekvő műtrágyázás hatására szignifikánsan nagyobb fertőzöttséget kaptunk, az N₂₀₀+PK tápanyag dózisnál, előveteménytől függően extenzív technológia esetén 21-30 %-ot. Az állományvédekezés jelentősen visszaszorította az infekció mértékét, az intenzív növényvédelmi modellnél a legnagyobb tápanyagszintnél is csak 5-7 % volt. A vetésváltás esetében megállapíthatjuk, hogy a borsó után vetett állományokban mindegyik tápanyag kezelésnél nagyobb fertőzöttséget mértünk, mint kukorica elővetemény után (7. ábra).



	lisztharmat	HTR	levélrozsda
SZD 5% vetésváltás	1,3	2,2	2,6
SZD 5% műtrágyázás	1,8	2,7	3,4
SZD 5% növényvédelem	1,2	2,3	2,7

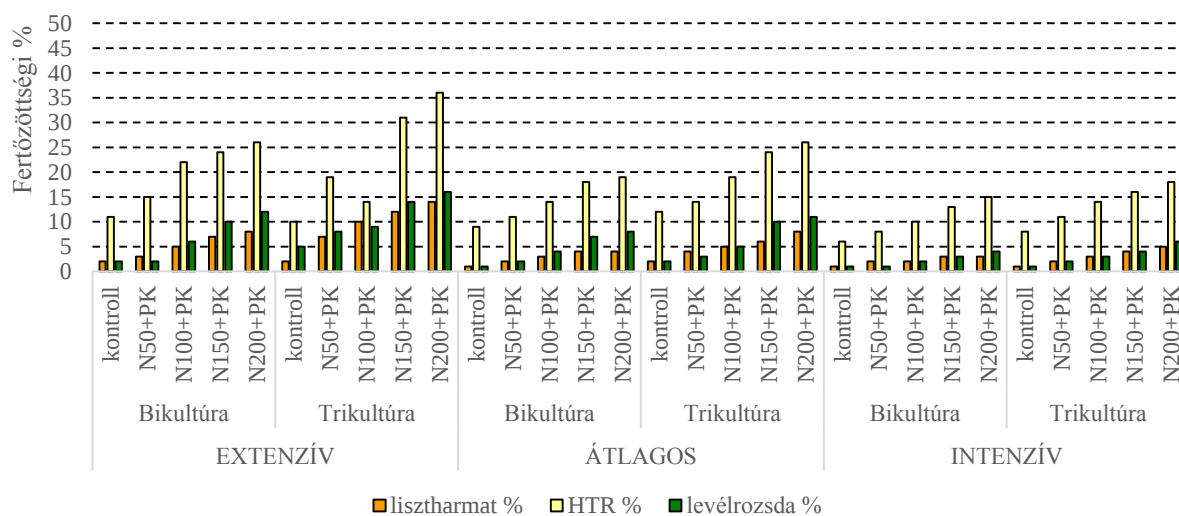
7. ábra. A NÖVÉNYVÉDELEM, A VETÉSVÁLTÁS ÉS A TÁpanyagELLÁTÁS HATÁSA AZ ŐSZI BÚZA LEVÉLBETEGSÉGEIRE (DEBRECEN, 2011)

2012. tenyésztés

Az infekció-dinamikai vizsgálatok eredményei azt bizonyították, hogy a 2012. tenyésztésben a levélbetegségek mérsékelt ütemben terjedtek és alacsony szinten maradtak a búza állományokban. Ez összefüggésben volt az állományok gyengébb vegetatív fejlettségével,

valamint a száraz és átlagosnál melegebb tavaszi időjárással, melyek nem kedveztek a betegségek fellépésének. Az adatokat az 8. ábra tartalmazza, amely adatok az adott levélbetegség maximális értékeit jellemzik. A lisztharmat (*Erysiphe graminis*) fertőzés csak nagyon későn, május elején-közepén jelent meg az állományokban és június közepéig mérsékelt fertőzési dinamikát mutatott. A műtrágya kezelések mérsékeltén növelték és az intenzív növényvédelem is kismértékben csökkentette a lisztharmat fertőzés mértékét. A legnagyobb trágyaadaggal kezelt parcellákon is csekély mértékben (extenzív technológiánál: 8-14 %, átlagosnál: 4-8 %, intenzívénél: 3-5 %) jelent meg, a kontroll parcellákon pedig gyakorlatilag nem, vagy alig volt lisztharmat fertőzöttség.

A helminthosporium fertőzöttség (HTR) (*Helminthosporium tritici-repentis*) erőteljesebb mértékben jelentkezett 2012-ben, mint 2011-ben. A HTR későn, május elején jelent meg a búza állományokban és júniusban a fertőzés üteme gyorsabbá vált. A nem védett állományokban közepes, a védettben pedig (átlagos és intenzív növényvédelem) mérsékelt helminthosporium fertőzöttség alakult ki. A legerősebb fertőzöttséget a legnagyobb tápanyagszintnél mértük, bikultúránál extenzív technológia esetén elérte a 26 %-ot, trikultúránál pedig a 36 %-ot.



	lisztharmat	HTR	levélrozsda
SZD 5% vetésváltás	1,3	2,7	1,6
SZD 5% műtrágyázás	1,8	3,6	2,0
SZD 5% növényvédelem	1,4	2,9	1,7

8. ábra. A NÖVÉNYVÉDELEM, A VETÉSVÁLTÁS ÉS A TÁPANYAGELLÁTÁS HATÁSA AZ ŐSZI BÚZA LEVÉLBETEGSÉGEIRE (DEBRECEN, 2012)

Speciális fertőzési dinamikát mutatott az őszi búza levélrozsda (*Puccinia tritica*) fertőzöttsége a 2012. évi vegetációs periódusban. A száraz, meleg tavaszi időjárás, a gyengébb

vegetatív fejlettség miatt a levélrozsa fertőzés nagyon későn, június közepén lépett fel, a fertőzöttség mértéke pedig igen alacsony szinten maradt. A levélrozsa fertőzöttség is folyamatosan növekedett a műtrágyaadagok növelésével, az N₂₀₀+PK szinten érte el a legmagasabb értéket (4-16 %), amely a száraz, meleg tavaszi időjárás, a gyengébb vegetatív fejlettség miatt relatíve alacsony szintű volt. A trikultúra vetésváltásban mindhárom betegség esetén nagyobb fertőzöttséget mértünk, mint kukorica elővetemény után.

2013. tenyésztés

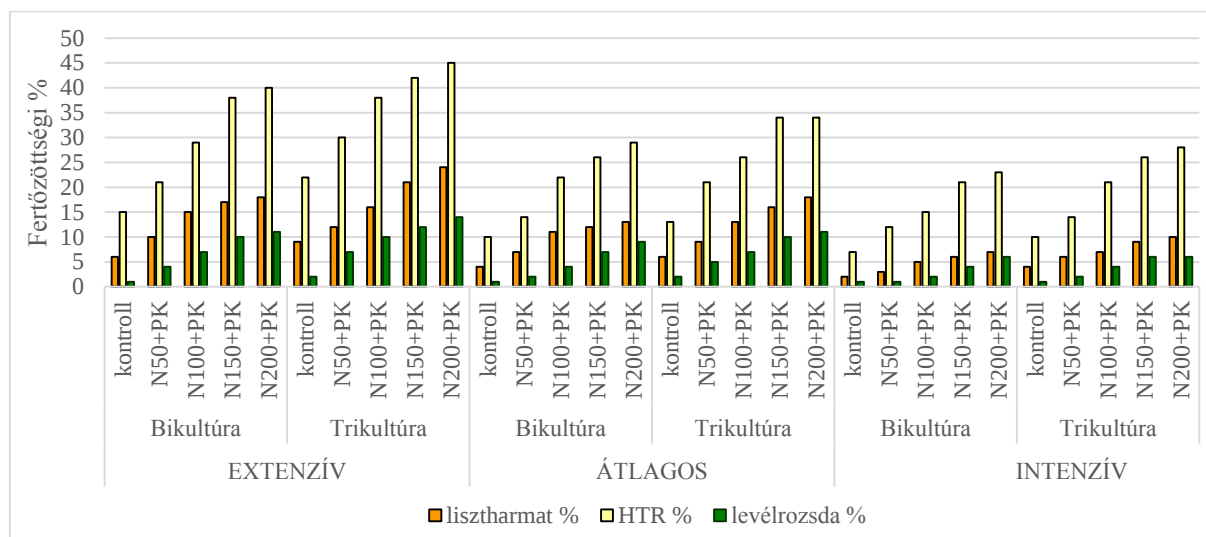
Az infekció-dinamikai vizsgálatok eredményei azt bizonyították, hogy a 2012/2013. tenyésztésben a levélbetegségek eltérő mértékben jelentek meg a búza állományokban a vegetációs periódus sajátos időjárási hatásai miatt. A betegségek a március-április elejei télies, hűvös időjárás miatt később jelentek meg és a későbbi terjedésük intenzitása betegségektől függően változott.

A lisztharmat (*Erysiphe graminis*) fertőzés csak későn, május közepén jelent meg az állományokban és terjedésének mértéke is lassú ütemű volt. A műtrágya kezelések kissé növelték, a fungicid kezelések pedig csökkentették a fertőzés mértékét, amely bikultúránál az N₂₀₀+PK kezelésnél 7-13 %, trikultúránál 10-24 % volt. Ebben az évben is a legerősebb lisztharmat fertőzöttséget az extenzív technológia, legnagyobb tápanyagszintnél, borsó elővetemény után mértük (24 %).

A helminthosporiumos fertőzés (*Helminthosporium tritici-repentis*) igen erőteljes volt, április végén jelent meg az állományokban, és a terjedése mérsékelt ütemű volt május első felében. A május végi-június elejei hűvös, csapadékos időjárás jelentősen elősegítette a betegség terjedését és az erőteljes infekció kialakulását június közepére. A maximális HTR fertőzöttségi értékek a növekvő műtrágyázás hatására szignifikánsan nőttek, a kontrollnál 7-22 %, az N₅₀+PK kezelésnél 12-30 %, az N₂₀₀+PK műtrágya dóziséknél 23-45 % között változott vetésváltástól és növényvédelmi technológiától függően. A legerősebb fertőzöttséget a legnagyobb tápanyagszintnél mértük, extenzív növényvédelem mellett, borsó elővetemény után, amely elérte a 45 %-ot.

A levélrozsa (*Puccinia triticina*) – az évjárat sajátosságai miatt – nagyon későn (június közepén) jelent meg és terjedésének üteme nagyon lassú volt. Maximális értékeit extenzív növényvédelem alkalmazásakor, az N₂₀₀+PK kezelésnél kaptuk, 11 %-ot bikultúránál, trikultúránál 14 %-ot. A műtrágyázatlan kontroll parcellákon gyakorlatilag alig jelent meg a levélrozsa. Az egyszeri és kétszeri állományvédekezés is jelentős mértékben visszaszorította

az infekció mértékét. A két vetésváltás összehasonlításakor statisztikailag igazolható különbséget nem találtunk a levélrozsda fertőzésben (9. ábra).



	liszttharmat	HTR	levélrozsda
SZD 5% vetésváltás	2,1	3,8	1,4
SZD 5% műtrágyázás	2,8	4,4	1,6
SZD 5% növényvédelem	2,1	4,0	1,6

9. ábra. A VETÉSVÁLTÁS ÉS A TÁPANYAGELLÁTÁS HATÁSA AZ ŐSZI BÚZA LEVÉLBETEGSÉGEIRE (DEBRECEN, 2013)

5.1.2. Az ökológiai és agrotechnikai tényezők hatása az őszi búza szemtermésére

2011. tenyésztés

A vegetációs periódus ellentétes időjárási hatásaihoz a búza állományok kiválóan tudtak alkalmazkodni. A talajban tárolt megfelelő mennyiségű vízkészlet a tavaszi száraz időjárás ellenére biztosította a búza vízigényét még a kritikus fenofázisokban is. A június végi – július eleji hűvös, csapadékos időjárás elősegítette a szemtelítődési folyamatokat. Az állományok vegetatív fejlettsége átlagos mértékű volt, ennek ellenére az átlagosnál jobb terméseredményeket értünk el mindkettő, de különösen a trikulturá vetésváltásban.

A műtrágyázást vizsgálva mindkét vetésváltásnál megállapítható, hogy a növekvő szintek hatására szignifikánsan növekedtek a termés mennyiségek. Trikulturánál N₁₀₀+PK adag felett már nem tapasztaltunk szignifikáns mértékű termésnövekedést. A kontroll parcella szemtermése bikulturánál 1976-2270 kg ha⁻¹, trikulturánál 6363-6616 kg ha⁻¹ között változott. A maximum termés bikulturánál mindhárom növényvédelmi technológia esetén az N₂₀₀+PK trágyaszintnél volt (7749-8850 kg ha⁻¹). Trikulturá vetésváltásban, borsó elővetemény után az N₁₀₀+PK szinten kaptuk a termésmaximumot (9352-10852 kg·ha⁻¹). Optimális műtrágya

adagnak 2011. évben bikultúrában az $N_{200}+PK$, trikultúrában pedig az $N_{100}+PK$ kezelés bizonyult.

A kukorica és borsó után vetett állományok maximális terméseredményeit összehasonlítva azt tapasztaltuk, hogy a trikultúra vetésváltásban $1603-2002 \text{ kg ha}^{-1}$ -al nagyobb termést adtak a búza állományok, mint a bikultúra vetésváltásban. Ez azzal magyarázható, hogy a borsó növeli a talaj nitrogénkészletét, kímélőleg hat a talaj vízháztartására és kedvező hatással van a talaj fizikai, kémiai tulajdonságaira, ezáltal növeli a termésmennyiséget. Statisztikailag is igazolható hatását tapasztaltuk az előveteménynek (14. táblázat). A 2011. évben a műtrágyázásnak és a vetésváltásnak volt szignifikáns hatása, a növényvédelem nem befolyásolta jelentősen terméseredményeket.

2012. tenyészév

A vegetációs periódust szélsőséges időjárási hatások jellemezték, azonban a negatív hatásokat egyrészt a búza kiváló adaptációs képessége, a kedvező tulajdonságú mészeledékes csernozjom talaj és a kedvező májusi-júniusi időjárás ellensúlyozni tudták, így a 2012. tenyészévben átlagos, ill. átlagosnál jobb terméseredményeket értünk el.

Bikultúránál a kontroll parcellákon $2274-2515 \text{ kg ha}^{-1}$ volt a szemtermés a növényvédelmi kezeléstől függően, és a növekvő műtrágyázás hatására jelentős növekedést tapasztaltunk. A kontrollhoz viszonyított terméstöbbleteket a 14. táblázat tartalmazza. Kukorica elővetemény után a maximális termés mindhárom növényvédelmi technológiánál az $N_{200}+PK$ trágyaszintnél volt ($7703-8680 \text{ kg ha}^{-1}$), amelynek mennyisége csaknem megegyezett a 2011. év termésmaximumával. Borsó elővetemény után az optimális műtrágyaszintnek az $N_{150}+PK$ bizonyult. Extenzív technológiánál 7622 kg ha^{-1} , átlagos növényvédelem alkalmazásakor 8203 kg ha^{-1} , a kétszeri, intenzív állományvédekezéskor 8685 kg ha^{-1} volt a termés.

A két vetésváltási modell összehasonlításakor hasonló tendenciát tapasztaltunk, mint 2011-ben. Borsó elővetemény után a kontroll parcellákon közel annyi volt a kapott szemtermés, mint kukorica elővetemény után az $N_{50}+PK$ tápanyagszinten.

Az eltérő növényvédelmi kezeléseknél megfigyeltük, hogy nagyobb terméseredményeket kaptunk az egyszer-, illetve kétszer kezelt állományokban, mint az extenzív modell alkalmazásakor. Ez a tendencia érvényesült 2011-ben is, azonban a növényvédelem termésnövelő hatását statisztikailag nem tudtuk igazolni.

2013. tenyészév

A 2012/2013. tenyészévet ellentétes időjárási hatások jellemezték. A búza állományok vegetatív és generatív fejlődése szempontjából kedvezőtlen volt a nagyon száraz és az átlagosnál melegebb nyárvégi-őszi periódus, a márciusi igen kemény téli időjárás, a június második felétől gyakorlatilag a betakarításig tartó száraz és meleg időszak. Pozitívan hatott viszont a búza állományok fejlődésére a relatíve kedvező téli, enyhébb időjárás, a csernozjom talaj vízzel való feltöltődése március és április elején, az április végi-május közepi felmelegedés.

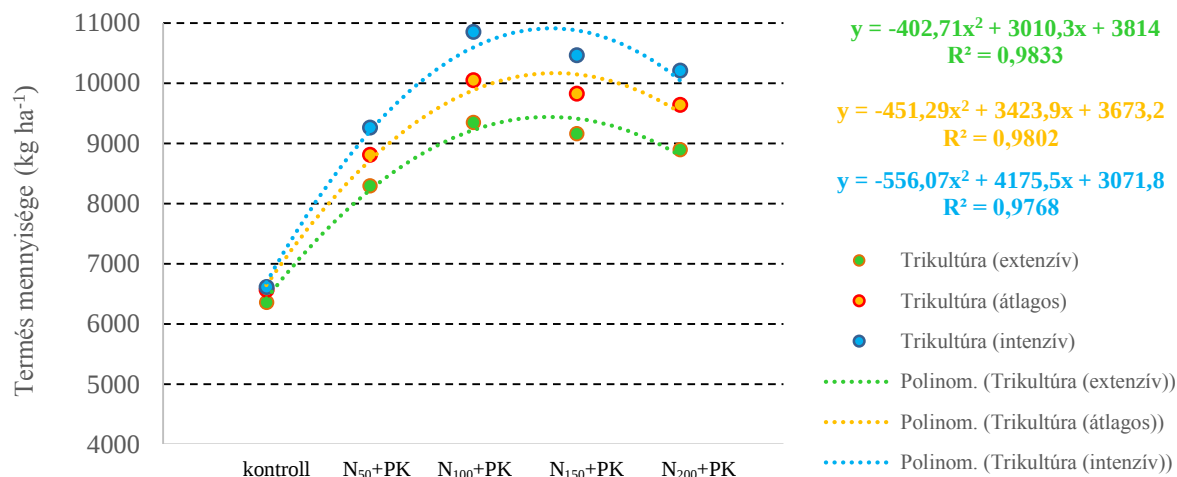
Az agrotechnikai tényezők közül kiemelkedő szerep jut a tápanyagellátásnak (*Petróczi et al.* 1998, *Petróczi és Gyuris* 2002), és ehhez igazodtak eredményeink, miszerint a növekvő műtrágyaszintek hatására szignifikánsan nőtt a szemtermés mennyisége is. A kontroll parcellákon vetésváltástól és növényvédelemtől függően 1462-4888 kg ha⁻¹ közötti termésmennyiséget kaptunk. Bikultúrában 1462-8779 kg ha⁻¹, trikultúrás termesztésben 4602-9196 kg ha⁻¹ között változott az őszi búza termésmennyisége műtrágyaadagtól függően. A maximum termés bikultúrájánál mindhárom növényvédelmi technológia esetén az N₂₀₀+PK trágyaszintnél volt (6375-8779 kg ha⁻¹). Trikultúra vetésváltásban, borsó elővetemény után az N₁₅₀+PK szinten kaptuk a termésmaximumot (8118-9196 kg ha⁻¹). Optimális műtrágya adagnak, a 2012. évhez hasonlóan, bikultúrában az N₂₀₀+PK, trikultúrában az N₁₅₀+PK kezelés bizonyult. Az N₂₀₀+PK kezelésnél bikultúrájánál több mint ötször, trikultúrájánál közel kétszer akkora volt a szemtermés, mint a kontroll parcellákon. A vetésváltás kedvező hatása következményeként trikultúrában jelentősen nagyobb terméseredményeket értünk el, a legnagyobb különbség a kontroll parcellákon volt tapasztalható, de az N₂₀₀+PK trágyaszintnél is jelentkezett a borsó elővetemény statisztikailag is igazolható termésnövelő hatása (14. táblázat).

Bikultúrás termesztésnél mindhárom vizsgált évben a legnagyobb tápanyagszinten kaptuk a maximális terméseredményeket. Trikultúrájánál azonban a maximális termést kevesebb műtrágya felhasználásával értük el, 2011-ben, 2012-ben az N₁₀₀+PK kezelésnél, 2013-ban az N₁₅₀+PK dózisinál. Ezért a terméseredmények alapján trikultúra vetésváltásnál regresszió analízissel kiszámítottuk a műtrágya optimum értékeket. 2011-ben extenzív növényvédelmi technológiánál a legnagyobb termést 135 kg N, 94,5 kg P₂O₅ és 108 kg K₂O műtrágyaszintnél kaptuk, az egyszer kezelt állománynál a termésmaximumhoz tartozó műtrágya adag 140 kg N, 98 kg P₂O₅ és 112 kg K₂O volt, az intenzív technológiai modell esetében pedig 135-140 kg N, 94,5-98 kg P₂O₅ és 108-112 kg K₂O volt a műtrágyaoptimum (10. ábra). 2012-ben nagyobb tápanyagszintnél kaptuk a maximális terméseredményeket, így az extenzív növényvédelmi

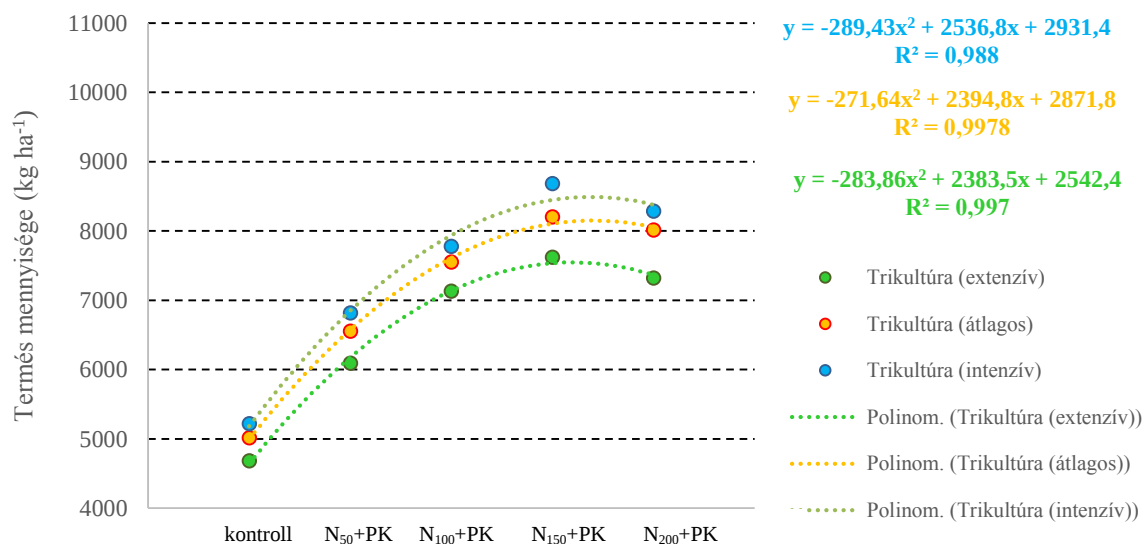
technológiánál 160 kg N, 112 kg P₂O₅ és 128 kg K₂O, az átlagos és intenzív modellnél 170 kg N, 119 kg P₂O₅ és 136 kg K₂O volt a műtrágyaoptimum (11. ábra). 2013-ben a regresszióanalízis egyenlete alapján a legnagyobb termést 155 kg N, 108,5 kg P₂O₅, 124 kg K₂O műtrágyaszintnél kaptuk az extenzív technológiánál. Az egyszer kezelt állománynál a termésmaximumhoz tartozó műtrágya adag 145 kg N, 101,5 kg P₂O₅ és 116 kg K₂O volt, a kétszer kezelt állománynál a 150 kg N, 105 kg P₂O₅ és 120 kg K₂O volt a műtrágyaoptimum (12. ábra).

14. táblázat. A VIZSGÁLT AGROTECHNIKAI ELEMEEK HATÁSA AZ ŐSZI BÚZA TERMÉSÉRE
(DEBRECEN, 2011-2013)

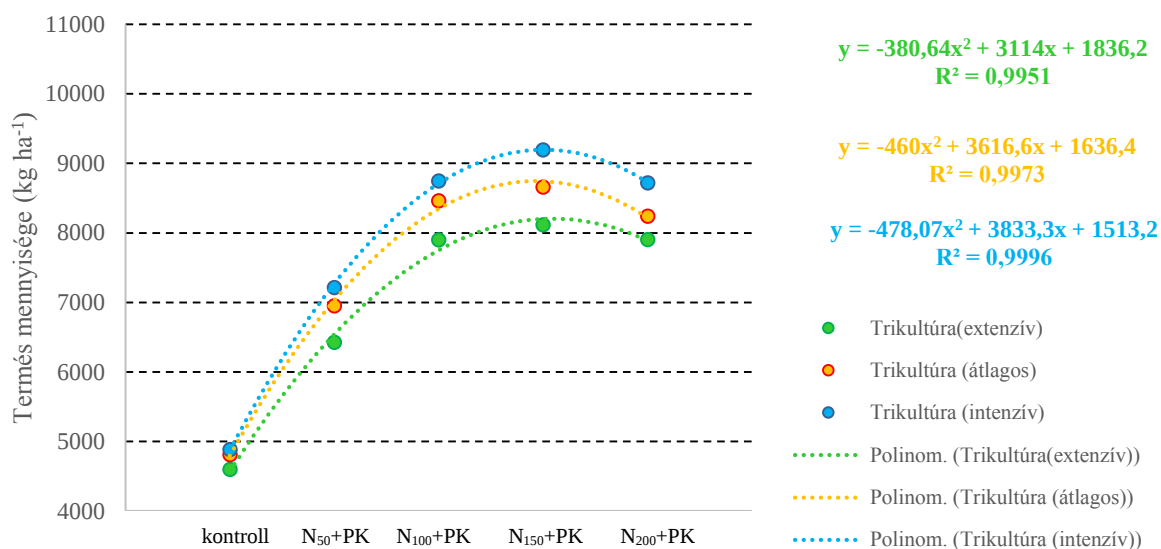
Növény- védelem	vetésváltás	Műtrágyázás	2011	Kontrollhoz viszonyított terméstöbblet		2012	Kontrollhoz viszonyított terméstöbblet		2013	Kontrollhoz viszonyított terméstöbblet	
				kg ha ⁻¹	%		kg ha ⁻¹	%		kg ha ⁻¹	%
Extenzív	Bikultúra	kontroll	1976	0	100	2274	0	100	1462	0	100
		N ₅₀ +PK	3808	1832	193	5078	2804	223	3752	2290	257
		N ₁₀₀ +PK	5913	3937	299	7005	4731	308	5890	4428	403
		N ₁₅₀ +PK	7175	5199	363	7634	5360	336	7528	6066	515
		N ₂₀₀ +PK	7749	5773	392	7703	5429	339	8019	6557	548
	Trikultúra	kontroll	6363	0	100	4683	0	100	4602	0	100
		N ₅₀ +PK	8297	1934	130	6094	1411	130	6427	1825	140
		N ₁₀₀ +PK	9352	2989	147	7133	2450	152	7901	3299	172
		N ₁₅₀ +PK	9163	2800	144	7622	2939	163	8118	3516	176
		N ₂₀₀ +PK	8900	2537	140	7321	2638	156	7907	3305	172
Átlagos	Bikultúra	kontroll	2046	0	100	2429	0	100	1558	0	100
		N ₅₀ +PK	4197	2151	155	5490	3061	226	3960	2402	254
		N ₁₀₀ +PK	6520	4474	184	7283	4854	300	6205	4647	398
		N ₁₅₀ +PK	7742	5696	201	8109	5680	334	7910	6352	508
		N ₂₀₀ +PK	8423	6377	157	8179	5750	337	8317	4817	409
	Trikultúra	kontroll	6570	0	100	5015	0	100	4811	0	100
		N ₅₀ +PK	8812	2242	134	6554	1539	131	6954	2143	145
		N ₁₀₀ +PK	10050	3480	153	7553	2538	151	8465	3654	176
		N ₁₅₀ +PK	9830	3260	150	8203	3188	164	8660	3849	180
		N ₂₀₀ +PK	9642	3072	147	8015	3000	160	8241	3430	171
Intenzív	Bikultúra	kontroll	2270	0	100	2515	0	100	1608	0	100
		N ₅₀ +PK	4624	2354	204	5662	3147	225	4185	2577	260
		N ₁₀₀ +PK	6876	4606	303	7665	5150	305	6671	5063	415
		N ₁₅₀ +PK	8100	5830	357	8478	5963	337	8363	6755	520
		N ₂₀₀ +PK	8850	6580	390	8680	6165	345	8779	7171	546
	Trikultúra	kontroll	6616	0	100	5219	0	100	4888	0	100
		N ₅₀ +PK	9263	2647	140	6819	1600	131	7215	2327	148
		N ₁₀₀ +PK	10852	4236	164	7780	2561	149	8751	3863	179
		N ₁₅₀ +PK	10468	3852	158	8685	3466	166	9196	4308	188
		N ₂₀₀ +PK	10209	3593	154	8287	3068	159	8722	3834	178
SZD 5% vetésváltás			505	-	-	660	-	-	776	-	-
SZD 5% műtrágyázás			1051	-	-	461	-	-	689	-	-
SZD 5% növényvédelem			1113	-	-	816	-	-	1026	-	-



**10. ábra. A GK CSILLAG ŐSZI BÚZAJAJTA TÁPANYAG-RAKCIÓJÁNAK VIZSGÁLATA
REGRESSZIÓANALÍZISSEL TRIKULTÚRA VETÉSVÁLTÁSNÁL (DEBRECEN, 2011)**



**11. ábra. A GK CSILLAG ŐSZI BÚZAJAJTA TÁPANYAG-RAKCIÓJÁNAK VIZSGÁLATA
REGRESSZIÓANALÍZISSEL TRIKULTÚRA VETÉSVÁLTÁSNÁL (DEBRECEN, 2012)**



12. ábra. A GK CSILLAG ŐSZI BÚZAJAJTA TÁPANYAG-RAKCIÓJÁNAK VIZSGÁLATA
REGRESSZIÓANALÍZISSEL TRIKULTÚRA VETÉSVÁLTÁSNÁL (DEBRECEN, 2013)

5.1.3. Az ökológiai és agrotechnikai tényezők hatása az őszi búza fiziológiai paramétereire *Klorofilltartalom*

SPAD-502 típusú klorofill mérőműszer segítségével vizsgáltuk az őszi búza nitrogén ellátottságát. Arra kerestük a választ, hogy milyen hatása van a műtrágyázásnak és a vetésváltásnak az őszi búza klorofilltartalmára. Varianciaanalízist alkalmaztunk (5%-os szignifikancia szinten), ahol az összehasonlítandó SPAD-értékeket két független szempontból elemeztük (műtrágyázás, vetésváltás). Az őszi búza nitrogénigénye sohasem állandó, nemcsak évente, de a tenyészidőszakon belül is jelentősen ingadozhat, sőt táblánként is eltérő lehet. A búza bokrosodáskor, szárbainduláskor és részben virágzáskor veszi fel a legtöbb nitrogént a talajból. A tápanyagokat a vegetatív részekben tárolja, ezért fontos a megfelelő zöldtömeg elérése is.

2011. tenyészév

Bikultúrában bokrosodás végén a SPAD-értékek között még igen kicsi és nem szignifikáns különbségek voltak mérhetők a tápanyagszintek növelésével (41,9-45,5), azonban szárbainduláskor már jelentős különbségeket tapasztaltunk a kontroll (31,4), az N₅₀+PK (40,8) és az N₁₅₀+PK (49,4) trágyaszintek között (15. táblázat). Virágzáskor kaptuk a legnagyobb SPAD-értékeket, de a különböző tápanyag kezelésekre már nem minden kezelésnél volt szignifikáns eltérés. A kontrollhoz (55,8) képest az N₅₀+PK kezelés 4,1%-al, az N₁₅₀+PK pedig 5,9%-al növelte a levelek relatív klorofilltartalmát. A búzaszem teljes érettségének

kialakulásával egy időben a szalma is szárad és sárga vagy fehéres-sárga színű lesz, így a szemtelítődési fázisokban lényegesen lecsökkent a relatív klorofilltartalom. A június végén kapott értékeknél a kontroll (12,3), valamint az N₅₀+PK (9,0) és az N₁₅₀+PK (22,2) trágyaszintek között volt jól értékelhető eltérés.

Borsó elővetemény után szárbainduláskor a kontrollhoz (43,4) képest az N₅₀+PK trágyaszintnek (47,1) még nem volt szignifikáns hatása a relatív klorofilltartalomra, azonban az N₁₅₀+PK tápanyagkezelés (53,0) hatására lényegesen növekedtek a SPAD-értékek. Virágzáskor a SPAD-értékek elérték a maximumokat, és jelentős különbséget lehetett megállapítani a három műtrágyakezelés között (40,5-53,4).

Ha a két vetésváltást hasonlítottuk össze, azt tapasztaltuk, hogy bokrosodás végén közel hasonlóan alakultak a SPAD-értékek előveteménytől függetlenül. Szárbainduláskor elsősorban a kontroll kezelésnél volt lényeges eltérés a két vetésváltás között. Virágzáskor mért relatív klorofilltartalom szignifikánsan kevesebb volt trikultúránál, mint bikultúránál, ekkor a SPAD-értékek trikultúránál 40,5-53,4 között, bikultúránál pedig 55,8-59,1 változott műtrágyázástól függően. Kukorica elővetemény után a szemtelítődési fázisokban mérsékeltebben csökkent a SPAD-érték, mint borsó elővetemény után.

15. táblázat. AZ ŐSZI BÚZA SPAD-ÉRTÉKEINEK VÁLTOZÁSA A MŰTRÁGYAKEZELÉS ÉS A VETÉSVÁLTÁS HATÁSÁRA (DEBRECEN, 2011)

Vetésváltás	Műtrágyázás	bokrosodás vége (BBCH 22)	szárbaindulás (BBCH 29)	virágzás (BBCH 65)	viaszérés kezdete (BBCH 80)
Bikultúra	kontroll	41,9	31,4	55,8	12,3
	N ₅₀ +PK	45,5	40,8	58,1	9,0
	N ₁₅₀ +PK	44,8	49,4	59,1	22,2
	<i>Átlag</i>	44,0	40,5	57,6	14,5
Trikultúra	kontroll	41,3	43,4	40,5	5,0
	N ₅₀ +PK	49,2	47,1	47,5	8,1
	N ₁₅₀ +PK	54,0	53,0	53,4	31,1
	<i>Átlag</i>	48,2	47,8	47,1	14,8
<i>SZD_{5%} vetésváltás</i>		6,1	5,7	4,1	8,9
<i>SZD_{5%} műtrágyázás</i>		7,1	5,3	6,9	6

2012. tenyészév

A 2012. évben bokrosodás végén tápanyagkezeléstől függően bikultúránál 39,0-43,5 között voltak a SPAD-értékek, azaz ebben a fenofázisban még nem jelentkezett a műtrágyázás szignifikáns hatása a relatív klorofilltartalomra. Trikultúránál jelentős különbségeket tapasztaltunk a kontroll (36,8), az N₅₀+PK (46,6), és az N₁₅₀+PK (42,3) trágyaszintek között.

Bikultúránál szárbainduláskor egy átmeneti csökkenő tendenciát tapasztaltunk a kontroll (30,9) és az N₅₀+PK (35,7) tápanyagkezelésnél. Borsó elővetemény után azonban a relatív klorofilltartalom növekedett az előző fenofázishoz képest, és a három műtrágyakezelés között is jelentős különbségeket tapasztaltunk (16. táblázat). Április csapadékszegény és az átlagosnál melegebb időjárásában jelentős fordulat következett be májustól kezdődően. Ezt az optimálishoz közeli időjárási feltételeket a kiváló adaptációs képességű őszi búza kedvezően képes volt hasznosítani. A tavasszal kijutatott műtrágya hasznosulása és a megfelelő mennyiségű csapadék következtében bikultúránál már a 2-3 nóduszos állapotban elérték a SPAD-értékek a maximumukat, és jelentős különbséget lehetett megállapítani a műtrágyadózisok között (38,1-59,3). Ezt követően a virágzásnál, a termékenyülésnél és a szemtelítődési folyamatoknál fokozatosan csökkent a relatív klorofilltartalom. Viaszérésre a kontroll kezelésnél a maximális SPAD-értékhez viszonyítva 89,5%-os csökkenés volt tapasztalható, míg az N₁₅₀+PK tápanyagkezelésnél ez csupán 63,7%-os volt. Trikultúránál ugyan még tejes éréskor is igen nagy SPAD-értékeket mértünk (műtrágyázástól függően: 50,9-54,4), de viaszérésre 7,9-14,1 között volt a relatív klorofilltartalom, tehát a maximumhoz képest a klorofill tartalomnak 75,5-78,9%-át elvesztette.

16. táblázat. AZ ŐSZI BÚZA SPAD-ÉRTÉKEINEK VÁLTOZÁSA A MŰTRÁGYAKEZELÉS ÉS A VETÉSVÁLTÁS HATÁSÁRA (DEBRECEN, 2012)

Vetésváltás	Műtrágyázás	bokrosodás vége	szárbaindulás	2-3 nóduszos állapot	virágzás	tejes érés	viaszérés kezdete
Bikultúra	kontroll	39,0	30,9	38,1	35,5	25,4	4,0
	N ₅₀ +PK	42,1	35,7	51,4	45,0	34,9	8,2
	N ₁₅₀ +PK	43,5	46,1	59,3	58,5	48,9	21,5
	<i>Átlag</i>	41,6	37,5	49,6	46,3	36,4	11,2
Triakultúra	kontroll	36,8	41,5	53,7	56,4	50,9	13,2
	N ₅₀ +PK	46,6	43,4	58,5	57,7	51,4	12,4
	N ₁₅₀ +PK	42,3	43,4	59,0	59,2	54,4	14,5
	<i>Átlag</i>	41,9	42,8	57,1	57,8	52,2	13,4
<i>SZD_{5%} vetésváltás</i>		4,6	4,5	6,1	7,0	8,6	6,1
<i>SZD_{5%} műtrágyázás</i>		4,9	5,0	6,2	9,1	12,5	6,2

2013. tenyésztés

A 2013. évben mindkét vetésváltás esetén szárbainduláskor már igen jelentős különbségeket lehetett megállapítani a tápanyagellátás hatására. Bikultúránál a műtrágyázatlan parcellákon a relatív klorofilltartalom 31,8 volt, az N₁₅₀+PK műtrágyadózisnál 50,7 közötti SPAD-értékeket kaptunk (17. táblázat). Március és április időjárása kedvező volt a búza

vegetatív fejlődése és a tavaszi bokrosodása szempontjából, miközben a talajban is megfelelő nedvességekészlet állt a növények rendelkezésére. A tavasszal kijutatott műtrágya hasznosulása és a megfelelő mennyiségű csapadék következtében a búza állományok a következő méréskor, a 2-3 nóduszos állapotban kaptuk a legnagyobb SPAD-értékeket. Ezt követően tápanyagellátástól függetlenül csökkenés volt tapasztalható a klorofilltartalomban. Virágzáskor a maximumhoz képest 5,7-34,4 %-os csökkenést tapasztaltunk, viaszérésre pedig 68,5-89,9 %-át elvesztette az őszi búza a relatív klorofilltartalmának a maximális értékekhez viszonyítva.

Trikultúránál is hasonló tendenciát figyelhettünk meg, itt is jelentkezett a műtrágyázás pozitív hatása a relatív klorofilltartalomra. Szárbainduláskor a kontroll parcellákon 38,8, az N₅₀+PK kezelésnél 42,2, az N₁₅₀+PK dózisonál 52,7-et mértünk. 2-3 nóduszos állapotban érték el a maximális SPAD-értékeket a búza állományok borsó elővetemény után is. Egy lényeges különbség látható, amely a borsó elővetemény kedvező hatásával magyarázható. A maximális SPAD-értékek esetén, a kontroll parcellákon is nagy relatív klorofilltartalmat mértünk (44,8), ami nem sokkal volt kevesebb az N₅₀+PK kezelés maximális SPAD-értékéhez képest (49,3). Ez azzal magyarázható, hogy a borsó növeli a talaj nitrogénkészletét, kímélőleg hat a talaj vízháztartására és kedvező hatással van a talaj fizikai, kémiai tulajdonságaira is, ezáltal az őszi búza nitrogénellátottsága is kedvezőbb, mint kukorica elővetemény után.

17. táblázat. AZ ŐSZI BÚZA SPAD-ÉRTÉKEINEK VÁLTOZÁSA A MŰTRÁGYAKEZELÉS ÉS A VETÉSVÁLTÁS HATÁSÁRA (DEBRECEN, 2013)

Vetésváltás	Tápanyagkezelés	szárbaindulás	2-3 nóduszos állapot	virágzás	tejes érés	viaszérés kezdete
Bikultúra	kontroll	31,8	25,7	23,9	14,8	5,0
	N ₅₀ +PK	41,6	41,2	27,3	13,7	4,2
	N ₁₅₀ +PK	50,7	52,7	49,7	36,3	16,6
	<i>Átlag</i>	41,4	39,9	33,6	21,6	8,6
Trikultúra	kontroll	38,8	44,5	44,8	17,6	7,9
	N ₅₀ +PK	42,2	49,3	49,3	24,0	9,3
	N ₁₅₀ +PK	52,7	54,1	52,5	36,1	14,1
	<i>Átlag</i>	44,5	49,3	48,9	25,9	10,4
<i>SZD_{5%} vetésváltás</i>		6,8	7,9	7,8	10,1	4,1
<i>SZD_{5%} műtrágyázás</i>		4,5	7,6	10,3	8,3	2,6

Levélterület

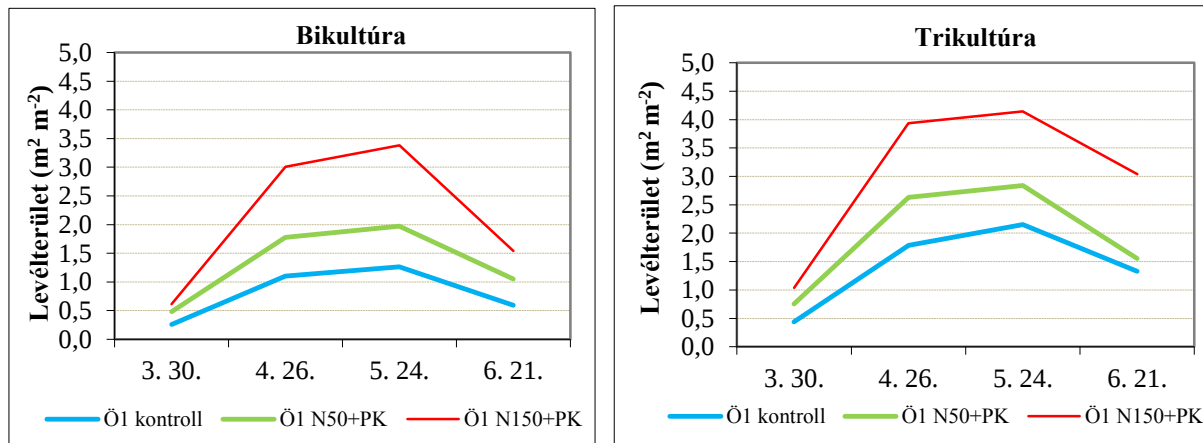
A képződött szemtermés és a fitomassza tömegét a levélterület és annak dinamikája is módosítja, ennek vizsgálatához megmértük az 1 m²-re eső levélterületet, és ábrázoltuk annak dinamikáját. A levélterületi index értékek időbeli változásánál évjáráttól függetlenül egy

erőteljes növekvő szakaszt figyelhettünk meg a virágzás idejéig, ekkor kaptuk a maximális levélborítottságot majd ezt követően lassabb, vagy erőteljesebb csökkenést tapasztaltunk. Varianciaanalízis segítségével értékeltük ki az eredményeket.

2011. tenyészév

Kukorica elővetemény után a műtrágyázásnak az N₁₅₀+PK kezelésig jelentős hatása volt a levélterületi index dinamikájára és maximális értékére. A műtrágyázás hatására azt tapasztaltuk, hogy a kontroll parcellák levélterülete (0,3 m²m⁻²) már bokrosodás végén elmaradt az N₁₅₀+PK kezeléshez (0,6 m²m⁻²) képest. Virágzáskor a LAI-érték 1,3 m²m⁻² volt a kontroll kezelésnél, az N₁₅₀+PK kezelésnél pedig 3,4 m²m⁻². Ekkor érték el a búza állományok a maximális levélterületüket, majd ezt követően, a szentelítőedési fázisokban jelentős csökkenést tapasztaltunk. Viaszérésre a műtrágyázatlan parcellákon 0,6 m²m⁻² volt a LAI, az N₁₅₀+PK műtrágyadózis hatására 1,5 m²m⁻²-t mértünk.

Trikultúra vetésváltás esetén is hasonló tendenciát tapasztaltunk, a három műtrágyakezelés között szignifikáns különbségeket mértünk. Borsó elővetemény után is május 24-én, virágzás idején érték el a búza állományok a maximális levélterületet (kontrollnál 2,2 m²m⁻²; N₁₅₀+PK kezelésnél 4,1 m²m⁻²).



	03.30.	04.26.	05.24.	06.21.
SZD 5% műtrágyázás	0,2	0,8	0,8	0,6
SZD 5% vetésváltás	0,2	0,5	0,6	0,6

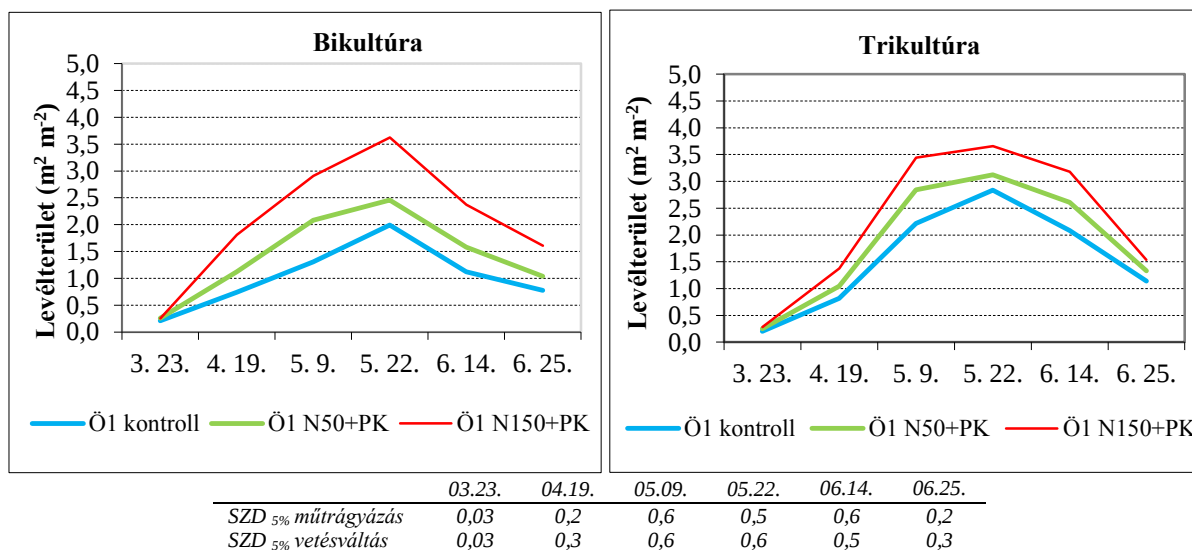
13. ábra. AZ ŐSZI BÚZA LAI-ÉRTÉKEINEK ALAKULÁSA BI- ÉS TRIKULTÚRA VETÉSVÁLTÁS ESETÉN (DEBRECEN, 2011)

A két vetésváltási rendszer összehasonlításakor azt tapasztaltuk, hogy bokrosodás végén a vetésváltás hatása mérsékelten jelentkezett és 0,3-1,0 m²m⁻² levélterület képződött a búza állományokban a műtrágyakezelésektől függően. A további fenofázisoknál a trikultúrás

termesztés során szignifikánsan nagyobb levélterületet tapasztaltunk mindhárom műtrágyadózis esetén. Az utolsó méréskor is nagyobb LAI értékeket mértünk ($1,3\text{--}3,0\text{ m}^2\text{m}^{-2}$). Bikultúránál a levélhalás gyors ütemben bekövetkezett, míg trikultúránál ennek mértéke jóval mérsékeltebb volt (13. ábra).

2012. tenyészév

A 2012. tenyészév márciusában a LAI-értékek között még igen kicsi és nem szignifikáns különbségek voltak mérhetők, vetésváltástól és tápanyagellátástól függetlenül ($0,2\text{--}0,3\text{ m}^2\text{m}^{-2}$). A következő méréseknél már jelentős különbségeket tapasztaltunk, elsősorban a műtrágyázás hatására. Ugyanakkor 2011-ben sokkal erőteljesebben jelentkezett a növekvő műtrágyaszintek pozitív hatása, mert az időjárás kedvezőbb volt az őszi búza állományok fejlődése szempontjából. A 2012. évben a kedvezőtlen őszi és tavaszi vízellátottsági feltételek és hőmérsékleti viszonyok miatt a búza állományok vegetatív fejlettsége nem csak az optimálistól, hanem az átlagos fejlettségtől is elmaradt. Szárbainduláskor bikultúránál $0,7\text{--}1,8\text{ m}^2\text{m}^{-2}$, trikultúránál $0,8\text{--}1,4\text{ m}^2\text{m}^{-2}$ volt a LAI, tehát az előveteménynek nem volt statisztikailag is igazolható hatása. A növekvő műtrágyaadagok azonban szignifikánsan növelték az őszi búza levélterületét, és a legnagyobb levélterületet az $N_{150}+PK$ tápanyagszintnél mértük (14. ábra).



14. ábra. AZ ŐSZI BÚZA LAI-ÉRTÉKEINEK ALAKULÁSA BI- ÉS TRIKULTÚRA VETÉSVÁLTÁS ESETÉN (DEBRECEN, 2012)

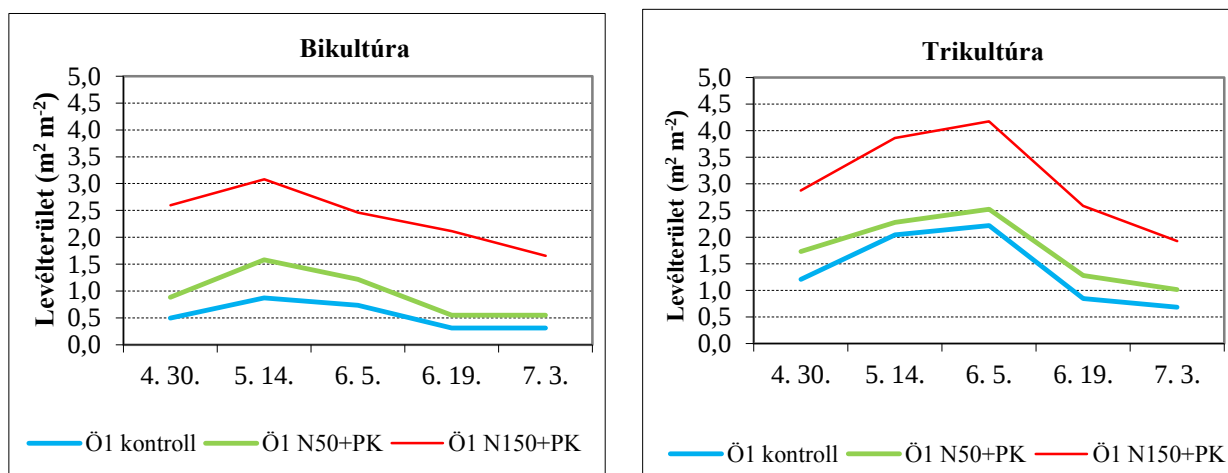
Bikultúránál az $N_{150}+PK$ műtrágyadózis hatására virágzáskor ($3,6\text{ m}^2\text{m}^{-2}$) 180 %-kal nagyobb levélterületet mértünk, mint a kontroll tápanyagszintnél ($2,0\text{ m}^2\text{m}^{-2}$). Trikultúránál mindhárom műtrágyadózis esetén növekedett a levélterület a különböző mérési időpontokban, azonban az

N₁₅₀+PK kezelés már nem növelte olyan mértékben a LAI-értéket. Virágzáskor a legnagyobb tápanyagdózis hatására 132 %-os levélterület növekedést tapasztaltunk a kontrollhoz képest.

2013. tenyészév

A 2013. tenyészév időjárásának hatására a képződött levélterület nagysága és dinamikája eltért az előző két évtől. Március és április időjárása kedvező volt a búza vegetatív fejlődése és a tavaszi bokrosodása szempontjából, miközben a talajban is megfelelő nedvességtartalék állt a növények rendelkezésére. Emiatt a búza állományok kukorica és borsó elővetemény után is már 2-3 nóduszos állapotban érték a maximális levélterületet, vagy csekély mértékben nőttek tovább. Bikultúránál a műtrágyázatlan parcellákon 0,9 volt az 1m²-re eső levélterület, a legnagyobb tápanyagszinten pedig 3,1 m²m⁻²-t mértünk. Trikultúránál május közepén a kontroll kezelésnél 2,2, az N₅₀+PK dózis hatására 2,5, az N₁₅₀+PK kezelésnél 4,2 m²m⁻² volt a LAI.

A két vetésváltás összehasonlítása során azt figyeltük meg, hogy trikultúránál szignifikánsan nagyobb volt a levélterületi index, és az utolsó méréskor is nagyobb értékeket mértünk. (0,7-1,9 m²m⁻²). Bikultúránál a levelelhalás gyorsabb ütemben bekövetkezett a kontroll (0,3 m²m⁻²) és az N₅₀+PK kezelésnél (0,5 m²m⁻²), míg a legnagyobb műtrágyaszintnél a levélvesztés mértéke mérsékeltebb volt (15. ábra).



	04.30.	05.14.	06.05.	06.19.	07.03.
SZD 5% műtrágyázás	0,3	0,4	1,1	0,4	0,3
SZD 5% vetésváltás	0,8	0,8	0,9	0,7	0,5

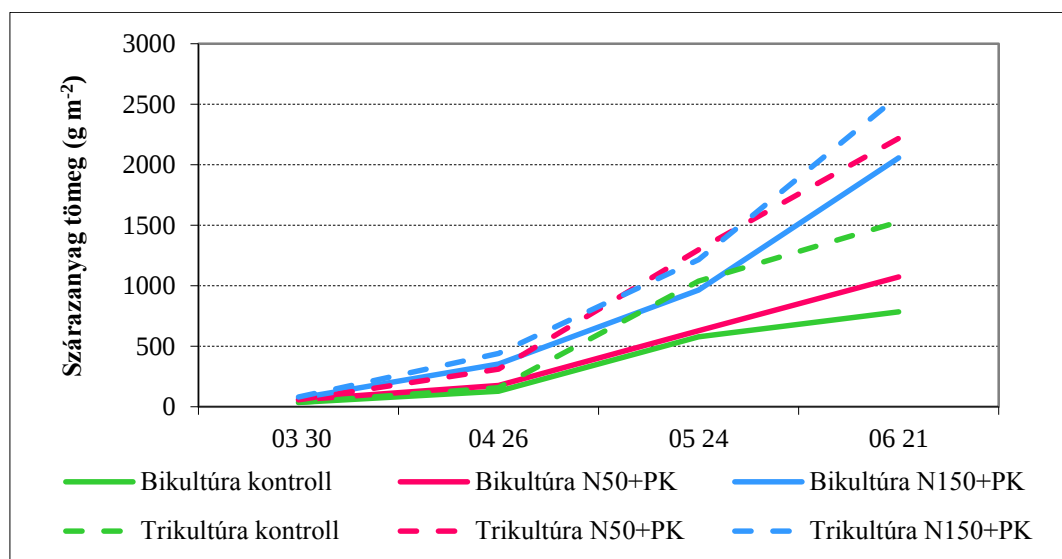
15. ábra. AZ ŐSZI BÚZA LAI-ÉRTÉKEINEK ALAKULÁSA BI- ÉS TRIKULTÚRA VETÉSVÁLTÁS ESETÉN (DEBRECEN, 2013)

Szárazanyagtömeg

A szárazanyagtömeg statisztikai értékelése során is egytényezős varianciaanalízist végeztünk 5 %-os hibahatárral. A középértékek összehasonlításához LSD tesztet alkalmaztunk, az $SZD_{5\%}$ értékét Sváb (1981) szerint számoltuk ki.

2011. tenyészév

A 2011. tenyészévben a képződött összes szárazanyagtömeg a kontroll kezelésben 785,2-1528,4 g m⁻², az N₅₀+PK kezelésben 1073,2-2217,6 g m⁻², N₁₅₀+PK kezelésben 2056,8-2570,4 g m⁻² között változott vetésváltástól függően (16. ábra). Statisztikailag is igazolható különbséget lehetett megállapítani a három műtrágya dózis hatása között. A szárazanyagképződés a tenyészidő végéig tartott, azonban az intenzív szárazanyagképződés májusban zajlódott le. A két vetésváltási rendszert együttesen vizsgálva megállapíthatjuk, hogy borsó elővetmény után szignifikánsabb több szárazanyag képződött, trikultúra vetésváltásnál az N₅₀+PK tápanyagszinten (2217,6 g m⁻²) közel ugyannyi, mint bikultúránál az N₁₅₀+PK kezelésénél (2056,8 g m⁻²).

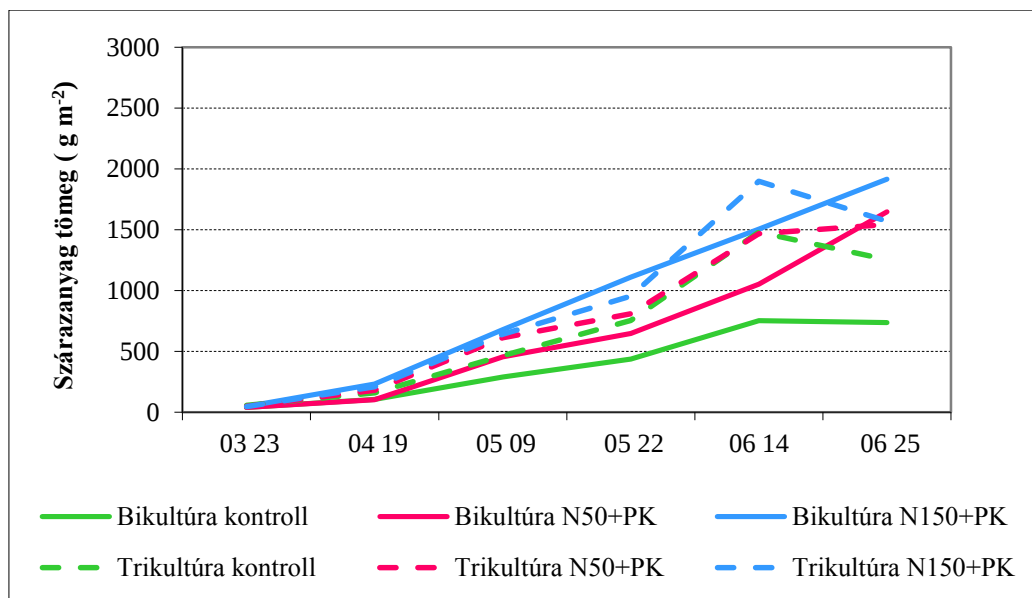


16. ábra. A MŰTRÁGYÁZÁS ÉS A VETÉSVÁLTÁS HATÁSA AZ ŐSZI BÚZA ÖSSZES FÖLDFELETTI SZÁRAZANYAGTÖMEGÉRE (DEBRECEN, 2011)

2012. tenyészév

A 2012. évben a képződött szárazanyagtömeg a kontroll kezelésben 752,4-1481,2 g m⁻², az N₅₀+PK kezelésben 1543,2-1648,8 g m⁻²-t mértünk előveteménnytől függően. A legnagyobb tápanyagszinten bikultúránál 7,7 %-al, trikultúránál 25,4 %-al kevesebb

szárazanyag kápzódott, mint 2011-ben (17. ábra). A szárazanyagképződés mértékét és dinamikáját a műtrágyázás mérsékeltebben befolyásolta trikultúrában (kontroll: 1254,4 g m⁻², az N₅₀+PK: 1543,2 g m⁻², N₁₅₀+PK: 1569,6 g m⁻²), mint bikultúrában (kontroll: 752,4 g m⁻², az N₅₀+PK: 1648,8 g m⁻², N₁₅₀+PK: 1917,2 g m⁻²).



	03.23.	04.19.	05.09.	05.22.	06.14.	06.25.
SZD 5% műtrágyázás	11,3	59,1	128,2	228,3	434,6	372,5
SZD 5% vetésváltás	8,5	56,5	137,7	238,5	341,5	411,6

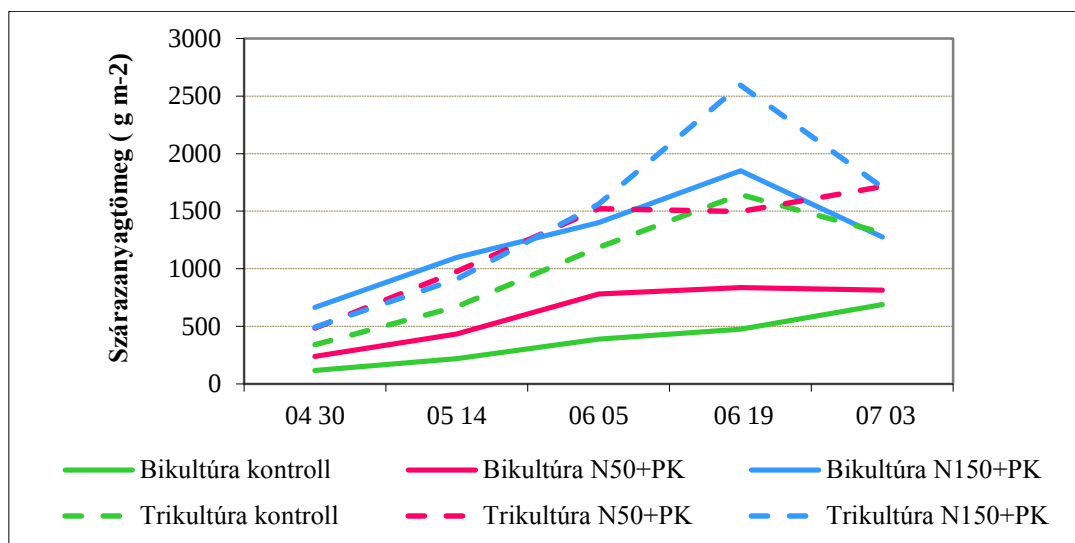
17. ábra. A MŰTRÁGYÁZÁS ÉS A VETÉSVÁLTÁS HATÁSA AZ ŐSZI BÚZA ÖSSZES FÖLDFELETTI SZÁRAZANYAGTÖMEGÉRE (DEBRECEN, 2012)

2013. tenyésztés

A 2013. tenyésztésben a képződött összes szárazanyagtömeg a kontroll kezelésben 688,8-1312,4 g m⁻², az N₅₀+PK kezelésben 814,0-1713,6 g m⁻², N₁₅₀+PK kezelésben 1275,2-1709,2 g m⁻² között változott vetésváltástól függően. A szélsőséges időjárási hatások ellenére a búza állományok vegetatív fejlődése összeségében megfelelő volt, egyes fenofázisokban gyengébb fejlettséget, más fenofázisokban pedig kifejezetten kedvező fejlődési dinamikát mutatott. A szárazanyagképződés június végéig tartott, ezt követően a legnagyobb tápanyagszinten erőteljes csökkenés volt megfigyelhető. A két vetésváltási rendszert együttesen vizsgálva megállapíthatjuk, hogy a legnagyobb tápanyagszinten -a borsó elővetemény jótékony hatásával összefüggésben- 28,7 %-al több szárazanyag képződött, mint kukorica elővetemény után (18. ábra).

A tartamkísérleti eredményeink azt bizonyították, hogy az alkalmazott agrotechnika (elővetemény és műtrágyázás) alapvetően determinálta, meghatározta a vegetációs periódus

időszakában a szárazanyagképződés nagyságát, mértékét, annak dinamikáját, az évjárat pedig módosította azt.



	04.30.	05.14.	06.05.	06.19.	07.03.
SZD 5% műtrágyázás	149,7	293,9	499,5	649,5	467,3
SZD 5% vetésváltás	169,5	285,4	397,4	581,8	294,1

18. ábra. A MŰTRÁGYÁZÁS ÉS A VETÉSVÁLTÁS HATÁSA AZ ŐSZI BÚZA ÖSSZES FÖLDFELETTI SZÁRAZANYAGTÖMEGÉRE (DEBRECEN, 2013)

5.1.4. Az ökológiai és agrotechnikai tényezők hatása az őszi búza növekedésanalízis értékeire

Levélterület tartósság

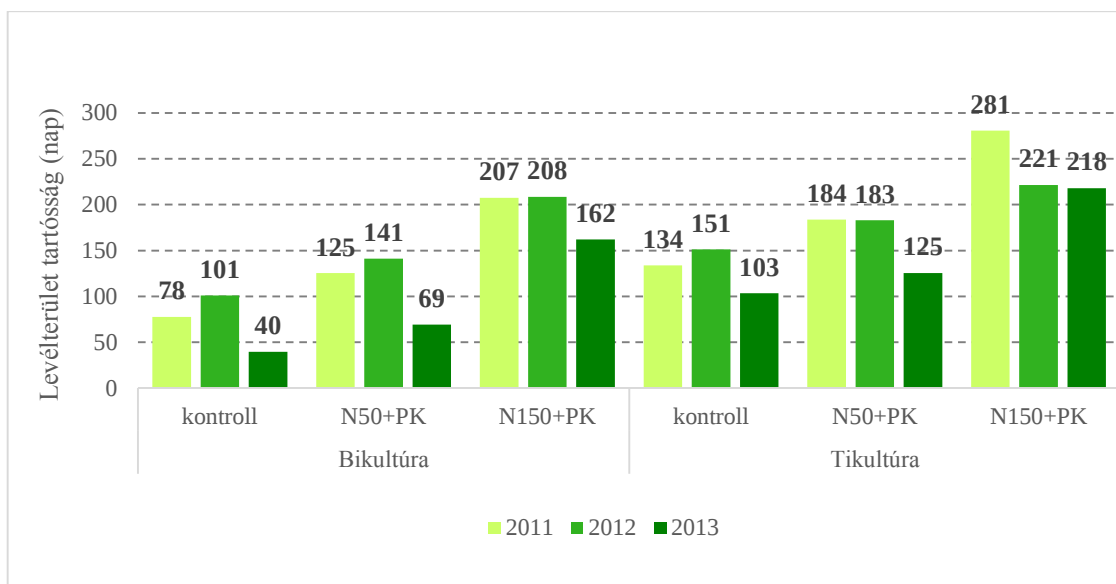
A LAD kvantitatív formában fejezi ki, hogy milyen hosszú ideig tartja fenn a növényállomány az aktív fotoszintetizáló területet, amelyet nap-ban fejezünk ki. Arra kerestük a választ, hogy az alkalmazott agrotechnikai tényezőknek (vetésváltás, műtrágyázás) van-e statisztikailag is igazolható hatása a levelek élettartamára.

A levélterület tartósság (LAD) értékei szerint a növekvő N+PK műtrágyázás szignifikánsan növelte a levelek élettartamát mindhárom vizsgált tenyészcsovegben. (19. ábra). A legnagyobb LAD-értékeket az N₁₅₀+PK tápanyagszinten tapasztaltuk, 2011-ben 207-281 nap, 2012-ben 208-221 nap, 2013-ben 162-218 nap volt. A kontroll kezelés során az őszi búza állományok igen hamar elvesztették az aktív fotoszintetizáló területüket, a három vizsgált év közül 2013-ban volt a legkisebb ez az érték, vetésváltástól függően 40-103 nap között változott.

A különböző előveteményeknek 2011, 2012 és 2013-ban is szignifikáns hatása volt a LAD-értékekre, azonban évjáráttól függően volt meghatározó jelentőségű a vetésváltás a levelek élettartamára. Lényeges különbséget a kontroll parcelláknál figyelhettünk meg, bikultúránál 2011-ben 78 nap, 2012-ben 101 nap, 2013-ban 40 nap volt a levélterület tartóssága.

Trikultúránál 2011-ben 134, 2012-ben 151, 2013-ban 103 nap volt a LAD, tehát 149,5-257,5 %-al nagyobb értékeket kaptunk. Az N₅₀+PK és az N₁₅₀+PK tápanyagkezelésnél már mérséklődött a két vetésváltás közötti különbség.

Ezen eredményeink szerint megállapítható, hogy az egyik legfontosabb, a levelek növekedését, fejlődését és élettartamát jelentősen befolyásoló elem a harmonikus N+PK trágyázás.



	2011.	2012.	2013.
SZD 5% műtrágyázás	38	27	37
SZD 5% vetésváltás	52	35	46

19. ábra. A LEVÉLTERÜLET TARTÓSSÁG (LAD) ALAKULÁSA A KÜLÖNBÖZŐ AGROTECHNIKAI TÉNYEZŐK (VETÉSVÁLTÁS, MŰTRÁGYÁZÁS) HATÁSÁRA ŐSZI BÚZÁNÁL (DEBRECEN, 2011-2013)

Termésnövekedés sebessége vagy terméknövekedési arány (CGR -Crop Growth Rate)

A CGR-értékek kifejezik a növényegyedek, vagy növényállományok örökletes képességét a szárazanyag-akkumulációban, illetve az ökológiai és agronómiai tényezők módosító hatását (Berzsenyi 2005). A termésnövekedés sebességének szezonális dinamikáját tipikusan egy harang alakú görbével jellemzhetjük, ugyanis a CGR érték fokozatosan nő egy maximumig, majd ezt követően csökkenést tapasztaltunk. Kiszámításához a szárazanyagtömeg eredményeket használtuk fel, termésnövekedés sebességét g m⁻² nap⁻¹ mértékegységben kaptuk meg. A számítás magába foglalja a növények destruktív betakarítását, ezért nincs lehetőség arra, hogy az analízist ugyanazokon a növényegyedeken végezzük a kísérlet teljes időszakában

(Berzsenyi 2000). Ez az egyik legnagyobb hátránya a növekedésanalízisnek, amely gyakran mérési hibákhoz is vezethet.

2011. tenyésztés

A kísérlet során számított CGR értékek jól jellemzik az őszi búza szárazanyag képződésének eltérő ütemét a különböző fenofázisokban. Bi- és trikultúra esetén is a március 30-április 26 közötti időszakban (szárbaindulásig) mértük a legkisebb CGR értékeket, amelyek műtrágyázástól függően $3,5-13,3 \text{ g m}^{-2} \text{ nap}^{-1}$ között alakultak. A tápanyagellátás hatására bikultúránál a kontroll és az $N_{150}+PK$, valamint az $N_{50}+PK$ és az $N_{150}+PK$ kezelés között szignifikánsan növekedett a termésnövekedés sebessége, trikultúránál mindhárom trágyakezelés között szignifikáns különbségeket tapasztaltunk. A legnagyobb CGR értékeket a legnagyobb tápanyagszintnél, az $N_{150}+PK$ műtrágya dózisinál kaptuk ($10,5-13,3 \text{ g m}^{-2} \text{ nap}^{-1}$). Az április 26-május 24 közötti időszakban a CGR értékek jelentősen nagyobbak voltak, ekkor $16,0-35,2 \text{ g m}^{-2} \text{ nap}^{-1}$ közötti értékeket tapasztaltunk vetésváltástól és műtrágyázástól függően. A növekvő műtrágyázás szignifikáns hatása ebben a mérési szakaszban is jelentkezett. Virágzástól a viaszérés kezdetéig stagnáló, vagy mérsékelt növekvő tendenciát figyelhettünk meg a termésnövekedés sebességének értékeiben. Bikultúras termesztés esetén $7,4-39,0 \text{ g m}^{-2} \text{ nap}^{-1}$, borsó elővetemény után $17,5-48,4 \text{ g m}^{-2} \text{ nap}^{-1}$ volt a CGR értéke. A két vetésváltási rendszert vizsgálva azt tapasztaltuk, hogy a kukorica után vetett állományoknál minden időszakban kisebb CGR értékeket kaptunk, tehát kevésbé intenzív szárazanyag gyarapodás volt jellemző, mint borsó elővetemény után, azonban ezt statisztikailag nem tudtuk bizonyítani.

18. táblázat. A VETÉSVÁLTÁS ÉS A MŰTRÁGYÁZÁS HATÁSA AZ ŐSZI BÚZA TERMÉSNÖVEKEDÉSI SEBESSÉGÉRE ($\text{g m}^{-2} \text{ nap}^{-1}$, DEBRECEN, 2011)

Vetésváltás	Műtrágyázás	CGR 03.30-04.26	CGR 04.26-05.24	CGR 05.24-06.21	Átlag
Bikultúra	kontroll	3,5	16,0	7,4	9,0
	$N_{50}+PK$	4,4	16,2	15,9	12,2
	$N_{150}+PK$	10,5	21,8	39,0	23,8
Trikultúra	kontroll	4,5	31,5	17,5	17,8
	$N_{50}+PK$	9,4	35,2	32,9	25,8
	$N_{150}+PK$	13,3	27,6	48,4	29,8
<i>SZD_{5%} vetésváltás</i>		3,9	8,1	16,6	
<i>SZD_{5%} műtrágyázás</i>		3,7	12,6	16,5	

2012. tenyésztés

Igen kis CGR értékeket számítottunk a bokrosodás időszakában, műtrágyázástól függően bikultúránál 1,9-7,0 g m⁻² nap⁻¹-ot, trikultúránál 2,8-6,1 g m⁻² nap⁻¹-ot. Bikultúránál a legnagyobb termésnövekedési sebességet az őszi búza állományok virágzáskor érték el, amely kontroll kezelésnél 13,4 g m⁻² nap⁻¹, az N₅₀+PK tápanyagszintél 25,1 g m⁻² nap⁻¹, és az N₁₅₀+PK dózisonál 35,4 g m⁻² nap⁻¹ volt. A növekvő tápanyagszint statisztikailag is igazolható CGR-érték növelő hatása csak a kontroll és N₁₅₀+PK-nál jelentkezett. Trikultúránál teljes érésig folyamatosan növekedett a CGR-érték, és 27,9-33,7 g m⁻² nap⁻¹ értékeket számítottunk tápanyagszinttől függően, azonban a három műtrágyakezelés között szignifikáns különbséget nem találtunk. Viaszerés kezdetéig növekvő, stagnáló, vagy csökkenő tendenciát figyelhettünk meg a termésnövekedés sebességének értékeiben. A két vetésváltási rendszer összehasonlításakor, nem tapasztaltunk szignifikáns különbséget, közel hasonlóan volt intenzív a szárazanyag gyarapodás mértéke kukorica és borsó elővetemény után. A különbség a két vetésváltásnál az őszi búza szárazanyag képződésének eltérő ütemében jelentkezett.

19. táblázat. A VETÉSVÁLTÁS ÉS A MŰTRÁGYÁZÁS HATÁSA AZ ŐSZI BÚZA TERMÉSNÖVEKEDÉSI SEBESSÉGÉRE (g m⁻² nap⁻¹, DEBRECEN, 2012)

Vetésváltás	Műtrágyázás	CGR 03.23-04.19	CGR 04.19-05.09	CGR 05.09-05.22	CGR 05.22-06.14	CGR 06.14-06.25	Átlag
Bikultúra	kontroll	1,9	8,3	13,4	11,6	3,3	7,7
	N ₅₀ +PK	3,0	16,3	25,1	20,2	34,3	19,8
	N ₁₅₀ +PK	7,0	20,6	35,4	26,5	29,9	23,9
Trikultúra	kontroll	2,8	13,2	18,3	27,9	5,6	13,6
	N ₅₀ +PK	3,9	18,9	17,1	29,5	10,8	16,1
	N ₁₅₀ +PK	6,1	22,2	25,8	33,7	-6,5	16,3
SZD 5% vetésváltás		2,0	5,9	13,3	13,9	41,0	
SZD 5% műtrágyázás		2,0	6,0	15,3	19,8	54,0	

2013. tenyésztés

A 2012/2013. évi időjárás bizonyos szakaszaiban kedvezően, más időszakaiban kedvezőtlenül befolyásolta az őszi búza állományok vegetatív és generatív fejlődését, termésképződési folyamatait, amely a CGR-értékek alakulásában is megmutatkozott. Igen kis, olykor negatív CGR értékeket számítottunk a 2-3 nóduszos állapot időszakáig, műtrágyázástól függően bikultúránál -2,4-1,3 g m⁻² nap⁻¹-ot, trikultúránál -2,7-1,1 g m⁻² nap⁻¹-ot. Bikultúránál a legnagyobb termésnövekedési sebesség 06.05-06.19. között volt, amely kontroll kezelésnél 22,2 g m⁻² nap⁻¹, az N₅₀+PK tápanyagszintél 32,7 g m⁻² nap⁻¹, és az N₁₅₀+PK dózisonál 83,2 g m⁻² nap⁻¹.

² nap⁻¹ volt. A növekvő tápanyagszint hatására szignifikánsan nőtt a CGR-érték. Trikultúránál is ebben az időszakban növekedett a termésnövekedés sebessége, és 63,7-112,1 g m⁻² nap⁻¹ értékeket számítottunk tápanyagszinttől függően, a kontroll és az N₅₀+PK műtrágyakezelés között szignifikáns különbséget találtunk. Viaszéréskor csökkenő tendenciát figyelhattunk meg a termésnövekedés sebességének értékeiben. A két vetésváltási rendszernél szignifikáns különbséget tapasztaltunk (20. táblázat).

20. táblázat. A VETÉSVÁLTÁS ÉS A MŰTRÁGYÁZÁS HATÁSA AZ ŐSZI BÚZA TERMÉSNÖVEKEDÉSI SEBESSÉGÉRE (g m⁻² nap⁻¹, DEBRECEN, 2013)

Vetésváltás	Műtrágyázás	CGR 04.30-05.14	CGR 05.14-06.05	CGR 06.05-06.19	CGR 06.19-07.03	Átlag
Bikultúra	kontroll	-0,3	3,5	22,2	15,6	10,3
	N ₅₀ +PK	1,3	9,0	32,7	-5,1	9,5
	N ₁₅₀ +PK	-2,4	5,6	83,2	-36,0	12,6
Trikultúra	kontroll	1,1	8,9	63,7	-5,2	17,1
	N ₅₀ +PK	-2,7	14,1	77,8	-3,2	21,5
	N ₁₅₀ +PK	-2,6	17,7	112,1	-32,8	23,6
SZD 5% vetésváltás		5,9	7,0	36,0	34,9	
SZD 5% műtrágyázás		7,1	9,2	38,9	34,4	

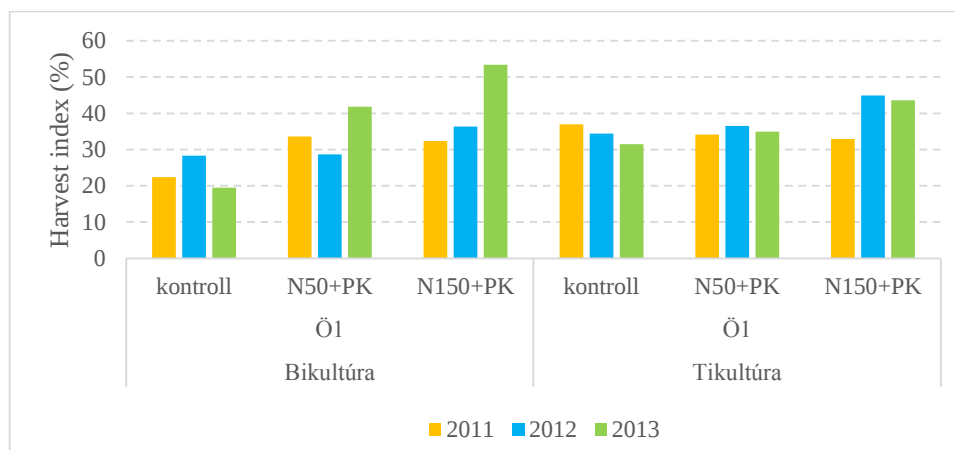
Harvest index (%)

A HI (*Harvest Index*) a hasznos produkció aránya a növény összes föld feletti tömegéhez a betakarítás időpontjában. Jelentős számú kísérleti adat bizonyítja, hogy a HI érzékeny a környezeti és az agrotechnikai (pl.: tápanyagellátottság, tőszám, vízellátottság, stb.) hatásokra, ugyanakkor ez az arányszám sokkal konstansabbnak tekinthető, mint a szemtermés vagy a biomassa (Berzsenyi, 2000). Egyes irodalmi adatok alapján 25-45% között változik a Harvest Index (Huzsvai, 2005), azonban a magas hozamú fajták maximális harvest indexe az 50- 60%-ot is eléri (Austin et al. 1980).

2011-ben bikultúra vetésváltásnál 22-34%, 2012-ben 28-36%, trikultúránál pedig 2011-ben 33-37%, 2012-ben 34-45% között változott a HI a növekvő tápanyagszintek hatására. Statisztikailag is igazolható különbséget a műtrágyázás hatására nem tudtunk megállapítani. 2013-ban az alkalmazott agrotechnikai tényezőktől függően 19-53 % volt a HI.

2011-ben és 2012-ben szignifikánsan nagyobb volt a HI borsó elővetemény után. Bikultúránál a 2011. tenyészévben a legnagyobb HI 34% volt, trikultúránál 37%. 2012-ben kukorica elővetemény után a legnagyobb tápanyagszintnél 36%, míg trikultúránál a borsó elővetemény hatására az N₁₅₀+PK műtrágya dózissnál 45% volt a Harvest Index. 2013-ban

bikultúránál a legnagyobb tápanyagszintnél 53% volt a HI, borsó elővetemény után, ugyanezen a tápanyagdózisnál 44%-ot kaptunk.



	HI (2011)	HI (2012)	HI (2013)
SZD _{5%} műtrágyázás	9,8	9,6	11,1
SZD _{5%} vetésváltás	7,7	7,6	12,2

20. ábra. A HARVEST INDEX ALAKULÁSA A KÜLÖNBÖZŐ AGROTECHNIKAI TÉNYEZŐK (VETÉSVÁLTÁS, MŰTRÁGYÁZÁS) HATÁSÁRA ŐSZI BÚZÁNÁL (DEBRECEN, 2011-2013)

Relatív növekedési sebesség (RGR-Relatív Growth Rate)

A relatív növekedési sebesség a növekedésanalízis fontos mutatója, kifejezi a szervesanyagtömeg időbeni felhalmozódásának sebességét, növekedésének ütemét. Rendszerint a növényenkénti összes száraztömeg relatív növekedési rátáját határozzák meg, így kiszámításához a tenyészidőszak során vett szárazanyagtömeg eredményeket használtuk fel.

Az RGR-értékeket értékeléséhez egytényezős varianciaanalízist végeztünk 5 %-os hibahatárral. A középértékek összehasonlításához LSD tesztet alkalmaztunk, az SZD_{5%} értékét Sváb (1981) szerint számoltuk ki.

2011. tenyészév

A kísérlet során számított RGR értékek jól jellemzik az őszi búza szárazanyag felhalmozódásának eltérő ütemét a különböző fenofázisokban. Bi- és trikultúra esetén is március 30-május 24 közötti időszakban volt a legnagyobb a relatív növekedési sebesség, amelyek műtrágyázástól és vetésváltástól függően 0,040-0,062 g m⁻² nap⁻¹ között alakultak. Az első mérésakor a tápanyagellátás hatására sem bi- sem trikultúránál nem volt szignifikánsan különbség az RGR-értékekben. Az április 26-május 24 közötti időszakban az RGR értékek közel hasonlóan alakultak vagy csekély mértékben nőttek, mint az előző mérésakor. Az N₁₅₀+PK tápanyagszintnél azonban jelentősen kisebb volt a relatív növekedési sebesség, 0,031—0,037 g

$\text{m}^{-2} \text{ nap}^{-1}$ közötti értékeket tapasztaltunk vetésváltástól függően. A legnagyobb tápanyagszinten szignifikánsan kisebb volt a szárazanyagfelhalmozódás üteme a műtrágyázatlan parcellához képest ebben a mérési szakaszban. Virágzástól a viaszerés kezdetéig az $\text{N}_{150}+\text{PK}$ tápanyagszintnél mérsékelten, míg a másik két tápanyagkezelésnél erőteljesen csökkent az RGR-érték. Bikultúrák termesztés ekkor esetén $0,012\text{-}0,030 \text{ g m}^{-2} \text{ nap}^{-1}$, borsó elővetemény után $0,013\text{-}0,028 \text{ g m}^{-2} \text{ nap}^{-1}$ volt az RGR értéke, tehát a vetésváltásnak a tenyészidőszak alatt nem volt szignifikáns hatása erre a növekedésanalízis mutatóra (21. táblázat).

21. táblázat. A VETÉSVÁLTÁS ÉS A MŰTRÁGYÁZÁS HATÁSA AZ ŐSZI BÚZA RELATÍV NÖVEKEDÉSI SEBESSÉGÉRE ($\text{g m}^{-2} \text{ nap}^{-1}$, DEBRECEN, 2011)

Vetésváltás	Műtrágyázás	RGR 03.30-04.26	RGR 04.26-05.24	RGR 05.24-06.21	Átlag RGR 03.30-06.21
Bikultúra	kontroll	0,048	0,052	0,012	0,037
	$\text{N}_{50}+\text{PK}$	0,040	0,046	0,020	0,036
	$\text{N}_{150}+\text{PK}$	0,060	0,031	0,030	0,040
Tri kultúra	kontroll	0,053	0,067	0,013	0,045
	$\text{N}_{50}+\text{PK}$	0,061	0,053	0,019	0,044
	$\text{N}_{150}+\text{PK}$	0,062	0,037	0,028	0,042
SZD 5% vetésváltás		0,012	0,015	0,012	
SZD 5% műtrágyázás		0,015	0,016	0,014	

2012. tenyészév

A bokrosodás időszakában műtrágyázástól függően bikultúrájánál $0,035\text{-}0,058 \text{ g m}^{-2} \text{ nap}^{-1}$, tri kultúrájánál $0,034\text{-}0,056 \text{ g m}^{-2} \text{ nap}^{-1}$ között változott a relatív növekedési sebesség. Szignifikáns különbséget tapasztaltunk a műtrágyázás hatására, viszont az elővetemény nem befolyásolta jelentősen a szárazanyagtömeg felhalmozódásának ütemét ebben a mérési szakaszban. A legnagyobb RGR-értékeket az őszi búza állományok bi- és tri kultúrájánál is szárbaindulástól a 2-3 nóduszos állapotig érték el, ekkor a kontroll kezelésnél $0,050\text{-}0,059 \text{ g m}^{-2} \text{ nap}^{-1}$ -ot, az $\text{N}_{50}+\text{PK}$ tápanyagszintnél $0,061\text{-}0,073 \text{ g m}^{-2} \text{ nap}^{-1}$ -ot, és az $\text{N}_{150}+\text{PK}$ dózisinál $0,054\text{-}0,057 \text{ g m}^{-2} \text{ nap}^{-1}$ -ot mértünk. A növekvő tápanyagszint statisztikailag is igazolható RGR-érték növelő hatása ekkor már nem jelentkezett, a három műtrágyakezelés hatására hasonló értékeket kaptunk. Ezt követően mindkét vetésváltási rendszernél csökkenést tapasztaltunk, virágzaskor a relatív növekedési sebesség lényegesen lecsökkent az előző fenofázisban mérthez képest. Bikultúrájánál $0,027\text{-}0,037 \text{ g m}^{-2} \text{ nap}^{-1}$, tri kultúrájánál $0,021\text{-}0,038 \text{ g m}^{-2} \text{ nap}^{-1}$ között változott az RGR-érték. A három műtrágyakezelés között jelentős különbséget ekkor sem találtunk. Viaszerés kezdetéig tovább csökkentek az RGR-értékek, és egyes

kezeléseknél negatív eredményeket kaptunk. A negatív relatív növekedési sebességet relatív csökkenési rátának is nevezik. A két vetésváltási rendszer összehasonlításakor, ebben a tenyészévben sem tapasztaltunk szignifikáns különbséget egyik fenofázisban sem, közel hasonlóan volt intenzív a szárazanyag felhalmozódás mértéke kukorica és borsó elővetemény után (22. táblázat).

22. táblázat. A VETÉSVÁLTÁS ÉS A MŰTRÁGYÁZÁS HATÁSA AZ ŐSZI BÚZA RELATÍV NÖVEKEDÉSI SEBESSÉGÉRE (g m⁻² nap⁻¹, DEBRECEN, 2012)

Vetésváltás	Műtrágyázás	RGR 03.23-04.19	RGR 04.19-05.09	RGR 05.09-05.22	RGR 05.22-06.14	RGR 06.14-06.25	Átlag RGR 03.23-06.25
Bikultúra	kontroll	0,037	0,050	0,034	0,024	-0,003	0,028
	N ₅₀ +PK	0,035	0,073	0,027	0,019	0,043	0,039
	N ₁₅₀ +PK	0,058	0,054	0,037	0,013	0,024	0,037
Tri kultúra	kontroll	0,034	0,059	0,038	0,030	-0,015	0,029
	N ₅₀ +PK	0,049	0,061	0,021	0,025	0,005	0,032
	N ₁₅₀ +PK	0,056	0,057	0,029	0,031	-0,017	0,031
SZD 5% vetésváltás		0,012	0,016	0,017	0,012	0,031	
SZD 5% műtrágyázás		0,011	0,019	0,021	0,016	0,039	

2013. tenyészév

A 2012/2013. évi időjárás bizonyos szakaszaiban kedvezően, más időszakokban kedvezőtlenül befolyásolta az őszi búza állományok vegetatív és generatív fejlődését, termésképződési folyamatait, amely az RGR-értékek alakulásában is megmutatkozott. Igen kicsi és negatív RGR-értékeket számítottunk a 2-3 nóduszos állapot időszakáig, műtrágyázástól függően bikultúránál -0,012- -0,002 g m⁻² nap⁻¹-ot, tri kultúránál -0,005-0,001 g m⁻² nap⁻¹-ot.

23. táblázat. A VETÉSVÁLTÁS ÉS A MŰTRÁGYÁZÁS HATÁSA AZ ŐSZI BÚZA RELATÍV NÖVEKEDÉSI SEBESSÉGÉRE (g m⁻² nap⁻¹, DEBRECEN, 2013)

Vetésváltás	Műtrágyázás	RGR 04.30-05.14	RGR 05.14-06.05	RGR 06.05-06.19	RGR 06.19-07.03	Átlag RGR 04.30-07.03
Bikultúra	kontroll	-0,002	0,023	0,068	0,026	0,029
	N ₅₀ +PK	-0,011	0,031	0,053	-0,002	0,018
	N ₁₅₀ +PK	-0,012	0,011	0,066	-0,023	0,010
Tri kultúra	kontroll	-0,003	0,028	0,073	-0,016	0,020
	N ₅₀ +PK	0,001	0,021	0,048	0,009	0,020
	N ₁₅₀ +PK	-0,005	0,019	0,094	-0,030	0,020
SZD 5% vetésváltás		0,017	0,018	0,029	0,023	
SZD 5% műtrágyázás		0,021	0,022	0,034	0,026	

Bikultúránál a legnagyobb relatív növekedési ráta 06.05-06.19. között volt, amely kontroll kezelésnél $0,068 \text{ g m}^{-2} \text{ nap}^{-1}$, az $N_{50}+PK$ tápanyagszintél $0,053 \text{ g m}^{-2} \text{ nap}^{-1}$ és az $N_{150}+PK$ dózisonál $0,066 \text{ g m}^{-2} \text{ nap}^{-1}$ volt. A növekvő tápanyagszint hatására nem volt szignifikáns változás az RGR –értékekben. Trikultúránál is ebben az időszakban növekedett a relatív növekedési sebesség, és $0,048\text{-}0,094 \text{ g m}^{-2} \text{ nap}^{-1}$ értékeket számítottunk tápanyagszinttől függően. Viaszéréskor csökkenő tendenciát figyelhettünk meg, és egyes kezeléseknél negatív RGR-értékeket kaptunk. A két vetésváltási rendszernél szignifikáns különbséget nem tapasztaltunk (23. táblázat).

5.1.5. Az őszi búza termését befolyásoló tényezők összefüggésvizsgálata

Kerestük a választ arra is, hogy a vizsgált paraméterek és az alkalmazott agrotechnikai kezelések milyen kapcsolatban állnak a termés mennyiségével, ezért korrelációs számítást is végeztünk. Vizsgálatainkban a 0,5 alatti értékkel jellemezhető korrelációt gyengének, a 0,5-0,7 közötti r értékeket közepesnek, míg a 0,7 feletti korrelációs együttható esetén a kapcsolatot szorosnak tekintettük.

2011. tenyésztés

Az 24. táblázat tartalmazza a termés, az agrotechnikai tényezők és a betegségek közötti összefüggésvizsgálat eredményét a 2010/2011. tenyészévben. A termés mennyiségét, egyrészt a műtrágyázás és a vetésváltás befolyásolta jelentősen, másrészt pedig negatív közepes összefüggés állapítható meg a betegségek és a növényvédelmi kezelések között ($r=-0,572\text{-}-0,675$).

24. táblázat. A TERMÉS, AZ AGROTECHNIKAI TÉNYEZŐK ÉS A BETEGSÉGEK KÖZÖTTI ÖSSZEFÜGGÉSVIZSGÁLAT PEARSON-FÉLE KORRELÁCIÓVAL (DEBRECEN, 2011)

	Termés	Lisztharmat-fertőzőttség	HTR-fertőzőttség	Levéltrozsa-fertőzőttség
Vetésváltás	0,638(**)	0,205(*)	0,244(**)	0,200(*)
Növényvédelem	0,153 ^{NS}	-0,675(**)	-0,572(**)	-0,578(**)
Műtrágyázás	0,651(**)	0,469(**)	0,638(**)	0,613(**)
Termés	-	0,326(**)	0,446(**)	0,392(**)

(**) A korreláció szignifikáns SZD _{1%}-os szinten

(*) A korreláció szignifikáns SZD _{5%}-os szinten

(NS) Nem szignifikáns

A vetésváltás és a termés mennyisége közötti kapcsolat $r=0,638$ erősségű volt, a műtrágyázás és a termés között is közepes, pozitív kapcsolatot tapasztaltunk ($r=0,651$). Eredményeink szerint a lisztharmat-, a HTR- és a levélrozsa-fertőzőttséget kisebb mértékben

ugyan, de szignifikánsan befolyásolta a vetésváltás ($r=0,200-0,244$), a műtrágyázás pedig erősebben befolyásolta a betegségek megjelenését ($r=0,469-0,638$).

Az 25. táblázatban a termés és a növényfiziológiai mérések eredményeit tüntettük fel a 2010/2011. tenyészévben. A termés mennyisége alapvetően mindegyik növekedési mutatóval (kivéve a Harvest Index) összefüggésben állt. Pozitív erős kapcsolatot tapasztaltunk a termés és a szárbainduláskor mérhető szárazanyagtömeg ($r=0,735$) és relatív klorofilltartalom ($r=0,909$), valamint a viaszéréskor kapott szárazanyagtömeg között ($r=0,854$). A levélterület index (LAI) és a levélterület tartósság (LAD) is szignifikánsan befolyásolta az őszi búza termését, pozitív szoros összefüggést állapítottunk meg közöttük. Közepes és gyenge kapcsolatot mutatott a termés a többi növekedési mutatóval (a márciusi és júniusi SPAD-értékekkel, a márciusi és májusi szárazanyagtömeggel, valamint a tenyészidőszakban számított CGR-értékekkel), az RGR és a termés között csak az első mérési időszakban találtunk statisztikailag is igazolható összefüggést ($r=0,492$). A műtrágyázás és a vetésváltás is befolyásolta a fiziológiai paramétereket és a növekedési mutatókat, közepes-erős pozitív kapcsolatot találtunk, kivéve a HI-nél és az RGR-értéknél.

25. táblázat. A TERMÉS ÉS A NÖVEKEDÉSI MUTATÓK KÖZÖTTI ÖSSZEFÜGGÉSVIZSGÁLAT
PEARSON-FÉLE KORRELÁCIÓVAL (DEBRECEN, 2011)

	Vetésváltás	Műtrágyázás	Termés
SPAD (03.30)	0,286 ^{NS}	0,440(*)	0,435(*)
SPAD (04.26)	0,494(*)	0,765(**)	0,909(**)
SPAD (05.24)	-0,753(**)	0,473(*)	-0,257 ^{NS}
SPAD (06.21)	0,012 ^{NS}	0,729(**)	0,435(*)
LAI (03.30)	0,589(**)	0,721(**)	0,865(**)
LAI (04.26)	0,426(*)	0,874(**)	0,883(**)
LAI (05.24)	0,418(*)	0,845(**)	0,874(**)
LAI (06.21)	0,588(**)	0,676(**)	0,820(**)
Szárazanyagtömeg (03.30)	0,126 ^{NS}	0,899(**)	0,668(**)
Szárazanyagtömeg (04.26)	0,308 ^{NS}	0,764(**)	0,735(**)
Szárazanyagtömeg (05.24)	0,621(**)	0,31 ^{NS}	0,693(**)
Szárazanyagtömeg (06.21)	0,550(**)	0,648(**)	0,854(**)
LAD	0,474(*)	0,845(**)	0,895(**)
CGR (03.30-04.26)	0,314 ^{NS}	0,699(**)	0,699(**)
CGR (04.26-05.24)	0,590(**)	0,035 ^{NS}	0,493(*)
CGR (05.24-06.21)	0,309 ^{NS}	0,649(**)	0,663(**)
HI	0,237 ^{NS}	0,153 ^{NS}	0,329 ^{NS}
RGR (03.30-04.26)	0,341 ^{NS}	0,296 ^{NS}	0,492(*)
RGR (04.26-05.24)	0,253 ^{NS}	-0,585(**)	-0,204 ^{NS}
RGR (05.24-06.21)	-0,02 ^{NS}	0,479(*)	0,317 ^{NS}

(**) A korreláció szignifikáns SZD 1%-os szinten

(*) A korreláció szignifikáns SZD 5%-os szinten

(NS) Nem szignifikáns

2012. tenyésztés

A termés mennyiségét a 2012. évben is jelentősen befolyásolta műtrágyázás ($r=0,832$). A vetésváltás és a termés mennyisége között gyenge pozitív kapcsolat volt ($r=0,195$). Negatív közepes összefüggés állapítható meg a betegségek és a növényvédelmi kezelések között ($r = 0,496 - -0,557$). A lisztharmat-, a HTR- és a levélrozsdá-fertőzöttséget kisebb mértékben befolyásolta a vetésváltás ($r=0,254-0,322$), a műtrágyázás és a betegségek megjelenése közötti kapcsolat pozitív, közepesen erősnek bizonyult ($r=0,534-0,634$).

26. táblázat. A TERMÉS, AZ AGROTECHNIKAI TÉNYEZŐK ÉS A BETEGSÉGEK KÖZÖTTI ÖSSZEFÜGGÉSVIZSGÁLAT PEARSON-FÉLE KORRELÁCIÓVAL (DEBRECEN, 2012)

	Termés	Lisztharmat-fertőzöttség	HTR-fertőzöttség	Levélrozsdá
Vetésváltás	0,195(*)	0,322(**)	0,293(**)	0,254(**)
Növényvédelem	0,16 ^{NS}	-0,496(**)	-0,557(**)	-0,521(**)
Műtrágyázás	0,832(**)	0,534(**)	0,613(**)	0,634(**)
Termés	-	0,400(**)	0,462(**)	0,458(**)

(**) A korreláció szignifikáns SZD 1%-os szinten

(*) A korreláció szignifikáns SZD 5%-os szinten

(NS) Nem szignifikáns

Az 27. táblázatban a termés és a növényfiziológiai mérések eredményeit tüntettük fel a 2011/2012. tenyésztésben. A termés és a növekedési mutatók között találtunk statisztikailag is igazolható összefüggést, de nem minden esetben. A legerősebb pozitív kapcsolat a termés és az április végén, május elején mért relatív klorofilltartalom ($r=0,812-0,888$) között volt, valamint a levélterületi index (LAI), a levélterület tartósság (LAD), a májusi szárazanyagtömeg is szignifikánsan befolyásolta az őszi búza termését, pozitív szoros összefüggést állapítottunk meg közöttük. Közepes és gyenge pozitív kapcsolatot mutatott a termés a többi növekedési mutatóval, az RGR és a termés között csak az első mérési időszakban találtunk statisztikailag is igazolható összefüggést ($r=0,579$). A CGR-értékek május elejéig befolyásolták jelentősen a termés mennyiségének alakulását ($r=0,585-0,679$), ezt követően laza kapcsolatot állapítottunk meg, azonban ez nem volt szignifikáns.

2013. tenyésztés

A termés mennyiségét az előző két évhez hasonlóan befolyásolta műtrágyázás és a vetésváltás. A műtrágyázás és a termés mennyisége között erős pozitív ($r=0,756$), a vetésváltás és a termés között közepesen szoros, pozitív kapcsolatot állapítottunk meg. A növényvédelmi kezeléseknek ebben az évben is szignifikáns hatása volt a betegségek megjelenésére. Az

agrotechnikai tényezők nemcsak a termés mennyiségét, de a lisztharmat-, a HTR- és a levélrozsda-fertőzöttség mértékét is befolyásolták (28. táblázat).

27. táblázat. A TERMÉS ÉS A NÖVEKEDÉSI MUTATÓK KÖZÖTTI ÖSSZEFÜGGÉSVIZSGÁLAT

PEARSON-FÉLE KORRELÁCIÓVAL (DEBRECEN, 2012)

	Vetésváltás	Műtrágyázás	Termés
SPAD (03.23)	0,034 ^{NS}	0,388 ^{NS}	0,318 ^{NS}
SPAD (04.19)	0,458(*)	0,612(**)	0,812(**)
SPAD (05.09)	0,479(*)	0,689(**)	0,888(**)
SPAD (05.22)	0,586(**)	0,540(**)	0,734(**)
SPAD (06.14)	0,632(**)	0,440(*)	0,631(**)
SPAD (06.21)	0,152 ^{NS}	0,553(**)	0,634(**)
LAI (03.23)	0,086 ^{NS}	0,527(**)	0,495(*)
LAI (04.19)	-0,199 ^{NS}	0,849(**)	0,753(**)
LAI (05.09)	0,557(**)	0,748(**)	0,880(**)
LAI (05.22)	0,371 ^{NS}	0,749(**)	0,822(**)
LAI (06.14)	0,643(**)	0,637(**)	0,788(**)
LAI (06.25)	0,337 ^{NS}	0,778(**)	0,863(**)
Szárazanyagtömeg (03.23)	0,357 ^{NS}	-0,036 ^{NS}	0,176 ^{NS}
Szárazanyagtömeg (04.19)	0,273 ^{NS}	0,546(**)	0,578(**)
Szárazanyagtömeg (05.09)	0,3 ^{NS}	0,706(**)	0,804(**)
Szárazanyagtömeg (05.22)	0,195 ^{NS}	0,649(**)	0,712(**)
Szárazanyagtömeg (06.14)	0,553(**)	0,515(*)	0,640(**)
Szárazanyagtömeg (06.25)	0,023 ^{NS}	0,655(**)	0,692(**)
LAD	0,416(*)	0,824(**)	0,910(**)
CGR (03.23-04.19)	0,229 ^{NS}	0,586(**)	0,585(**)
CGR (04.19-05.09)	0,226 ^{NS}	0,578(**)	0,679(**)
CGR (05.09-05.22)	0,024 ^{NS}	0,324 ^{NS}	0,331 ^{NS}
CGR (05.22-06.14)	0,489(*)	0,145 ^{NS}	0,243 ^{NS}
CGR (06.14-06.25)	-0,434(*)	0,117 ^{NS}	0,045 ^{NS}
HI	0,411(*)	0,394 ^{NS}	0,510(*)
RGR (03.23-04.19)	0,12 ^{NS}	0,655(**)	0,579(**)
RGR (04.19-05.09)	-0,001 ^{NS}	0,023 ^{NS}	0,103 ^{NS}
RGR (05.09-05.22)	-0,084 ^{NS}	-0,059 ^{NS}	-0,083 ^{NS}
RGR (05.22-06.14)	0,341 ^{NS}	-0,136 ^{NS}	-0,079 ^{NS}
RGR (06.14-06.25)	-0,4 ^{NS}	0,136 ^{NS}	0,07 ^{NS}

(**) A korreláció szignifikáns SZD 1%-os szinten

(*) A korreláció szignifikáns SZD 5%-os szinten

(NS) Nem szignifikáns

Az 29. táblázatban a termés és a növényfiziológiai mérések eredményeit tüntettük fel a 2012/2013. tenyészévben. A termés mennyisége elsősorban a különböző fenofázisokban mért relatív klorofilltartalommal és levélterületi index-szel, a levélterület tartóssággal, valamint a különböző időpontokban kapott szárazanyagtömeggel mutatott erős pozitív kapcsolatot. Közepes kapcsolatot a HI –nél kaptunk, a kapcsolat szorossága $r=0,573$ volt. A tenyészidőszakban számított CGR- és RGR-értékek lazább, és nem minden esetben szignifikáns kapcsolatot mutattak a termés mennyiségével, mint az előző két évben. A

műtrágyázás és a vetésváltás ekkor is befolyásolta a fiziológiai paramétereket és a növekedési mutatókat. A műtrágyázás közepes-erős, a vetésváltás laza-közepes pozitív kapcsolatot mutatott ezen paraméterekkel.

28. táblázat. A TERMÉS, AZ AGROTECHNIKAI TÉNYEZŐK ÉS A BETEGSÉGEK KÖZÖTTI ÖSSZEFÜGGÉSVIZSGÁLAT PEARSON-FÉLE KORRELÁCIÓVAL (DEBRECEN, 2013)

	Termés	Lisztharmat-fertőzöttség	HTR-fertőzöttség	Levéltrozsa
Vetésváltás	0,405(**)	0,247(**)	0,254(**)	0,233(*)
Növényvédelem	0,118 ^{NS}	-0,612(**)	-0,543(**)	-0,457(**)
Műtrágyázás	0,756(**)	0,603(**)	0,699(**)	0,724(**)
Termés	-	0,499(**)	0,609(**)	0,570(**)

(**) A korreláció szignifikáns SZD 1%-os szinten

(*) A korreláció szignifikáns SZD 5%-os szinten

(NS) Nem szignifikáns

29. táblázat. A TERMÉS ÉS A NÖVEKEDÉSI MUTATÓK KÖZÖTTI ÖSSZEFÜGGÉSVIZSGÁLAT PEARSON-FÉLE KORRELÁCIÓVAL (DEBRECEN, 2013)

	Vetésváltás	Műtrágyázás	Termés
SPAD (04.30)	0,683(**)	0,560(**)	0,790(**)
SPAD (05.14)	0,467(*)	0,736(**)	0,871(**)
SPAD (06.05)	0,165 ^{NS}	0,882(**)	0,799(**)
SPAD (06.19)	0,426(*)	0,556(**)	0,634(**)
SPAD (07.03)	0,472(*)	0,597(**)	0,695(**)
LAI (04.30)	0,329 ^{NS}	0,827(**)	0,882(**)
LAI (05.14)	0,431(*)	0,801(**)	0,900(**)
LAI (06.05)	0,610(**)	0,603(**)	0,808(**)
LAI (06.19)	0,348 ^{NS}	0,846(**)	0,902(**)
LAI (07.03)	0,303 ^{NS}	0,849(**)	0,901(**)
Szárazanyagtömeg (04.30)	0,25 ^{NS}	0,726(**)	0,824(**)
Szárazanyagtömeg (05.14)	0,385 ^{NS}	0,654(**)	0,845(**)
Szárazanyagtömeg (06.05)	0,533(**)	0,533(**)	0,796(**)
Szárazanyagtömeg (06.19)	0,546(**)	0,605(**)	0,810(**)
Szárazanyagtömeg (07.03)	0,700(**)	0,431(*)	0,758(**)
LAD	0,499(*)	0,791(**)	0,922(**)
CGR (04.30-05.14)	0,173 ^{NS}	-0,287 ^{NS}	-0,15 ^{NS}
CGR (05.14-06.05)	0,394 ^{NS}	0,144 ^{NS}	0,337 ^{NS}
CGR (06.05-06.19)	0,451(*)	0,523(**)	0,666(**)
CGR (06.19-07.03)	-0,183 ^{NS}	-0,489(*)	-0,504(*)
HI	-0,093 ^{NS}	0,690(**)	0,573(**)
RGR (04.30-05.14)	0,169 ^{NS}	-0,133 ^{NS}	-0,003 ^{NS}
RGR (05.14-06.05)	0,029 ^{NS}	-0,21 ^{NS}	-0,169 ^{NS}
RGR (06.05-06.19)	0,14 ^{NS}	0,121 ^{NS}	0,118 ^{NS}
RGR (06.19-07.03)	-0,236 ^{NS}	-0,470(*)	-0,528(**)

(**) A korreláció szignifikáns SZD 1%-os szinten

(*) A korreláció szignifikáns SZD 5%-os szinten

(NS) Nem szignifikáns

A három év összefüggés-vizsgálatait együttesen elemezve megállapíthatjuk, hogy az alkalmazott agrotechnikai tényezők közül a műtrágyázás determinálta legjobban a vizsgált paramétereket. Az összefüggés-vizsgálatokkal bizonyítani tudtuk, hogy a levélterület, a levelek élettartama, a relatív klorofilltartalom, a szárazanyagtömeg, és az egyes növekedést jellemző mutatók kapcsolatban vannak a termés mennyiségével. A növényfiziológiai mérések elsősorban a levélterületi index (LAI), relatív klorofilltartalom (SPAD), levélterület tartósság (LAD), szárazanyagtömeg- lehetővé teszik a termés mennyiségének előrejelzését.

5.2. Kukorica

5.2.1. Ökológiai és agrotechnikai tényezők hatása a kukorica termésére

A kukorica termésátlagunkban $4\text{--}7\text{ t ha}^{-1}$ közötti intervallumokban változik. Ez azt jelenti, hogy kb. 5 t ha^{-1} -al maradunk el az EU termésátlagától. Ennek több oka is van, többek között az, hogy talajainkban a tápanyaghiány jelei mutatkoznak és nőtt az aszályos évjáratok gyakorisága (*El Hallof és Sárvári, 2004*). A kukorica termésmennyiségét nagymértékben meghatározza a tápanyagellátás, a vetéside és a tőszám. A disszertációban az agrotechnikai tényezők közül a műtrágyázás, a vetésváltás és az öntözés hatását elemeztük a kukorica termésmennyiségre, eltérő évjáratokban. Egytényezős variancianálízis alkalmaztunk 5%-os szignifikancia szinten, így a faktorokat három független szempontból elemeztük (műtrágyázás, öntözés, vetésváltás). Az alkalmazott agrotechnikai tényezők együttes elemzése is hasznos lehet, mert az egyik faktornak a termésre gyakorolt hatását módosíthatja egy másik, így háromtényezős varianciaanalízist is számoltunk, amelynek eredményét a *3. sz. melléklet* tartalmazza.

2011. tenyésztés

A műtrágyázást vizsgálva megállapítható, hogy monokultúránál az $N_{180}+PK$ szintig volt szignifikáns hatása, és a legnagyobb tápanyagszintnél már csak csekély mértékben nőtt a termés, vagy termésdepresszió következett be. Műtrágyázás hatására monokultúrában akár 194 %-os termésnövekedést is tapasztaltunk, szemben a bikultúrával, ahol maximum 156 %-os volt a növekedés a növekvő tápanyagszintek hatására. Búza elővetemény után a legkisebb termést a kontroll pacelláknál kaptuk, $8769\text{--}9075\text{ kg ha}^{-1}$ -t, a növekvő műtrágyázás szignifikánsan befolyásolta a kukorica termését. Öntözetlen változatnál az $N_{180}+PK$ (12670 kg ha^{-1}), míg az Ö2 és Ö3 vízellátási változatnál a maximum termés az $N_{120}+PK$ műtrágya dózisinál tapasztaltuk ($13304\text{--}14117\text{ kg ha}^{-1}$). Tri kultúránál az öntözetlen és az optimális vízellátás 50 %-

ig visszapótolta változatnál a legnagyobb termést az N₁₂₀+PK tápanyagszint hatására kaptuk (12388-12990 kg ha⁻¹), az Ö3-nál pedig már az N₆₀+PK szintnél elérték a kukorica állományok a maximális termést, ami 13420 kg ha⁻¹ volt.

30. táblázat. AZ ÖNTÖZÉS, A VETÉSVÁLTÁS ÉS A MŰTRÁGYÁZÁS HATÁSA A KUKORICA TERMÉSÉRE (DEBRECEN, 2011)

Öntözés	Tápanyag-szintek	Monokultúra			Bikultúra			Trikultúra		
		Termés	Kontrollhoz viszonyított terméstöbblet		Termés	Kontrollhoz viszonyított terméstöbblet		Termés	Kontrollhoz viszonyított terméstöbblet	
			kg ha ⁻¹	%		kg ha ⁻¹	%		kg ha ⁻¹	%
Ö1	kontroll	6226	0	100	8769	0	100	9602	0	100
	N ₆₀ +PK	8237	2011	132	10143	1374	116	11692	2090	122
	N ₁₂₀ +PK	10619	4393	171	12428	3659	142	12388	2786	129
	N ₁₈₀ +PK	11362	5136	182	12670	3901	144	12020	2418	125
	N ₂₄₀ +PK	11515	5289	185	12271	3502	140	11751	2149	122
Ö2	kontroll	6370	0	100	8805	0	100	9961	0	100
	N ₆₀ +PK	8324	1954	131	10842	2037	123	11712	1751	118
	N ₁₂₀ +PK	11050	4680	173	13304	4499	151	12990	3029	130
	N ₁₈₀ +PK	11927	5557	187	12990	4185	148	12782	2821	128
	N ₂₄₀ +PK	12351	5981	194	12180	3375	138	12617	2656	127
Ö3	kontroll	6741	0	100	9075	0	100	10652	0	100
	N ₆₀ +PK	8659	1918	128	12093	3018	133	13420	2768	126
	N ₁₂₀ +PK	11887	5146	176	14117	5042	156	13086	2434	123
	N ₁₈₀ +PK	12704	5963	188	13586	4511	150	13148	2496	123
	N ₂₄₀ +PK	12035	5294	179	12775	3700	141	12621	1969	118
Minimum		6226	-	-	8769	-	-	9602	-	-
Maximum		12704	-	-	14117	-	-	13420	-	-
Termésátlag		11255								
SZD 5% vetésváltás		678								
SZD 5% öntözés		737								
SZD 5% műtrágyázás		636								

Az elővetemény is szignifikánsan befolyásolta a terméseredményeket. 2011-ben monokultúrában 6226-12704 kg ha⁻¹, bikultúrában 8769-14117 kg ha⁻¹, trikultúrában pedig 9602-13420 kg ha⁻¹ között változtak a terméseredmények vízellátástól és műtrágyázás függően (30. táblázat). Monokultúrában az öntözetlen állománynál az N₂₄₀+PK-nál kaptuk a legtöbb termést (11515 kg ha⁻¹), míg öntözött körülmények között az N₁₈₀+PK műtrágya szintnél. Ezen adatokból következtethetünk arra, hogy a nagyobb műtrágyaadagokkal mérsékelni lehet a rossz elővetemény hatást. A bi- és trikultúrás termesztésnél statisztikailag is tudtuk igazolni a vetésváltás pozitív hatását a termésmennyiségre a monokultúrához képest. Bikultúrában a

kontroll parcellákon átlagosan 2543 kg ha⁻¹-mal, trikultúrában 3376 kg ha⁻¹-mal több termést mértünk, mint a monokultúrák termesztésében. Györffy (1990) vizsgálatai szerint a kukorica monokultúrák termesztésénél fellépő termésdepresszió oka vízháztartásbeli problémákkal és a herbicidrezisztens gyomok elterjedésével hozható összefüggésbe. Ezt bizonyították az eredményeink is, hiszen az öntözés a rossz elővetemény hatására bekövetkező terméseszkökenést mérsékelni tudta. Monokultúrában az Ö3 vízellátási változatnál hasonló terméseredményt értünk el, mint a bi- és trikultúrák termesztés öntözetlen változatánál.

2012. tenyészév

A 2012-ben a kukorica termésátlaga az összes kezelés átlagában 11063 kg ha⁻¹ volt, a legkevesebb termést a monokultúra kontroll parcellájánál kaptuk, 6715 kg ha⁻¹-t, míg a legjobb eredményt trikultúrában az öntözéssel optimumig kiegészített vízellátási változat N₁₂₀+PK tápanyagszinten értük el (13170 kg ha⁻¹). Igen jelentős termésnövekedést lehetett megállapítani a tápanyagellátás hatására. A kontroll parcelláknál vetésváltástól függően 6715-9656 kg ha⁻¹ közötti termésmennyiséget mértünk. Monokultúrák termesztés során a legtöbb termést a N₂₄₀+PK trágyaszintnél, Ö3 változatnál, bikultúrában a N₁₈₀+PK tápanyagszintnél, szintén az Ö3 vízellátásnál, míg a vetésváltás kedvező hatása következményeként trikultúrában a N₁₂₀+PK-nál, az optimális (Ö3) vízellátási típusnál értük el (31. táblázat). A vetésváltás hatását vizsgálva a terméseredményekre, megállapítható, hogy a monokultúra volt a legrosszabb, hasonlóan a 2011. évhez. A kontroll, nem öntözött parcellánál kaptuk a legkevesebb termést, és a különböző vetésváltásban termesztett kukoricánál a monokultúrához képest kontroll, öntözetlen körülmények között 2674-2941 kg ha⁻¹ volt a terméstöbbség. Monokultúrában 6515-12569 kg ha⁻¹, bikultúrában 9389-13083 kg ha⁻¹, trikultúrák termesztésben 9656-13170 kg ha⁻¹ között változott a kukorica termésmennyisége műtrágyaadagától függően. A vetésváltásban termesztett kukorica termése kevésbé ingadozott, mint a kukorica után vetett kukoricáé, tehát a vetésváltásnak nemcsak a termésmennyiségben, hanem a termésbiztonságban betöltött szerepe is jelentős. Az öntözés és a tápanyagellátás hatására monokultúrában is hasonló termésszinteket értünk el, mint bi- és trikultúrában az Ö1 és Ö2 vízellátási változatnál, azonos tápanyagdózisok mellett. A bi- és trikultúrák termesztés összehasonlítása során pedig már nem tapasztaltunk szignifikáns eltérést a terméseredményekben.

31. táblázat. **AZ ÖNTÖZÉS, A VETÉSVÁLTÁS ÉS A MŰTRÁGYÁZÁS HATÁSA A KUKORICA TERMÉSÉRE (DEBRECEN, 2012)**

Öntözés	Tápanyag-szintek	Monokultúra			Bikultúra			Trikultúra		
		Termés	Kontrollhoz viszonyított terméstöbblet		Termés	Kontrollhoz viszonyított terméstöbblet		Termés	Kontrollhoz viszonyított terméstöbblet	
			kg ha ⁻¹	%		kg ha ⁻¹	%		kg ha ⁻¹	%
Ö1	kontroll	6715	0	100	9389	0	100	9656	0	100
	N ₆₀ +PK	9571	2856	143	10970	1581	117	10932	1276	113
	N ₁₂₀ +PK	10297	3582	153	11481	2092	122	11955	2299	124
	N ₁₈₀ +PK	10641	3926	158	11886	2497	127	11710	2054	121
	N ₂₄₀ +PK	11289	4574	168	11470	2081	122	11303	1647	117
Ö2	kontroll	6881	0	100	9820	0	100	9827	0	100
	N ₆₀ +PK	9742	2861	142	11182	1362	114	11427	1600	116
	N ₁₂₀ +PK	11043	4162	160	11674	1854	119	12504	2677	127
	N ₁₈₀ +PK	11284	4403	164	12406	2586	126	11670	1843	119
	N ₂₄₀ +PK	11910	5029	173	11669	1849	119	11347	1520	115
Ö3	kontroll	7028	0	100	10126	0	100	10140	0	100
	N ₆₀ +PK	9852	2824	140	11980	1854	118	12736	2596	126
	N ₁₂₀ +PK	11235	4207	160	12996	2870	128	13170	3030	130
	N ₁₈₀ +PK	11669	4641	166	13083	2957	129	12848	2708	127
	N ₂₄₀ +PK	12569	5541	179	12610	2484	125	12132	1992	120
Minimum		6715	-	-	9389	-	-	9656	-	-
Maximum		12569	-	-	13083	-	-	13170	-	-
Termésátlag		11063								
SZD 5% vetésváltás		531								
SZD 5% öntözés		565								
SZD 5% műtrágyázás		522								

2013. tenyésztés:

A 2013-ban a kukorica termése az összes kezelés átlagában 11190 kg ha⁻¹ volt, a legkevesebbet a monokultúra nem öntözött és trágyázatlan kezelésnél kaptuk, 4862 kg ha⁻¹-t, míg a legjobb eredményt bikultúrában az öntözéssel optimumig kiegészített vízellátási változat, N₁₈₀+PK tápanyagszintnél értük el (14689 kg ha⁻¹). Jelentős termésnövekedést tapasztaltunk a tápanyagellátás hatására, elsősorban a monokultúránál, ahol akár 7096 kg ha⁻¹ többlettermést is eredményezett a műtrágyázás. Bikultúránál a növekvő tápanyagszintek hatására maximum 3075 kg ha⁻¹, trikultúránál 3705 kg ha⁻¹ volt a terméstöbblet.

Az elővetemény termésmennyiséget módosító hatása ebben az évben igen erőteljes volt. Monokultúrában szignifikánsan kevesebb volt a termés, mint bi- vagy trikultúrában, azonban az utóbbi kettő között nem volt statisztikailag is igazolható eltérés. A legnagyobb különbségeket az öntöztelen vízellátási változat, nem műtrágyázott parcellái között találtuk,

vetésváltástól függően 4862-9208 kg ha⁻¹ közötti termésmennyiséget mértünk. A helyesen megválasztott agrotechnikával mérsékelni tudjuk a rossz elővetemény hatást.

Monokultúras termesztés során a legtöbb termést a N₂₄₀+PK trágyaszintnél, Ö3 változatnál, bikultúrában a N₁₈₀+PK tápanyagszintnél, szintén az Ö3 vízellátás esetén, míg a vetésváltás kedvező hatása következményeként trikultúrában a N₁₂₀+PK trágyaszintnél optimális (Ö3) vízellátási típusnál értük el (32. táblázat).

32. táblázat. AZ ÖNTÖZÉS, A VETÉSVÁLTÁS ÉS A MŰTRÁGYÁZÁS HATÁSA A KUKORICA TERMÉSÉRE (DEBRECEN, 2013)

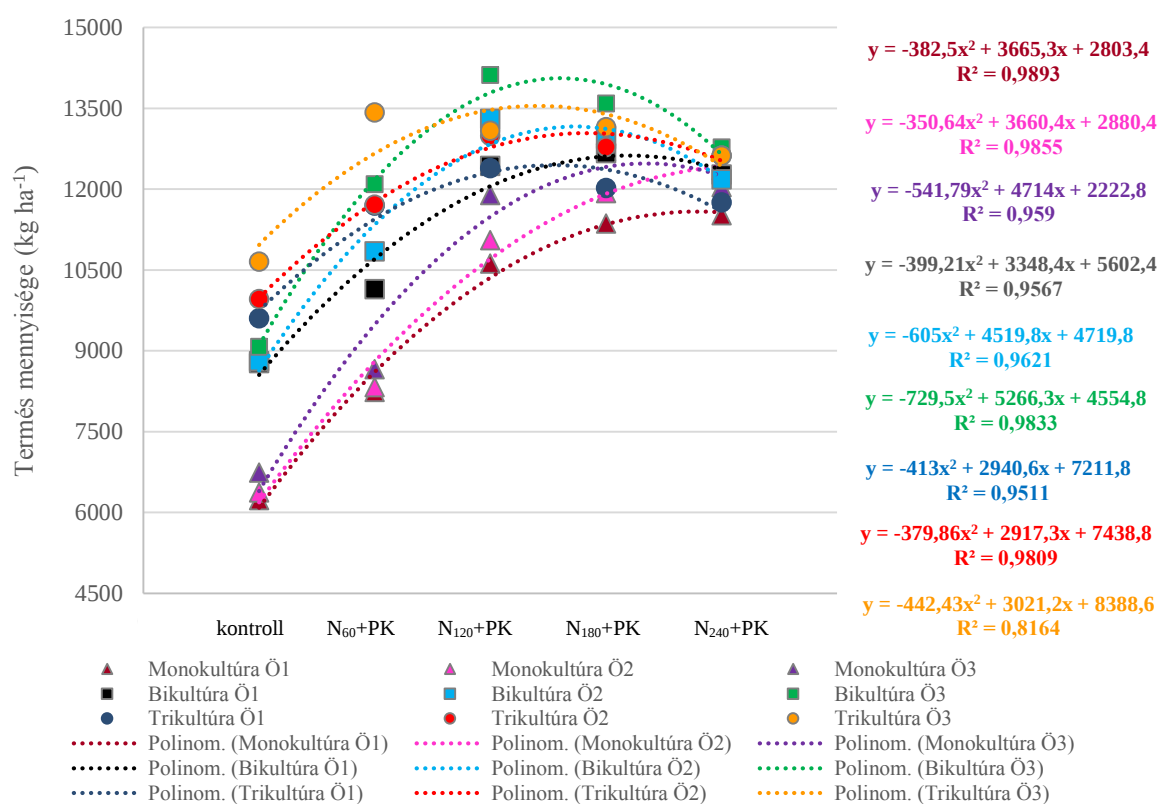
Öntözés	Tápanyag-szintek	Monokultúra			Bikultúra			Tri kultúra		
		Termés	Kontrollhoz viszonyított terméstöbblet		Termés	Kontrollhoz viszonyított terméstöbblet		Termés	Kontrollhoz viszonyított terméstöbblet	
			kg ha ⁻¹	%		kg ha ⁻¹	%		kg ha ⁻¹	%
Ö1	kontroll	4862	0	100	9208	0	100	9029	0	100
	N ₆₀ +PK	7751	2889	159	10812	1604	117	10276	1247	114
	N ₁₂₀ +PK	9216	4354	190	11046	1838	120	10812	1783	120
	N ₁₈₀ +PK	9386	4524	193	11947	2739	130	10203	1174	113
	N ₂₄₀ +PK	9217	4355	190	11719	2511	127	9675	646	107
Ö2	kontroll	5488	0	100	10963	0	100	10219	0	100
	N ₆₀ +PK	8070	2582	147	12527	1564	114	12336	2117	121
	N ₁₂₀ +PK	10545	5057	192	13469	2506	123	13387	3168	131
	N ₁₈₀ +PK	11825	6337	215	13942	2979	127	13005	2786	127
	N ₂₄₀ +PK	11283	5795	206	13176	2213	120	13029	2810	127
Ö3	kontroll	5725	0	100	11614	0	100	10971	0	100
	N ₆₀ +PK	8667	2942	151	13292	1678	114	13492	2521	123
	N ₁₂₀ +PK	11974	6249	209	13906	2292	120	14676	3705	134
	N ₁₈₀ +PK	12821	7096	224	14689	3075	126	13750	2779	125
	N ₂₄₀ +PK	12648	6923	221	14174	2560	122	12719	1748	116
Minimum		4862	-	-	9208	-	-	9029	-	-
Maximum		12821	-	-	14689	-	-	14676	-	-
Termésátlag		11190								
SZD 5% vetésváltás		738								
SZD 5% öntözés		790								
SZD 5% műtrágyázás		956								

A terméseredmények alapján regresszió analízissel kiszámítottuk a műtrágya optimum értékeket (21-23. ábra), amelyeket a 33. táblázat foglal össze.

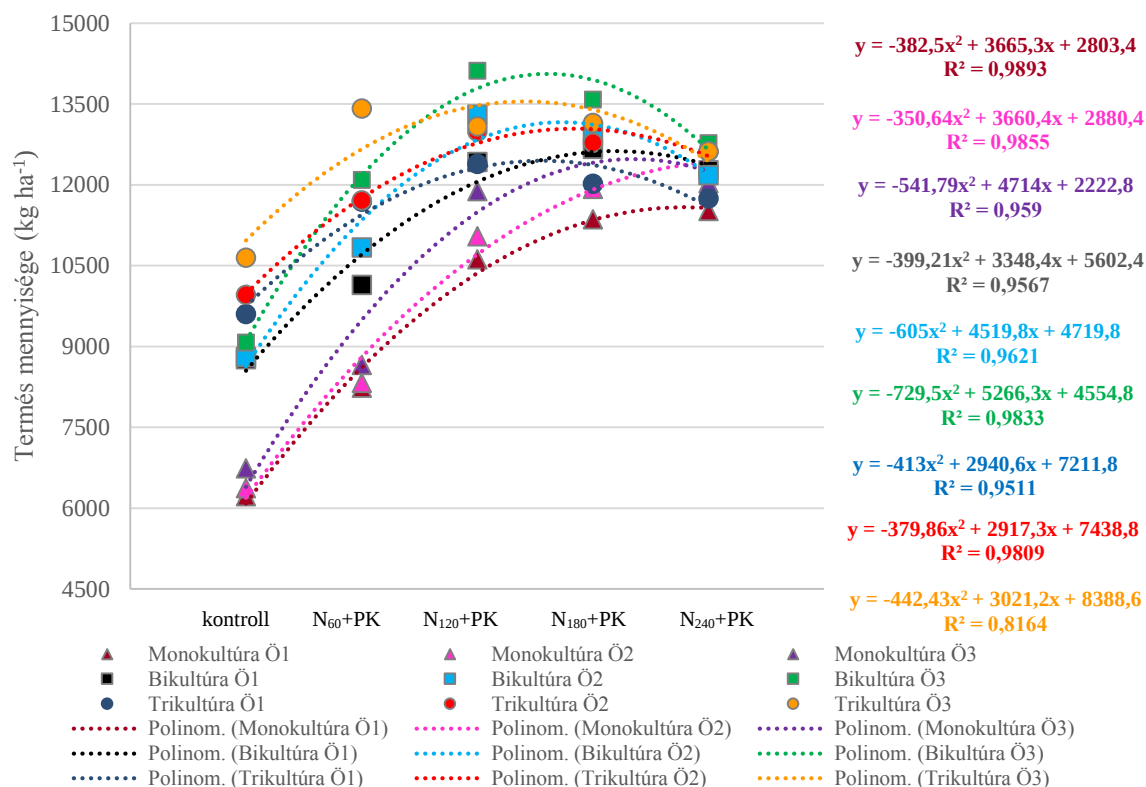
A három évet együttesen vizsgálva megállapíthatjuk, hogy a kukoricatermesztésben meghatározó szerepe van a tápanyagviszapótlásnak, a vetésváltásnak és az öntözésnek is.

33. táblázat. A REGRESSZIÓANALÍZISSEL KAPOTT MŰTRÁGYA OPTIMUM ÉRTÉKEK
KÜLÖNBÖZŐ VETÉSVÁLTÁS ÉS ÖNTÖZÉS ESETÉN (DEBRECEN, 2011-2013)

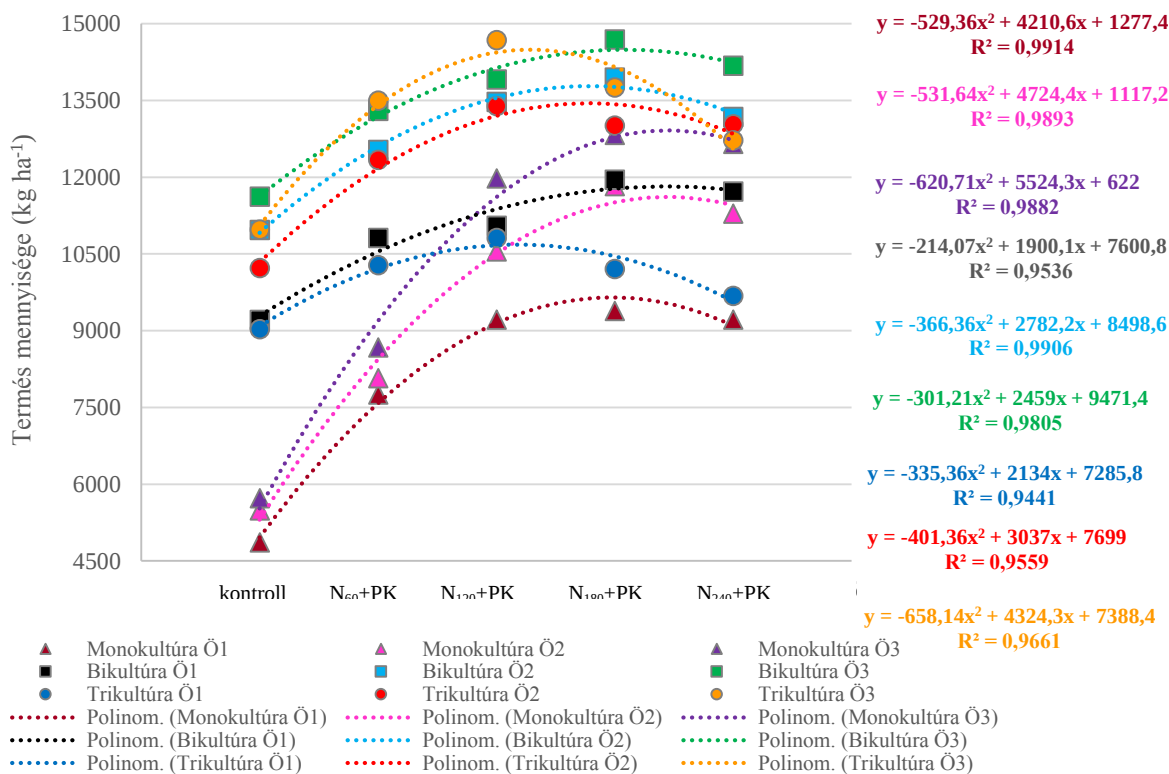
Öntözés	Év	Monokultúra			Bikultúra			Trikultúra		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
		(kg ha ⁻¹)								
Ö1	2011	228	171	171	192	144	144	150-156	112,5-117	112,5-117
	2012	210	157,5	157,5	174	130,5	130,5	156	117	117
	2013	180	135	135	204	168	168	132	99	99
Ö2	2011	240	180	180	162	121,5	121,5	168-174	126-130,5	126-130,5
	2012	210	157,5	157,5	174	130,5	130,5	144	108	108
	2013	204	153	153	168	126	126	168	126	126
Ö3	2011	198-204	148-153	148-153	156	117	117	144	108	108
	2012	234	175,5	175,5	168	126	126	144	108	108
	2013	204-210	153-157,5	153,5-157	186	139,5	139,5	138	103,5	103,5



21. ábra. A RESEDA KUKORICA HIBRID TÁPANYAG-RAKCIÓJÁNAK VIZSGÁLATA
REGRESSZIÓANALÍZISSEL (DEBRECEN, 2011)



22. ábra. A RESEDA KUKORICA HIBRID TÁPANYAG-RAKCIÓJÁNAK VIZSGÁLATA
REGRESSZIÓANALÍZISSEL (DEBRECEN, 2012)



23. ábra. A RESEDA KUKORICA HIBRID TÁPANYAG-RAKCIÓJÁNAK VIZSGÁLATA
REGRESSZIÓANALÍZISSEL (DEBRECEN, 2013)

Kiemelkedő jelentőséggel bír a vetésváltás. A monokultúrában termesztett kukorica a három év átlagában 2003-2090 kg ha⁻¹-ral kevesebb termést adott a vetésváltásban termesztetthez képest. A monokultúrában a kedvezőtlen hatások ellenére is nagy terméseredményeket kaptunk, amely a kiváló termékenységgű mészlepedékes csernozjom talajtípussal magyarázható, amely igazolta *Szell és Makhajada* (2000) eredményeit is.

A kukorica termésképzéséhez jelentős mennyiségű tápanyagot vesz fel a talajból és a kijuttatott trágyából. Monokultúrás kukoricatermesztésben a talaj víz- és tápanyagkészlete jelentősen csökken, ami a mérsékelt terméseredmények kialakulását eredményezi. Ezek miatt a megfelelő termések realizálásához fontos szerep jut tápanyagvisszapótlásnak. Vizsgálataink szerint az optimális N+PK mennyiséget több tényező is befolyásolja. Egyrésről az évjárat jellege, másrésről pedig az alkalmazott agrotechnika (vetésváltás, öntözés). A három év alapján monokultúránál az N₁₈₀₋₂₄₀+PK, bikultúránál az N₁₂₀₋₁₈₀+PK, míg trikultúránál az N₆₀₋₁₂₀+PK mellett kaptuk a legnagyobb termést.

Az öntözés terméstöbbletét az évjárat jellege határozza meg. Mindhárom vizsgált évben többször is sor került a kukorica öntözésére, így az öntözés hatását volt lehetőségünk számszerűsíteni, ami 2011-ben 434-994 kg ha⁻¹, 2012-ben 994-653 kg ha⁻¹, 2013-ban 1874-2664 kg ha⁻¹ terméstöbbletet eredményezett.

5.2.2. Az ökológiai és az agrotechnikai tényezők hatása a kukorica fiziológiai paramétereire

Klorofilltartalom

SPAD-502 típusú klorofill mérőműszer segítségével vizsgáltuk a kukorica nitrogén ellátottságát eltérő vetésváltás, öntözés és tápanyagellátás mellett.

2011. tenyészév

A 2011-ben 6-8 leveles állapotnál tápanyagkezeléstől és öntözéstől függően monokultúránál 47,5-51,9, bikultúránál 47,5-53,8, trikultúránál 49,0-53,8 között változott a SPAD-érték, azaz ebben a fenofázisban nem jelentkezett a vetésváltás szignifikáns hatása. Mindhárom vetésváltási modellnél jelentős különbségeket tapasztaltunk a kontroll és az N₁₂₀+PK trágyaszintek között. A legnagyobb tápanyagszintnek sem az Ö1 sem az Ö3 öntözési változatnál nem volt már pozitív hatása. Kukorica monokultúrában a 12 leveles állapotban egy átmeneti csökkenő tendenciát tapasztaltunk a kontroll tápanyagkezelésnél (42,3-44,9). Bi- és trikultúrában a relatív klorofilltartalom növekedett az előző fenofázishoz képest, a három műtrágyakezelés között pedig a kezelések átlagában jelentős különbségeket nem tapasztaltunk

(34. táblázat). A hímvirágzás fenofázisban mértük a legnagyobb SPAD-értékeket, amelyet jelentősen módosított a vizsgált agrotechnikai tényezők közül a vetésváltás és a műtrágyázás. Monokultúrában az N₁₈₀+PK műtrágya dóziséknál kaptuk a legnagyobb relatív klorofilltartalmat, vízellátási változattól függően 55,7-58,0 értékeket. Bikultúrában már az N₁₂₀+PK szintnél igen nagy SPAD-értéket mértünk, öntözetlen körülmények között 56,9, míg öntözés hatására ez 59,9 volt. A következő tápanyagszintnél ugyan még növekedett a relatív klorofilltartalom, azonban ez csekélynek mondható, már nem bizonyult szignifikánsnak.

34. táblázat. A KUKORICA SPAD-ÉRTÉKEINEK VÁLTOZÁSA A MŰTRÁGYAKEZELÉS, AZ ÖNTÖZÉS ÉS A VETÉSVÁLTÁS HATÁSÁRA (DEBRECEN, 2011)

Vetésváltás	Öntözés	Tápanyagkezelés	6-8 leveles állapot	12 leveles állapot	hímvirágzás	szemtelítődés
Monokultúra	Ö1	kontroll	50,1	44,9	46,9	32,5
		N ₁₂₀ +PK	52,1	51,0	51,4	44,0
		N ₁₈₀ +PK	50,1	53,7	55,7	49,4
	Ö3	kontroll	47,5	42,3	42,3	31,1
		N ₁₂₀ +PK	50,5	51,7	55,5	36,7
		N ₁₈₀ +PK	51,9	53,7	58,0	43,3
Bikultúra	Ö1	kontroll	51,6	54,2	53,6	33,9
		N ₁₂₀ +PK	51,1	54,2	56,9	41,8
		N ₁₈₀ +PK	47,5	53,4	57,9	43,9
	Ö3	kontroll	52,2	51,0	54,6	40,6
		N ₁₂₀ +PK	53,8	54,0	59,9	45,6
		N ₁₈₀ +PK	53,2	53,9	59,3	45,4
Trikultúra	Ö1	kontroll	49,0	53,8	58,5	48,2
		N ₁₂₀ +PK	51,0	53,6	60,0	44,5
		N ₁₈₀ +PK	51,8	56,0	60,3	50,8
	Ö3	kontroll	51,2	53,5	56,6	40,9
		N ₁₂₀ +PK	53,8	54,2	58,9	42,7
		N ₁₈₀ +PK	52,4	54,8	59,2	47,7
Átlag (monokultúra)			50,4	49,5	51,7	39,5
Átlag (bikultúra)			51,6	53,4	57,0	41,9
Átlag (trikultúra)			51,5	54,3	58,9	45,8
SZD 5% vetésváltás			1,5	2,2	2,7	3,7
Átlag (Ö1)			50,5	52,7	55,7	43,2
Átlag (Ö3)			51,8	52,1	56,0	41,5
SZD 5% öntözés			1,2	2,0	2,6	3,2
Átlag (kontroll)			50,5	51,6	53,9	38,9
Átlag (N ₁₂₀ +PK)			52,0	53,2	56,8	43,2
Átlag (N ₁₈₀ +PK)			50,5	54,4	58,3	48,0
SZD 5% műtrágyázás			1,5	2,3	2,8	3,3

Triakultúrában a kezelésektől függően 56,6-60,3 között változott a SPAD-érték. A növekvő műtrágyázás hatására hasonló tendencia volt jellemző, mint bikultúrában. A három vetésváltási

rendszer közül monokultúránál kaptuk a legkisebb relatív klorofilltartalmat, és a szemtelítődési időszakban is lényegesen kisebb értékeket mértünk, az alkalmazott agrotechnikától függően ez 31,1-49,4 volt. Az előző méréshez képest a kontroll parcellák SPAD-értékei jelentősen csökkentek, míg a másik két tápanyagszintnél ez a csökkenés mérsékelt volt.

2012. tenyészév

A 2012. évben 6-8 leveles állapotban tápanyagkezeléstől függően monokultúránál 34,5-36,8, bikultúránál 31,7-35,8, trikultúránál 32,1-35,3 közötti SPAD-értéket mértünk.

35. táblázat. A KUKORICA SPAD-ÉRTÉKEINEK VÁLTOZÁSA A MŰTRÁGYAKEZELÉS, AZ ÖNTÖZÉS ÉS A VETÉSVÁLTÁS HATÁSÁRA (DEBRECEN, 2012)

Vetésváltás	Öntözés	Tápanyag- kezelés	6-8 leveles állapot	12 leveles állapot	hímvirágzás	nővirágzás	szemtelítődés
Monokultúra	Ö1	kontroll	36,8	51,7	51,5	45,5	8,7
		N ₁₂₀ +PK	36,8	51,6	58,7	57,2	26,8
		N ₁₈₀ +PK	34,6	53,1	57,4	59,2	32,3
	Ö3	kontroll	34,5	51,9	54,8	46,5	16,5
		N ₁₂₀ +PK	36,3	51,4	58,6	56,7	18,2
		N ₁₈₀ +PK	35,1	50,6	59,1	57,7	43,8
Bikultúra	Ö1	kontroll	35,7	50,9	59,6	61,3	27,0
		N ₁₂₀ +PK	35,8	53,8	60,6	59,4	52,4
		N ₁₈₀ +PK	33,0	51,8	60,9	60,7	53,4
	Ö3	kontroll	32,7	49,9	58,9	57,7	40,0
		N ₁₂₀ +PK	33,7	51,5	59,2	60,6	50,5
		N ₁₈₀ +PK	31,7	52,4	61,4	61,0	52,2
Trikultúra	Ö1	kontroll	35,3	51,6	57,3	57,8	27,1
		N ₁₂₀ +PK	33,8	50,8	60,0	59,2	50,9
		N ₁₈₀ +PK	32,6	53,6	59,3	61,6	52,4
	Ö3	kontroll	33,4	51,7	58,0	53,5	25,1
		N ₁₂₀ +PK	33,8	51,7	60,1	60,5	47,6
		N ₁₈₀ +PK	32,1	50,4	60,2	60,3	42,8
Átlag (monokultúra)			35,7	51,7	56,7	53,8	24,4
Átlag (bikultúra)			33,8	51,7	60,1	60,1	45,9
Átlag (trikultúra)			33,5	51,7	59,2	58,8	41,0
SZD 5% vetésváltás			1,3	1,5	1,5	2,7	7,3
Átlag (Ö1)			34,9	52,1	58,4	58,0	36,8
Átlag (Ö3)			33,7	51,3	58,9	57,2	37,4
SZD 5% öntözés			1,1	1,2	1,4	2,5	7,4
Átlag (kontroll)			34,8	51,3	56,7	53,7	24,1
Átlag (N ₁₂₀ +PK)			35,0	51,8	59,5	58,9	41,1
Átlag (N ₁₈₀ +PK)			33,2	52,0	59,7	60,1	46,1
SZD 5% műtrágyázás			1,3	1,5	1,5	2,7	7,2

Már ebben a fenofázisban jelentkezett az agrotechnikai kezelések hatása a relatív klorofilltartalomra. A következő mérésakor jelentősen növekedtek a SPAD-értékek, azaz 49,9-53,8 között változtak. A kezelések közötti különbségek kiegyenlítődték, így nem jelentkezett a műtrágyázás, az öntözés és a vetésváltás statisztikailag is igazolható hatása. A növekvő tápanyagszintek következtében ugyan nőtt a relatív klorofilltartalom, de ez nem volt szignifikáns mértékű. A címerhányás idejére szignifikáns eltérés alakult ki a vetésváltás hatására. Monokultúrában átlagosan 56,7 volt a SPAD-érték, míg bi-és trikultúrában 59,2-60,1 között változott. Az öntözésnek köszönhetően növekvő tendenciát állapíthatunk meg a relatív klorofilltartalom alakulásában, azonban ezt statisztikailag nem tudtuk alátámasztani. Ezzel szemben a vizsgált műtrágyakezelések mindegyike szignifikáns SPAD-érték növekedést eredményezett a kontrollhoz képest (35. táblázat). A nővirágzás fenofázisakor mérsékelt csökkenő tendenciát tapasztaltunk a relatív klorofilltartalom értékeiben. Monokultúrájánál lényegesen kevesebb volt (átlag: 53,8), mint a másik két vetésváltási rendszernél (58,8-60,1). A műtrágyázás hatására a SPAD-értékekben kialakult szignifikáns különbségek megmaradtak ekkor is, legrosszabbnak a kontroll, legjobbnak az $N_{180}+PK$ bizonyult, azonban a $N_{120}+PK$ és $N_{180}+PK$ között szignifikáns mértékű eltérést nem tapasztaltunk. A szemtelítődés idejére erőteljesen csökkent a relatív klorofilltartalom, elsősorban monokultúrájánál. Bi- és trikultúrák termesztés során átlagosan 41,0-45,9 között változott a SPAD-érték, tehát a szemtelítődés során is csak mérsékelt csökkentés volt jellemző. A két öntözési változat során ekkor sem kaptunk lényeges, statisztikailag is igazolható különbséget, szemben a műtrágyázás hatásával. A kontroll parcellákon jelentősen kevesebb SPAD-értéket mértünk, mint a másik két műtrágyakezelésnél.

2013. tenyészév

A 2013. tenyészévben az első mérésakor tápanyagkezeléstől és öntözéstől függően monokultúrájánál 31,9-37,6, bikultúrájánál 29,1-33,2, trikultúrájánál 33,4-36,6 között változott a SPAD-érték, már ekkor a három vetésváltási rendszer között lényeges különbségeket tapasztaltunk. Jelentős különbségeket mértünk a műtrágyázás hatására is, a kontroll és az $N_{120}+PK$, illetve a kontroll és az $N_{180}+PK$ trágyaszintek között. A két vízellátási változat SPAD-értékeinek átlaga közel ugyannyi volt (33,1-33,3), tehát nem bizonyult szignifikánsnak. A kukorica 12 leveles állapota során lényegesen nagyobb relatív klorofilltartalom volt mérhető (36. táblázat), monokultúrában a kezelések átlagában 51,3, bikultúrában 51,8, trikultúrában 52,9. Statisztikailag is igazolható különbséget a mono-bi, és a mono-trikultúra esetén állapíthatunk meg. Az öntözési változatok között lényeges különbséget nem mértünk, azonban

a növekvő műtrágyázásnak köszönhetően az N₁₈₀+PK kezelésig sziniofikánsan nőtt a relatív klorofilltartalom.

36. táblázat. A KUKORICA SPAD-ÉRTÉKEINEK VÁLTOZÁSA A MŰTRÁGYAKEZELÉS, AZ ÖNTÖZÉS ÉS A VETÉSVÁLTÁS HATÁSÁRA (DEBRECEN, 2013)

Vetésváltás	Öntözés	Tápanyag- kezelés	6-8 leveles állapot	12 leveles állapot	hímvirágzás	nővirágzás	szemtelítődés
Monokultúra	Ö1	kontroll	31,9	48,0	44,8	39,7	27,8
		N ₁₂₀ +PK	37,3	52,7	52,4	54,7	37,5
		N ₁₈₀ +PK	35,5	52,6	55,2	56,8	35,2
	Ö3	kontroll	31,9	44,5	44,3	39,6	29,4
		N ₁₂₀ +PK	33,7	53,4	51,6	54,8	38,9
		N ₁₈₀ +PK	37,6	56,8	54,9	56,4	46,4
Bikultúra	Ö1	kontroll	31,3	48,9	51,8	53,0	46,3
		N ₁₂₀ +PK	30,6	50,7	53,2	56,4	47,5
		N ₁₈₀ +PK	29,9	54,4	56,5	58,2	49,2
	Ö3	kontroll	29,1	50,9	48,7	48,5	35,3
		N ₁₂₀ +PK	33,2	52,9	57,2	58,7	41,1
		N ₁₈₀ +PK	29,8	53,0	56,8	56,7	36,2
Trikultúra	Ö1	kontroll	33,4	50,7	48,2	49,6	26,8
		N ₁₂₀ +PK	33,7	53,7	55,3	57,0	26,5
		N ₁₈₀ +PK	35,2	55,1	57,8	56,8	25,7
	Ö3	kontroll	33,0	49,2	53,2	48,2	45,4
		N ₁₂₀ +PK	34,7	53,5	57,2	59,0	45,7
		N ₁₈₀ +PK	36,6	55,0	58,2	55,1	47,6
Átlag monokultúra			34,7	51,3	50,5	50,3	35,9
Átlag bikultúra			30,7	51,8	54,0	55,2	42,6
Átlag trikultúra			34,4	52,9	55,0	54,3	36,3
SZD 5% vetésváltás			1,3	1,5	1,5	2,7	7,3
Átlag Ö1			33,2	51,9	52,8	53,6	35,8
Átlag Ö3			33,3	52,1	53,6	53,0	40,7
SZD 5% öntözés			1,1	1,2	1,4	2,5	7,4
Átlag kontroll			31,8	48,7	48,5	46,4	35,2
Átlag N ₁₂₀ +PK			33,9	52,8	54,5	56,8	39,5
Átlag N ₁₈₀ +PK			34,1	54,5	56,6	56,7	40,1
SZD 5% műtrágyázás			1,3	1,5	1,5	2,7	7,2

A címerhányás időszakában bi- és trikultúrában a relatív klorofilltartalom növekedett az előző fenofázishoz képest, a három műtrágyakezelés között a kezelések átlagában jelentős különbségeket nem tapasztaltunk. A nővirágzás idején monokultúrában az N₁₈₀+PK műtrágya dóziséknál kaptuk a legnagyobb relatív klorofilltartalmat, vízellátási változattól függően 56,4-56,8 között változott, tehát az öntözésnek a pozitív hatása nem jelentkezett. Bikultúrában öntözetlen körülmények között már az N₁₂₀+PK szintnél elértük a maximális SPAD-értéket, míg öntözés hatására az N₁₈₀+PK műtrágya dóziséknál volt a legnagyobb relatív klorofilltartalom.

A július végi méréskor trikultúránál is szignifikánsan nagyobb SPAD-értékeket kaptunk a műtrágyázás hatására, a maximális értéket az Ö1 és az Ö3 vízellátási változatnál is az N₁₂₀+PK kezelésnél mértük. A szemtelítődési időszakban is igen magas SPAD-értékek jellemezték a kukorica állományokat, az agrotechnikai tényezőktől függően ez a mutató 25,7-49,2 között változott. A három vetésváltási rendszer közül a kezelések átlagában monokultúránál kaptuk a legkisebb relatív klorofilltartalmat (35,9), bikultúránál pedig a legnagyobbat (42,6). Az előző mérésekhez képest mindhárom műtrágyakezelésnél jelentős csökkenés jellemezte a SPAD-értékeket (35,2-40,1 közötti értéket kaptunk).

Levélterület

2011. tenyészév

Az első méréskor az agrotechnikai kezelésektől függően 0,9-1,6 m²m⁻² között változott a kukorica levélterületi indexe, tehát már ekkor lényeges különbségeket tapasztaltunk (37. táblázat). A műtrágyázásnak volt ebben az időszakban a legnagyobb hatása, a műtrágyázatlan parcellákon monokultúrában 1,0, bikultúrában 1,2, trikultúrában 1,4 m²m⁻²-t mértünk. A levélterületi index dinamikáját és maximális értékét a további fenofázisban is meghatározta a műtrágyázás, és a 12 leveles állapotra megduplázott az 1 m²-re eső levélterület. A vetésváltási rendszerek összehasonlításakor azt tapasztaltuk, hogy a monokultúrához (2,5 m²m⁻²) képest a bi- és trikultúránál is nagyobb LAI-t mértünk (2,7-2,9 m²m⁻²), azonban statisztikailag is igazolható különbség csak a mono-és trikultúra között volt. A maximális LAI-értéket a címerhányás időszakában mértük, monokultúránál 1,7-3,1 m²m⁻², bikultúránál 2,9-3,8 m²m⁻², trikultúránál 3,5-4,4 m²m⁻² között változott öntözéstől és tápanyagszinttől függően. A kontroll parcellák levélterülete a kezelések átlagában elérte 2,9 m²m⁻²-t, az N₁₂₀+PK kezelésnél 118,1 %-kal, az N₁₈₀+PK tápanyagszintnél 124,3 %-kal nagyobb volt a LAI, a kontrollhoz képest. Az öntözött és a nem öntözött parcellák levélterületének alakulásában lényeges eltérést nem tapasztaltunk a hímvirágzás időszakában. Ezt követően, a szemtelítődési fázisokban kezelésektől függetlenül erőteljes csökkenés következett be a levélterületben. A műtrágyázatlan parcellákon 0,9 m²m⁻² volt a LAI, az N₁₂₀+PK műtrágyadózis hatására 1,5, az N₁₈₀+PK esetén 1,9 m²m⁻²-t mértünk, azaz a különbség nem bizonyult szignifikánsnak. A vetésváltás hatása erőteljesen jelentkezett, és a legkisebb levélterület monokultúránál képződött (0,5-1,8 m²m⁻²). Bi-és trikultúránál is a levéllelhalás lassabb ütemben következett be, mint monokultúránál.

37. táblázat. A KUKORICA LAI-ÉRTÉKEINEK (m^2m^{-2}) VÁLTOZÁSA A MŰTRÁGYÁZÁS, AZ ÖNTÖZÉS ÉS A VETÉSVÁLTÁS HATÁSÁRA (DEBRECEN, 2011)

Vetésváltás	Öntözés	Tápanyagkezelés	6-8 leveles állapot	12 leveles állapot	hímvirágzás	szemtelítődés
Monokultúra	Ö1	kontroll	1,0	2,4	1,7	0,5
		N ₁₂₀ +PK	1,4	2,8	2,1	0,6
		N ₁₈₀ +PK	1,7	2,8	2,2	0,9
	Ö3	kontroll	0,9	1,9	1,9	0,5
		N ₁₂₀ +PK	1,3	2,3	3,0	0,8
		N ₁₈₀ +PK	1,3	2,7	3,1	1,0
Bikultúra	Ö1	kontroll	1,1	2,6	2,9	1,4
		N ₁₂₀ +PK	1,1	2,7	3,6	1,7
		N ₁₈₀ +PK	1,2	3,2	3,5	2,2
	Ö3	kontroll	1,0	2,4	3,2	0,8
		N ₁₂₀ +PK	1,1	2,7	3,8	1,0
		N ₁₈₀ +PK	1,3	2,7	3,8	1,4
Trikultúra	Ö1	kontroll	1,2	2,8	3,9	1,7
		N ₁₂₀ +PK	1,3	3,0	4,2	2,4
		N ₁₈₀ +PK	1,6	3,1	4,4	2,3
	Ö3	kontroll	1,0	2,6	3,5	0,8
		N ₁₂₀ +PK	1,1	3,0	4,0	1,0
		N ₁₈₀ +PK	1,1	3,1	4,2	1,2
Átlag monokultúra			1,3	2,5	2,3	0,7
Átlag bikultúra			1,1	2,7	3,5	1,4
Átlag trikultúra			1,2	2,9	4,0	1,6
SZD 5% vetésváltás			0,1	0,3	0,3	0,3
Átlag Ö1			1,3	2,8	3,2	1,5
Átlag Ö3			1,1	2,6	3,4	0,9
SZD 5% öntözés			0,1	0,2	0,4	0,3
Átlag kontroll			1,0	2,4	2,9	0,9
Átlag N ₁₂₀ +PK			1,2	2,7	3,4	1,2
Átlag N ₁₈₀ +PK			1,4	2,9	3,5	1,5
SZD 5% műtrágyázás			0,1	0,2	0,5	0,4

2012. tenyészév

A 2012. tenyészév májusában a LAI-értékek között még igen kicsi különbségeket mértünk, kezelésektől függően 0,2-0,6 m^2m^{-2} -t. A következő mérésnél, amikor a kukorica állományok elérték a 12 leveles fejlettségi állapotot, már jelentős különbségeket tapasztaltunk, elsősorban a műtrágyázás és a vetésváltás hatására. A 2011. évhez hasonlóan a kontroll parcellák levélterülete a kezelések átlagában szignifikánsan kisebb volt, mint az N₁₂₀+PK és az N₁₈₀+PK tápanyagszintnél mért LAI. A maximális levélterületet a következő méréskor, a címerhányás idején kaptuk, ekkor is erőteljesen jelentkezett a növekvő műtrágyaszintek pozitív hatása. Monokultúra vetésváltásnál a kontroll parcellákon 2,6-2,7 m^2m^{-2} -t kaptunk, az

$N_{120}+PK$ szintnél 3,2-3,6 m^2m^{-2} , az $N_{180}+PK$ dózissal 3,3-3,5 m^2m^{-2} között változott LAI. Bi- és trikultúránál kisebb levélterületet tapasztaltunk, azonos tápanyagszinteken (38. táblázat):

38. táblázat. A KUKORICA LAI-ÉRTÉKEINEK (m^2m^{-2}) VÁLTOZÁSA A MŰTRÁGYÁZÁS, AZ ÖNTÖZÉS ÉS A VETÉSVÁLTÁS HATÁSÁRA (DEBRECEN, 2012)

Vetésváltás	Öntözés	Tápanyagkezelés	6-8 leveles állapot	12 leveles állapot	hímvirágzás	nővirágzás	szemtelítődés
Monokultúra	Ö1	kontroll	0,4	2,0	2,7	1,9	1,7
		N ₁₂₀ +PK	0,4	2,6	3,2	2,3	2,0
		N ₁₈₀ +PK	0,6	3,1	3,3	2,5	2,0
	Ö3	kontroll	0,4	2,3	2,6	2,1	1,7
		N ₁₂₀ +PK	0,3	3,0	3,6	2,5	1,9
		N ₁₈₀ +PK	0,4	3,0	3,5	2,8	2,2
Bikultúra	Ö1	kontroll	0,3	1,8	2,8	2,4	1,4
		N ₁₂₀ +PK	0,4	2,2	2,6	2,8	1,8
		N ₁₈₀ +PK	0,3	2,1	3,2	2,7	1,8
	Ö3	kontroll	0,4	2,0	2,8	2,5	1,9
		N ₁₂₀ +PK	0,4	2,3	3,2	2,6	2,1
		N ₁₈₀ +PK	0,4	2,2	3,0	2,6	2,4
Trikultúra	Ö1	kontroll	0,2	2,0	2,8	2,3	1,7
		N ₁₂₀ +PK	0,3	2,8	3,1	2,7	1,8
		N ₁₈₀ +PK	0,3	2,9	3,2	2,9	1,8
	Ö3	kontroll	0,3	2,1	2,6	2,3	1,6
		N ₁₂₀ +PK	0,3	2,8	3,1	2,6	1,7
		N ₁₈₀ +PK	0,4	3,0	3,2	2,7	2,0
Átlag monokultúra			0,4	2,7	3,1	2,3	1,9
Átlag bikultúra			0,4	2,1	2,9	2,6	1,9
Átlag trikultúra			0,3	2,6	3,0	2,6	1,8
SZD 5% vetésváltás			0,1	0,3	0,2	0,2	0,2
Átlag Ö1			0,4	2,4	3,0	2,5	1,8
Átlag Ö3			0,3	2,5	3,1	2,5	1,9
SZD 5% öntözés			0,1	0,3	0,2	0,1	0,2
Átlag kontroll			0,3	2,0	2,7	2,2	1,7
Átlag N ₁₂₀ +PK			0,4	2,6	3,1	2,6	1,9
Átlag N ₁₈₀ +PK			0,4	2,7	3,2	2,7	2,0
SZD 5% műtrágyázás			0,1	0,3	0,2	0,1	0,2

Ebben a tenyészcsoportban a LAI-értékek alakulásában a monokultúra szignifikánsan jobbnak bizonyult, mint a bi- és a trikultúra. Az öntözött és a nem öntözött parcellák levélterületében lényeges eltérést nem tapasztaltunk. A nővirágzás idején mérsékelt, csökkenő tendenciát figyelhetünk meg az agrotechnikai tényezőktől függetlenül. A legerősebb változást

monokultúrájánál állapítottuk meg, a kezelések átlagában $3,1 \text{ m}^2\text{m}^{-2}$ -ről $2,3 \text{ m}^2\text{m}^{-2}$ -re csökkent a levélterület. Ezt követően, a szemtelítődési fázisban kezelésektől függetlenül további csökkenést tapasztaltunk, amely azonban mérsékeltebb volt, mint 2011-ben. A műtrágyázatlan parcellákon átlagosan $1,7 \text{ m}^2\text{m}^{-2}$ volt a LAI, az $\text{N}_{120}+\text{PK}$ műtrágyadózis hatására $1,9$, az $\text{N}_{180}+\text{PK}$ esetén $2,0 \text{ m}^2\text{m}^{-2}$ -t mértünk, azaz a különbség csak a kontroll és a legnagyobb trágyaszint között volt statisztikailag is bizonyítható. A vetésváltásnak elhanyagolható hatása volt a szemtelítődés idején mérhető levélterületre ($1,8\text{-}1,9 \text{ m}^2\text{m}^{-2}$).

2013. tenyészév

A 2013. tenyészév időjárásának hatására a képződött levélterület nagysága és dinamikája eltért az előző két évtől, ugyanis lényegesen kisebb értékeket kaptunk. Az első méréskor ezek az értékek igen kicsik voltak, $0,1\text{-}0,2 \text{ m}^2\text{m}^{-2}$ között változott a kukorica levélterületi indexe, lényeges különbségeket nem tapasztaltunk (39. táblázat). A kukorica következő fenofázisában ugyan az előző méréshez képest jelentősen nőtt a levélterület, de a 2011. és 2012. év LAI-értékeitől lényegesen elmaradt. A műtrágyázásnak szignifikáns hatása volt a képződött levélterület nagyságára. A műtrágyázatlan parcellákon monokultúrájánál $1,0\text{-}1,6$, bikultúrájánál $1,0\text{-}1,3$, trikultúrájánál $1,3\text{-}1,7 \text{ m}^2\text{m}^{-2}$ -t mértünk. Az $\text{N}_{120}+\text{PK}$ tápanyagszinten ez $1,5\text{-}2,1 \text{ m}^2\text{m}^{-2}$ között változott, míg a legnagyobb tápanyagszinten $1,4\text{-}2,3 \text{ m}^2$ között volt az 1 m^2 -re eső levélterület vetésváltástól és öntözéstől függően. A levélterületi index dinamikáját és maximális értékét a további fenofázisban is meghatározta a műtrágyázás. A vetésváltási rendszerek összehasonlításakor címerhányáskor azt tapasztaltuk, hogy a monokultúrához ($1,9 \text{ m}^2\text{m}^{-2}$) képest a bi- és trikultúrájánál is nagyobb LAI-t mértünk ($2,2 \text{ m}^2\text{m}^{-2}$), és ezt statisztikailag is igazolni tudtuk. A maximális LAI-értéket monokultúrájánál a hímvirágzás időszakában mértük, $0,9\text{-}2,6 \text{ m}^2\text{m}^{-2}$ között változott öntözéstől és tápanyagszinttől függően. Bi- és trikultúrájánál sem változott jelentősen a levélterület július végére. A kontroll parcellák levélterülete a kezelések átlagában elérte az $1,6 \text{ m}^2\text{m}^{-2}$ -t, amely jelentősen elmaradt a korábbi években ilyenkor mért értékekhez képest. A szemtelítődési fázisokban kezelésektől függetlenül csökkenő tendenciát tapasztaltunk. Egyes parcelláknál azt kaptuk a kezelések átlagában, hogy augusztus végére további növekedés jellemezte az 1 m^2 -re eső levélterületet. Valószínűleg ezt mérési hiba okozta. A műtrágyázatlan parcellákon $1,8 \text{ m}^2\text{m}^{-2}$ volt a LAI, az $\text{N}_{120}+\text{PK}$ műtrágyadózis hatására $2,1$, az $\text{N}_{180}+\text{PK}$ esetén $2,1 \text{ m}^2\text{m}^{-2}$ -t mértünk, azaz jelentős különbség a kontroll és az $\text{N}_{120}+\text{PK}$, valamint a kontroll és a legnagyobb tápanyagszint ($\text{N}_{180}+\text{PK}$) között volt. A vetésváltás hatása erőteljesen jelentkezett, és a legkisebb levélterület az utolsó méréskor

monokultúránál volt (1,4-2,2 m²m⁻²) Bi-és trikultúránál szignifikánsan nagyobb levélterület maradt fenn augusztus végére.

39. táblázat. A KUKORICA LAI-ÉRTÉKEINEK (m²m⁻²) VÁLTOZÁSA A MŰTRÁGYÁZÁS, AZ ÖNTÖZÉS ÉS A VETÉSVÁLTÁS HATÁSÁRA (DEBRECEN, 2013)

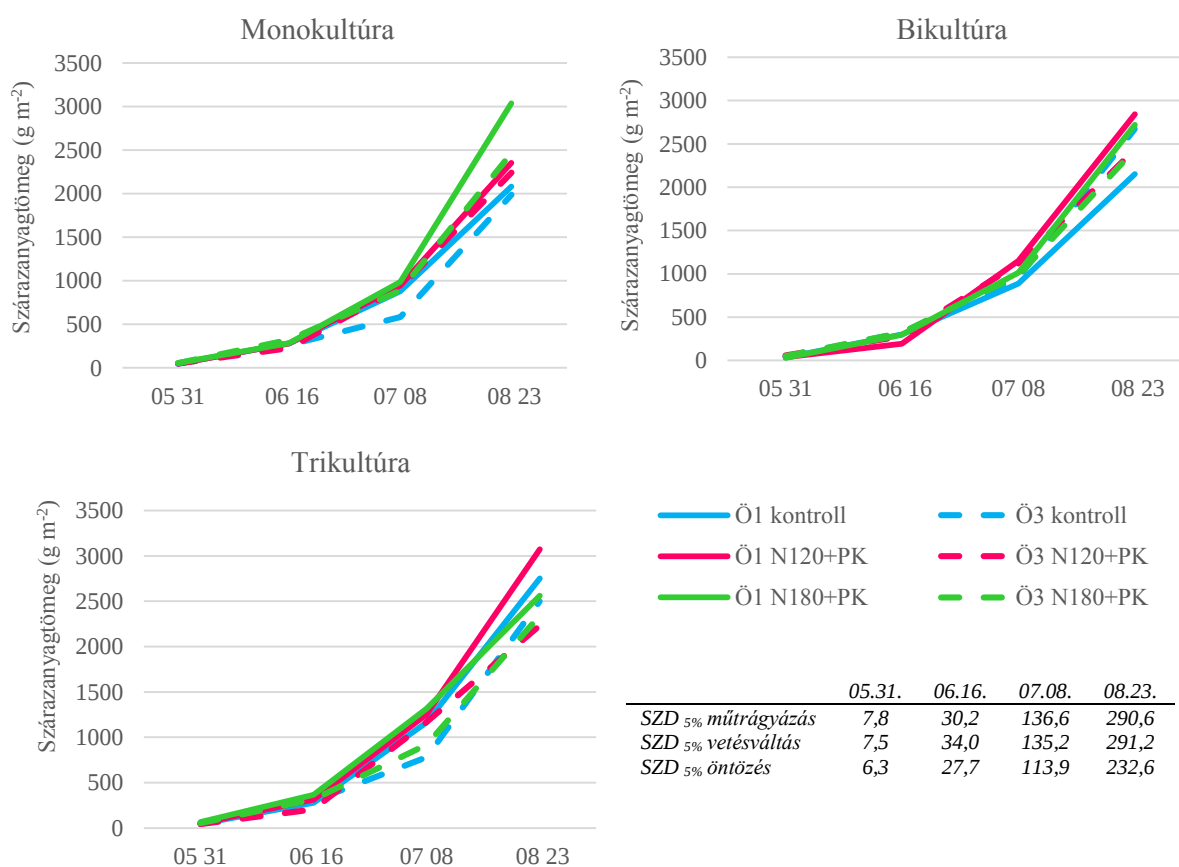
Vetésváltás	Öntözés	Tápanyagkezelés	6-8 leveles állapot	12 leveles állapot	hímvirágzás	nővirágzás	szemtelítődés
Monokultúra	Ö1	kontroll	0,1	1,0	1,2	0,9	1,4
		N ₁₂₀ +PK	0,2	1,6	2,3	2,0	1,9
		N ₁₈₀ +PK	0,1	1,9	2,6	2,4	1,8
	Ö3	kontroll	0,1	1,6	0,9	0,9	1,7
		N ₁₂₀ +PK	0,2	2,1	2,1	2,2	2,1
		N ₁₈₀ +PK	0,2	2,3	2,5	2,4	2,2
Bikultúra	Ö1	kontroll	0,2	1,0	2,0	1,9	1,9
		N ₁₂₀ +PK	0,2	1,5	2,4	2,7	2,1
		N ₁₈₀ +PK	0,2	1,4	2,6	3,0	2,2
	Ö3	kontroll	0,2	1,3	1,8	1,4	2,1
		N ₁₂₀ +PK	0,2	1,6	2,3	2,4	2,1
		N ₁₈₀ +PK	0,2	1,6	2,3	2,7	2,2
Trikultúra	Ö1	kontroll	0,2	1,3	2,1	1,5	1,7
		N ₁₂₀ +PK	0,2	1,9	2,6	2,2	1,8
		N ₁₈₀ +PK	0,2	2,0	2,3	2,4	2,0
	Ö3	kontroll	0,2	1,7	1,9	1,5	2,1
		N ₁₂₀ +PK	0,2	2,0	2,2	2,3	2,4
		N ₁₈₀ +PK	0,2	2,0	2,2	2,6	2,4
Átlag monokultúra			0,1	1,8	1,9	1,8	1,8
Átlag bikultúra			0,2	1,4	2,2	2,3	2,1
Átlag trikultúra			0,2	1,8	2,2	2,1	2,0
SZD 5% vetésváltás			0,02	0,2	0,3	0,4	0,2
Átlag Ö1			0,2	1,5	2,2	2,1	1,9
Átlag Ö3			0,2	1,8	2,0	2,0	2,1
SZD 5% öntözés			0,02	0,2	0,2	0,3	0,1
Átlag kontroll			0,2	1,3	1,6	1,3	1,8
Átlag N ₁₂₀ +PK			0,2	1,8	2,3	2,3	2,1
Átlag N ₁₈₀ +PK			0,2	1,9	2,4	2,6	2,1
SZD 5% műtrágyázás			0,02	0,2	0,2	0,2	0,2

Szárazanyagtömeg

A szárazanyag-produkció rendszeres meghatározásával lehetőségünk nyílt a kukoricanövények növekedési dinamikájának összehasonlító vizsgálatára a különböző kezelésekben (műtrágyázás, elővetemény, öntözés) a kukorica növekedésének teljes időszakában. A szárazanyagtömeg statisztikai értékelése során is egytényezős varianciaanalízist végeztünk 5 %-os hibahatárral. Az SZD_{5%} értékeket a diagramok mellett tüntettük fel.

2011. tenyésztés

A 2011. tenyésztésben a képződött összes szárazanyagtömeg a kontroll kezelésben 1988,3-2751,3 g m⁻², az N₁₂₀+PK kezelésben 2242,9-3071,9 g m⁻², N₁₈₀+PK kezelésben 2340,3-3036,3 g m⁻² között változott vetésváltástól és vízellátástól függően (24. ábra). Statisztikailag is igazolható különbséget lehetett megállapítani a műtrágyakezelés hatására a júniusi és a júliusi növénymintavétel alkalmával. A kukoricanövények kezdeti fejlődésekor, valamint a szemtelítődés idején már nem tapasztaltunk lényeges különbséget a műtrágyázás hatására a szárazanyagtömeg alakulásában. A szárazanyagképződés a tenyészidő végéig tartott, az intenzív szárazanyagképződés júliusban zajlott le.



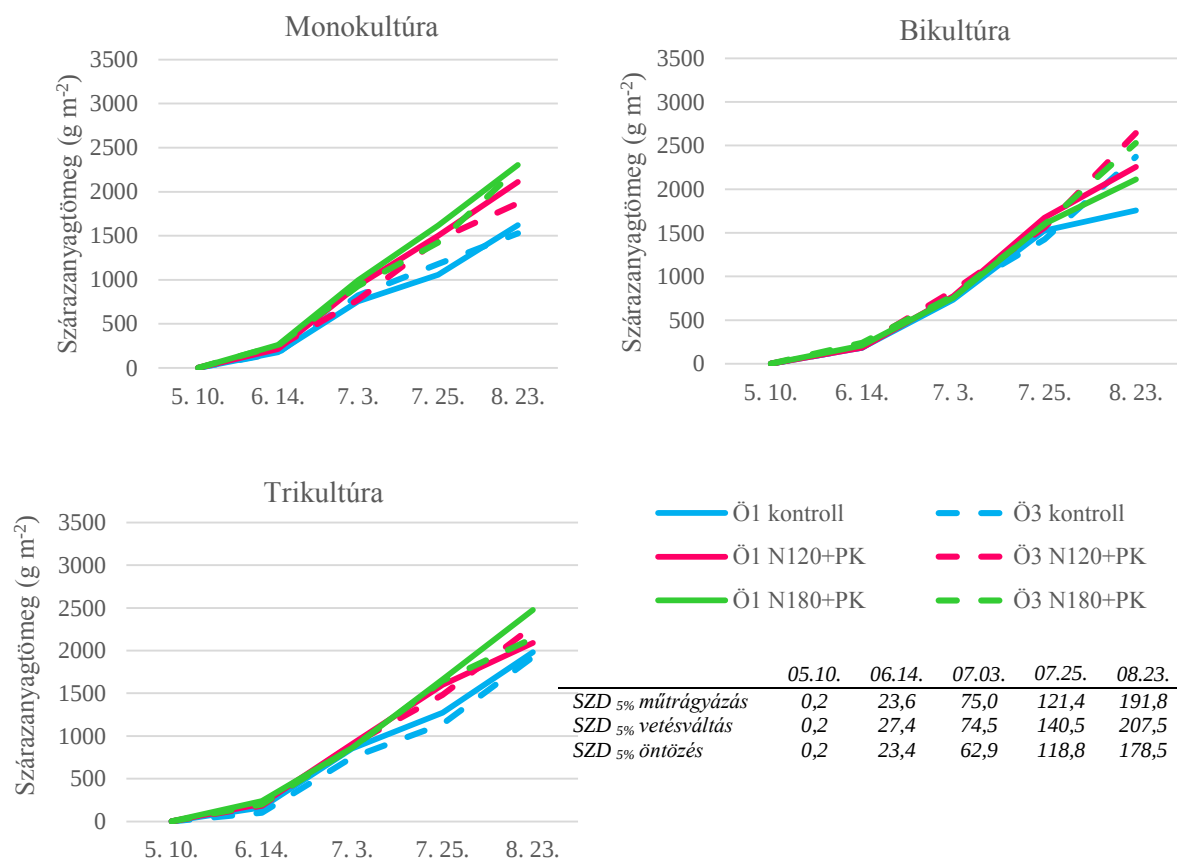
24. ábra. A MŰTRÁGYÁZÁS, A VETÉSVÁLTÁS ÉS AZ ÖNTÖZÉS HATÁSA A KUKORICA ÖSSZES FÖLDFELETTI SZÁRAZANYAGTÖMEGÉRE (DEBRECEN, 2011)

A három vetésváltási rendszert együttesen vizsgálva megállapíthatjuk, hogy a monokultúrában termesztett kukoricánál szignifikánsabb kevesebb szárazanyag képződött (a kezelések átlagában 2361,5 g m⁻²). Bikultúra vetésváltásnál közel hasonló (a kezelések átlagában 2575,8 g m⁻²), mint tri kultúrában (a kezelések átlagában 2618,9 g m⁻²). Az öntözés esetében az

eredmények alapján azt kaptuk, hogy a kezelések átlagában az öntözetlen parcellákon nagyobb a szárazanyagtömeg, 2618 g m⁻²-t számítottunk, az Ö3 vízellátási változatnál 2367,6 g m⁻²-t.

2012. tenyészév

A 2012. évben a képződött szárazanyagtömeg a kontroll kezelésben 1529,9-2369,7 g m⁻²-t, az N₁₂₀+PK kezelésben 1870,6-2643,9 g m⁻²-t, az N₁₈₀+PK-nál 2113,8-2528,9 g m⁻²-t mértünk előveteménytől és öntözéstől függően (25. ábra).



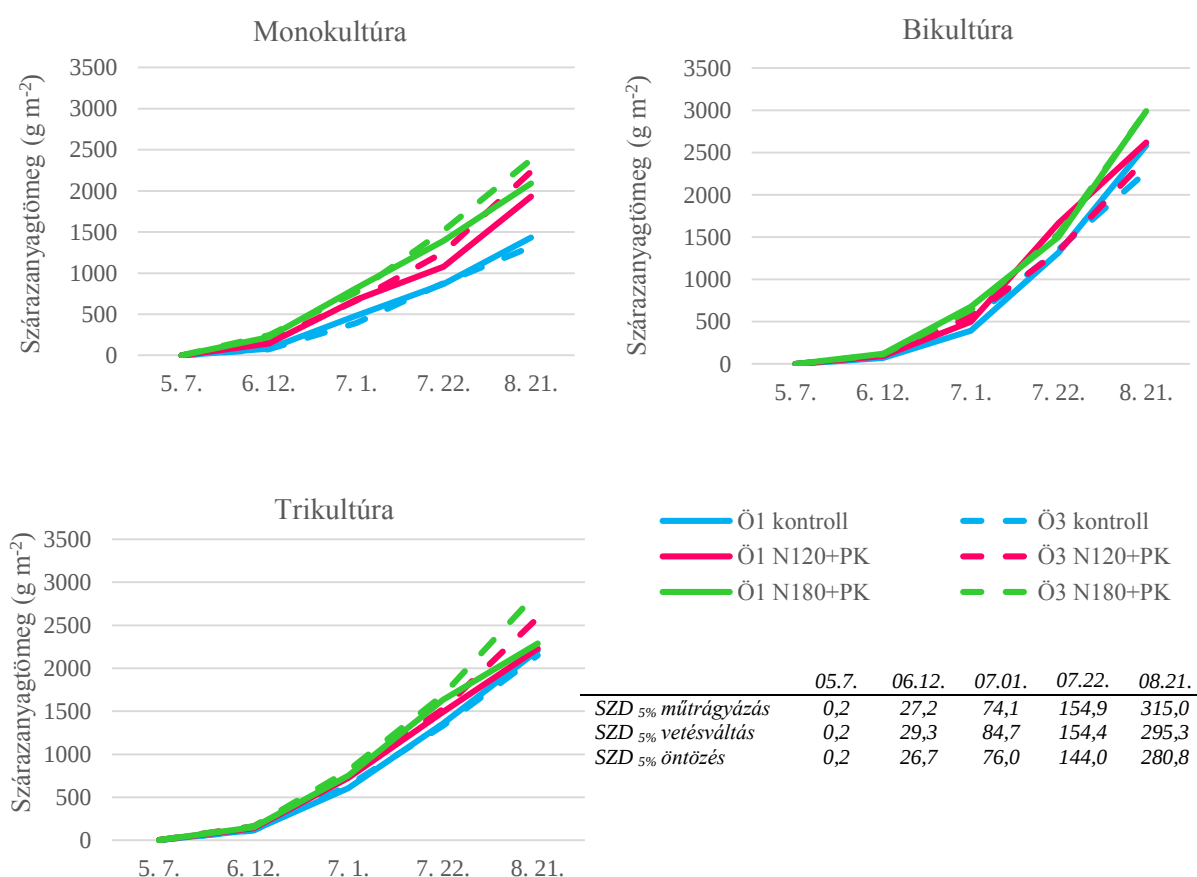
25. ábra. A MŰTRÁGYÁZÁS, A VETÉSVÁLTÁS ÉS AZ ÖNTÖZÉS HATÁSA A KUKORICA ÖSSZES FÖLDFELETTI SZÁRAZANYAGTÖMEGÉRE (DEBRECEN, 2012)

A szárazanyagképződés mértékét és dinamikáját a műtrágyázás mérsékeltebben befolyásolta trikultúrában (kontroll: 1922,2-1979,8 g m⁻², az N₁₂₀+PK: 2090,6-2284,4 g m⁻², N₁₈₀+PK: 2144,4-2477,4 g m⁻²), és bikultúrában (kontroll: 1757,6-2369,7 g m⁻², N₁₂₀+PK: 2255,3-2643,9 g m⁻², N₁₈₀+PK: 2113,8-2528,9 g m⁻²), mint monokultúrában (kontroll: 1529,9-1621,1 g m⁻², N₁₂₀+PK: 1870,6-2111,8 g m⁻², N₁₈₀+PK: 2269,8-2305,6 g m⁻²). A vetésváltás hatására azt tapasztaltuk, hogy a monokultúrában termesztett kukoricánál szignifikánsan kevesebb szárazanyag képződött (a kezelések átlagában 1951,4 g m⁻²), mint bikultúra vetésváltásnál (a

kezelések átlagában 2278,2 g m⁻²). Az öntözés hatására a kukorica összes képződött szárazanyagtömege többnek bizonyult, mint öntöztetlen körülmények között, azonban az eltérés nem volt szignifikáns.

2013. tenyészév

A 2013. tenyészévben a legkisebb szárazanyagtömeget a monokultúras termesztés műtrágyázatlan parcelláinál tapasztaltuk (1320,1-1431,3 g m⁻²). A növekvő műtrágyázás hatására az N₁₂₀+PK tápanyagszintig szignifikánsan nőtt a képződött szervesanyag tömege (a vetésváltás és öntözés átlagában 2339,4 g m⁻²), a legnagyobb tápanyagszintnél kapott növekedés már nem volt jelentős.



26. ábra. A MŰTRÁGYÁZÁS, A VETÉSVÁLTÁS ÉS AZ ÖNTÖZÉS HATÁSA A KUKORICA ÖSSZES FÖLDFELETTI SZÁRAZANYAGTÖMEGÉRE (DEBRECEN, 2013)

A három vetésváltási rendszert együttesen vizsgálva megállapíthatjuk, hogy monokultúránál a műtrágyázás és az öntözés átlagában 751,4 g m⁻² –rel kevesebb szárazanyag képződött, mint bikultúra vetésváltásban (26. ábra), tehát az elővetemény jelentősen

befolyásolta a képződött földfeletti fitomassza tömeget. Az öntözés hatására szignifikáns eltérést nem tapasztaltunk a szárazanyagtömeg képződésének dinamikájában és maximális értékeiben.

A tartamkísérleti eredményeink azt bizonyították, hogy a vizsgált agrotechnikai tényezők közül a műtrágyázás mindhárom évben alapvetően determinálta, meghatározta a vegetációs periódus időszakában a szárazanyagképződés nagyságát, mértékét, annak dinamikáját, az vetésváltási rendszerek közül pedig a bikultúra bizonyult a legjobbnak a szárazanyagtömeg tekintetében. Az öntözésnek nem volt statisztikailag is igazolható hatása egyik évben sem, az évjáratnak pedig módosító szerepe volt a szárazanyagtömeg alakulására.

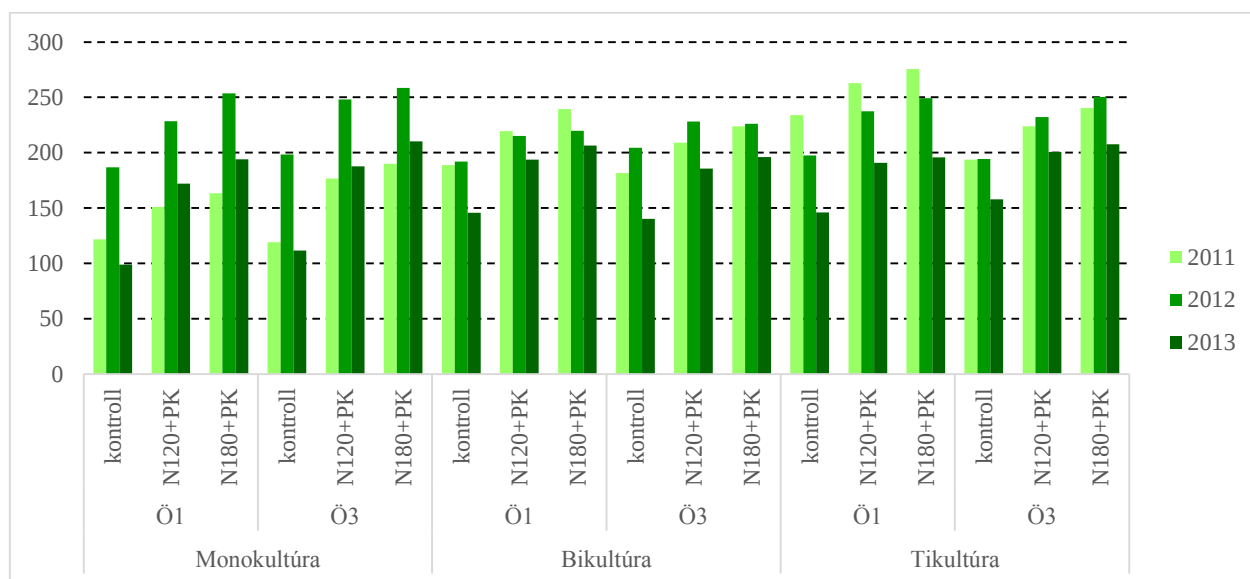
5.2.3. Az ökológiai és agrotechnikai tényezők hatása a kukorica növekedésanalízis értékeire

Levélterület tartósság

A levélterület tartósság (LAD) értékei szerint a növekvő N+PK műtrágyázás szignifikánsan növelte a levelek élettartamát mindhárom vizsgált tenyészcsovegben. (27. ábra). A legnagyobb LAD-értékeket az N₁₈₀+PK tápanyagszinten tapasztaltuk, 2011-ben 163-276 nap, 2012-ben 226-254 nap, 2013-ben 194-210 nap volt vetésváltástól és öntözéstől függően. A kontroll kezelésnél a kukorica állományok igen hamar elvesztették az aktív fotoszintetizáló területüket. Az őszi búza állományokhoz hasonlóan a három vizsgált év közül 2013-ban volt a legkisebb ez az érték, monokultúrában 99-112 nap, bikultúrában 140-146 nap, trikultúrában 146-158 nap között változott. A különböző előveteményeknek 2011, 2012 és 2013-ban is szignifikáns hatása volt a LAD-értékekre, azonban évjáratától függően volt meghatározó jelentőségű a vetésváltás a levelek élettartamára. Legrosszabbnak a monokultúrás termesztés bizonyult, szignifikánsan nagyobb LAD-értékeket kaptunk a bi- és trikultúrás termesztés során. A műtrágyázatlan parcellák LAD-értékei között jelentős különbséget tapasztaltunk a különböző elővetemények hatására, az N₁₈₀+PK tápanyagkezelésnél már mérséklődött a három vetésváltás közötti különbség. Az öntözésnek egyik évben sem volt statisztikailag is igazolható pozitív hatása a LAD-értékek alakulására, csak kis mértékben befolyásolta azt.

Ezen eredményeink szerint megállapítható, hogy az egyik legfontosabb, a levelek növekedését, fejlődését és élettartamát jelentősen befolyásoló elem a harmonikus N+PK trágyázás. Emellett megállapíthatjuk, hogy az elővetemény is meghatározó jelentőségű agrotechnikai tényező a levélterület tartósság alakulásakor. Ugyanakkor a jó elővetemény kedvező hatását a műtrágyázás is módosítja. Az egyes évjáratoknak is nagy szerepe van a LAD-

értékek nagyságára, 2013-ban erőteljesen jelentkeztek az alkalmazott agrotechnikai kezelések pozitív hatásai.



	LAD 2011.	LAD 2012.	LAD 2013.
SZD 5% műtrágyázás	25	10	13
SZD 5% vetésváltás	18	15	21
SZD 5% öntözés0,	22	13	17

27. ábra. A LEVÉLTERÜLET TARTÓSSÁG (LAD) ALAKULÁSA A KÜLÖNBÖZŐ AGROTECHNIKAI TÉNYEZŐK (VETÉSVÁLTÁS, MŰTRÁGYÁZÁS, ÖNTÖZÉS) HATÁSÁRA KUKORICÁNÁL (DEBRECEN, 2011-2013)

Termésnövekedés sebessége vagy terméknövekedési arány (CGR -Crop Growth Rate)

2011. tenyészév

Az 40. táblázat mutatja be az elővetemény, a műtrágyázási kezelések és az öntözés hatását a kukoricánövények termésnövekedési sebességének (CGR) dinamikájára a növekedésanalízis klasszikus módszerével. A kísérlet során számított CGR értékek jól jellemzik a kukorica szárazanyag képződésének eltérő ütemét a különböző fenofázisokban. A 12 leveles állapot eléréséig alacsonyak voltak ezen értékek ($9,6-18,7 \text{ g m}^{-2} \text{ nap}^{-1}$). Ezt követően egy gyors növekedési szakasz következett, és a CGR-értékek az utolsó mérési időszakban sem csökkentek jelentősen, kezelésektől függően $23,1-44,6 \text{ g m}^{-2} \text{ nap}^{-1}$ között változott a terméknövekedési arány. Az első mérési szakaszban nem volt lényeges különbség a CGR-értékekben a vetésváltási rendszerek és az öntözési változatok között, nagyon hasonló eredményeket számoltunk. A tápanyagellátás hatására szignifikánsan a legnagyobb CGR-értékeket az N₁₈₀+PK tápanyagszinten kaptuk (vetésváltás és öntözés átlagában $16,6 \text{ g m}^{-2} \text{ nap}^{-1}$).

¹ –ot). Számításaink alapján a legkisebb CGR-érték az N₁₂₀+PK dózisonál volt (vetésváltás és öntözés átlagában 12,6 g m⁻² nap⁻¹).

40. táblázat. A VETÉSVÁLTÁS, AZ ÖNTÖZÉS ÉS A MŰTRÁGYÁZÁS HATÁSA A KUKORICA TERMÉSNÖVEKEDÉSI SEBESSÉGÉRE (g m⁻² nap⁻¹, DEBRECEN, 2011)

Vetésváltás	Öntözés	Műtrágyázás	CGR 05.31-06.16	CGR 06.16-07.08	CGR 07.08-08.23	Átlag CGR 05.31-08.23
Monokultúra	Ö1	kontroll	14,5	27,3	26,1	22,6
		N ₁₂₀ +PK	14,4	30,2	30,6	25,1
		N ₁₈₀ +PK	14,3	31,9	44,6	30,3
	Ö3	kontroll	13,5	14,5	30,6	19,5
		N ₁₂₀ +PK	11,0	31,6	28,7	23,8
		N ₁₈₀ +PK	16,8	25,7	34,2	25,6
Bikultúra	Ö1	kontroll	16,6	26,8	27,5	23,6
		N ₁₂₀ +PK	9,6	43,5	36,8	30,0
		N ₁₈₀ +PK	16,5	32,7	37,1	28,8
	Ö3	kontroll	17,2	29,1	37,2	27,8
		N ₁₂₀ +PK	13,9	38,0	28,6	26,8
		N ₁₈₀ +PK	16,8	30,2	31,5	26,2
Trikkultúra	Ö1	kontroll	14,4	40,2	34,6	29,7
		N ₁₂₀ +PK	16,4	42,5	39,6	32,8
		N ₁₈₀ +PK	18,7	43,2	27,1	29,7
	Ö3	kontroll	15,2	22,0	37,4	24,8
		N ₁₂₀ +PK	10,2	43,8	23,1	25,7
		N ₁₈₀ +PK	16,4	27,4	30,9	24,9
SZD 5% vetésváltás			2,0	6,5	6,4	
SZD 5% öntözés			1,7	5,4	5,2	
SZD 5% műtrágyázás			1,8	6,4	6,4	

A hímvirágzás időszakában már szignifikáns különbséget tapasztaltunk a három vetésváltási modell között, a monokultúra bizonyult a legrosszabbnak, a legnagyobb CGR-értéket pedig a trikkultúrában termesztésnél kaptuk. A műtrágyázásnak is jelentős volt a hatása, monokultúránál 14,5-27,3 g m⁻² nap⁻¹, bikultúránál 26,8-29,1 g m⁻² nap⁻¹, trikkultúránál 22,0-40,2 g m⁻² nap⁻¹ között változott a CGR-érték a kontroll parcellákon. Az N₁₂₀+PK kezelésnél 38,3 g m⁻² nap⁻¹, az N₁₈₀+PK műtrágyadózisnál 31,8 g m⁻² nap⁻¹ volt a termésnövekedési sebesség a vetésváltás és öntözés átlagában. A következő mérésnél sem a vetésváltásnak, sem az öntözésnek, sem a műtrágyázásnak nem volt jelentős hatása, monokultúránál 26,1-44,6 g m⁻² nap⁻¹, bikultúránál 27,5-37,2 g m⁻² nap⁻¹, trikkultúránál 27,1-39,6 g m⁻² nap⁻¹ között változott a CGR-érték.

2012. tenyésztés

Igen kis CGR értékeket számítottunk a kukorica 8-12 leveles állapotáig, monokultúránál 4,9-7,4 g m⁻² nap⁻¹-ot, bikultúránál 5,3-6,8 g m⁻² nap⁻¹-ot, trikkultúránál 2,8-

6,7 g m⁻² nap⁻¹-ot. Már a kukorica kezdeti fejlődésekor jelentős szerepe volt a műtrágyázásnak a szárazanyaggyarapodás mértékére. Számításaink szerint az elővetemény is befolyásolta a CGR-értékek nagyságát. A kukorica kezdeti fejlődésekor a monokultúra (6,2 g m⁻² nap⁻¹) és a másik két vetésváltási rendszer (5,2-5,7 g m⁻² nap⁻¹) között szignifikáns különbséget tapasztaltunk. Monokultúrában a legnagyobb termésnövekedési sebességet a kukorica állományok hímvirágzáskor érték el, amely a kontroll kezelésnél 30,4-34,2 g m⁻² nap⁻¹, az N₁₂₀+PK tápanyagszintél 28,0-38,0 g m⁻² nap⁻¹, és az N₁₈₀+PK dózisinál 35,4-38,6 g m⁻² nap⁻¹ között alakult. A növekvő tápanyagszint statisztikailag is igazolható CGR-érték növelő hatását igazolni tudtuk, azonban az öntözésnek nem volt lényeges hatása erre a növekedésanalízis mutatóra. Bi- és trikultúránál az agrotechnikai tényezők jelentősen befolyásolták, hogy mikor érték el a kukorica állományok a maximális CGR-értéket (41. táblázat).

41. táblázat. A VETÉSVÁLTÁS, AZ ÖNTÖZÉS ÉS A MŰTRÁGYÁZÁS HATÁSA A KUKORICA TERMÉSNÖVEKEDÉSI SEBESSÉGÉRE (g m⁻² nap⁻¹, DEBRECEN, 2012)

Vetésváltás	Öntözés	Műtrágyázás	CGR 05.10-06.14	CGR 06.14-07.03	CGR 07.03-07.25	CGR 07.25-08.23	Átlag CGR 05.10-08.23
Monokultúra	Ö1	kontroll	5,1	30,4	13,6	20,2	17,3
		N ₁₂₀ +PK	6,1	38,0	25,6	21,9	22,9
		N ₁₈₀ +PK	7,4	38,6	28,2	24,6	24,7
	Ö3	kontroll	4,9	34,2	16,3	12,5	17,0
		N ₁₂₀ +PK	6,8	28,0	31,1	14,9	20,2
		N ₁₈₀ +PK	7,2	35,4	22,5	30,2	23,9
Bikultúra	Ö1	kontroll	5,3	28,9	35,9	8,3	19,6
		N ₁₂₀ +PK	5,3	31,1	40,7	20,9	24,5
		N ₁₈₀ +PK	5,9	28,8	38,5	18,2	22,9
	Ö3	kontroll	5,3	32,7	28,1	33,7	24,9
		N ₁₂₀ +PK	5,9	33,3	32,7	38,7	27,7
		N ₁₈₀ +PK	6,8	28,5	37,1	33,3	26,4
Trikultúra	Ö1	kontroll	4,7	36,2	19,2	25,2	21,3
		N ₁₂₀ +PK	5,9	36,9	31,5	17,5	22,9
		N ₁₈₀ +PK	6,7	32,9	36,4	29,1	26,3
	Ö3	kontroll	2,8	34,1	17,7	28,0	20,7
		N ₁₂₀ +PK	5,2	37,7	26,5	28,6	24,5
		N ₁₈₀ +PK	5,7	34,9	35,7	17,8	23,5
SZD 5% vetésváltás			0,8	3,9	6,2	7,3	
SZD 5% öntözés			0,7	3,3	5,6	5,9	
SZD 5% műtrágyázás			0,7	4	6,3	7,4	

Július végéig megmaradt a statisztikailag is igazolható különbség a vetésváltás és a műtrágyázás hatására a CGR-értékek alakulásában. Az utolsó mérésakor azonban nem tapasztaltunk szignifikáns különbséget, közel hasonlóan volt intenzív a szárazanyag gyarapodás mértéke mindegyik kezelésnél.

2013. tenyésztés

Az 42. táblázat mutatja be az elővetemény, a műtrágyázás és az öntözés hatását a kukoricanövények terméshozadékának (CGR) dinamikájára a növekedésanalízis klasszikus módszerével a 2013. tenyésztésben. A kukorica szárazanyag képződésének eltérő ütemét mutatja, hogy a 12 leveles állapot eléréséig alacsonyok voltak a CGR-értékek (2,0-6,8 g m⁻² nap⁻¹). Ezt követően a terméshozadék sebessége nőtt, és az utolsó mérési időszakban sem csökkentek jelentősen, kezelésektől függően 14,7-49,6 g m⁻² nap⁻¹ között változott a terméshozadék arány.

42. táblázat. A VETÉSVÁLTÁS, AZ ÖNTÖZÉS ÉS A MŰTRÁGYÁZÁS HATÁSA A KUKORICA TERMÉSHOZADÉK SEBESSÉGÉRE (g m⁻² nap⁻¹, DEBRECEN, 2013)

Vetésváltás	Öntözés	Műtrágyázás	CGR 05.07-06.12	CGR 06.12-07.01	CGR 07.01-07.22	CGR 07.22-08.21	Átlag CGR 05.07-08.21
Monokultúra	Ö1	kontroll	2,3	21,0	18,4	18,8	15,1
		N ₁₂₀ +PK	4,0	28,0	19,1	28,5	19,9
		N ₁₈₀ +PK	6,2	31,3	27,4	23,2	22,0
	Ö3	kontroll	2,1	16,8	23,1	14,7	14,2
		N ₁₂₀ +PK	4,9	25,7	27,9	32,8	22,8
		N ₁₈₀ +PK	6,8	27,5	35,8	28,6	24,7
Bikultúra	Ö1	kontroll	2,0	16,8	44,1	42,3	26,3
		N ₁₂₀ +PK	2,6	21,3	55,7	31,8	27,8
		N ₁₈₀ +PK	3,3	29,4	39,4	49,6	30,4
	Ö3	kontroll	2,1	23,4	39,6	30,6	23,9
		N ₁₂₀ +PK	2,8	24,3	36,9	36,4	25,1
		N ₁₈₀ +PK	3,1	27,6	43,1	48,3	30,5
Trikultúra	Ö1	kontroll	3,3	25,5	35,9	28,3	23,2
		N ₁₂₀ +PK	3,9	30,8	36,4	24,7	23,9
		N ₁₈₀ +PK	4,1	31,6	42,0	21,8	24,9
	Ö3	kontroll	3,2	27,5	33,1	27,3	22,8
		N ₁₂₀ +PK	4,4	32,4	35,7	35,4	27,0
		N ₁₈₀ +PK	4,5	34,1	41,9	39,9	30,1
SZD 5% vetésváltás			0,8	3,7	6,3	8,8	
SZD 5% öntözés			0,7	3,3	6,2	7,7	
SZD 5% műtrágyázás			0,8	3,5	7,5	9,3	

Már az első mérési szakaszban lényeges különbséget tapasztaltunk a CGR-értékekben a vetésváltás hatására. A kukorica kezdeti fejlődésekor a monokultúra (műtrágyázás átlagában 4,4 g m⁻² nap⁻¹) –hasonlóan a 2012. évhez- statisztikailag is nagyobb terméshozadék sebességet ért el, mint a másik két vetésváltási rendszer (műtrágyázás átlagában 2,7-3,9 g m⁻² nap⁻¹). A tápanyagellátás hatására is szignifikánsan nőtt a CGR-érték. A műtrágyázásnak az utolsó mérési időszakban is jelentős hatása volt, monokultúránál 14,7-18,0 g m⁻² nap⁻¹, bikultúránál 30,6-42,3 g m⁻² nap⁻¹, trikultúránál 27,3-28,3 g m⁻² nap⁻¹ között változott a CGR-érték a kontroll parcellákon. Az N₁₂₀+PK kezelésnél 31,6 g m⁻² nap⁻¹, az N₁₈₀+PK

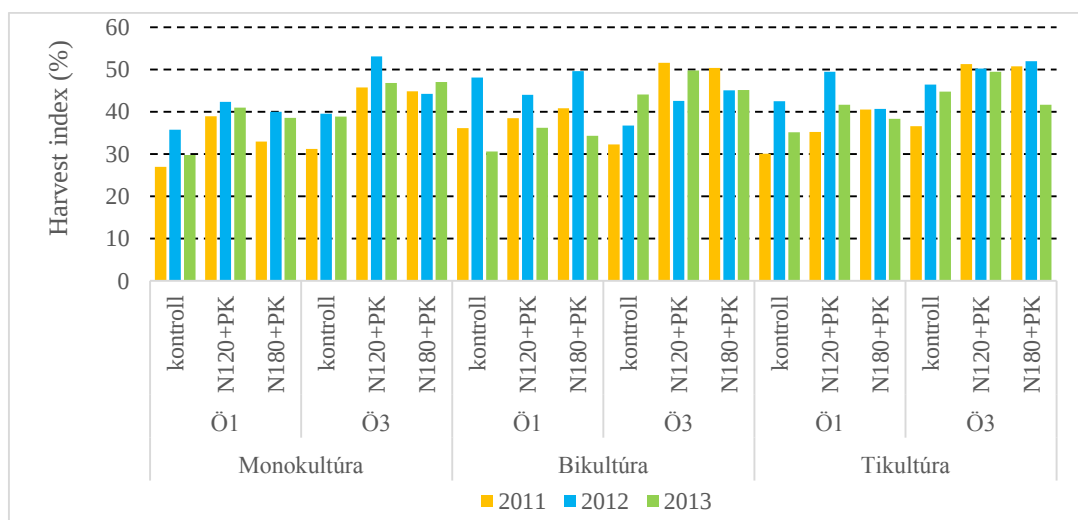
műtrágyadózisnál $35,3 \text{ g m}^{-2} \text{ nap}^{-1}$ volt a termésnövekedési sebesség a vetésváltás és öntözés átlagában.

Harvest index (%)

Az 28. ábra mutatja be a műtrágyázási kezelések, az elővetmény és az öntözés hatását a kukorica harvest indexére, eltérő évjáratokban. 2011-ben a kontroll kezelésben, monokultúránál kaptuk a legalacsonyabb HI értékeket (öntözetlen változatnál 27,0%-ot, Ö3 vízellátásnál 31,2%-ot), majd a műtrágya hatóanyag növelésével nőtt a Harvest Index is, az $N_{120}+PK$ tápanyagszintnél kaptuk a legnagyobb értékeket (38,9-45,8%). A három vetésváltási rendszer közül 2011-ben a bikultúra szignifikánsan jobbnak bizonyult, mint a monokultúra (az öntözés és a műtrágyázás átlagában 41,6 %). Ebben az évben az öntözésnek is szignifikáns hatása volt a Harvest Indexre. A műtrágyázás és a vetésváltás átlagában, öntözetlen körülmények között 35,6 %-ot, optimális vízellátás esetén 43,9 %-ot kaptunk.

2012-ben -elsősorban a kontroll parcellákon (35,6-48,1 %)- jóval nagyobb volt a Harvest Index, mint 2011-ben. Statisztikailag értelmezhető különbség volt a műtrágyázási kezelések között, a növekvő műtrágyázás hatására jelentősen nőtt a HI érték, az $N_{120}+PK$ tápanyagszintnél az öntözés és vetésváltás átlagában 47,0 %, az $N_{180}+PK$ -nál 45,3 % volt. A három vetésváltási rendszert együttesen vizsgálva megállapítható, hogy monokultúránál volt a legkisebb a Harvest Index (a kezelések átlagában 42,5 %), legjobb a trikultúrás termesztés volt (a kezelések átlagában 46,9 %), a két vetésváltási modell között szignifikáns eltérést tapasztaltunk. Öntözés hatására nem kaptunk statisztikailag értelmezhető különbséget, öntözetlen változatnál átlagosan 43,6 % -ot, az Ö3 változatnál a kezelések átlagában 45,6 %-ot számoltunk.

2013-ban is közel hasonló HI értékeket kaptunk, mint 2011-ben és 2012-ben, azonban az agrotechnikai tényezők közül a műtrágyázás mellett az öntözésnek volt kiemelkedő szerepe. A kontroll parcellákhoz képest a kezelések átlagában 109,8-118,7 %-kal több volt a HI a növekvő műtrágyázásnak köszönhetően. A három vetésváltás között ebben a tenyészcsoportban nem volt jelentős különbség, ugyanakkor az öntözésnek jelentkezett a statisztikailag igazolható hatása. Monokultúránál az öntözetlen parcellákon 29,8-41,0 %, az optimális vízellátási változatnál 38,9-47,0 %, bikultúránál az Ö1-nél 30,6-36,2 %, Ö3-nál 44,1-49,8 %, trikultúrás termesztésnél az öntözetlen változatnál 35,2-41,7 %, Ö3 vízellátásnál 41,7-49,5 % között változott a Harvest Index értéke.



	HI 2011.	HI 2012.	HI 2013.
SZD 5% műtrágyázás	5,3	4,2	6,2
SZD 5% vetésváltás	6,0	4,2	6,5
SZD 5% öntözés	4,6	3,5	5,0

28. ábra. A HARVEST INDEX ALAKULÁSA A KÜLÖNBÖZŐ AGROTECHNIKAI TÉNYEZŐK (VETÉSVÁLTÁS, MŰTRÁGYÁZÁS, ÖNTÖZÉS) HATÁSÁRA KUKORICÁNÁL (DEBRECEN, 2011-2013)

Relatív növekedési sebesség (RGR-Relatív Growth Rate)

2011. tenyésztés

A relatív növekedési sebesség a szervesanyag-tartalom növekedésének ütemének fejezi ki. Az RGR megfelelő interakcióját adja a különböző növényi részek együttes teljesítményének, és a növényi növekedés ökológiai szempontból egyik legfontosabb és leghasznosabb mutatója (Berzsenyi 2000). A 43. táblázat mutatja be vetésváltás, a műtrágyázás és az öntözés hatását a kukoricánövény relatív növekedési rátájának (RGR) értékeire a kukorica növekedési időszakában 2011-ben. Az RGR szezonális dinamikájára jellemző, hogy a legnagyobb értékeket a kukorica 12 leveles állapotában mértük (kezelésektől függően 0,092-0,141 g m⁻² nap⁻¹), majd erőteljesen csökken a szemtelítődés időszakáig. A műtrágyázásnak a címerhányásig szignifikáns hatása volt az RGR-érték alakulására. Monokultúránál a második mérési időszakaszban 0,036-0,056 g m⁻² nap⁻¹, bikultúránál 0,050-0,081 g m⁻² nap⁻¹, trikultúránál 0,044-0,079 g m⁻² nap⁻¹ között változott a relatív növekedési sebesség műtrágyázástól és öntözéstől függően. A kontroll parcellákon kaptuk a legkisebb RGR-értéket (a kezelések átlagában 0,049 g m⁻² nap⁻¹), a legnagyobbat pedig az N₁₂₀+PK tápanyagszintnél (a kezelések átlagában 0,067 g m⁻² nap⁻¹). Az elővetemény csak a 12 leveles állapotig befolyásolta jelentősen az RGR-értéket, ekkor a bikultúra bizonyult a legjobbnak, a kezelések

átlagában $0,119 \text{ g m}^{-2} \text{ nap}^{-1}$ -ot számítottunk. Ezt követően az előveteménynek és az öntözésnek nem volt statisztikailag igazolható hatása a relatív növekedési sebességre. A növekvő tápanyagszint statisztikailag is igazolható RGR-érték növelő hatása az utolsó mérési időszakban már nem jelentkezett, a három műtrágyakezelés hatására hasonló értékeket kaptunk. Monokultúrában ekkor $0,019\text{-}0,027 \text{ g m}^{-2} \text{ nap}^{-1}$, bikultúrában $0,017\text{-}0,022 \text{ g m}^{-2} \text{ nap}^{-1}$, trikultúrában $0,014\text{-}0,025 \text{ g m}^{-2} \text{ nap}^{-1}$ közötti eredményeket kaptunk.

43. táblázat. A VETÉSVÁLTÁS, AZ ÖNTÖZÉS ÉS A MŰTRÁGYÁZÁS HATÁSA A KUKORICA RELATÍV NÖVEKEDÉSI SEBESSÉGÉRE ($\text{g m}^{-2} \text{ nap}^{-1}$, DEBRECEN, 2011)

Vetésváltás	Öntözés	Műtrágyázás	RGR 05.31-06.16	RGR 06.16-07.08	RGR 07.08-08.23	Átlag RGR 05.31-08.23
Monokultúra	Ö1	kontroll	0,109	0,052	0,019	0,060
		N ₁₂₀ +PK	0,107	0,055	0,020	0,061
		N ₁₈₀ +PK	0,102	0,056	0,024	0,061
	Ö3	kontroll	0,107	0,036	0,027	0,057
		N ₁₂₀ +PK	0,092	0,063	0,019	0,058
		N ₁₈₀ +PK	0,110	0,046	0,022	0,059
Bikultúra	Ö1	kontroll	0,138	0,050	0,019	0,069
		N ₁₂₀ +PK	0,100	0,081	0,020	0,067
		N ₁₈₀ +PK	0,141	0,056	0,021	0,073
	Ö3	kontroll	0,123	0,050	0,022	0,065
		N ₁₂₀ +PK	0,098	0,063	0,017	0,059
		N ₁₈₀ +PK	0,113	0,051	0,020	0,061
Trikultúra	Ö1	kontroll	0,112	0,065	0,019	0,065
		N ₁₂₀ +PK	0,113	0,063	0,020	0,065
		N ₁₈₀ +PK	0,108	0,058	0,014	0,060
	Ö3	kontroll	0,105	0,044	0,025	0,058
		N ₁₂₀ +PK	0,099	0,079	0,014	0,064
		N ₁₈₀ +PK	0,113	0,049	0,020	0,061
SZD 5% vetésváltás			0,011	0,010	0,004	
SZD 5% öntözés			0,009	0,008	0,003	
SZD 5% műtrágyázás			0,011	0,009	0,004	

2012. tenyésztés

A kísérlet során számított RGR értékek a szezonális dinamikának megfelelően változtak a különböző fenofázisokban. Mindhárom vetésváltásnál-hasonlóan az előző évhez- a kukorica 12 leveles állapotában mértük a legnagyobb RGR-értékeket. Monokultúrában $0,136\text{-}0,140 \text{ g m}^{-2} \text{ nap}^{-1}$, bikultúrában $0,138\text{-}0,146 \text{ g m}^{-2} \text{ nap}^{-1}$, trikultúrában $0,124\text{-}0,143 \text{ g m}^{-2} \text{ nap}^{-1}$ között változott a relatív növekedési sebesség. Az első mérésakor a tápanyagellátás hatására szignifikáns különbség volt a kontroll és a másik két kezelés között az RGR-értékekben. A vetésváltásnak is jelentős hatása volt ekkor, a legnagyobb RGR-értéket ($0,142 \text{ g m}^{-2} \text{ nap}^{-1}$) a bikultúrában kaptuk. A következő mérési időszakban jelentősen lecsökkent a relatív növekedési sebesség, az agrotechnikai kezelések közül statisztikailag igazolható hatása ekkor is a

műtrágyázásnak és a vetésváltásnak volt. A növirágzás idejeére tovább csökkent az RGR-értéke, 0,015-0,035 g m⁻² nap⁻¹ között változott. Monokultúrában, a kontroll parcellákon kaptuk a legkisebb értéket, szignifikánsan nagyobb volt a relatív növekedési sebesség a nagyobb tápanyagszinteken, bikultúra vetésváltásban. Az utolsó mérési időszakban már nem tapasztaltunk lényeges eltérést az RGR-értékekben, 0,005-0,019 g m⁻² nap⁻¹ közötti eredményekt kaptunk (44. táblázat).

44. táblázat. A VETÉSVÁLTÁS, AZ ÖNTÖZÉS ÉS A MŰTRÁGYÁZÁS HATÁSA A KUKORICA RELATÍV NÖVEKEDÉSI SEBESSÉGÉRE (g m⁻² nap⁻¹, DEBRECEN, 2012)

Vetésváltás	Öntözés	Műtrágyázás	RGR 05.10-06.14	RGR 06.14-07.03	RGR 07.03-07.25	RGR 07.25-08.23	Átlag RGR 05.10-08.23
Monokultúra	Ö1	kontroll	0,136	0,076	0,015	0,015	0,061
		N ₁₂₀ +PK	0,139	0,077	0,021	0,012	0,062
		N ₁₈₀ +PK	0,139	0,070	0,022	0,013	0,061
	Ö3	kontroll	0,136	0,082	0,016	0,009	0,061
		N ₁₂₀ +PK	0,140	0,062	0,029	0,009	0,060
		N ₁₈₀ +PK	0,138	0,068	0,019	0,017	0,060
Bikultúra	Ö1	kontroll	0,143	0,072	0,033	0,005	0,064
		N ₁₂₀ +PK	0,143	0,075	0,035	0,011	0,066
		N ₁₈₀ +PK	0,142	0,068	0,034	0,010	0,063
	Ö3	kontroll	0,138	0,077	0,026	0,018	0,065
		N ₁₂₀ +PK	0,143	0,074	0,028	0,019	0,066
		N ₁₈₀ +PK	0,146	0,062	0,032	0,016	0,064
Triakultúra	Ö1	kontroll	0,139	0,087	0,018	0,016	0,065
		N ₁₂₀ +PK	0,140	0,078	0,026	0,010	0,063
		N ₁₈₀ +PK	0,143	0,068	0,030	0,014	0,064
	Ö3	kontroll	0,124	0,106	0,019	0,019	0,067
		N ₁₂₀ +PK	0,139	0,084	0,023	0,015	0,065
		N ₁₈₀ +PK	0,137	0,077	0,029	0,009	0,063
SZD 5% vetésváltás			0,004	0,008	0,005	0,004	
SZD 5% öntözés			0,003	0,007	0,005	0,003	
SZD 5% műtrágyázás			0,004	0,008	0,006	0,004	

2013. tenyészév

A 45. táblázat tartalmazza a 2013. tenyészévben a vetésváltás, a műtrágyázás és az öntözés hatását a kukoricanövény relatív növekedési rátájának (RGR) értékeire. 2013. évben is hasonló tendencia volt megfigyelhető, mint az előző két évben. A legnagyobb RGR-értékeket a kukorica 12 leveles állapotában mértük (kezelésektől függően 0,130-0,141 g m⁻² nap⁻¹), majd folyamatosan csökkent a szemtelítődés időszakáig. A számított RGR-értékek alapján a 2013. év bizonyos szakaszaiban kedvezően, más időszakaiban kedvezőtlenül befolyásolta a kukorica állományok fejlődését a műtrágyázás. Az első mérésakor szignifikánsan nagyobb RGR-értékeket kaptunk az N₁₈₀+PK tápanyagszintnél (a kezelések átlagában 0,141 g m⁻² nap⁻¹).

45. táblázat. A VETÉSVÁLTÁS, AZ ÖNTÖZÉS ÉS A MŰTRÁGYÁZÁS HATÁSA A KUKORICA
RELATÍV NÖVEKEDÉSI SEBESSÉGÉRE (g m⁻² nap⁻¹, DEBRECEN, 2013)

Vetésváltás	Öntözés	Műtrágyázás	RGR 05.07-06.12	RGR 06.12-07.01	RGR 07.01-07.22	RGR 07.22-08.21	Átlag RGR 05.07-08.21
Monokultúra	Ö1	kontroll	0,124	0,092	0,028	0,017	0,065
		N ₁₂₀ +PK	0,130	0,081	0,022	0,019	0,063
		N ₁₈₀ +PK	0,142	0,068	0,025	0,014	0,062
	Ö3	kontroll	0,121	0,087	0,038	0,014	0,065
		N ₁₂₀ +PK	0,134	0,069	0,030	0,019	0,063
		N ₁₈₀ +PK	0,142	0,060	0,033	0,015	0,062
Bikultúra	Ö1	kontroll	0,139	0,089	0,058	0,022	0,077
		N ₁₂₀ +PK	0,135	0,088	0,058	0,015	0,074
		N ₁₈₀ +PK	0,145	0,091	0,038	0,023	0,074
	Ö3	kontroll	0,134	0,100	0,045	0,017	0,074
		N ₁₂₀ +PK	0,134	0,090	0,041	0,020	0,071
		N ₁₈₀ +PK	0,136	0,091	0,042	0,022	0,073
Tri kultúra	Ö1	kontroll	0,134	0,086	0,039	0,016	0,069
		N ₁₂₀ +PK	0,139	0,086	0,034	0,013	0,068
		N ₁₈₀ +PK	0,139	0,085	0,037	0,011	0,068
	Ö3	kontroll	0,131	0,090	0,035	0,016	0,068
		N ₁₂₀ +PK	0,134	0,083	0,032	0,018	0,067
		N ₁₈₀ +PK	0,140	0,085	0,035	0,018	0,069
SZD 5% vetésváltás			0,007	0,009	0,007	0,005	
SZD 5% öntözés			0,006	0,008	0,006	0,004	
SZD 5% műtrágyázás			0,006	0,01	0,008	0,005	

A műtrágyázásnak a címerhányás és a növirágzás idején is szignifikáns hatása volt, azonban a kontroll kezelésnél számítottuk a legjobb RGR-értékeket. A vetésváltási rendszerek közül a bikultúrás termesztésnél értük el a legnagyobb relatív növekedési sebességet (0,020-0,137 g m⁻² nap⁻¹ volt a tenyészidőszak folyamán, a kezelések átlagában). A másik két vetésváltási modellnél lényegesen kevesebb volt az RGR. Az utolsó mérés idejére-hasonlóan az előző két évhez- a szemtelítődés időszakára egyik agrotechnikai tényezőnek sem volt jelentős hatása a relatív növekedési sebesség értékeire. A három műtrágyakezelés hatására a kezelések átlagában egyforma értékeket kaptunk (0,017 g m⁻² nap⁻¹). Monokultúrában ekkor 0,14-0,019 g m⁻² nap⁻¹, bikultúrában 0,015-0,023 g m⁻² nap⁻¹, tri kultúrában 0,011-0,018 g m⁻² nap⁻¹ közötti eredményeket kaptunk, öntözéstől és műtrágyázástól függően.

5.2.4. A kukorica termését befolyásoló tényezők összefüggésvizsgálata

Kerestük a választ arra is, hogy a vizsgált paraméterek és az alkalmazott agrotechnikai kezelések milyen kapcsolatban állnak a termés mennyiségével, ezért korrelációs számítást is végeztünk. Vizsgálatainkban a 0,5 alatti értékkel jellemezhető korrelációt gyengének, a 0,5-0,7 közötti r értékeket közepesnek, míg a 0,7 feletti korrelációs együttható esetén a kapcsolatot szorosnak tekintettük.

2011. tenyésztés

Az 46. táblázatban a kukorica termés és a növényfiziológiai mérések, valamint az agrotechnikai tényezők közötti kapcsolatot tüntettük fel a 2011. tenyésztésben.

46. táblázat. A TERMÉS, AZ AGROTECHNIKAI TÉNYEZŐK ÉS A NÖVEKEDÉSI MUTATÓK KÖZÖTTI ÖSSZEFÜGGÉSVIZSGÁLAT PEARSON-FÉLE KORRELÁCIÓVAL (DEBRECEN, 2011)

	Vetésváltás	Öntözés	Műtrágyázás	Termés
Termés	0,336(**)	0,215 ^{NS}	0,723(**)	-
SPAD (05.31)	0,182 ^{NS}	0,258(*)	0,139 ^{NS}	0,343(**)
SPAD (06.16)	0,461(**)	-0,073 ^{NS}	0,418(**)	0,619(**)
SPAD (07.08)	0,536(**)	0,03 ^{NS}	0,467(**)	0,698(**)
SPAD (08.23)	0,384(**)	-0,124 ^{NS}	0,538(**)	0,551(**)
LAI (05.31)	-0,049 ^{NS}	-0,333(**)	0,533(**)	0,337(**)
LAI (06.16)	0,398(**)	-0,245(*)	0,442(**)	0,456(**)
LAI (07.08)	0,780(**)	0,132 ^{NS}	0,320(**)	0,630(**)
LAI (08.23)	0,512(**)	-0,440(**)	0,361(**)	0,365(**)
Szárazanyagtömeg (05.31)	-0,007 ^{NS}	0,17 ^{NS}	0,181 ^{NS}	0,132 ^{NS}
Szárazanyagtömeg (06.16)	0,127	-0,029	0,195	-0,004
Szárazanyagtömeg (07.08)	0,379(**)	-0,281(*)	0,233(*)	0,363(**)
Szárazanyagtömeg (08.23)	0,174 ^{NS}	-0,249(*)	0,191 ^{NS}	0,186 ^{NS}
LAD	0,744(**)	-0,117 ^{NS}	0,429(**)	0,627(**)
CGR (05.31-06.16)	0,134 ^{NS}	-0,072 ^{NS}	0,16 ^{NS}	-0,036 ^{NS}
CGR (06.16-07.08)	0,334(**)	-0,263(*)	0,18 ^{NS}	0,348(**)
CGR (07.08-08.23)	-0,014 ^{NS}	-0,11 ^{NS}	0,075 ^{NS}	0,007 ^{NS}
HI	0,155 ^{NS}	0,398(**)	0,438(**)	0,664(**)
RGR (05.31-06.16)	0,113 ^{NS}	-0,217 ^{NS}	-0,037 ^{NS}	-0,136 ^{NS}
RGR (06.16-07.08)	0,227 ^{NS}	-0,199 ^{NS}	0,103 ^{NS}	0,334(**)
RGR (07.08-08.23)	-0,215 ^{NS}	0,096 ^{NS}	-0,102 ^{NS}	-0,224 ^{NS}

(**) A korreláció szignifikáns SZD 1%-os szinten

(*) A korreláció szignifikáns SZD 5%-os szinten

(NS) Nem szignifikáns

A vetésváltás és a termés mennyisége közötti kapcsolat $r=0,336$ erősségű volt, a műtrágyázás és a termés között erős, pozitív kapcsolatot tapasztaltunk ($r=0,723$). Az öntözés laza kapcsolatban állt a termés mennyiségével, valamint ez nem volt szignifikáns. A növekedési mutatók összefüggésben voltak a termés mennyiségével, legerősebb pozitív hatása a relatív klorofilltartalomnak, a levélterületi indexnek (LAI), a levélterület tartósságnak (LAD) és a Harvest Indexnek (HI) volt. A szárazanyagtömeg kis mértékben befolyásolta a termés mennyiségét, és nem minden fenofázisban volt statisztikailag is igazolható hatása. A tenyészidőszakban számított CGR- és RGR-érték, valamint a termés között nem minden mérési

időszakban találtunk statisztikailag is igazolható összefüggést, és egyes fenofázisokban laza, ellentétes irányú kapcsolatot tapasztaltunk.

2012. tenyészév

A 47. táblázat a termés, növényfiziológiai mérések, valamint az agrotechnikai tényezők közötti Person-féle korreláció eredményeit tartalmazza a 2012. évben. Hasonlóan a 2011. tenyészévhez az agrotechnikai tényezők közül legerősebben a műtrágyázás befolyásolta a termés mennyiségét ($r=0,668$). A vetésváltás és a termés mennyisége közötti kapcsolat $r=0,423$ erősségű volt, az öntözés laza kapcsolatban állt a termés mennyiségével ($r=0,249$). A növekedési mutatók is összefüggésben álltak a termés mennyiségével. Legerősebb pozitív hatása a hímvirágzástól a szentelítődés során mért relatív klorofilltartalomnak ($r=0,601-0,759$), a nővirágzás idején mért levélterületi indexnek (LAI) és a szentelítődés során mért szárazanyagtömegnek ($r=0,638$) volt. A Harvest Index és a levélterület tartósság (LAD) is befolyásolta a termés mennyiségét, azonban kisebb mértékben ($r=0,411$; $r=0,531$). A tenyészidőszakban számított CGR- és RGR-érték, valamint a termés között nem minden mérési időszakban találtunk statisztikailag is igazolható összefüggést, és egyes fenofázisokban laza, ellentétes irányú kapcsolatot tapasztaltunk.

2013. tenyészév

Az összefüggésvizsgálatok eredményét az 48. táblázat tartalmazza. 2013-ban is az agrotechnikai tényezők közül legerősebben a műtrágyázás befolyásolta a termés mennyiségét ($r=0,533$). A vetésváltás és a termés mennyisége közötti kapcsolat $r=0,386$ erősségű volt. Az öntözés ebben az évben sokkal nagyobb jelentőséggel bírt a termés mennyiségére, mint 2011-ben és 2012-ben. A kapcsolat szorossága $r=0,497$ volt. A növekedési mutatók és a termés mennyisége között szorosabb összefüggést találtunk 2013-ban. A relatív klorofilltartalom statisztikailag bizonyíthatóan pozitívan befolyásolta a termés mennyiségének alakulását ($r=0,477-0,621$). A levélterületi index (LAI) is közepes-szoros, pozitív kapcsolatban ($r=0,413-0,737$) állt a termés mennyiségével. A szárazanyagtömegek kezdetben kis, majd a nővirágzás időszakától jelentős mértékben befolyásolta a kukorica termését. A Harvest Index és a levélterület tartósság (LAD) is befolyásolta a termés mennyiségét, a kapcsolat szorossága $r=0,448$, illetve $r=0,696$ volt. 2013-ban-szemben az előző két évvel- a CGR-értékek és a termés között statisztikailag is igazolható összefüggést tapasztaltunk. Az RGR-értékek, valamint a termés között nem minden mérési időszakban találtunk statisztikailag is igazolható összefüggést, és egyes fenofázisokban laza, ellentétes irányú kapcsolatot tapasztaltunk.

47. táblázat. A TERMÉS, AZ AGROTECHNIKAI TÉNYEZŐK ÉS A NÖVEKEDÉSI MUTATÓK KÖZÖTTI ÖSSZEFÜGGÉSVIZSGÁLAT PEARSON-FÉLE KORRELÁCIÓVAL (DEBRECEN, 2012)

	Vetésváltás	Öntözés	Műtrágyázás	Termés
Termés	0,423(**)	0,249(*)	0,668(**)	-
SPAD (05.10)	-0,379(**)	-0,261(*)	-0,269(*)	-0,324(**)
SPAD (06.14)	-0,012 ^{NS}	-0,168 ^{NS}	0,112 ^{NS}	-0,022 ^{NS}
SPAD (07.03)	0,346(**)	0,091 ^{NS}	0,425(**)	0,601(**)
SPAD (07.25)	0,386(**)	-0,079 ^{NS}	0,490(**)	0,669(**)
SPAD (08.23)	0,439(**)	0,02 ^{NS}	0,583(**)	0,759(**)
LAI (05.10)	-0,418(**)	-0,108 ^{NS}	0,262(*)	-0,069 ^{NS}
LAI (06.14)	-0,044 ^{NS}	0,121 ^{NS}	0,522(**)	0,332(**)
LAI (07.03)	-0,159 ^{NS}	0,118 ^{NS}	0,584(**)	0,405(**)
LAI (07.25)	0,337(**)	-0,035 ^{NS}	0,627(**)	0,648(**)
LAI (08.23)	-0,16 ^{NS}	0,214 ^{NS}	0,409(**)	0,253(*)
Szárazanyagtömeg (05.10)	-0,350(**)	0,077 ^{NS}	0,412(**)	0,086 ^{NS}
Szárazanyagtömeg (06.14)	-0,317(**)	-0,068 ^{NS}	0,574(**)	0,259(*)
Szárazanyagtömeg (07.03)	-0,04 ^{NS}	-0,048 ^{NS}	0,238(*)	0,135 ^{NS}
Szárazanyagtömeg (07.25)	0,156 ^{NS}	-0,133 ^{NS}	0,528(**)	0,474(**)
Szárazanyagtömeg (08.23)	0,215 ^{NS}	0,125 ^{NS}	0,479(**)	0,638(**)
LAD	-0,032 ^{NS}	0,128 ^{NS}	0,734(**)	0,531(**)
CGR (05.10-06.14)	-0,316(**)	-0,069 ^{NS}	0,574(**)	0,259(*)
CGR (06.14-07.03)	0,079 ^{NS}	-0,023 ^{NS}	0,025 ^{NS}	0,039 ^{NS}
CGR (07.03-07.25)	0,171 ^{NS}	-0,104 ^{NS}	0,390(**)	0,390(**)
CGR (07.25-08.23)	0,118 ^{NS}	0,228 ^{NS}	0,136 ^{NS}	0,345(**)
HI	0,241(*)	0,129 ^{NS}	0,205 ^{NS}	0,411(**)
RGR (05.10-06.14)	-0,093 ^{NS}	-0,176 ^{NS}	0,272(*)	0,205 ^{NS}
RGR (06.14-07.03)	0,305(**)	0,055 ^{NS}	-0,383(**)	-0,144 ^{NS}
RGR (07.03-07.25)	0,155 ^{NS}	-0,072 ^{NS}	0,280(*)	0,304(**)
RGR (07.25-08.23)	0,058 ^{NS}	0,217 ^{NS}	-0,016 ^{NS}	0,164 ^{NS}

(**) A korreláció szignifikáns SZD_{1%}-os szinten

(*) A korreláció szignifikáns SZD_{5%}-os szinten

(NS) Nem szignifikáns

A három év összefüggés-vizsgálatait együttesen elemezve megállapíthatjuk, hogy az alkalmazott agrotechnikai tényezők közül a műtrágyázás determinálta legjobban a vizsgált paramétereket. Az összefüggés-vizsgálatokkal bizonyítani tudtuk, hogy a levélterület, a levelek élettartama, a relatív klorofilltartalom, a szárazanyagtömeg, és az egyes növekedést jellemző mutatók kapcsolatban vannak a termés mennyiségével. A növényfiziológiai mérések-elsősorban a levélterületi index (LAI), relatív klorofilltartalom (SPAD), levélterület tartósság (LAD), Harvest Index- lehetővé teszik a termés mennyiségének előrejelzését.

48. táblázat. A TERMÉS, AZ AGROTECHNIKAI TÉNYEZŐK ÉS A NÖVEKEDÉSI MUTATÓK KÖZÖTTI ÖSSZEFÜGGÉSVIZSGÁLAT PEARSON-FÉLE KORRELÁCIÓVAL (DEBRECEN, 2013)

	Vetésváltás	Öntözés	Műtrágyázás	Termés
Termés	0,386(**)	0,497(**)	0,533(**)	-
SPAD (05.07)	-0,024 ^{NS}	0,008 ^{NS}	0,273(*)	0,064 ^{NS}
SPAD (06.12)	0,193 ^{NS}	0,04 ^{NS}	0,722(**)	0,621(**)
SPAD (07.01)	0,371(**)	0,079 ^{NS}	0,666(**)	0,629(**)
SPAD (07.22)	0,242(*)	-0,044 ^{NS}	0,624(**)	0,669(**)
SPAD (08.21)	0,019 ^{NS}	0,261(*)	0,215 ^{NS}	0,477(**)
LAI (05.07)	0,550(**)	-0,05 ^{NS}	0,261(*)	0,488(**)
LAI (06.12)	0,061 ^{NS}	0,321(**)	0,548(**)	0,413(**)
LAI (07.01)	0,22 ^{NS}	-0,202 ^{NS}	0,605(**)	0,551(**)
LAI (07.22)	0,173 ^{NS}	-0,039 ^{NS}	0,762(**)	0,643(**)
LAI (08.21)	0,273(*)	0,471(**)	0,424(**)	0,737(**)
Szárazanyagtömeg (05.07)	-0,237(*)	0,169 ^{NS}	0,241(*)	0,037 ^{NS}
Szárazanyagtömeg (06.12)	-0,126 ^{NS}	0,083 ^{NS}	0,568(**)	0,269(*)
Szárazanyagtömeg (07.01)	0,212 ^{NS}	0,052 ^{NS}	0,610(**)	0,449(**)
Szárazanyagtömeg (07.22)	0,459(**)	0,023 ^{NS}	0,489(**)	0,576(**)
Szárazanyagtömeg (08.21)	0,341(**)	0,083 ^{NS}	0,422(**)	0,580(**)
LAD	0,229 ^{NS}	0,083 ^{NS}	0,765(**)	0,696(**)
CGR (05.07-06.12)	-0,125 ^{NS}	0,082 ^{NS}	0,569(**)	0,270(*)
CGR (06.12-07.01)	0,316(**)	0,028 ^{NS}	0,505(**)	0,436(**)
CGR (07.01-07.22)	0,383(**)	-0,005 ^{NS}	0,184 ^{NS}	0,374(**)
CGR (07.22-08.21)	0,129 ^{NS}	0,086 ^{NS}	0,208 ^{NS}	0,347(**)
HI	0,05 ^{NS}	0,333(**)	0,144 ^{NS}	0,448(**)
RGR (05.07-06.12)	0,153 ^{NS}	-0,087 ^{NS}	0,339(**)	0,290(*)
RGR (06.12-07.01)	0,225 ^{NS}	-0,045 ^{NS}	-0,232(*)	-0,013 ^{NS}
RGR (07.01-07.22)	0,192 ^{NS}	-0,011 ^{NS}	-0,174 ^{NS}	0,075 ^{NS}
RGR (07.22-08.21)	-0,059 ^{NS}	0,053 ^{NS}	0,001 ^{NS}	0,071 ^{NS}

(**) A korreláció szignifikáns SZD 1%-os szinten

(*) A korreláció szignifikáns SZD 5%-os szinten

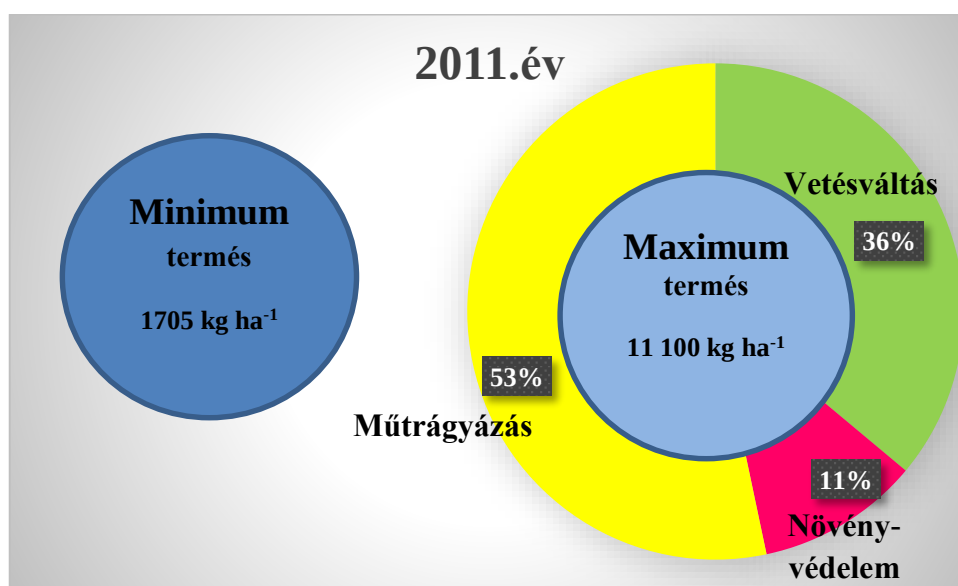
(NS) Nem szignifikáns

5.3. Az agrotechnikai tényezők és az évjárat hatásának komplex értékelése

5.3.1. Az őszi búza termésére ható agrotechnikai tényezők és az évjárat hatásának vizsgálata varianciakomponensek felosztásával

A varianciakomponensek felosztásával lehetőségünk nyílt annak meghatározására, hogy az alkalmazott agrotechnikai kezelések (vetésváltás, növényvédelem, műtrágyázás) hány százalékban járul hozzá a termésmennyiség növekedéshez, a terméstöbbletnek. Az őszi búza

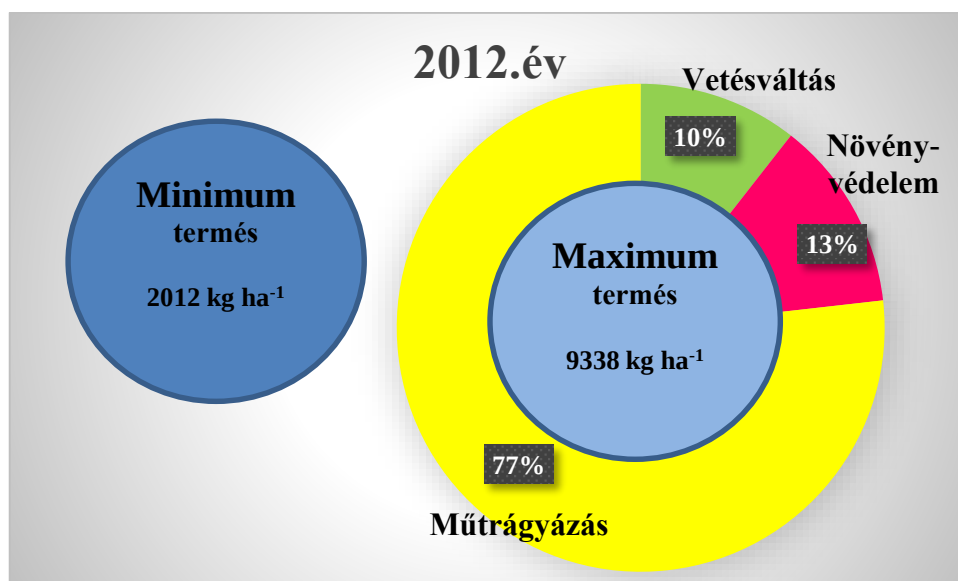
minimális termését vettük alapul, és a vizsgált tényezőkkel együttesen elért maximális terméshez tartozó növekedést, azaz a terméstöbbletet osztottuk fel a vizsgált tényezők között. A vetésváltás, növényvédelem és műtrágyázás hatásának százalékos értékeit évenként a 29-31. ábrák tartalmazzák. Az évjárat is nagymértékben befolyásolta az őszi búza terméseredményeit, ezáltal az agrotechnikai tényezők szerepe is módosulhat a különböző években. Ennek vizsgálatához a három év együttes elemzését is elvégeztük. Az agrotechnikai tényezők termésre gyakorolt hatásának számszerűsítése során az egyedi parcella adatok kerültek kiértékelésre, ezeket a 4. sz. melléklet tartalmazza.



29. ábra. A MŰTRÁGYÁZÁS, A VETÉSVÁLTÁS ÉS A NÖVÉNYVÉDELEM SZEREPE AZ ŐSZI BÚZA TERMÉSÉNEK ALAKULÁSÁBAN A 2011. TENYÉSZÉVBEN (DEBRECEN)

2011-ben a termésminimum 1705 kg ha⁻¹ volt, a maximális termés mennyisége közel hat és félszer volt több (11 100 kg ha⁻¹). A terméstöbblet 9395 kg ha⁻¹ volt, amely elsősorban a műtrágyázásnak köszönhető, ami 53 %-ban járult hozzá a termésnövekedéshez. Az vetésváltás hatására 36 % volt a növekedés, ami 3390 kg ha⁻¹ terméstöbbletet jelent. A növényvédelem nem jelentős mértékben módosította a termés mennyiségét, 2011-ben 11 %-kal járult hozzá a terméstöbblet kialakításához.

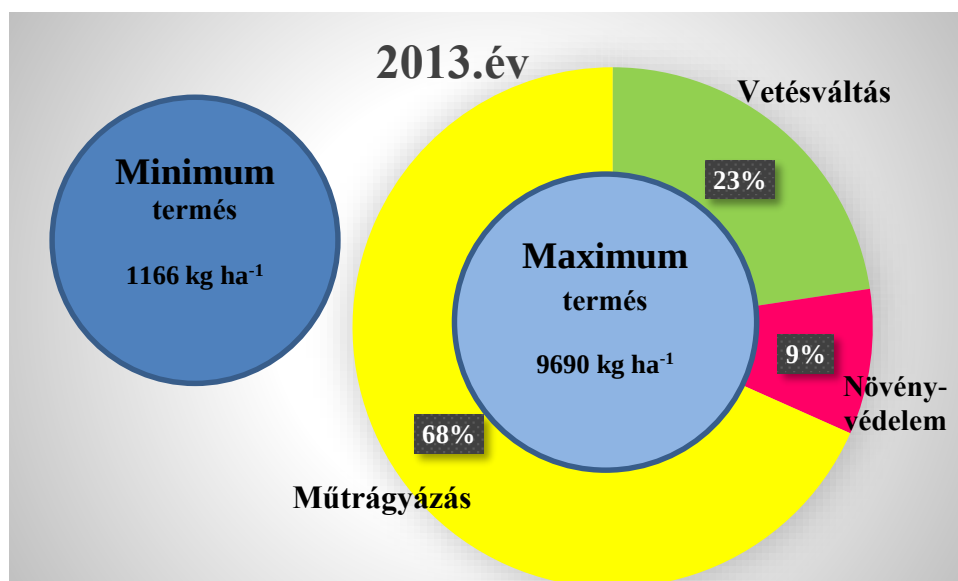
2012-ben a termésminimum 2012 kg ha⁻¹ volt, ezzel szemben a maximális termés mennyisége 9338 kg ha⁻¹, ami 7326 kg ha⁻¹ terméstöbbletet jelentett. Legfontosabb agrotechnikai tényezőnek ebben az évben is a műtrágyázás bizonyult, 77 %-kal járult hozzá a termésnövekedéshez. A vetésváltás és a növényvédelem együttes hatása csak 23 % volt, ami 1700 kg ha⁻¹ terméstöbbletet jelent.



30. ábra. A MŰTRÁGYÁZÁS, A VETÉSVÁLTÁS ÉS A NÖVÉNYVÉDELEM SZEREPE AZ ŐSZI BÚZA TERMÉSÉNEK ALAKULÁSÁBAN A 2012. TENYÉSZÉVBEN (DEBRECEN)

2013-ban is hasonló megállapításokat tehetünk, mint az előző két évben. A terméstöbblet kialakításában elsődleges szerep jut a tápanyagellátásnak, hatására 5825 kg ha⁻¹ növekedést kaptunk. A vetésváltás nagyobb szerepet játszott a maximális terméseredmények kialakításában, mint 2012-ben, 23 %-kal járult hozzá a terméstöbbletnek, ami 1929 kg ha⁻¹ termésnek felelt meg. A legkisebb szerepe ebben az évben is a növényvédelemnek volt (9 %).

A három tenyészév együttes értékelése során lehetőségünk volt az évjárat hatását is meghatározni. A minimális betakarított termés 1166 kg ha⁻¹ volt, a maximális termés pedig 11100 kg ha⁻¹, ami 9934 kg ha⁻¹ többletet jelentett. A három év átlagában az évjárat 9,04 %-ban (898 kg ha⁻¹), a vetésváltás 22,57 %-ban (2242 kg ha⁻¹), a növényvédelem 9,62 %-ban (955 kg ha⁻¹), a műtrágyázás 58,77 %-ban (5838 kg ha⁻¹) befolyásolta a termés nagyságát. Megállapíthatjuk, hogy a három évből kiszámolt évjáráthatás nem volt jelentős. Az évjárat (csapadékelátottság, és az egyéb klimatikus feltételek) befolyásolja a kialakult termés mennyiségét, azonban ez a három év (2011-2013) túl rövid időszaknak bizonyult megbízható eredmény levonásához. Másrészt az is megállapítható, hogy az egyes évjáratok időjárása az egyes időszakokban eltérte egymástól, mégis összeségében a három évjárat átlagosnak tekinthető.



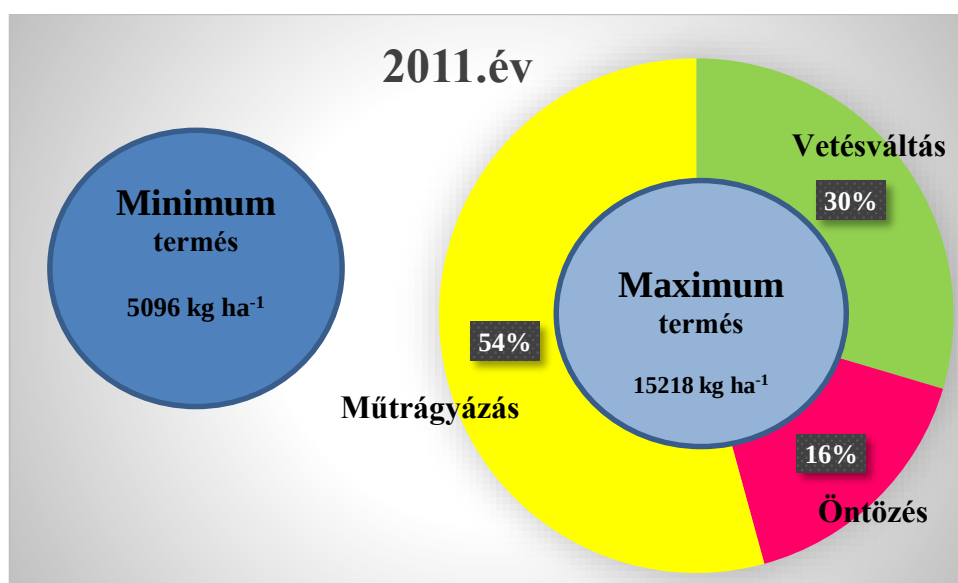
31. ábra. A MŰTRÁGYÁZÁS, A VETÉSVÁLTÁS ÉS A NÖVÉNYVÉDELEM SZEREPE AZ ŐSZI BÚZA TERMÉSÉNEK ALAKULÁSÁBAN A 2013. TENYÉSZÉVBEN (DEBRECEN)

5.3.2. A kukorica termése ható agrotechnikai tényezők és az évjárat hatásának vizsgálatavarianciakomponensek felosztásával

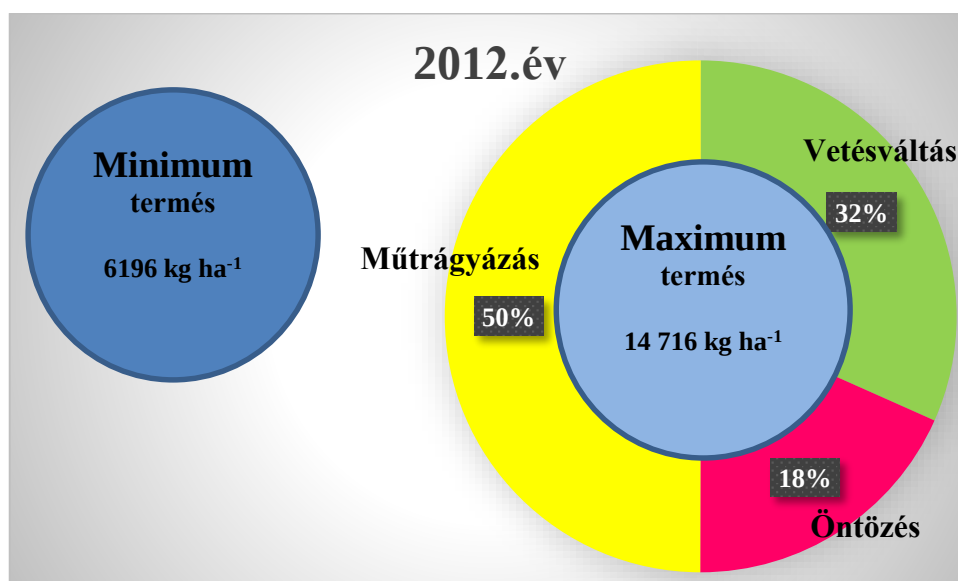
A varianciakomponensek felosztásával azt vizsgáltuk, hogy az agrotechnikai tényezők (vetésváltás, öntözés, műtrágyázás) hány százalékban befolyásolják a kukorica termésmennyiségének alakulását. A minimum termést vettük alapul, és a vizsgált tényezőkkel együttesen elért maximális terméshez tartozó növekedést osztottuk fel a vizsgált tényezők között. A vetésváltás, öntözés és műtrágyázás hatásának százalékos értékeit évenként a 32-34. ábra tartalmazza. Az agrotechnikai tényezők termésre gyakorolt hatásának számszerűsítése során az egyes parcellák terméseredményei kerültek kiértékelésre, ezeket az 5. sz. melléklet tartalmazza.

2011-ben a termésminimum 5096 kg ha⁻¹ volt, amely közel harmada volt a maximális termés mennyiségének (15218 kg ha⁻¹). A terméstöbblet 10122 kg ha⁻¹, amelynek 54 %-a a műtrágyázásnak köszönhető, a vetésváltás 30 %-ban járult hozzá a termésnövekedéshez. Az öntözés hatására 16 % volt a növekedés, ami 1635 kg ha⁻¹ –t jelent.

2012-ben a termésminimum 6196 kg ha⁻¹, a maximális termés mennyisége 14716 kg ha⁻¹ volt. A három vizsgált agrotechnikai tényező hatására 8520 kg ha⁻¹ terméstöbbletet tapasztaltunk. Legnagyobb szerepe a termés mennyiségének változására ebben az évben is a műtrágyázásnak volt (50 %), a vetésváltás 32 %-ban járult hozzá a termésnövekedéshez. Az öntözés hatására 18 % volt a növekedés, ami 1564 kg-ot jelent hektáronként.



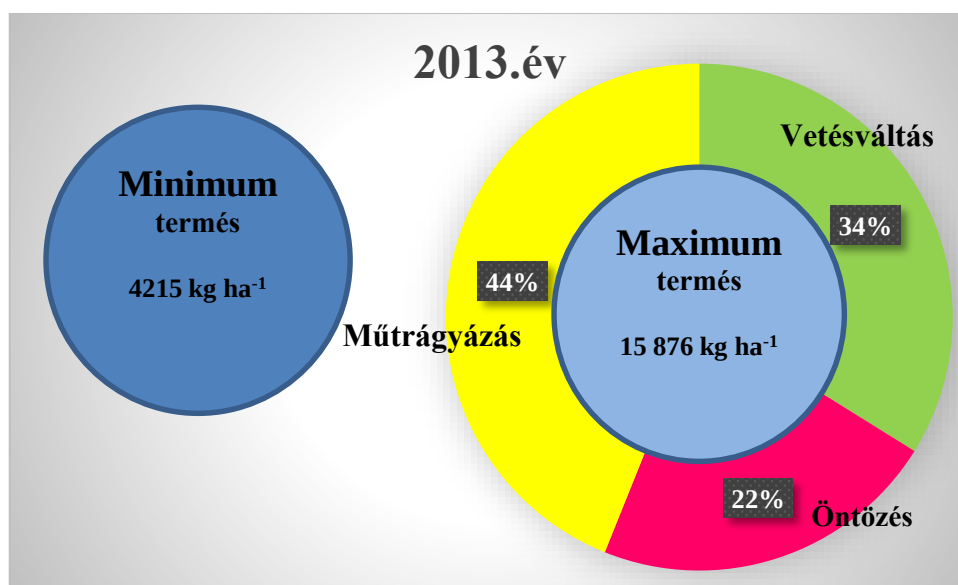
32. ábra. A MŰTRÁGYÁZÁS, A VETÉSVÁLTÁS ÉS AZ ÖNTÖZÉS SZEREPE A KUKORICA TERMÉSÉNEK ALAKULÁSÁBAN A 2011. TENYÉSZÉVBEN (DEBRECEN)



33. ábra. A MŰTRÁGYÁZÁS, A VETÉSVÁLTÁS ÉS AZ ÖNTÖZÉS SZEREPE A KUKORICA TERMÉSÉNEK ALAKULÁSÁBAN A 2012. TENYÉSZÉVBEN (DEBRECEN)

2013-ban is hasonló megállapításokat tehetünk, mint az előző két évben. A terméstöbblet kialakításában elsődleges szerep jut a tápanyagellátásnak, hatására 5121 kg ha⁻¹ növekedést kaptunk. A vetésváltás is szerepet játszott a maximális terméseredmények kialakításában, 34 %-kal járult hozzá, ami 3949 kg ha⁻¹ termésnek felelt meg. A legkisebb szerepe az öntözésnek volt (22 %), a három év közül azonban 2013-ban volt a legnagyobb a hatása az öntözésnek.

A három évet együttesen vizsgálva a minimum és maximumtermés közötti különbség 11661 kg ha^{-1} volt. A három év átlagában az évjárat 3,5 %-ban (408 kg ha^{-1}), a vetésváltás 29,8 %-ban (3475 kg ha^{-1}), az öntözés 21,5 %-ban (2508 kg ha^{-1}), a műtrágyázás 45,2 %-ban (5270 kg ha^{-1}) befolyásolta a termés nagyságát. Megállapíthatjuk, hogy a három évből kiszámolt évjáráthatás nem volt jelentős. Az évjárat (csapadékelátottság, és az egyéb klimatikus feltételek) befolyásolja a kialakult termés mennyiségét, azonban ez a három év (2011-2013) kevésnek bizonyult megbízható eredmény levonásához. Az évjáratok-minden különbözőség ellenére, a specifikumok mellett- összességében átlagosnál szárazabbak és melegebbek voltak, így azok hasonló hatással bírtak a kukorica termésképződése szempontjából.



34. ábra. A MŰTRÁGYÁZÁS, A VETÉSVÁLTÁS ÉS AZ ÖNTÖZÉS SZEREPE A KUKORICA TERMÉSÉNEK ALAKULÁSÁBAN A 2013. TENYÉSZÉVBEN (DEBRECEN)

5.4. A kukorica és az őszi búza fotoszintetikus kapacitásának összehasonlítása és értékelése

A fotoszintézis során a növények, az algák és egyes baktériumok a Napból származó fényenergia felhasználásával szerves vegyületeket állítanak elő. A fotoszintézis első lépése a fény abszorpciója, amely feladatot a pigment-molekulák látják el. A fotoszintetikus pigmentek (karotinoidok és klorofilok) a zöld növényi szövetek fotoszintetikusan aktív részeiben (kloroplasztiszokban, a tilakoidmembránok pigment-lipoprotein komplexein) helyezkednek el (Vágújfalvi és Láng 1993, Nyitrai és Solti 2013). Ezek alapján megállapíthatjuk, hogy a növények fotoszintetikus aktivitását jelentősen befolyásolja a levélterület és a klorofilltartalom. A három éves kutatás során mértük a két eltérő fiziológiájú növényfaj 1 m^2 -re eső levélterületét, és a relatív klorofilltartalmát is. Az őszi búza és a kukorica maximális levélterületi indexei

(LAI_{max}) és maximális relatív klorofilltartalmai (SPAD_{max}) között jelentős különbséget nem találtunk, azonban a maximális terméseredmények összehasonlításakor több tonnás eltéréseket is tapasztaltunk a két növényfaj között. A kukorica nagyobb hasznos produkció előállítására képes közel ugyanakkora levélterülettel és közel hasonló klorofilltartalommal. Arra a következtetésre jutottunk, hogy ez az eltérés a C3-as és a C4-es növények főbb jellemzői közötti igen sok eltéréssel magyarázható. Ennek bizonyításához Dr. Pepó Péter professzor úr kidolgozott egy új mutatót, amelyet fotoszintetikus kapacitásnak (Ph.C.) nevezett el. A fotoszintetikus kapacitás kiszámításának alapját a levélterületi index maximális értékei, a maximális relatív klorofilltartalom és a maximális termés képezi, és az alábbi képlet segítségével számítható ki:

$$\text{Ph.C.} = \left(\frac{\text{Termés max}}{\text{LAI max}} * \frac{\text{Termés max}}{\text{SPAD max}} \right) / 1000$$

Ezen kívül természetesen még számos környezeti tényező is befolyásolja a fotoszintézis hatékonyságát, mint például a vízellátás, a hőmérséklet, a CO₂ koncentráció, a tápanyagellátás, stb. A fotoszintézis szempontjából a fény intenzitásának és/vagy a CO₂ aktuális koncentrációjának az optimálistól való eltérése, lehet limitáló, vagy kerülhet túlsúlyba. A növények különböző módon és szinteken képesek alkalmazkodni az eltérő, illetve változó fényviszonyokhoz, az emelkedő vagy csökkenő CO₂ koncentrációhoz, a hőmérséklet, illetve a vízviszonyok változásához.

Azt figyeztük meg, hogy a fotoszintetikus kapacitás két komponensének (SPAD-érték, LAI) nagysága a különböző agrotechnikai tényezőkkel befolyásolható.

49. táblázat. AZ AGROTECHNIKAI TÉNYEZŐK HATÁSA AZ ÓSZI BÚZA FOTOSZINTETIKUS KAPACITÁSÁRA (DEBRECEN, 2011-2013)

Év	Műtrágyázás	Bikultúra ŐI				Trikultúra ŐI			
		Termés (kg ha ⁻¹)	LAI max (m ² m ⁻²)	SPAD max	Ph.C.	Termés (kg ha ⁻¹)	LAI max (m ² m ⁻²)	SPAD max	Ph.C.
2011	kontroll	2046	1,3	56	61	6570	2,2	43	469
	N ₁₅₀ +PK	7742	3,4	59	305	9830	4,1	54	446
2012	kontroll	2429	2,0	38	82	5015	2,8	56	159
	N ₁₅₀ +PK	7283	3,6	59	240	8203	3,7	59	309
2013	kontroll	1558	0,9	32	90	4811	2,2	45	243
	N ₁₅₀ +PK	6205	3,1	53	243	8660	4,2	54	372

50. táblázat. AZ AGROTECHNIKAI TÉNYEZŐK HATÁSA A KUKORICA FOTOSZINTETIKUS KAPACITÁSÁRA (DEBRECEN, 2011-2013)

Év	Monokultúra									
	Műtrágyázás	Ö1				Műtrágyázás	Ö3			
		Termés (kg ha ⁻¹)	LAI _{max} (m ² m ⁻²)	SPAD _{max}	Ph.C.		Termés (kg ha ⁻¹)	LAI _{max} (m ² m ⁻²)	SPAD _{max}	Ph.C.
2011	kontroll	6226	2,4	50	325	kontroll	6741	2,0	47	501
	N ₁₈₀ +PK	11362	2,8	56	815	N ₁₈₀ +PK	12903	3,1	58	926
2012	kontroll	6715	2,7	52	325	kontroll	7028	2,6	55	346
	N ₁₈₀ +PK	10641	3,3	59	584	N ₁₈₀ +PK	11669	3,5	59	656
2013	kontroll	4862	1,4	48	341	kontroll	5725	1,7	44	439
	N ₁₈₀ +PK	9386	2,6	57	607	N ₁₈₀ +PK	12821	2,5	57	1176
Év	Bikultúra									
	Műtrágyázás	Ö1				Műtrágyázás	Ö3			
		Termés (kg ha ⁻¹)	LAI _{max} (m ² m ⁻²)	SPAD _{max}	Ph.C.		Termés (kg ha ⁻¹)	LAI _{max} (m ² m ⁻²)	SPAD _{max}	Ph.C.
2011	kontroll	8769	2,9	54	484	kontroll	9075	3,2	55	470
	N ₁₈₀ +PK	12670	3,5	58	788	N ₁₂₀ +PK	14117	3,8	60	888
2012	kontroll	9389	2,8	61	508	kontroll	10126	2,8	59	614
	N ₁₈₀ +PK	11886	3,2	61	729	N ₁₈₀ +PK	13083	3,0	61	931
2013	kontroll	9208	2,0	53	808	kontroll	11614	2,1	51	1266
	N ₁₈₀ +PK	11947	3,0	58	813	N ₁₈₀ +PK	14689	2,3	57	1631
Év	Trikultúra									
	Műtrágyázás	Ö1				Műtrágyázás	Ö3			
		Termés (kg ha ⁻¹)	LAI _{max} (m ² m ⁻²)	SPAD _{max}	Ph.C.		Termés (kg ha ⁻¹)	LAI _{max} (m ² m ⁻²)	SPAD _{max}	Ph.C.
2011	kontroll	9602	3,9	59	407	kontroll	10652	3,5	57	570
	N ₁₂₀ +PK	12388	4,2	60	615	N ₁₈₀ +PK	13148	4,2	59	695
2012	kontroll	9656	2,8	58	573	kontroll	10140	2,6	58	671
	N ₁₂₀ +PK	11955	3,1	60	781	N ₁₂₀ +PK	13170	3,1	60	940
2013	kontroll	9029	2,1	51	781	kontroll	10971	1,9	53	1202
	N ₁₂₀ +PK	10812	2,6	57	800	N ₁₂₀ +PK	14676	2,4	55	1658

Az őszi búza fotoszintetikus kapacitását a tápanyagellátottság jelentősen befolyásolta, a kontroll parcellákon bikultúránál 61-90 között, míg trikultúránál, a műtrágyázatlan parcellákon 159-469 között változtak a Ph.C.értékei. Kísérletünkben a vetésváltás hatása is erőteljesen jelentkezett a fotoszintetikus kapacitás értékére. Az optimális tápanyagellátottságnál már kiegyenlítettebb Ph.C. értékeket számítottunk, vetésváltástól és évjárártól függően az N₁₅₀+PK tápanyagszinten 240-446 közötti értékeket kaptunk (49. táblázat).

A kukorica fotoszintetikus kapacitását elsősorban a tápanyagellátottság és a vetésváltás befolyásolta jelentősen, a kontroll parcellákon monokultúránál 325-501, bikultúránál 470-931 között, míg trikultúránál, a műtrágyázatlan parcellákon 407-1202 között változott a Ph.C. Az optimális tápanyagellátottságnál már kiegyenlítettebb Ph.C. értékeket számítottunk, vetésváltástól és évjárártól függően az N_{opt.}+PK tápanyagszinten 584-1658 közötti értékeket kaptunk (50. táblázat).

Összefoglalva a két növényfaj terméseredményeiben tapasztalt jelentős különbség a fotoszintetikus kapacitásban is megjelenik. Természetesen az évjárat és egyéb tényezők is jelentősen befolyásolták a fotoszintézist, és annak hatékonyságát, mégis az őszi búzánál az optimális műtrágyaszintnél 250-500 körüli Ph.C. értéket számítottunk, kukoricánál ez 600-1600 között változott.

5.5. A kukorica és az őszi búza fotoszintetikus kapacitásának és termésének összefüggésvizsgálata

Őszi búzánál és kukoricánál a relatív klorofilltartalom és a levélterületi index értékek is pozitív közepes-szoros kapcsolatban álltak a termés mennyiségével, ezért elvégeztük a Person féle korrelációanalízist a Ph.C. értékek és a termések között is. Eredményeinket az 51. táblázat tartalmazza.

Minden szervesanyag felhalmozás, a biomassa és ezen belül a termés képzésének alapja a fotoszintézis. A kísérlet során megállapítottuk, hogy a termésmaximumok eléréséhez elengedhetetlen a megfelelő mennyiségű relatív klorofilltartalom, hiszen a fotoszintés folyamatának első lépéseként a karotinoidok és klorofillok megkötik a fényt. A zöld növényi szövetek fotoszintetikusán aktív részeiben helyezkednek el ezek a fotoszintetikus pigmentek, tehát a megfelelő nagyságú levélterület szerepe is jelentős. A Ph.C.-értékek alapján a C3 és C4 gabonanövények markánsan elkülönültek, mert eltérő fotoszintetikus úttal és eltérő fotoszintetikus aktivitással rendelkezik, ugyanakkor mindkét csoport (C3, C4) termését jelentősen meghatározza a fotoszintézis és annak hatékonysága. Mindhárom évben igen szoros ($r > 0,7$) összefüggést találtunk a termés és a Ph.C. értékek között mindkét növényfajnál.

51. táblázat. A TERMÉS ÉS A FOTOSZINTETIKUS KAPACITÁS (PH.C.) ÖSSZEFÜGGÉSVIZSGÁLATA PEARSON-FÉLE KORRELÁCIÓVAL ŐSZI BÚZÁNÁL ÉS KUKORICÁNÁL (DEBRECEN, 2011-2013)

Évek	Őszi búza	Kukorica
	Termés -Ph.C. érték közötti kapcsolat	
2011	0,811(**)	0,792(**)
2012	0,938(**)	0,934(**)
2013	0,671(**)	0,888(**)

(**) A korreláció szignifikáns SZD 1%-os szinten

A kapcsolat szorosságát a 105. oldalon ismertetett besorolás alapján határoztuk meg.

6. KÖVETKEZTETÉSEK

Az őszi búza levélbetegségeinek megjelenését és a fertőzés mértékét az évjárat jellege, határozza meg, de jelentős módosító tényező az alkalmazott agrotechnika is. A maximális termés kialakulásához a növényvédelem 9-13 %-ban járult hozzá, a három vizsgált évben. Az egyszeri védelem mérsékelten, a kétszeri állományvédekezés jelentős mértékben visszaszorította a levélbetegségek mértékét. Eredményeink szerint a lisztharmat-, a HTR- és a levélrozsdafertőzöttséget kisebb mértékben ugyan, de szignifikánsan befolyásolta a vetésváltás, a műtrágyázás pedig erősebben befolyásolta a betegségek megjelenését.

Az őszi búza termését 2011., 2012. és a 2013. tenyészévben a műtrágyázás és a vetésváltás befolyásolta jelentősen, a növényvédelemnek nem volt szignifikáns hatása. A három év átlagában az évjárat 9,04 %-ban, a vetésváltás 22,57 %-ban, a növényvédelem 9,62 %-ban, a műtrágyázás 58,77 %-ban befolyásolta a termés nagyságát. Az eltérő növényvédelmi kezeléseknél megfigyeltük, hogy nagyobb terméseredményeket kaptunk az egyszer-, illetve kétszer kezelt állományokban, mint az extenzív modell alkalmazásakor. Bikultúrás termesztésnél mindhárom vizsgált évben a legnagyobb tápanyagszinten ($N_{150}+PK$) kaptuk a maximális terméseredményeket. Trikultúránál azonban a maximális termést kevesebb műtrágya felhasználásával érték el, 2011-ben és 2012-ben az $N_{100}+PK$ kezelésnél, 2013-ban az $N_{150}+PK$ dózissal.

A kukorica termésének mennyiségét a műtrágyázás és a vetésváltás befolyásolta jelentősen. A három év átlagában az évjárat 3,5 %-ban, a vetésváltás 29,8 %-ban, az öntözés 21,5 %-ban, a műtrágyázás 45,2 %-ban befolyásolta a termés nagyságát. A monokultúrában termesztett kukorica a három év átlagában 2003-2090 kg ha⁻¹-ral kevesebb termést adott a vetésváltásban termesztetthez képest. Vizsgálataink szerint az optimális $N+PK$ mennyiséget több tényező is befolyásolja. Egyrészt az évjárat jellege, másrészt pedig az alkalmazott agrotechnika (vetésváltás, öntözés). A három év alapján monokultúránál az $N_{180-240}+PK$, bikultúránál az $N_{120-180}+PK$, míg trikultúránál az $N_{60-120}+PK$ mellett kaptuk a legnagyobb termést. Az öntözés terméstöbbletét az évjárat jellege határozza meg. Mindhárom vizsgált évben többször is sor került a kukorica öntözésére, így az öntözés hatását volt lehetőségünk számszerűsíteni, ami 2011-ben 434-994 kg ha⁻¹, 2012-ben 994-653 kg ha⁻¹, 2013-ban 1874-2664 kg ha⁻¹ terméstöbbletet eredményezett.

Az őszi búza SPAD-értékeinek elemzésekor azt tapasztaltuk, hogy a műtrágyázásnak és a vetésváltásnak is jelentős hatása van erre a mutatóra. A relatív klorofilltartalmat egy harang alakú görbével jellemezhetjük, a maximális SPAD-értékeket évjáratától függően 2-3 nóduszos állapotban, illetve virágzáskor mértük. Mindhárom vizsgált évben az $N_{150}+PK$

tápanyagszintnél, trikultúránál kaptuk a maximális relatív klorofilltartalmat. A borsó növeli a talaj nitrogénkészletét, kímélőleg hat a talaj vízháztartására és kedvező hatással van a talaj fizikai, kémiai tulajdonságaira is, ezáltal az őszi búza nitrogénellátottsága is kedvezőbb, mint kukorica elővetemény után.

A kukorica relatív klorofilltartalmát is egy harang alakú görbével írhatjuk le, a maximális SPAD-értékeket évjáratról függően hímvirágzás-nővirágzás idején mértük. Mindhárom vetésváltási modellnél jelentős különbségeket tapasztaltunk a kontroll és az $N_{120-180}+PK$ műtrágyaszintek között, a három műtrágyakezelés között jelentős különbségeket tapasztaltunk. A három vetésváltási rendszer közül monokultúránál kaptuk a legkisebb relatív klorofilltartalmat, és az alkalmazott agrotechnikától függően a szemtelítődési időszakban is lényegesen kisebb értékeket mértünk. Az öntözésnek köszönhetően növekvő tendenciát állapíthatunk meg a relatív klorofilltartalom alakulásában, azonban ezt statisztikailag nem tudtuk alátámasztani.

Az őszi búza levélterületi indexének időbeli változásánál egy erőteljes növekvő szakaszt figyelhettünk meg a 2-3 nóduszos állapot-virágzás idejéig. Ekkor kaptuk a maximális levélborítottságot majd ezt követően lassabb, vagy erőteljesebb csökkenést tapasztaltunk. A képződött levélterület nagyságát évjárat és az agrotechnikai tényezők is jelentősen módosították. Kukorica elővetemény után a műtrágyázásnak az $N_{150}+PK$ kezelésig jelentős hatása volt a levélterületi index dinamikájára és maximális értékére. Trikultúra vetésváltás esetén is hasonló tendenciát tapasztaltunk, a három műtrágyakezelés között szignifikáns különbségeket mértünk mindhárom tenyészévben. A két vetésváltási rendszer összehasonlításakor azt tapasztaltuk, hogy bokrosodás végén még mérsékelten jelentkezett az elővetemény hatása a LAI-értékek nagyságára, a további fenofázisoknál a trikultúras termesztés során szignifikánsan nagyobb levélterületet tapasztaltunk mindhárom műtrágyadózis esetén. Az utolsó méréskor is nagyobb LAI értékeket mértünk borsó elővetemény után, bikultúránál a levéllelhalás gyorsabb ütemben következett be.

A kukorica a maximális LAI-értéket, évjáratról függően, a 12 leveles állapot-hímvirágzás idején érte el. A levélterületi index dinamikáját és maximális értékét szignifikánsan meghatározta a műtrágyázás. A vetésváltás hatása erőteljesen jelentkezett, bár az egyes évjáratokban eltérő volt. 2011-ben és 2013-ban a legkisebb levélterület monokultúránál képződött. Bi- és trikultúránál a levéllelhalás is lassabb ütemben következett be, mint monokultúránál. 2012-ben azonban a monokultúra szignifikánsan jobbnak bizonyult, mint a bi- és a trikultúra. Az öntözött és a nem öntözött parcellák levélterületében lényeges eltérést nem tapasztaltunk.

Az őszi búzában képződött összes biomasza mennyiségét az alkalmazott agrotechnika (elővetemény és műtrágyázás) szignifikánsan befolyásolta. Mindkét agrotechnikai elem meghatározta a vegetációs periódus időszakában a szárazanyagképződés nagyságát, mértékét, annak dinamikáját, az évjárat pedig módosította azt.

A kukorica szárazanyagtömegének alakulását is statisztikailag is igazolhatóan befolyásolta a műtrágyázás és a vetésváltás. A tápanyagellátás hatására a júniusi és a júliusi növénymintavétel alkalmával szignifikáns különbséget tapasztaltunk, azonban a kukoricánövények kezdeti fejlődésekor, valamint a szemtelítődés idején már nem tapasztaltunk lényeges különbséget a műtrágyázás hatására a szárazanyagtömeg alakulásában. A szárazanyagképződés mértékét és dinamikáját a műtrágyázás mérsékeltebben befolyásolta bi- és trikultúrában, mint monokultúrában. A vetésváltás hatására azt tapasztaltuk, hogy a monokultúrában termesztett kukoricánál szignifikánsan kevesebb szárazanyag képződött, mint a másik két vetésváltási rendszernél. Az öntözés hatására a kukorica összes képződött szárazanyagtömege többnek bizonyult, mint öntözetlen körülmények között, azonban az eltérés nem volt szignifikáns.

Az őszi búza levélterület tartósság (LAD) értékei szerint a növekvő N+PK műtrágyázás szignifikánsan növelte a levelek élettartamát mindhárom vizsgált tenyészcsoportban. A legnagyobb LAD-értékeket az N₁₅₀+PK tápanyagszinten tapasztaltuk. A különböző előveteményeknek 2011, 2012 és 2013-ban is szignifikáns hatása volt a LAD-értékekre, azonban évjáratától függően volt meghatározó jelentőségű a vetésváltás a levelek élettartamára.

A kukorica levélterület tartósság (LAD) értékeinél hasonló tendencia érvényesült, mint az őszi búzáé. Az egyik legfontosabb, a levelek növekedését, fejlődését és élettartamát jelentősen befolyásoló elem a harmonikus N+PK trágyázás. Emellett megállapítható, hogy az elővetemény is meghatározó jelentőségű agrotechnikai tényező a levélterület tartósság alakulásakor. Ugyanakkor a jó elővetemény kedvező hatását a műtrágyázás is módosítja. Az öntözésnek egyik évben sem volt statisztikailag is igazolható pozitív hatása a LAD-értékek alakulására, csak kis mértékben befolyásolta azt.

A három év során számított CGR értékek jól jellemzik az őszi búza szárazanyag képződésének eltérő ütemét a különböző fenofázisokban. A tápanyagellátás hatására szignifikánsan növekedett a terméshozam növekedés sebessége. A legnagyobb CGR értékeket a legnagyobb tápanyagszintnél, az N₁₅₀+PK műtrágya dózisnál kaptuk. A két vetésváltási rendszert vizsgálva azt tapasztaltuk, hogy a kukorica után vetett állományoknál minden időszakban kisebb CGR értékeket kaptunk, tehát kevésbé intenzív szárazanyag gyarapodás volt

jellemző, mint borsó elővetemény után, azonban ezt statisztikailag nem minden esetben tudtuk bizonyítani.

A kukorica CGR-értékeinek változását hasonló tendencia jellemezte, mint az őszi búzáét. A kukorica szárazanyag képződésének kezdetén alacsonyok voltak a CGR-értékek, ezt követően erőteljes növekedést tapasztaltunk, majd az utolsó mérési időszakban kis mértékben csökkent a CGR-érték. A növekvő tápanyagszint és a vetésváltás statisztikailag is igazolható CGR-érték növelő hatását igazolni tudtuk, azonban az öntözésnek nem volt lényeges hatása erre a növekedésanalízis mutatóra.

Az őszi búza Harvest Indexének elemzésekor statisztikailag is igazolható különbséget a műtrágyázás hatására nem minden évben tudtunk megállapítani, és a vetésváltás hatását is jelentősen módosította az évjárat. 2011-ben és 2012-ben szignifikánsan nagyobb volt a HI borsó elővetemény után, szemben a 2013. évvel, amikor a bikultúra bizonyult jobbnak.

A kukoricánál a kontroll kezelésben, monokultúránál kaptuk a legalacsonyabb HI értékeket, majd a műtrágya hatóanyag növelésével nőtt a Harvest Index is. A három vetésváltási rendszer között nem minden évben volt jelentős különbség és az öntözésnek is évjárattól függően volt szignifikáns hatása a Harvest Indexre. Kísérleti eredményeink bizonyítják, hogy a HI érzékeny a környezeti és az agrotechnikai hatásokra egyaránt. A Harvest Index pozitív, közepes kapcsolatban van a termés mennyiségével.

A relatív növekedési sebesség a szervesanyag tartalom időbeli felhalmozódásának sebességét, azaz a növekedés ütemét fejezi ki. Őszi búzánál és kukoricánál is hasonló tendencia érvényesült, növényfajtól függetlenül a legnagyobb RGR-értékeket az első mérési időszakban kaptuk, azonban az értékek nagyságrendjében jelentős különbségek voltak. Az őszi búzánál a tápanyagellátásnak egyes időszakokban szignifikáns hatása volt az RGR-értékek alakulására, a vetésváltásnak viszont nem volt lényeges hatása erre a növekedésanalízis mutatóra.

A kukorica RGR-értékeinél azt tapasztaltuk, hogy a műtrágyázásnak a címerhányásig volt statisztikailag igazolható hatása. Az elővetemény csak a 12 leveles állapotig befolyásolta jelentősen az RGR-értéket, ekkor a bikultúra bizonyult a legjobbnak. Az öntözésnek nem volt statisztikailag igazolható hatása a relatív növekedési sebességre.

A vizsgált paraméterek és az alkalmazott agrotechnikai kezelések közötti kapcsolat megállapításához korrelációs számítást is végeztünk mindkét növényfajnál. Őszi búzánál a három évet együttesen elemezve megállapíthatjuk, hogy az alkalmazott agrotechnikai tényezők közül a műtrágyázás determinálta legjobban a vizsgált paramétereket. A vetésváltás és a termés között közepes pozitív kapcsolatot állapítottunk meg. Az összefüggés-vizsgálatokkal bizonyítani tudtuk, hogy a levélterület, a levelek élettartama, a relatív klorofilltartalom, a

szárazanyagtömeg, és az egyes növekedést jellemző mutatók is kapcsolatban vannak a termés mennyiségével. A növényfiziológiai mérések közül elsődlegesen a levélterületi index (LAI), relatív klorofilltartalom (SPAD), levélterület tartósság (LAD), és a szárazanyagtömeg mérés teszi lehetővé a termés mennyiségének előrejelzését.

Kukoricánál is azt tapasztaltuk, hogy az alkalmazott agrotechnikai tényezők közül a műtrágyázás determinálta legjobban a vizsgált paramétereket. Az öntözés, vetésváltás a termés mennyiségével közepes pozitív kapcsolatot mutatott. Az összefüggés-vizsgálatokkal bizonyítani tudtuk, hogy a vizsgált mutatók kapcsolatban vannak a termés mennyiségével, és elsősorban a levélterületi index (LAI), relatív klorofilltartalom (SPAD), levélterület tartósság (LAD) alapján van lehetőségünk termésbecslésre.

A fotoszintetikus kapacitás elemzésekor megállapíthatjuk, hogy a kukorica Ph.C. értékei duplája-háromszorosa az őszi búza Ph.C. értékeinek, de jelentős különbségek vannak a vetésváltás (őszi búza, kukorica), és az öntözés hatására (kukorica). Emellett mindkét növényfaj fotoszintetikus kapacitását a tápanyagellátottság befolyásolta még jelentősen, és az optimális tápanyagellátottságnál már kiegyenlítettebb Ph.C. értékeket számítottunk.

7. ÖSSZEFOGLALÁS

A szántóföldi tartamkísérletekben rendszerint a gazdasági növények végső produkcióját, azaz a termését határozzák meg, azonban ezek elemzése önmagában nem elegendő a termést kialakító tényezők hatásainak feltárásához. Több évtizedes kutatómunka eredményeként megállapították az egyes gabonanövények tápanyag- és elővetemény igényét, és az egyéb agrotechnikai tényezők termésre gyakorolt hatását. Az agrotechnikai kezelések hatása tehát szignifikáns terméskülönbségekben mérhető, azonban kevésbé ismerjük a terméskülönbségek kialakulásának agronómiai, ökológiai és fiziológiai tényezőit és a köztük levő interakciókat. A növényállomány növekedésének vizsgálatával betekintést nyerünk a hasznos produkció, azaz a szemtermés képződésének folyamatába. Célszerű tehát a szántóföldi növények esetében olyan produkcióbiológiai, asszimilációs felület vizsgálatokat végezni, amelyek segítséget nyújtanak a termésképződés ok-okozati folyamatainak a megértéséhez. A növekedésanalízis teszi lehetővé, hogy a kezelések hatását ne csak a már betakarított termésben, hanem a növekedésdinamikai változások megfigyelésével, a teljes tenyészidőszak alatt nyomon tudjuk követni. E mellett számos különböző eszköz áll rendelkezésre a termés-előrejelzésre, amelyek közül elterjedt a SPAD klorofill mérőműszer, és a levélterületet mérő műszerek használata is. Ezen okok miatt a disszertációban nagy hangsúlyt helyeztünk az ökofiziológiai vizsgálatokra, különösen új összefüggések feltárására a termés és a vizsgált gabonanövények (őszi búza és kukorica) növekedése, relatív klorofilltartalma, levélterülete között. Összefüggést kerestünk a szárazanyag gyarapodás üteme és a vizsgált növényfajok terméseredménye között is. Célunk volt továbbá annak meghatározása, hogy a környezeti feltételek (időjárás) mennyiben határozzák meg a növényi biomassza mennyiségét, asszimilációs felületét és a növények terméseredményét. Kerestük a választ arra is, hogy a vizsgált növekedést jellemző paraméterek (CGR, RGR, LAD, HI) és a termés mennyisége között milyen kapcsolatot tudunk megállapítani, lehet –e ezen méréseket terméselőrejelzéshez használni. A kutatómunka során kapott eredmények segítségével eldönthetjük, melyik paraméterek és milyen agrotechnikai tényezők járulnak hozzá a maximális szemtermés kialakulásához.

A vizsgálatokat a Debreceni Egyetem Agrár- és Gazdálkodástudományok Centruma Látóképi Kísérleti Telepén, 1983-ban Dr. Ruzsányi László professzor úr által beállított és Dr. Pepó Péter professzor úr által irányított polifaktoriális tartamkísérletben végeztük 2010. szeptember-2013. október között. A vizsgált két növényfaj az őszi búza (GK Csillag) és a kukorica (Reseda- PR37M81) volt. Őszi búzánál trikulturúra (borsó-búza-kukorica) és bikulturúra (búza-kukorica) vetésváltásban, öt tápanyagszinten (kontroll, N₅₀P₃₅K₄₀, N₁₀₀P₇₀K₈₀, N₁₅₀P₁₀₅K₁₂₀, N₂₀₀P₁₄₀K₁₆₀), három növényvédelmi kezelés mellett vizsgáltuk a lisztharmat-, a

helminthosporiumos- és a levélrozsa fertőzöttség mértékét, és a termés nagyságát. A növényfiziológiai méréseket bi- és trikultúránál, kontroll, $N_{50}+PK$, $N_{150}+PK$ tápanyagkezelésnél, átlagos növényvédelmi technológia alkalmazásánál végeztük. Kukoricánál trikultúra (borsó-búza-kukorica), bikultúra (búza-kukorica) és monokultúra került beállításra. A második agrotechnikai elem a tápanyagellátás (kontroll, $N_{60}P_{45}K_{45}$, $N_{120}P_{90}K_{90}$, $N_{180}P_{135}K_{135}$, $N_{240}P_{180}K_{180}$), a harmadik változó az öntözés volt (öntözés nélküli, optimális vízellátás 50 %-ig visszapótol, és öntözéssel optimumig kiegészített vízellátási változat). A növényfiziológiai méréseket mono-, bi- és trikultúránál, öntözetlen öntözéssel optimumig kiegészített vízellátási változat esetén, kontroll, $N_{120}+PK$, $N_{180}+PK$ -nál végeztük el.

Az őszi búza levélbetegségeinek megjelenését és a fertőzés mértékét az évjárat jellege, határozta meg, és jelentősen módosította azt az alkalmazott agrotechnika is. A maximális termés kialakulásához a növényvédelem 9-13 %-ban járult hozzá, a három vizsgált évben. Az egyszeri védelem mérsékelten, a kétszeri állományvédekezés jelentős mértékben visszaszorította a levélbetegségek mértékét, negatív közepes összefüggés volt a betegségek és a növényvédelmi kezelések között. A lisztharmat-, a HTR- és a levélrozsa-fertőzöttséget szignifikánsan befolyásolta a vetésváltás és a műtrágyázás.

Az őszi búza termését a három év átlagában (2011-2013) az évjárat 9,04 %-ban, a vetésváltás 22,57 %-ban, a növényvédelem 9,62 %-ban, a műtrágyázás 58,77 %-ban befolyásolta. Az agrotechnikai tényezők közül legfontosabb szerepe a tápanyagellátásnak van, a növekvő műtrágyaszintek hatására szignifikánsan nőtt a termés mennyisége. Bikultúrás termesztésnél mindhárom vizsgált évben a legnagyobb tápanyagszinten ($N_{150}+PK$) kaptuk a maximális terméseredményeket. Trikultúránál azonban a maximális termést kevesebb műtrágya felhasználásával értük el, 2011-ben és 2012-ben az $N_{100}+PK$ kezelésnél, 2013-ban az $N_{150}+PK$ dózissal. A vetésváltás kedvező hatása következményeként trikultúrában jelentősen nagyobb terméseredményeket értünk el, a legnagyobb különbség a kontroll parcellákon volt tapasztalható, de az $N_{200}+PK$ trágyaszintnél is jelentkezett a borsó elővetemény statisztikailag is igazolható termésnövelő hatása. A növényvédelmi technológiáknál azt tapasztaltuk, hogy az egyszer-, illetve kétszer kezelt állományokban nagyobb volt a termés mennyisége, mint az extenzív modell alkalmazásakor. Az intenzív növényi modell alkalmazásával az őszi búza termésszintje 8,5-10,5 t ha⁻¹ között tartható. Extenzív növénytermesztési modellben 1,5-2,5 t ha⁻¹ (bi), 4,5-6,5 t ha⁻¹ (tri) között változott, tehát lényegesen kevesebb volt, mint az intenzív technológia esetében.

A kukorica termésének mennyiségét a műtrágyázás és a vetésváltás befolyásolta jelentősen. A három év átlagában az évjárat 3,5 %-ban, a vetésváltás 29,8 %-ban, az öntözés

21,5 %-ban, a műtrágyázás 45,2 %-ban befolyásolta a termés nagyságát, tehát legnagyobb szerepe a tápanyagellátásnak volt. Monokultúrás termesztés során a legtöbb termést a $N_{240}+PK$ trágyaszintnél, Ö3 változatnál, bikultúrában a $N_{180}+PK$ tápanyagszintnél, szintén az Ö3 vízellátás esetén, míg a vetésváltás kedvező hatása következményeként trikultúrában a $N_{120}+PK$ trágyaszintnél optimális (Ö3) vízellátási típusnál érték el. A monokultúrában a kedvezőtlen hatások ellenére is nagy terméseredményeket kaptunk, amely a kiváló termékenyséű mészlepedékes csernozjom talajtípussal magyarázható, azonban a monokultúrás termesztésnél három év átlagában 2003-2090 kg ha⁻¹-ral kevesebb volt a termés a vetésváltásban termesztetthez képest. Az öntözés terméstöbbletét az évjárat jellege határozza meg. Az öntözés is jelentős hatással volt a kukorica termésére, 2011-ben 434-994 kg ha⁻¹, 2012-ben 994-653 kg ha⁻¹, 2013-ban 1874-2664 kg ha⁻¹ terméstöbbletet eredményezett. A három év alapján monokultúránál az $N_{180-240}+PK$, bikultúránál az $N_{120-180}+PK$, míg trikultúránál az $N_{60-120}+PK$ mellett kaptuk a legnagyobb termést. Az intenzív növényi modell alkalmazásával a kukorica termésszintje 12,5-14,5 t ha⁻¹ között volt. Extenzív növénytermesztési modellben a kukorica termése 4,5-7,0 t ha⁻¹ (mono), 9,0-11,5 t ha⁻¹ (bi) és 9,0-11,0 t ha⁻¹ (tri) között változott, lényegesen kevesebb volt, mint az intenzív technológiánál.

Az őszi búza és a kukorica relatív klorofilltartalmának változását, és a levélterület alakulását is egy harang alakú görbével jellemezhetjük. A maximális SPAD-értékeket és a levélterületi indexet egyrészt az évjárat, másrészt az alkalmazott agrotechnikai tényezők módosítják. Őszi búzánál 2-3 nóduszos állapotban, illetve virágzáskor, kukoricánál hímvirágzás-nővirágzás idején mértük a legnagyobb relatív klorofilltartalmat. A maximális levélborítottságot az őszi búza állományok 2-3 nóduszos állapotban-virágzáskor, a kukorica növények 12 leveles állapot-hímvirágzás idején érték évjáratától függően. Őszi búzánál a két mutató (SPAD, LAI) és a tápanyagellátás között szoros, kukoricánál közepes kapcsolatot állapítottunk meg. A vetésváltás is közepes erősségű, pozitív hatással volt mind a levélterületi index, mind a relatív klorofilltartalom értékeire, azonban ez nem minden esetben volt statisztikailag is igazolható. Kukoricánál az öntözés hatására növekvő tendenciát állapítottunk meg a relatív klorofilltartalom és a LAI alakulásában, azonban ezt statisztikailag nem tudtuk alátámasztani.

Mindkét növényfaj szárazanyagtömegének alakulását az alkalmazott agrotechnikai kezelések (elővetemény és műtrágyázás) szignifikánsan befolyásolták, és a tenyészév időjárási tényezői is nagymértékben módosították. A szárazanyag-felhalmozódás dinamikája azt bizonyította, hogy a szárazanyagképződés a tenyészidőszak végéig tartott búzánál és kukoricánál egyaránt. Az őszi búza képződött összes szárazanyagtömege a kontroll kezelésben

688,0-1528,4 g m⁻², az N₅₀+PK kezelésben 814,0-2217,6 g m⁻², N₁₅₀+PK kezelésben 1275,2-2570,4 g m⁻² között változott vetésváltástól függően. Kukoricánál a képződött szárazanyagtömeg kontroll kezelésben 1320,1-2751,6 g m⁻², az N₁₂₀+PK kezelésben 1870,6-3071,9 g m⁻², N₁₈₀+PK kezelésben 2090,2-3036,3 g m⁻² között változott vetésváltástól és vízellátástól függően.

A levélterület tartósság (LAD) és az őszi búza termése között mindhárom évben igen szoros korrelációt tapasztaltunk. A kukorica termésmennyisége és a levelek élettartama közötti összefüggés lényegesen gyengébb volt, mint az őszi búzáénál. A legnagyobb befolyásoló tényező a levelek élettartamára a műtrágyázás volt a három vizsgált évben, a vetésváltás a LAD-értékeket kisebb mértékben módosította. A legnagyobb LAD-értékeket őszi búzáénál az N₁₅₀+PK tápanyagszinten tapasztaltuk, 2011-ben 207-281 nap, 2012-ben 208-221 nap, 2013-ben 162-218 nap volt, kukoricánál az N₁₈₀+PK tápanyagszinten tapasztaltuk, 2011-ben 163-276 nap, 2012-ben 226-254 nap, 2013-ben 194-210 nap volt vetésváltástól és öntözéstől függően.

Az őszi búza és a kukorica növekedését és fejlődését, ezáltal a termésnövekedés sebességét (CGR), a relatív növekedési sebességet (RGR) és a Harvest Indexet (HI) egyrészt az agrotechnikai tényezők, másrészt az évjárat jelentősen befolyásolja. Mind kukoricánál, mind őszi búzáénál a technológiai elemek közül kiemelkedő szerepe a tápanyagellátásnak volt. A tápanyagellátás hatására szignifikánsan növekedett az őszi búza termésnövekedés sebessége. A legnagyobb CGR értékeket a legnagyobb tápanyagszintnél, az N₁₅₀+PK műtrágya dóziséknél kaptuk. A két vetésváltási rendszer közül a trikulturna bizonyult jobbnak. A kukorica CGR-értékeinek változását is hasonló tendencia jellemezte, mint az őszi búzáét. A növekvő tápanyagszint és a vetésváltás statisztikailag is igazolható CGR-érték növelő hatását igazolni tudtuk. A relatív növekedési sebesség dinamikájában őszi búzáénál és kukoricánál is hasonló tendencia érvényesült, a legnagyobb RGR-értékeket az első mérési időszakban kaptuk. Az őszi búzáénál a tápanyagellátásnak egyes időszakokban szignifikáns hatása volt az RGR-értékek alakulására, a vetésváltásnak viszont nem volt lényeges hatása. A kukorica RGR-értékeire a műtrágyázás és az elővetemény is jelentős befolyással bírt. Őszi búzáénál a Harvest Index és a termés mennyisége között nem találtunk szignifikáns kapcsolatot, azonban kukoricánál a Harvest Index pozitív, közepes kapcsolatot mutatott a termés mennyiségével.

Korrelációs számítással meghatároztuk a vizsgált paraméterek és az alkalmazott agrotechnikai kezelések közötti kapcsolat szorosságát. Kerestük a választ arra is, hogy milyen összefüggés van a vetésváltás, a műtrágyázás, a növényvédelem és az őszi búza termésmennyisége között, illetve a vetésváltás, a műtrágyázás, az öntözés és a kukorica termése között. Az összefüggés-vizsgálatokkal bizonyítani tudtuk, hogy egy C3-as és egy C4-es

növénynél is a levélterület, a levelek élettartama, a relatív klorofilltartalom, a szárazanyagtömeg, és az egyes növekedést jellemző mutatók is kapcsolatban vannak a termés mennyiségével. A korrelációs számítással megállapítottuk, hogy elsődlegesen azonban a levélterületi index (LAI), relatív klorofilltartalom (SPAD), levélterület tartósság (LAD) teszi lehetővé a termés mennyiségének előrejelzését a tenyészidő korai szakaszában. Őszi búzánál a szárazanyagtömeg mérése is lehetőséget biztosít a termésbecslésre, hiszen pozitív szoros kapcsolatban volt a termés mennyiségével. Az őszi búza szemtermésének nagysága tehát közvetlenül összefügg a szárazanyagtömeg alakulásával. Őszi búzánál a termés mennyiségét egyrészt a műtrágyázás ($r=0,651-0,832$) és a vetésváltás ($r=0,195-0,638$) befolyásolta jelentősen, másrészt pedig negatív közepes összefüggés állapítható meg a betegségek és a növényvédelmi kezelések között. A növényvédelem a betegségek (lisztharmat, HTR, levélrozsda) mértékének csökkentésével járul hozzá a maximális termések kialakulásához. Kukoricánál az agrotechnikai tényezők közül legerősebben a műtrágyázás ($r=0,533-0,723$) befolyásolta a termés mennyiségét. A vetésváltás és a termés mennyisége közötti kapcsolat szignifikáns, gyenge ($r=0,336-0,423$) erősségű volt, az öntözés laza, nem szignifikáns kapcsolatban állt a termés mennyiségével 2011-ben és 2012-ben. 2013-ban az öntözés nagyobb jelentőséggel bírt a termés mennyiségére, mint 2011-ben és 2012-ben ($r=0,497$).

A növények fotoszintetikus aktivitását jelentősen befolyásolja a levélterület és a klorofilltartalom. Az őszi búza és a kukorica maximális levélterületi indexei (LAI_{max}) és maximális relatív klorofilltartalmai ($SPAD_{max}$) között jelentős különbséget nem találtunk, azonban a maximális terméseredmények összehasonlításakor több tonnás eltéréseket is tapasztaltunk a két növényfaj között. Emiatt szükségesnek tartottuk egy mutató bevezetését, amelyet fotoszintetikus kapacitásnak (Ph.C.) neveztünk el. A fotoszintetikus kapacitás két komponensének (SPAD-érték, LAI) nagysága a különböző agrotechnikai tényezőkkel befolyásolható volt búzánál, kukoricánál egyaránt. Őszi búzánál optimális tápanyagellátás esetén évjárattól függően $3,1-4,2 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$ között változott a LAI_{max} , a relatív klorofilltartalom maximumai 53-59, a képződött termés mennyisége $6,2-9,8 \text{ t ha}^{-1}$ között volt. Kukoricánál a LAI_{max} $2,3-4,1 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$, a $SPAD_{max}$ 55-61, a termés mennyisége $9,4-14,7 \text{ t ha}^{-1}$ között alakult a három vizsgált évben. A C3-as és a C4-es növény terméseredményeiben tapasztaltunk lényeges különbséget, ami a fotoszintetikus kapacitásban is mérhető volt. Az őszi búzánál az optimális műtrágyaszintnél 250-500 körüli Ph.C. értéket számítottunk, kukoricánál ez 600-1600 között változott.

8.ÚJ ÉS ÚJSZERŰ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

1. Meghatároztuk a LAI-ra és a SPAD-értékekre ható tényezőket az őszi búza és a kukorica esetében. A levélterületi index maximális értékét, valamint a relatív klorofilltartalom nagyságát mindhárom évben szignifikánsan a műtrágyázás határozta meg mindkét növényfajnál. Az őszi búzánál a két mutató (LAI, SPAD) és a tápanyagellátás között szoros, kukoricánál közepes kapcsolatot állapítottunk meg. A vetésváltás is közepes erősségű, pozitív hatással volt mind a levélterületi index, mind a relatív klorofilltartalom értékeire.
2. Az őszi búza és a kukorica növekedése és fejlődése egyrészt az agrotechnikai tényezőktől, másrészt az évjáráttól függ. Az általunk számított növekedésanalízis mutatók (CGR, RGR) mindkét növényfajnál pontosan jellemezték a szárazanyagképződés eltérő ütemét az egyes kezelések hatására, eltérő években. Mind kukoricánál, mind őszi búzánál a technológiai elemek közül kiemelkedő szerepe a tápanyagellátásnak volt.
3. A levélterület tartósság (LAD) és az őszi búza termése között mindhárom évben igen szoros korrelációt tapasztaltunk ($r=0,895-0,922$). A legnagyobb befolyásoló tényező a levelek élettartamára a műtrágyázás volt ($r=0,791-0,845$), a vetésváltás a LAD-értékeket kisebb mértékben módosította ($r=0,416-0,499$). A kukorica termésmennyisége és a levelek élettartama közötti összefüggés lényegesen gyengébb, mint az őszi búzánál ($r=0,531-0,696$). A vetésváltásnak csak egy évben volt befolyásoló szerepe a kukorica levélterület tartósságára, a műtrágyázásnak viszont jelentős volt a hatása a LAD-értékek alakulásában.
4. A növényfiziológiai mérések közül őszi búzánál és kukoricánál elsődlegesen a levélterületi index (LAI), relatív klorofilltartalom (SPAD), levélterület tartósság (LAD) teszi lehetővé a termés mennyiségének előrejelzését a tenyésztő korai szakaszában.
5. Őszi búzánál szoros, pozitív összefüggés ($r=0,578-0,854$) állapítható meg a szárazanyagtömeg és a termésmennyiség között, így ez is alkalmas termésbecslésre. Az őszi búza kedvező termésszintjéhez elengedhetetlen a megfelelő vegetatív tömeg képződése, azonban a vegetatív részek növelése csak bizonyos korlátok között lehetséges.
6. Új számítást (képletet) vezettünk be az őszi búza (C3) és a kukorica (C4) növények fotoszintetikus aktivitásának egységes meghatározására. Ezt az új mutatót fotoszintetikus kapacitásnak (Ph.C.) neveztük el. A Ph.C.-értékek alapján a C3 és C4

gabonanövények markánsan elkülöníthetők. Az évjárat és egyéb tényezők is jelentősen befolyásolták a fotoszintézist, és annak hatékonyságát, mégis őszi búzánál az optimális műtrágyaszintnél 250-500 körüli Ph.C. értéket számítottunk, kukoricánál ez 600-1600 között változott.

7. Az eltérő évjáratípusok ellenére az őszi búza és a kukorica terméseredménye-optimalizált agrotechnika mellett-közel azonos volt. Őszi búzánál 2011-ben 10,8 t ha⁻¹, 2012-ben 8,6 t ha⁻¹, 2013-ban 9,1 t ha⁻¹ volt a termésmaximum, kukoricánál 13,1-14,6 t ha⁻¹ között változott a termésmaximum évjáratától függően. A termőhelyhez és az alkalmazott fajta/hibridhez választott optimális agrotechnikával a termésbiztonság növelhető.
8. Az alkalmazott agrotechnikai tényezők közül a műtrágyázás (őszi búza: 59 %, kukorica: 45 %) determinálta legjobban a termésmennyiséget, azonban a vetésváltásnak is jelentős (őszi búza: 22 %, kukorica: 30 %) szerepe volt. Őszi búzánál a növényvédelem szignifikánsan nem a termés mennyiségét növelte, hanem a betegségek (lisztharmat, HTR, levélrozsdá) mértékének csökkentésével járul hozzá a maximális termések kialakulásához, azaz közvetett jelentőséggel bírt (10 %). Kukoricánál az abiotikus stresszhatást, a vízhiányt mérsékelni lehet öntözéssel, amely a 3 év átlagában 22 %-os befolyásoló szereppel rendelkezett.

9.A GYAKORLATBAN HASZNOSÍTHATÓ EREDMÉNYEK

1. Megfelelő növényfiziológiai paraméterekkel (SPAD, LAI) és fitomassza méréssel a tenyészidő relatíve korai szakaszában (őszi búza: szárbaindulás, kukorica: hímvirágzás) a várható termés előrejelezhető. Ezt a korrelációs számítás mindhárom évben bizonyította.
2. Növényfiziológiai és fitomassza vizsgálatokkal a különböző kezelések (műtrágyázás, vetésváltás, öntözés) hatását nem csak a már betakarított termésben, hanem a teljes tenyészidőszak alatt vizsgálni tudtuk. Az alkalmazott agrotechnikai tényezők közül a műtrágyázás befolyásolta legjobban a növényfiziológiai paramétereket és a szárazanyagtömeget.
3. Mindkét növényfajnál a műtrágyázás és a vetésváltás bizonyult az évek átlagában (2011-2013) a termést elsődlegesen determináló agrotechnikai tényezőnek.
4. Az egyes agrotechnikai tényezők (vetésváltás, műtrágyázás, növényvédelem, öntözés) eltérő hatékonysággal érvényesülnek az őszi búza és a kukorica termesztéstechnológiájában, amelyet figyelembe szükséges venni azok gyakorlati alkalmazásakor. A kiváló csernozjom talajon (nagy pufferkapacitása mind az ökológiai, mind az agrotechnikai tényezőknél) kedvező agronómiai hatékonysággal érvényesülnek az agrotechnikai inputok a búzánál és a kukoricánál egyaránt. A C4-es kukorica sokkal nagyobb biomasszatömeget képez, mint a C3-as őszi búza, ezzel megteremtve a nagyobb szemtermés fiziológiai alapját.
5. Meghatároztuk az őszi búza és a kukorica extenzív és intenzív növénytermesztési modelljeinek a kapacitását csernozjom talajon, a Hajdúságban. Az intenzív növényi modell alkalmazásával az őszi búza termésszintje $8,5-10,5 \text{ t ha}^{-1}$ között, a kukorica termésszintje $12,5-14,5 \text{ t ha}^{-1}$ között tartható. Extenzív növénytermesztési modellben a búza termése $1,5-2,5 \text{ t ha}^{-1}$ (bi), $4,5-6,5 \text{ t ha}^{-1}$ (tri), a kukoricáé $4,5-7,0 \text{ t ha}^{-1}$ (mono), $9,0-11,5 \text{ t ha}^{-1}$ (bi) és $9,0-11,0 \text{ t ha}^{-1}$ (tri) között változott, tehát lényegesen kevesebb volt, mint az intenzív technológiák esetében. Mind az őszi búza, mind a kukorica meghalálja az intenzív növénytermesztési modell alkalmazását csernozjom talajon. Az intenzív növénytermesztési modell nem csak nagyobb termést, hanem jobb termésbiztonságot is eredményez, mind az őszi búzánál, mind a kukoricánál az extenzív modellhez képest.

PUBLIKÁCIÓS JEGYZÉK

1. *Anderson F.L.-Kamprath F.J.-Moll R.H.*: 1985. Prolificacy and N-fertilizer effects on yield and N utilization in maize. *Crop Science*. 25. 598-602.
2. *Antal J.*: 2000. Növénytermesztők zsebkönyve. Mezőgazda Kiadó. Budapest. 391.
3. *Antal J.-Jolánkai M.*: 2005. Növénytermesztéstan 1. A növénytermesztés alapjai. Gabonafélék. Mezőgazda Kiadó. Budapest. 315-316.
4. *Austin R. B.- Bingham J.- Blackwell R.D.- Evans L. T.- Ford M. A. – Morgan C. L.- Taylor M.*: 1980. Genetic improvements in winter wheat yields since 1900 and associated physiological changes. *The Journal of Agricultural Science*. 94.3. 675-689.
5. *Balogh Á.*: 2009. A fajtaspecifikus tápanyagellátás hatása az őszi búza termésmennyiségére és minőségére. Doktori értekezés. Debrecen.
6. *Bavec F.-Bavec M.*: 2002. Effects of plant population on leaf area index, cob characteristics and grain yield of early maturing maize cultivars (FAO 100–400). *European Journal of Agronomy*. 16.2. 151-159.
7. *Bedő Z.-Láng L.-Juhász A.-Karsai I.*: 1997. A minőségi tulajdonságok felértékelődése a búzanemesítésben. *Agro-21 Füzetek*. 23. 19-30.
8. *Benett J.M.-Mutt L.S.M.-Rao P.S.C.-Jones J.W.*: 1988. Interactive effects of nitrogen and water stresser on biomass accumulation, nitrogen uptake, and seed yield of maize. *Field Crops Research*. 19.4. 297-311.
9. *Berenguer P.-Santiveri F.-Boixadera J.-Lloveras J.*: 2009. Nitrogen fertilisation of irrigated maize under Mediterranean conditions. *European Journal of Agronomy*. 30.3. 163-171.
10. *Berzsenyi Z.- Lap D.Q.*: 2000. Különböző tenyésztésidejű kukorica- (*Zea mays* L.) hibridek növekedésanalízise Hunt-Parsons modellel és többváltozós módszerekkel. *Növénytermelés*. 49.6.623-640.
11. *Berzsenyi Z.- Ragab A.Y.-Lap D.Q.*: 1998. A vetésidő hatása a kukorica hibridek (*Zea mays* L.) növekedési jellemzőire (a klasszikus módszer és a HP-modell összehasonlítása). *Növénytermelés*. 47.6. 655-676.
12. *Berzsenyi Z.*: 2000a. Növekedésanalízis a növénytermesztésben. Egyetemi jegyzet Ph.D. hallgatóknak. Veszprémi Egyetem Georgikon Mezőgazdaságtudományi Kar. Keszthely.
13. *Berzsenyi Z.*: 2000b. Növekedésanalízis a növénytermesztésben. *Növénytermelés*. 49.4. 389-404.
14. *Berzsenyi Z.*: 2002. A növekedésanalízis funkcionális módszere. *Növénytermelés*. 51.4. 449-467.

15. Berzsenyi Z.: 2008. N- műtrágyázás hatása a kukorica (*Zea mays* L.) hibridek levélterületének és növénymagasságának növekedési dinamikájára tartamkísérletben. *Növénytermelés*. 57.2.195-210
16. Berzsenyi Z.-Árendás, T.-Bonis P.-Micskei Gy.-Sugár E.: 2011. Long-term effect of crop production factors on the yield and yield stability of maize (*Zea mays* L.) in different years. *Acta Agronomica Hungarica*. 2011. 59.3.191-200.
17. Berzsenyi Z.-Dang Q.L.-Micskei Gy.-Takács N.: 2006. Effect of sowing date and N fertilisation on grain yield and photosynthetic rates in maize (*Zea mays* L.). *Cereal Research Communications*. 34. 1(II), 409-412.
18. Berzsenyi Z.-Lap D. Q.: 2002. Kukorica (*Zea mays* L.) hibridek műtrágya-reakciójának vizsgálata különböző függvényekkel tartamkísérletben. *Növénytermelés*. 51.2.171-187.
19. Berzsenyi Z.-Lap D.Q.: 2006. A növényszám hatásának vizsgálata különböző tenyészidejű kukorica- (*Zea mays* L.) hibridek vegetatív és reprodukzív szerveinek növekedésére Richards-függvénnyel. *Növénytermelés*. 55.3-4. 255-275.
20. Berzsenyi Z.-Lap, D. Q.: 2003. A N-műtrágyázás hatása a kukorica- (*Zea mays* L.) hibridek szemtermésére és a N-műtrágyareakciójára tartamkísérletben. *Növénytermelés*. 52.3-4. 389-408.
21. Berzsenyi, Z.: 1992. A N-műtrágyázás és a növényszám hatása a kukorica (*Zea mays* L.) harvest indexének, biomassza produkciójának és szemtermésének változására az 1986-1990. években. *Növénytermelés*. 41.1. 43-57.
22. Berzsenyi, Z.: 1993. A N-műtrágyázás és az évjárat hatása a kukoricahibridek (*Zea mays* L.) szemtermésére és N-műtrágyareakciójára tartamkísérletekben az 1970-1991. években. *Növénytermelés*. 42.1. 49-63
23. Berzsenyi, Z.: 2005. Növekedésanalízis és termésképzés. [In: Növénytermesztés I. A növénytermesztés alapjai. Gabonafélék. Antal J. (szerk.)] Mezőgazda Kiadó, Budapest, 95-112.
24. Birch C.J- Hammer G.L.- Rickert K.G.: 1998. Improved methods for predicting individual leaf area and leaf senescence in maize (*Zea mays*). *Australian Journal of Agricultural Research*. 49. 249-262.
25. Birkás M.-Dexter A.R.-Kalmár T.-Bottlik L.: 2006. Soil quality-soil condition-production stability. *Cereal Research Communications*. 34.1. 135-138.
26. Birkás M.-Gyuricza Cs.: 2001. A szélsőséges csapadékelátottság hatása az őszi búza néhány termesztési tényezőjére barna erdőtalajon. *Növénytermelés*. 50. 2-3. 333-344.

27. Bocz E.: 1974. A szántóföldi növények hazai trágyázásának irányelvei. Egyetemi jegyzet. Debrecen, ATE
28. Bocz E.: 1976. Trágyázási útmutató. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest. 72-80.
29. Bocz E.: 1992. Szántóföldi növénytermesztés. Mezőgazda Kiadó. Budapest. 887.
30. Bocz E.-Sárvári M.: 1981. Összefüggés a búza előveteménye, a tápanyagellátása és a terméseredménye között. *Növénytermelés*. 30. 5. 437-445.
31. Borrás L.- Maddonni G.A.- Otegui M.E.: 2003. Leaf senescence in maize hybrids: plant population, row spacing and kernel set effects. *Field Crops Research*. 82. 1.13-26.
32. Broadbent F.E.- Carlton A.B.: 1978. Field trials with isotopically labeled nitrogen. [In: Nitrogen in the environment. Nielsen D.R.-Macdonald J.G. (szerk.)] Academic Press. New York. USA. 1-41.
33. Bukan M.-Buhinicek I.-Palaversic B.-Sabljo A.-Kozumplik V.: 2010. Effect of suboptimal nitrogen fertilization rate on leaf chlorophyll content, yield and other agronomic traits of maize populations. *Növénytermelés*. 59. Supplement. 377-380.
34. Burkart M.R.- Kolpin D.W.: 1993. Hydrologic and land-use factors associated with herbicides and nitrate in near-surface aquifers. *Journal of Environmental Quality*. 22. 646–656.
35. Campos H.- Cooper M.- Habben J.E.- Edmeades, G.O.- Schussler J. R.: 2004. Improving drought tolerance in maize a view from industry. *Field Crops Research*. 90. 1.19-34.
36. Carberry P.S.- Muchow R.C.- McCown R.L.: 1989. Testing the CERES-Maize simulation model in a semi-arid tropical environment. *Field Crops Research*. 20. 297–315.
37. Cartelat A.-Cerovic Z.G.-Goulas Y.-Meyer S.-Lelarge C.-Prioul L.-Barbottin A.-Jeuffroy M.H.-Gate P.-Agati G.-Moya I.: 2005. Optically assessed contents of leaf polyphenolics and chlorophyll as indicators of nitrogen deficiency in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Field Crops Research*. 91.35-49.
38. Carter G.A.: 1994. Ratios of leaf reflectances in narrow wavebands as indicators of plant stress. *International Journal of Remote Sensing*. 15.3. 697-703.
39. Chapman S.C.- Barreto H.J.: 1997. Using a chlorophyll meter to estimate specific leaf nitrogen of tropical maize during vegetative growth. *Agronomy Journal*. 89.2. 557-562.
40. Chapman, S.C.- Barreto, H.J.: 1997. Using a chlorophyll meter to estimate specific leaf nitrogen of tropical maize during vegetative growth. *Agronomy Journal*. 89.2. 557-562.
41. Clements J. M.-Campbell W. K.-Maragos M. C.-Pilcher C.-Headrick M.J.-Pataky K.J.-White G.H.: 2003. Influence of Cryl Ab protein and hybrid genotype on Fumonisin contamination and Fusarium ear rot of corn. *Crop Science*. 43. 1283-1293.

42. Cui Z.L.-Chen X.P.-Li J.L.-Xu J.F.-Shi L.W.-Zhang F.S.: 2006. Effect of N fertilization on grain yield of winter wheat and apparent N losses. *Pedosphere*.16.6. 806-812.
43. Cyrus Mansouri-Far, Seyed Ali Mohammad Modarres Sanavy, Seyed Farhad Saberali: 2010. Maize yield response to deficit irrigation during low-sensitive growth stages and nitrogen rate under semi-arid climatic conditions. *Agricultural Water Management*. 97. 1.12-22.
44. Csajbók J.: 2000. A termesztési tényezők és a produkció összefüggései a kukoricában. [In: Az agrár-terméákiacok és környezetük. Szabó F. (szerk.)] XLII. Georgikon Napok. Keszthely. VE Georgikon MTK, 231-235.
45. Csajbók, J- Kutasy E.: 2002. A kukorica fotoszintetikus aktivitása. Tartamkísérletek, tájtermesztés, vidékfejlesztés. Nemzetközi Konferencia, Debrecen, I. kötet. 302-308.
46. Dale R.F.- Coelho D.T- Gallo K.P.: 1980. Prediction of daily green leaf area index for corn. *Agronomy Jurnal*. 72. 999–1005.
47. Debreczeni B.- Debreczeni Bné: 1983. A tápanyag-és vízellátás kapcsolata. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest
48. Debreczeni B.: 1979. Kis agrokémiai útmutató. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest
49. Debreczeni B.-Debreczeni Bné: 1994. Trágyázási kutatások 1960-1990. Akadémiai Kiadó. Budapest.
50. Debreczeni Bné -Szlovák S.: 1985. A kukorica N-felvételének a tanulmányozása 15-N jelzett műtrágyával. III. Magyar Növényvédelmi Kongresszus, Szeged. VII.-2-4. 11.
51. Dhiman S.D.-Sharma H.C.-Singh R.P.: 1980. Association between flag area and grain yield in wheat. *Indian Journal of Plant Physiology*. Delhi. 23.3. 282-287.
52. Donald, C.M.-Hamblin, J.: 1976. The biological yield and harvest index of cereals as agronomic and plant breeding criteria. *Adv. Agron*. 28. 361-405.
53. Duncan W.G.-Hatfield A.L.-Ragland J.L.: 1965. The growth and yield of corn. II, Daily growth of corn kernels. *Agronomy Journal*. 57. 221-223.
54. Efeoglu B.- Ekmekçi Y.- Çiçek N.: 2009. Physiological responses of three maize cultivars to droughtstress and recovery. *South African Journal of Botany*. 2009.75.2. 443.
55. El Hallof N.-Sárvári M.: 2004. A vetésidő és a tápanyagellátás hatása a kukorica termésbiztonságára. *Agrártudományi közlemények = Acta Agraria Debreceniensis*. 13. 75-80.
56. Errecart P.M.- Agnusdei M.G.- Lattanzi F.A.-Marino M.A.:2012. Leaf nitrogen concentration and chlorophyll meter readings as predictors of tall fescue nitrogen nutrition status. *Field Crops Research*.129.46–58.

57. *Evans J.R.*: 1989. Photosynthesis and nitrogen relationships in leaves of C3 plants. *Oecologia*. 78.1.9-19.
58. *Filep Gy.-Fülek Gy.*: 1999. A talaj kémiai tulajdonságai. [In: Talajtan. Stefanovits P.(szerk.)] Mezőgazda Kiadó. Budapest. 71-85.
59. *Forgács B.*: 2002. Versenyképes magyar kukorica hibridekkel az Európai Unióba. Innováció, A tudomány és a gyakorlat egysége az ezredforduló agráriumban. Debrecen. 139-146.
60. *Foxa G.-Turnera J.-Gillespie T.*: 1999. The value of precipitation forecast information in winter wheat production. *Agricultural and Forest Meteorology*. 95.2. 99–111.
61. *Fry C.*: 2008. A klímaváltozás - A XXI. század legnagyobb kihívása. Totem Plusz Könyvkiadó. Budapest
62. *Grábner E.*: 1935. Szántóföldi növénytermesztés. Pátria Kiadó. Budapest. 85.
63. *Guoa S.-Zhua H.-Danga T.-Wuc J.-Liua W.-Haoa M.-Lic J.-Syersd J.K.*: 2012. Winter wheat grain yield associated with precipitation distribution under long-term nitrogen fertilization in the semiarid Loess Plateau in China. *Geoderma*. 189–190. 442–450.
64. *Győrffy B.*: 1975. Vetésforgó-vetésváltás-monokultúra. Agrártudományi Közlemények. 34. 61-81.
65. *Győrffy B.*: 1990. Tartamkísérletek Martonvásáron. [In: Martonvásár második húsz éve. Kovács I.(szerk.)] Martonvásár. 110-118.
66. *Győrffy B.*: 1993. Long-term experiments with crop factors Martonvásár (1960-1990). Strategies for Sustainable Agriculture Conference proceedings. Martonvásár, Hungary. 27-30.
67. *Győrffy B.-Berzsenyi Z.*: 1992. Martonvásári vetésforgó kísérlet 30 éves termésadatának összesítése 1961-1990. MTA Mezőgazdasági Kutatóintézetének és Kísérleti Gazdaságának Közleményei. 16.
68. *Győrffy B.-Berzsenyi Z.*: 1994. Növénytermesztési tényezők hatása a kukorica termésére tartamkísérletben. [In: Trágyázási kutatások: 1960-1990. Debreczeni B.-Debreczeni K.(szerk.)] Akadémiai Kiadó. Budapest. 311-312.
69. *Győrffy B.-I'Só I.*: 1966. A növénytermesztés kézikönyve 1. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest. 591.
70. *Győrffy B.-I'Só I.-Bölöni I.*: 1965. Kukoricatermesztés. Mezőgazda Kiadó. Budapest.
71. *Győrffy B.-Szabó J.L.-Osváth J.*: 1969. A kukorica termésére ható növénytermesztési tényezők interakcióinak vizsgálata polifaktoriális kísérletekben, komplex II. [In:

- Kukoricatermesztési kísérletek 1965-68. I'Só I. (szerk.)] Akadémiai Kiadó. Budapest. 61-77.
72. Gyórfly, B.: 1976. A kukorica termésére ható növénytermesztési tényezők értékelése. *Agrártudományi Közlemények*. 35. 239-266.
 73. Gyóri Z.-Gyóriné Mile I. 1998. A búza minősége és minősítése. Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó. Budapest.
 74. Halitligil M.B- Akin A.- Bilgin N.- Deniz Y.- Ogretir K.- Altmel B.- Isik Y.: 2000. Effect of nitrogen fertilization on yield and nitrogen and water use efficiencies of winter wheat (durum and bread) varieties grown under conditions found in Central Anatolia. *Biol. Fertility Soils*. 31. 2. 175–182.
 75. Hao D.-Gao G.-Zhu Y.-Guo T.-Ye Y.-Wang C.-Xie Y.: 2011. Effects of nitrogen application rate on photosynthetic characteristics after anthesis and yield of super-high-yielding winter wheat cultivars. *Journal of Triticeae Crops*. 30.2. 346-352.
 76. Hao M.D.-Fan J.-Wang Q.J.- Dang T.H.- Guo S. L.- Wang J.J.: 2007. Wheat Grain Yield and Yield Stability in a Long-Term Fertilization Experiment on the Loess Plateau. *Pedosphere*. 17.2. 257–264
 77. Harmati I.: 1987. A búza termesztése: Tápanyagellátás. [In: A búzatermesztés kézikönyve. Barabás Z. (szerk.)] Mezőgazdasági Kiadó. Budapest. 351-362.
 78. Hu H.-Bai Y.-Yang L.-Lu Y.-Wang L.-Wang H.-Wang Z.: 2010. Diagnosis of nitrogen nutrition in winter wheat (*Triticum aestivum*) via SPAD-502 and GreenSeeker. *Chinese Journal of Eco-Agriculture*. 18. 4. 748-752.
 79. Huan Y.- Hua-Song W.-Zhi-Jie W.: 2010. Evaluation of SPAD and Dualex for In-Season Corn Nitrogen Status Estimation. *Acta Agronomica Sinica*. 36.5. 840-847.
 80. Hunt R-Parsons I.T.: 1974. A computer program for deriving growth-functions in plant growth-analysis. *Journal of Applied Ecology*. 11. 297-307.
 81. Huzsvai L.: 2005. Az agroökológia modellezéstechnikája. Digitális Könyv, kiadó: Debreceni Egyetem Agrártudományi Centrum
 82. Huzsvai L.-Nagy P.-Nagy J.: 2007. A monokultúra és a vetésváltás hatásának vizsgálata a kukoricatermesztésben. Munkabeszámoló. OTKA.
 83. Izsáki Z.: 2005. Limit value of nutritional status of maize (*Zea mays* L.) for plant analysis. *Cereal Research Communications*. 33.1. 101-104.
 84. Jakuskin, I. V.: 1950. Növénytermelés I. kötet. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest. 150.

85. Ji C.-Li S.-Li S.: 2007. Effects of fertilization, variety and seed size on photosynthesis and chlorophyll fluorescence of winter wheat. *Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica*. 27. 12. 2522-2530.
86. Jolánkai M.- Birkás M.: 2009. Klímaváltozás és növénytermesztés. V. Növénytermesztési Tudományos Nap. Növénytermesztés: Gazdálkodás-Klímaváltozás- Társadalom. 27-32.
87. Káposzta J.: 1971. Az őszi búza termesztése vetésváltásban és monokultúrában. Búza-termesztési kísérletek 1960-1970. Akadémiai Kiadó. Budapest
88. Káposzta J.: 1974. Az őszi és tavaszi szántás, valamint a direkt vetés hatása a kukoricatermesztésben. *Talajtermékenység*. 5. 19-32.
89. Keszthelyi S.: 2010. A magyarországi árukukorica-termesztés jelene és a kukorica monokultúra kilátásai. *Agrofórum*. 21. 4. 22-25.
90. Keszthelyi S.-Naját A.-Fekete A.-Marczali Zs.: 2002. A kukoricamoly (*Ostrinia nubilalis* Hübner) lárvák növényenkénti számának és elhelyezkedésének hatása egy középérésű kukoricahibrid súly- és beltartalmi értékeire. *Növényvédelem*. 38. 7. 337-345.
91. Kismányoki T.: 1991. Vetésforgók, vetésváltás és monokultúras szántóföldi kísérletek fontosabb eredményei. XXXIII. Georgikon Napok. A talajtermékenység fenntartásának és fokozásának lehetőségei. Konferencia Kiadvány. I. kötet
92. Koltay Á.-Balla L.: 1982. A búza-termesztés és nemesítés. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest
93. Kondora C.: 2001. Magyarország agroökológiai adottságainak elemzése a búza-termesztés szempontjából. Doktori értekezés. Gödöllő.
94. Kovačević V.-Rastija M.-Rastija D.-Josipović M.-Šeput M.: 2006. Response of maize to fertilization with KCl on gleysol of Sava Valley Area. *Cereal Research Communications*. 34. 2-3. 1129.
95. Kovács G.: 1996. Növényvédelem. [In: Szántóföldi növénytermesztés. Bocz E. (szerk.)] Mezőgazda Kiadó. Budapest.
96. Könncke G.: 1969. Vetésforgók. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest
97. Kurowski T.P.-Adamiak E.: 2007. Occurrence of stem base diseases of four cereal species grown in long-term monocultures. *Polish Journal of Natural Sciences*. 22. 4. 574-583.
98. Kutasy E., Csajbók J.: 2001. Őszi búzafajták termésstabilitásának vizsgálata. *Agrártudományi közlemények = Acta agraria debreceniensis* 2. 61-66.
99. Láng G.: 1966. A növénytermesztés kézikönyve 1. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest. 48-106.
100. Láng G.: 1976. Szántóföldi növénytermesztés. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest. 64-91.

101. *Lásztity B.*: 1988. Az őszi búza, rozs és a triticaleszáranyag- és elemforgalma. *Növénytermelés*. 37.6. 509-515.
102. *Le Bail M.- Jeuffroy M.-H.- Bouchard C.- Barbottin A.*: 2005. Is it possible to forecast the grain quality and yield of different varieties of winterwheat from Minolta SPAD meter measurements? *European Journal of Agronomy*. 23.4. 379–391.
103. *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.
104. *Lengyel L.*: 2001. Az öntözés szervezése és ökonómiája.[In: Mezőgazdasági üzemtan II. Pfau E.-Széles Gy. (szerk.)] Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó, Budapest. 44-88.
105. *Liang B.C.–MacKenzie A. F.*: 1994. Corn yield, nitrogen uptake and nitrogen use efficiency as influenced by nitrogen fertilization. *Canadian Journal of Soil Science*. 74. 2. 235-240.
106. *Loch J.*: 1982. Agrokémia. Egyetemi jegyzet. Debrecen, ATE
107. *Lönhardné Mné-Németh I.*: 1988. N-trágyázás hatása a búza (*Triticum aestivum* L.) levélfelületének alakulására. *Növénytermelés*. 37.4. 337-344.
108. *Lönhardné B.É.- Kismányoky T.*: 1993. Az istállótrágya és egyéb trágyák hatása a kukorica növekedésére, asszimilációs felületének alakulására és termésére. *Növénytermelés*. 42.4. 339-348.
109. *Lönhardné B.É.- Németh I- Kadlicskó S.*: 1992. A levélterület és a gabonafertőzöttség összefüggése a különböző műtrágyázási szinteken. *Növénytermelés*. 41.3. 245-252.
110. *Lönhardné B.É.- Németh I.*: 1989. A N-trágyázás hatása a kukorica (*Zea mays* L.) levélfelületének alakulására. *Növénytermelés*. 38.6. 541-549.
111. *Lönhardné B.É.*: 1991. Néhány búzafajta levélfelületének alakulása a vetésidőtől függően. *Növénytermelés*. 40.2. 141-152.
112. *Lönhardné B.É.-Kismányoky T.*: 1992. Az istállótrágya és egyéb trágyák hatása a búza termésére, LAI, LAD, NAR értékeinek alakulására, vetésforgóban. *Növénytermelés* 41.5. 433-441.
113. *Lönhardné B.É.-Németh I.*: 1994. A N-trágyázás hatása a búza levélterületének szezonális dinamikájára és a termés alakulására. *Növénytermelés*. 43.4. 317-32.
114. *Lönhardné B.É.-Ragasits I.*: 1994. Újabb adatok a vetésidőnek a búza levélterületére és termésére gyakorolt hatásáról. *Növénytermelés*. 43.2. 149-156.
115. *Marquard R.D.- Tipton J.L.*: 1987. Relationship between extractable chlorophyll and an *in situ* method to estimate leaf greenness. *HortScience*, 22. 1327p.

116. Márton L.: 2002. A csapadék-, a tápanyagellátás és az őszi búza (*Triticum aestivum* L.) termése közötti kapcsolat. *Növénytermelés*. 51.5. 530-540.
117. Márton L.: 2004. A műtrágyázás, a meszezés és a csapadék hatása a rozs, a burgonya, az őszi búza és a triticales termésére. *Agrokémia és talajtan*. 53. 3-4. 271-290.
118. McIntosh R.A.: 1998. Breeding wheat for resistance to biotic stresses. *Euphytica*. 100.1-3. 19-34.
119. Mead-Riley R.-Dear K.K.-Singh S.P.: 1986. Stability comparison of intercropping and monocropping systems. *Biometrics*. 42. 253-266.
120. Meisinger J.J.-Randall G.W.: 1991. Estimating nitrogen budgets for soil-crop systems. [In: Managing Nitrogen for Groundwater Quality and Farm Profitability. Follett R.F.- Kenney D.R.-Cruse R.M. (szerk.)] SSSA, Madison, WI (1991), 85–124.
121. Menyhért Z.-Ángyán J.-Radics L. (1980): A LAI, a fényviszonyok és a termés kapcsolata eltérő vetésidőjű és tenyésztésű kukoricaállományokban. *Növénytermelés*. 29.4. 357-367.
122. Merrill S.D.-Black A.L.-Bauer A.: 1996. Conservation tillage affects root growth of dryland spring wheat under drought. *Soil Science Society of America Journal*. 60. 575-583.
123. Micskei Gy.: 2011. Szerves- és műtrágya hatásának összehasonlító vizsgálata a kukorica termelésére tartamkísérletben. Doktori (PhD) Értekezés. Martonvásár.
124. Montemurro F.-Convertini G.-Ferri D.: 2007. Nitrogen application in winter wheat grown in Mediterranean conditions: effects on nitrogen uptake, utilization efficiency, and soil nitrogen deficit. *Journal of Plant Nutrition*. 30. 10-12. 1681-1703.
125. Montero F.J.-J.A. de Juan- Cuesta A.- Brasa A.: 2000. Nondestructive methods to estimate leaf area in *Vitis vinifera* L. *HortScience*. 35.4. 696–698.
126. Mu H.-Jiang D.-Dai T.-Jing Q.-Cao W.: 2008. Effect of shading on photosynthesis and chlorophyll fluorescence characters in wheat flag leaves. *Scientia Agricultura Sinica*. 41.2. 599-606.
127. Nagy J.: 1995. A kukoricahibridek műtrágya és öntözővíz reakciója. *Agrofórum*. 5. 56-62.
128. Nagy J.: 1995. A műtrágyázás hatásának értékelése kukorica (*Zea mays* L.) termésére eltérő évjáratokban. *Növénytermelés*. 44.5-6. 493-506.
129. Nagy J.: 1996. Effects of tillage, fertilization, plant density and irrigation on maize (*Zea mays* L.) yields. *Acta Agronomica Hungarica*. 196.2-3. 189-202.
130. Nagy J.: 2007. Kukoricatermesztés. Akadémiai Kiadó. Budapest

131. 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.
132. Nagy J.-Huzsvai L.: 2005. Hibridválasztás a kukoricatermesztés középpontjában. *Gyakorlati Agroforum Extra*. 9. 30-32.
133. Nagy J.-Ványiné Széles A.: 2009. Az öntözés és a műtrágyázás hatásának értékelése a kukorica (*Zea mays*, L) nitrogén dinamikájára klorofill-mérő segítségével. V. Növénytermesztési Tudományos Nap. Növénytermesztés: Gazdálkodás-Klímaváltozás-Társadalom. 161-164.
134. Nagy L.: 1981. A búzatermesztés területi elhelyezése Magyarországon természeti tényezők alapján. Akadémiai Kiadó. Budapest
135. Nelson L.R.: 1982. Effect of time of Nitrogen application on wheat yield and Septoria nodorum severity. *Agronomy Abstracts*. 7th Annual Meeting. American Society of Agronomy. Anaheim California. 26.
136. Németh T.-Kádár I.: 1999. Nitrát bemosódásának vizsgálata és nitrogénmérlegek alakulása egy műtrágyázási tartamkísérletben. *Növénytermelés*. 48. 377-386.
137. Niinemets U.-Tenhunen J.D.: 1997. A model separating leaf structural and physiological effects on carbon gain along light gradients for the shade-tolerant species *Acer saccharum*. *Plant, Cell and Environment*. 20.7. 845-866.
138. Nyitrai P.- Solti Á.: 2013. Fotoszintézis. [In: A növényi anyagcsere élettana Fodor F. (szerk.)]. Budapest. ELTE
139. Olesen J.E.-Bindi M.: 2002. Consequences of climate change for European agricultural productivity, land use and policy. *European Journal of Agronomy*. 16.4. 239-262.
140. Pagola M.- Ortiz R.- Irigoyen I.- Bustince H.- Barrenechea E.- Aparicio-Tejo P.- Lamsfus C.- Lasa B.: 2009. New method to assess barley nitrogen nutrition status based on image colour analysis: Comparison with SPAD-502. *Computers and Electronics in Agriculture*. 65.2. 213-218.
141. Pálffy Cs.: 1983. A kukoricamoly és kártétele. *Növényvédelem*. 19. 11. 515-517.
142. Pap J.-Petróczki F.-Pap V.-Gergely I.: 2009. A termésbecslés jelentősége. V. Növénytermesztési Tudományos Nap. Növénytermesztés: Gazdálkodás-Klímaváltozás-Társadalom. 173-176.
143. Pchelarova H.-Borissova M.-Toncheva R.-Dimitrov F.: 2010. Drought as a factor for decreasing of maize and wheat yields. *Pochvoznanie, Agrokimiya i Ekologiya*. 44.4. 38-42.

144. Pchelarova H.–Borissova M.–Toncheva R.–Dimitrova F.: 2010. Drought as a factor for decreasing of maize and wheat yields. *Pochvoznanie, Agrokhimiya i Ekologiya*. 44.4. 38-42.
145. Pearce W.L.–Vansanford D.A.–Hershman D.E.: 1996. Partial resistance to powdery mildew in soft red winter wheat. *Plant Disease*. 80.12.1359-1362.
146. Pepó P.–Ruzsányi L.: 1990. Növénytermesztési füzetek 1. Debrecen, ATE
147. Pepó P.: 1991. Őszi búzafajták trágyázása és öntözése. Kandidátusi értekezés. Budapest.
148. Pepó P.: 2001. A genotípus és a vetésváltás szerepe a kukorica tápanyagellátásában csernozjom talajon. *Növénytermelés*. 50. 2-3. 189-200.
149. Pepó P.: 2002a. A hazai őszi búzatermesztés helyzete és fejlesztési lehetőségei. *Gyakorlati Agroforum*. 13.9. 2-5 p.
150. Pepó P.: 2002b. Az őszi búza fajtaspecifikus tápanyagellátása csernozjom talajon. II. Növénytermesztési Tudományos Nap. 105-110.
151. Pepó P.: 2004. Évjárat, trágyázás hatása az őszi búzafajták levél- és kalászbetegségeire tartamkísérletben. *Növénytermelés*. 53. 6. 559-567.
152. Pepó P.: 2006. Fejlesztési alternatívák a magyar kukoricatermesztésben. *Gyakorlati Agroforum Extra* 13. 7-11.
153. Pepó P.: 2007. Evaluation of ecological conditions and agrotechnical elements in maize (*Zea mays* L.) production. *Acta Agronomica Ovariensis*. 49.2(1). 169-175.
154. Pepó P.: 2009a. A növénytermesztés aktuális kérdései. V. Növénytermesztési Tudományos Nap. Növénytermesztés: Gazdálkodás-Klíma-változás- Társadalom. 2009. november 19. 17-20.
155. Pepó P.: 2009b. Study of crop year effects in cereal crop models. *Analele Universitatii din Oradea, Fascicula: Protectia Mediului*. 14. 216-221.
156. Pepó P.: 2009c. A kukorica (*Zea mays* L.) termése és növénydőlése száraz és csapadékos évjáratban csernozjom talajon. *Növénytermelés*. 58.3. 53-66.
157. Pepó P.: 2010. A magyar búzatermesztés agronómiai értékelése. *Növénytermelés* 59.2. 85-100.
158. Pepó P.–Tóth Sz.–Bódi Z.: 2006. Kukoricavonalak és hibridjeik *Fusarium* ssp. és kukoricamoly- (*Ostrinia nubilalis* Hübner) ellenállóságának vizsgálata diallél keresztezésben. *Növénytermelés*. 55.1-2. 63-70.
159. Pepó P.–Vad A.–Berényi S.: 2008a. Effects of irrigation on yields of maize (*Zea mays* L.) in different crop rotations. *Cereal Research Communications*. 2008. 36. Supplement 5. 735-738.

160. *Pepó P.-Vad A.-Berényi S.*: 2008b. Az öntözés hatása a kukorica (*Zea mays* L.) termésére száraz évjáratban csernozjom talajon. *Növénytermelés*. 57.2. 171-179.
161. *Petr J.-Cerny V.-Hruska L.*: 1985. A főbb szántóföldi növények termésképződése. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest
162. *Petróczi I.M.-Gyuris K.*: 2002. Búzafajták, műtrágyázás, minőség. *Gyakorlati Agrofórum*. 13. 27-29.
163. *Petróczi I.M.-Harmati I.-Gyuris K.-Ács P-né*: 1998. Néhány szempont a búza hatékony műtrágyázásához. *Gyakorlati Agrofórum*. 9. 23-26.
164. *Plavsic H.-Josipovic M.-Andric L.-Jambrovic A.-Sostaric J.*: 2007. Influence of irrigation and fertilization on maize (*Zea mays* L.) properties. *Cereal Research Communications*. 35. 2. 933-936.
165. *Power J.F.-Wilhelm W.W.-Doran J.W.*: 1986. Recovery of fertilizer nitrogen by wheat as affected by fallow method. *Soil Science Society of America Journal*. 50. 1499-1503.
166. *Qiang M.-WanTai Y.-Hua Z.-RuiJie W.*: 2010. Effects of long-term different fertilization on yield stability of maize. Proceedings of the 19th World Congress of Soil Science: Soil solutions for a changing world. Brisbane. Australia. Symposium 3.1.2 Farm system and environment impacts. 74-77.
167. *Rácz Cs.-Nagy J.*: 2011. A víz – és a tápanyagellátottság, illetve –hasznosulás megítélésének kérdései kukorica terméseredmények vonatkozásában. *Növénytermelés*. 60.1. 97-114.
168. *Radics L.*: 1994. Szántóföldi növénytermesztés. Budapest. 95-97.
169. *Radics L.*: 2003. Szántóföldi növénytermesztés, Szaktudás Kiadó Ház Rt. Budapest
170. *Ragasits I.*: 1998. Búzatermesztés. Mezőgazda Kiadó. Budapest. 61-68.
171. *Ratner E. I.*: 1958. A növények táplálkozása és trágyázása. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest. 137-159.
172. *Rawson H. M.-Hofstra G.*: 1969. Translocation and remobilization of ¹⁴C assimilated at different stages by each leaf of the wheat plant. *Australian Journal of Biological Sciences*. 22. 321-331.
173. *Reeves D.W.-Mask P.L.-Wood C.W.-Delaney D.P.*: 1993. Determination of wheat nitrogen status with a hand-held chlorophyll meter: influence of management practices. *Journal of Plant Nutrition*. 16.5.781-796.
174. *Rieger S.-Richner W.-Streit B.-Frossard E.-Liedgens M.*: 2008. Growth, yield, and yield components of winter wheat and effects of tillage intensity, preceding crops, and N fertilisation. *European Journal of Agronomy*. 28. 405-411.

175. Robbins N.S.-Pharr D.M.: 1987. Leaf area prediction methods for cucumber from linear measurements. *HortScience*. 22.6. 1264–1266.
176. Rostami M.-Koocheki A. R.-Mahallati M. N.-Kafi M.: 2008. Evaluation of chlorophyll meter (SPAD) data for prediction of nitrogen status in corn (*Zea mays* L.). *American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Science*. 3.1, 79-85. 37 ref.
177. Ruzsányi L.- Daróczy M.-Lesznyák M.-né: 2000. Energia- és költségtakarékosság lehetőségei, módjai a kukoricatermesztésben. *Gyakorlati Agroforum*. 11.3. 55-61.
178. Ruzsányi L.: 1991a. Növénytermesztési füzetek 3. Debrecen, ATE. 44-45.
179. Ruzsányi L.: 1991b. A növények elővetemény-hatásának értékelése vízháztartási szempontokból. *Növénytermelés*. 40.1. 71-78.
180. Ruzsányi L.: 1992. A N-műtrágyázás hatása a termésre és a talajszelvény nitrátosodására. *Növénytermelés*. 41.5. 497-510.
181. Sági, F.: 1987. A morfológiai bélyegek és az élettani tulajdonságok javítása. [In: A búzatermesztés kézikönyve. Barabás Z. (szerk.)] Mezőgazdasági Kiadó. Budapest. 89-111.
182. Samborski D.J.: 1985. Wheat leaf rust. In: Roelfs, A. P., Bushnell, W. R.(Eds). The cereal rusts. Vol. II. Academic Press. Orlando. 39-59.
183. Sarkadi J.: 1975. A műtrágya igény becslésének módszerei. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest
184. Sárvári M.: 1978. Különböző műtrágya adagok és arányok hatása az őszi búza, kukorica és borsó termésmennyiségére réti talajon. Egyetemi doktori értekezés
185. Sárvári M.: 1993. Energiatakarékos környezetkímélő kukoricatermesztési technológia fejlesztése. OMFB Kutatási zárójelentés. Debrecen, 25-30.
186. Sárvári M.: 1995. A tőszám szerepe a fajtaspecifikus kukorica-termesztési technológiában. *Növénytermelés*. 44.3. 261-270.
187. Sárvári M.: 2000. Fajtaspecifikus kukoricatermesztési technológiák fejlesztése. *Gyakorlati Agroforum*. Budapest. 11.3. 53-55.
188. Sárvári M.: 2002. A fajtaspecifikus kukoricatermesztési technológia meghatározó elemei. Innováció, A tudomány és a gyakorlat egysége az ezredforduló agráriumban. Debrecen. 102-108.
189. Sárvári M.-Boros B.: 2009. A kukorica termésbiztonságát meghatározó tényezők. V. Növénytermesztési Tudományos Nap. Növénytermesztés: Gazdálkodás-Klíma-változás-Társadalom. 193-196.

190. Sárvári M.–Győri Z. (1981): A monokultúrában és vetésváltásban termesztett kukorica termésátlagának és minőségének változása különböző tápanyagellátás esetén. *Növénytermelés*. 31. 2. 177-185.
191. Sárvári, M.- Boros B.: 2010. A vetésváltás és az NPK tápanyagellátás hatása a kukorica termésére. *Növénytermelés*. 59.3. 37-52.
192. Sibley J.L.- Eakes D.J.- Gilliam C.H.- Keever G.J.- Dozier Jr. W.A.- Himelrick D.G.: 1996. Foliar SPAD-502 meter values, nitrogen levels, and extractable chlorophyll for red maple selections. *HortScience*, 31. 468–470.
193. Simon B.: 1974. Termésbecslés módszerei. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
194. Singh, I.D.-Stoskopf, N.C.: 1971. Harvest index in cereals. *Argon* J.63.224-226.
195. Smagacz J.: 2004. Reaction of some winter wheat varieties to forecrop. *Biuletyn Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roslin*. 231. 65-71.
196. Smith D.L., Hamel Ch. (Eds): 1999. Crop yield –Physiology and processes. Springer Verlag, Berlin –Heidelberg.
197. Smutny V.: 2010. The role of agronomic factors on yield stability of winter wheat. *Növénytermelés* 59. 533-536.
198. Stahl K.C.-Winkelmann C.-Christen O.: 2007. Growth and yield of winter wheat in the first 3 years of a monoculture under varying N fertilization in NW Germany. *European Journal of Agronomy*.22.1. 71–84.
199. Sugár E.- Berzsenyi Z.: 2009b. Őszi búzafajták növekedésdinamikája és termésprodukciója eltérő N-tápelemszinteken. Tartamkísérletek jelentősége a növénytermesztés fejlesztésében. Jubileumi tudományos konferencia. Martonvásár, 2009. október 15. 159-164.
200. Sugár E.-Berzsenyi Z.: 2009a. Őszi búzafajták növekedésdinamikai vizsgálata eltérő N-szinteken Hunt-Parsons modellel. V. Növénytermesztési Tudományos Nap. Növénytermesztés: Gazdálkodás-Klímaváltozás-Társadalom. 2009. november 19. 201-204.
201. Sugár E.-Berzsenyi Z.: 2009c. Őszi búzafajták növekedésdinamikájának vizsgálata eltérő N-szinteken Hunt-Parsons modellel. *Növénytermelés*. 58.4. 57-68.
202. Sváb J.: 1981. Biometriai módszerek a kutatásban. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
203. Szabó É.: 2013. Növekvő NPK műtrágya adagok hatása néhány őszi búza fajta termésére különböző, évjáratokban csernozjom talajon. *Növénytermelés*. 62.2. 67-88.
204. Szalka É.: 1996. Az NP-műtrágyázás hatása a kukorica szemtermésére Duna öntéstalajon. *Növénytermelés*. 45. 553-560.

205. Szalókiné Z.I.-Szalóki S.: 2002. A víz és a tápanyagellátás hatása a kukorica termésösszetevőinek mennyiségére és NPK tartalmára. *Növénytermelés*. 51.5. 543-557.
206. Szász G.: 1973. A termesztett növények vízigényének és az öntözés gyakoriságának meteorológiai vizsgálata. *Növénytermelés*. 22. 3. 4.
207. Szász G.: 1985. Az őszi búza lehetséges és tényleges termésének függése az időjárástól különböző talajú termesztési körzetekben. [In: Búzatermesztési kísérletek 1970-1980. Bajai Jenő-Koltay Árpád (szerk.)] Akadémiai Kiadó. Budapest. 39-42.
208. Széles A. - Ragán P.- Nagy J.: 2013. The effect of natural water supply and fertilisation on maize (*Zea mays* L.) yield in the case of different crop years. *Növénytermelés*. 62. Supplement, 119-121.
209. Széles A. V.- Megyes A. -Nagy J.: 2011. Effect of N fertilisation on the chlorophyll content and grain yield of maize in different crop years. *Növénytermelés*. 60. Supplement, 161-164.
210. Széles A. V.: 2008. The effect of crop year and fertilization on the interaction between the SPAD value and yield of maize (*Zea mays* L.) within non-irrigated conditions. *Cereal Research Communications*.36. Supplement.5.1367-1370.
211. Széles A. V.: 2010. Evaluation of the level of N supply in maize hybrids at different nutritional levels. *Acta Agronomica Hungarica*. 58., 89-94. Akadémiai Kiadó. Budapest
212. Széles A.: 2007. The indication of nitrogen deficiency in maize growing using SPAD-502 chlorophyll meter. *Cereal Research Communications*. 35.2. 1149-1152.
213. Széles V.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.
214. Széll E.-Dévényi Kné: 2009. A kukorica hasznosításának és termesztésének néhány kérdése – a racionális felhasználás és a termésingadozás mérséklésének jegyében. *Agrofórum Extra* 27. 20-25.
215. Széll E.-Makhajada J.: 2000. A kukoricatermesztés fontosabb műveleteiről a jövedelmezőség jegyében. *Agrofórum*. 11.3.65-69.
216. Szulc P.: 2011. Infection degree of diseases two maize cultivars depending on nitrogen availability in the soil. *Progress in Plant Protection*.51.2. 810-813.
217. Tóth Z.-Kismányoky T.: 2001. A kukorica (*Zea mays* L.) és a búza (*Triticum aestivum* L.) szemtermésének vizsgálata a különböző vetésforgókban és a kukorica monokultúrában. *Növénytermelés*. 50.1. 123-134.
218. Tóthné Lőkös K.-ifj. Lőkös L.: 2013. A hazai őszi búza termőterületek klímaérzékenységének megye szintű vizsgálata. *Növénytermelés*. 62.2. 89-109.

219. Ubrizsy G.: 1965. Növénykórtan 1-2. Akadémiai Kiadó. Budapest.
220. Uribeharrea M.- Crafts-Brandner S.J.- Below F.E.: 2009. Physiological N response of field-grown maize hybrids (*Zea mays* L.) with divergent yield potential and grain protein concentration. *Plant Soil*.316.151–160.
221. Vad A.-Dóka L.F.: 2009. Crop year as abiotic stressor regarding yield of maize (*Zea mays* L.) in different crop rotations. *Cereal Research Communications*. 37. Supplement 1. 253-256.
222. Vágújfalvi D.-Láng F.: 1993. A növényi anyagcsere élettana I. Egyetemi jegyzet. ELTE. Budapest.
223. Ványiné Sz. A.: 2008. SPAD-érték és a kukorica (*Zea mays* L.) termésmennyisége közötti összefüggés elemzése különböző tápanyag- és vízellátottsági szinten. Doktori (PhD) Értekezés. Debrecen.
224. Vári E.- Máriás K.: 2013. The impact of crop rotation and N fertilization on the Leaf Area Index, leaf disease and yield of winter wheat. *World Academy of Science, Engineering and Technology*. Issue 83. Vol. 7. No.11. 64-67.
225. Vári E.-Pepó P.: 2012. Effect of two different crop year and the agrotechnological factors on the agronomic characteristic of the winter wheat in a long-term experiment. *Acta Agraria Debreceniensis*. 50. 143-149.
226. Várnai M.-Kadlicskó B.-Krisztián J.: 1985. A vetésváltás hatása az őszi búza termésére agyagbemosódásos barna erdőtalajon. [In: Búza termesztési kísérletek 1970-1980. Bajai Jenő-Koltay Árpád (szerk.)] Akadémiai Kiadó. Budapest. 187-191.
227. Vida Gy.-László E.-Bedő Z.-Láng L.-Veisz O.: 2011. A búza kalászfuzárium ellenállóságáról – lehetőségek és realitások a búzanemesítésben. *Martonvásár*. 23.2. 12-14.
228. Wiese M.V.: 1987. Compendium of Wheat Diseases. The American Phytopathological Society. Second Edition.
229. Wiik L.- Ewaldz T.: 2009. Impact of temperature and precipitation on yield and plant diseases of winter wheat in southern Sweden 1983–2007. *Crop Protection*. 28.11. 952–962.
230. Wiik L.-Rosenqvist H.: 2010. The economics of fungicide use in winter wheat in southern Sweden. *Crop Protection*.29.1. 11–19.
231. Wood C.W.-Reeves D.W.-Himelrick D.G.: 1993. Relationships between chlorophyll meter readings and leaf chlorophyll concentration, N status, and crop yield. A review. *Proceedings Agronomy Society of New Zealand*. 23. 1-9.

232. Yang P.- Wu W. B.- Tang H. J.- Zhou Q. B.- Zou J.Q.- Zhang L.: 2007. Mapping Spatial and Temporal Variations of LeafAreaIndex for WinterWheat in North China. *Agricultural Sciences in China*. 6.12.1437–1443.
233. Yang P.- Wu W. B.- Tang H. J.- Zhou Q. B.- Zou J.Q.- Zhang L.: 2007. Mapping Spatial and temporal variations of Leaf Area Index for winter wheat in North China. *Agricultural Sciences in China*. 6.12.1437–1443.
234. Yoder B.J.-Pettigrew-Crosby R.E.: 1995. Predicting nitrogen and chlorophyll content and concentrations from reflectance spectra (400-2500 nm) at leaf and canopy scales. *Remote Sensing of Environment*. 53.3. 199-211.
235. Zatko J.-Balsan J.: 1987. Effect of some agronomic practices on grain yield of the new winter wheat cv.SO-8123. *Polnohospodastvo*. 33.12. 1073-1081.
236. Zembery J.-Barek V.-Hornikova H.-Halaj P.-Halajova D.: 2011. Variability of yield components and yield of maize due to fertilization and weather conditions. *Növénytermelés*. 2011. 60. Supplement. 89-92.
237. Zsigrai Gy.: 1997. A növények tápanyagellátása. [In.: Az aszálykárok mérséklése Nyiri. L. (szerk.)] Mezőgazda Kiadó. Budapest. 156.
238. Zsombik L.: 2007. Az őszi búza betegségei. *Agrárágazat*. 2007.9.

ÁBRÁK JEGYZÉKE

- 1. ábra. A VIZSGÁLT ÉVEK HAVI CSAPADÉKELOSZLÁSA (DEBRECEN, 2011-2013)*
- 2. ábra. A VIZSGÁLT ÉVEK HAVI ÁTLAGHŐMÉRSEKLETE (DEBRECEN, 2011-2013)*
- 3. ábra. A NÖVÉNYFIZIOLÓGIAI MÉRÉSEK AZ ŐSZI BÚZA FENOLÓGIAI FÁZISAIBAN*
- 4. ábra. A VIZSGÁLT ÉVEK HAVI CSAPADÉKELOSZLÁSA (DEBRECEN, 2011-2013)*
- 5. ábra. A VIZSGÁLT ÉVEK HAVI ÁTLAGHŐMÉRSEKLETE (DEBRECEN, 2011-2013)*
- 6. ábra. A FIZIOLÓGIAI MÉRÉSEK ÁBRÁZOLÁSA A KUKORICA KÜLÖNBÖZŐ FENOLÓGIAI FÁZISAIBAN*
- 7. ábra. A NÖVÉNYVÉDELEM, A VETÉSVÁLTÁS ÉS A TÁPANYAGELLÁTÁS HATÁSA AZ ŐSZI BÚZA LEVÉLBETEGSÉGEIRE (DEBRECEN, 2011)*
- 8. ábra. A NÖVÉNYVÉDELEM, A VETÉSVÁLTÁS ÉS A TÁPANYAGELLÁTÁS HATÁSA AZ ŐSZI BÚZA LEVÉLBETEGSÉGEIRE (DEBRECEN, 2012)*
- 9. ábra. A VETÉSVÁLTÁS ÉS A TÁPANYAGELLÁTÁS HATÁSA AZ ŐSZI BÚZA LEVÉLBETEGSÉGEIRE (DEBRECEN, 2013)*
- 10. ábra. A GK CSILLAG ŐSZI BÚZAFAJTA TÁPANYAG-RAKCIÓJÁNAK VIZSGÁLATA REGRESSZIÓANALÍZISSEL TRIKULTÚRA VETÉSVÁLTÁSNAÁL (DEBRECEN, 2011)*
- 11. ábra. A GK CSILLAG ŐSZI BÚZAFAJTA TÁPANYAG-RAKCIÓJÁNAK VIZSGÁLATA REGRESSZIÓANALÍZISSEL TRIKULTÚRA VETÉSVÁLTÁSNAÁL (DEBRECEN, 2012)*
- 12. ábra. A GK CSILLAG ŐSZI BÚZAFAJTA TÁPANYAG-RAKCIÓJÁNAK VIZSGÁLATA REGRESSZIÓANALÍZISSEL TRIKULTÚRA VETÉSVÁLTÁSNAÁL (DEBRECEN, 2013)*
- 13. ábra. AZ ŐSZI BÚZA LAI-ÉRTÉKEINEK ALAKULÁSA BI- ÉS TRIKULTÚRA VETÉSVÁLTÁS ESETÉN (DEBRECEN, 2011)*
- 14. ábra. AZ ŐSZI BÚZA LAI-ÉRTÉKEINEK ALAKULÁSA BI- ÉS TRIKULTÚRA VETÉSVÁLTÁS ESETÉN (DEBRECEN, 2012)*
- 15. ábra. AZ ŐSZI BÚZA LAI-ÉRTÉKEINEK ALAKULÁSA BI- ÉS TRIKULTÚRA VETÉSVÁLTÁS ESETÉN (DEBRECEN, 2013)*
- 16. ábra. A MŰTRÁGYÁZÁS ÉS A VETÉSVÁLTÁS HATÁSA AZ ŐSZI BÚZA ÖSSZES FÖLDFELETTI SZÁRAZANYAGTÖMEGÉRE (DEBRECEN, 2011)*
- 17. ábra. A MŰTRÁGYÁZÁS ÉS A VETÉSVÁLTÁS HATÁSA AZ ŐSZI BÚZA ÖSSZES FÖLDFELETTI SZÁRAZANYAGTÖMEGÉRE (DEBRECEN, 2012)*
- 18. ábra. A MŰTRÁGYÁZÁS ÉS A VETÉSVÁLTÁS HATÁSA AZ ŐSZI BÚZA ÖSSZES FÖLDFELETTI SZÁRAZANYAGTÖMEGÉRE (DEBRECEN, 2013)*

19. *ábra.* **A LEVÉLTERÜLET TARTÓSSÁG (LAD) ALAKULÁSA A KÜLÖNBÖZŐ AGROTECHNIKAI TÉNYEZŐK (VETÉSVÁLTÁS, MŰTRÁGYÁZÁS) HATÁSÁRA ŐSZI BÚZÁNÁL (DEBRECEN, 2011-2013)**
20. *ábra.* **A HARVEST INDEX ALAKULÁSA A KÜLÖNBÖZŐ AGROTECHNIKAI TÉNYEZŐK (VETÉSVÁLTÁS, MŰTRÁGYÁZÁS) HATÁSÁRA ŐSZI BÚZÁNÁL (DEBRECEN, 2011-2013)**
21. *ábra.* **A RESEDA KUKORICA HIBRID TÁPANYAG-RAKCIÓJÁNAK VIZSGÁLATA REGRESSZIÓANALÍZISSEL (DEBRECEN, 2011)**
22. *ábra.* **A RESEDA KUKORICA HIBRID TÁPANYAG-RAKCIÓJÁNAK VIZSGÁLATA REGRESSZIÓANALÍZISSEL (DEBRECEN, 2012)**
23. *ábra.* **A RESEDA KUKORICA HIBRID TÁPANYAG-RAKCIÓJÁNAK VIZSGÁLATA REGRESSZIÓANALÍZISSEL (DEBRECEN, 2013)**
24. *ábra.* **A MŰTRÁGYÁZÁS, A VETÉSVÁLTÁS ÉS AZ ÖNTÖZÉS HATÁSA A KUKORICA ÖSSZES FÖLDFELETTI SZÁRAZANYAGTÖMEGÉRE (DEBRECEN, 2011)**
25. *ábra.* **A MŰTRÁGYÁZÁS, A VETÉSVÁLTÁS ÉS AZ ÖNTÖZÉS HATÁSA A KUKORICA ÖSSZES FÖLDFELETTI SZÁRAZANYAGTÖMEGÉRE (DEBRECEN, 2012)**
26. *ábra.* **A MŰTRÁGYÁZÁS, A VETÉSVÁLTÁS ÉS AZ ÖNTÖZÉS HATÁSA A KUKORICA ÖSSZES FÖLDFELETTI SZÁRAZANYAGTÖMEGÉRE (DEBRECEN, 2013)**
27. *ábra.* **A LEVÉLTERÜLET TARTÓSSÁG (LAD) ALAKULÁSA A KÜLÖNBÖZŐ AGROTECHNIKAI TÉNYEZŐK (VETÉSVÁLTÁS, MŰTRÁGYÁZÁS, ÖNTÖZÉS) HATÁSÁRA KUKORICÁNÁL (DEBRECEN, 2011-2013)**
28. *ábra.* **A HARVEST INDEX ALAKULÁSA A KÜLÖNBÖZŐ AGROTECHNIKAI TÉNYEZŐK (VETÉSVÁLTÁS, MŰTRÁGYÁZÁS, ÖNTÖZÉS) HATÁSÁRA KUKORICÁNÁL (DEBRECEN, 2011-2013)**
29. *ábra.* **A MŰTRÁGYÁZÁS, A VETÉSVÁLTÁS ÉS A NÖVÉNYVÉDELEM SZEREPE AZ ŐSZI BÚZA TERMÉSENEK ALAKULÁSÁBAN A 2011. TENYÉSZÉVBEN (DEBRECEN)**
30. *ábra.* **A MŰTRÁGYÁZÁS, A VETÉSVÁLTÁS ÉS A NÖVÉNYVÉDELEM SZEREPE AZ ŐSZI BÚZA TERMÉSENEK ALAKULÁSÁBAN A 2012. TENYÉSZÉVBEN (DEBRECEN)**
31. *ábra.* **A MŰTRÁGYÁZÁS, A VETÉSVÁLTÁS ÉS A NÖVÉNYVÉDELEM SZEREPE AZ ŐSZI BÚZA TERMÉSENEK ALAKULÁSÁBAN A 2013. TENYÉSZÉVBEN (DEBRECEN)**
32. *ábra.* **A MŰTRÁGYÁZÁS, A VETÉSVÁLTÁS ÉS AZ ÖNTÖZÉS SZEREPE A KUKORICA TERMÉSENEK ALAKULÁSÁBAN A 2011. TENYÉSZÉVBEN (DEBRECEN)**
33. *ábra.* **A MŰTRÁGYÁZÁS, A VETÉSVÁLTÁS ÉS AZ ÖNTÖZÉS SZEREPE A KUKORICA TERMÉSENEK ALAKULÁSÁBAN A 2012. TENYÉSZÉVBEN (DEBRECEN)**

**34. ábra. A MŰTRÁGYÁZÁS, A VETÉSVÁLTÁS ÉS AZ ÖNTÖZÉS SZEREPE A KUKORICA
TERMÉSÉNEK ALAKULÁSÁBAN A 2013. TENYÉSZÉVBEN (DEBRECEN)**

TÁBLÁZATOK JEGYZÉKE

1. *táblázat. A KÍSÉRLETI TERÜLET TALAJVIZSGÁLATI ADATAI* (DEBRECEN)
2. *táblázat. A KÍSÉRLETI TERÜLET TALAJÁNAK VÍZGAZDÁLKODÁSÁT JELLEMZŐ MUTATÓK* (DEBRECEN)
3. *táblázat. A KÍSÉRLETBEN ALKALMAZOTT MŰTRÁGYAKEZELÉSEK* (DEBRECEN)
4. *táblázat. A KÍSÉRLETBEN ALKALMAZOTT AGROTECHNIKAI MŰVELETEK ÖSSZEFOGLALÓ TÁBLÁZATA* (DEBRECEN, 2011)
5. *táblázat. A KÍSÉRLETBEN ALKALMAZOTT AGROTECHNIKAI MŰVELETEK ÖSSZEFOGLALÓ TÁBLÁZATA* (DEBRECEN, 2012)
6. *táblázat. A KÍSÉRLETBEN ALKALMAZOTT AGROTECHNIKAI MŰVELETEK ÖSSZEFOGLALÓ TÁBLÁZATA* (DEBRECEN, 2013)
7. *táblázat. A KÍSÉRLETBEN ELVÉGZETT FIZIOLÓGIAI MÉRÉSEK IDŐPONTJAI* (DEBRECEN, 2011-2013)
8. *táblázat. AZ ŐSZI BÚZA LEVÉLBETEGSÉGEK FELVÉTELEZÉSÉNEK IDŐPONTJAI* (DEBRECEN, 2011-2013)
9. *táblázat. A KÍSÉRLETBEN ALKALMAZOTT MŰTRÁGYAKEZELÉSEK* (DEBRECEN)
10. *táblázat. A KÍSÉRLETBEN ALKALMAZOTT AGROTECHNIKAI MŰVELETEK ÖSSZEFOGLALÓ TÁBLÁZATA* (DEBRECEN, 2011)
11. *táblázat. A KÍSÉRLETBEN ALKALMAZOTT AGROTECHNIKAI MŰVELETEK ÖSSZEFOGLALÓ TÁBLÁZATA* (DEBRECEN, 2012)
12. *táblázat. A KÍSÉRLETBEN ALKALMAZOTT AGROTECHNIKAI MŰVELETEK ÖSSZEFOGLALÓ TÁBLÁZATA* (DEBRECEN, 2013)
13. *táblázat. A KÍSÉRLETBEN ELVÉGZETT FIZIOLÓGIAI MÉRÉSEK IDŐPONTJAI* (DEBRECEN, 2011-2013)
14. *táblázat. A VIZSGÁLT AGROTECHNIKAI ELEMEEK HATÁSA AZ ŐSZI BÚZA TERMÉSÉRE* (DEBRECEN, 2011-2013)
15. *táblázat. AZ ŐSZI BÚZA SPAD-ÉRTÉKEINEK VÁLTOZÁSA A MŰTRÁGYAKEZELÉS ÉS A VETÉSVÁLTÁS HATÁSÁRA* (DEBRECEN, 2011)

16. táblázat. **AZ ŐSZI BÚZA SPAD-ÉRTÉKEINEK VÁLTOZÁSA A MŰTRÁGYAKEZELÉS ÉS A VETÉSVÁLTÁS HATÁSÁRA** (DEBRECEN, 2012)
17. táblázat. **AZ ŐSZI BÚZA SPAD-ÉRTÉKEINEK VÁLTOZÁSA A MŰTRÁGYAKEZELÉS ÉS A VETÉSVÁLTÁS HATÁSÁRA** (DEBRECEN, 2013)
18. táblázat. **A VETÉSVÁLTÁS ÉS A MŰTRÁGYÁZÁS HATÁSA AZ ŐSZI BÚZA TERMÉSNÖVEKEDÉSI SEBESSÉGÉRE** ($\text{g m}^{-2} \text{ nap}^{-1}$, DEBRECEN, 2011)
19. táblázat. **A VETÉSVÁLTÁS ÉS A MŰTRÁGYÁZÁS HATÁSA AZ ŐSZI BÚZA TERMÉSNÖVEKEDÉSI SEBESSÉGÉRE** ($\text{g m}^{-2} \text{ nap}^{-1}$, DEBRECEN, 2012)
20. táblázat. **A VETÉSVÁLTÁS ÉS A MŰTRÁGYÁZÁS HATÁSA AZ ŐSZI BÚZA TERMÉSNÖVEKEDÉSI SEBESSÉGÉRE** ($\text{g m}^{-2} \text{ nap}^{-1}$, DEBRECEN, 2013)
21. táblázat. **A VETÉSVÁLTÁS ÉS A MŰTRÁGYÁZÁS HATÁSA AZ ŐSZI BÚZA RELATÍV NÖVEKEDÉSI SEBESSÉGÉRE** ($\text{g m}^{-2} \text{ nap}^{-1}$, DEBRECEN, 2011)
22. táblázat. **A VETÉSVÁLTÁS ÉS A MŰTRÁGYÁZÁS HATÁSA AZ ŐSZI BÚZA RELATÍV NÖVEKEDÉSI SEBESSÉGÉRE** ($\text{g m}^{-2} \text{ nap}^{-1}$, DEBRECEN, 2012)
23. táblázat. **A VETÉSVÁLTÁS ÉS A MŰTRÁGYÁZÁS HATÁSA AZ ŐSZI BÚZA RELATÍV NÖVEKEDÉSI SEBESSÉGÉRE** ($\text{g m}^{-2} \text{ nap}^{-1}$, DEBRECEN, 2013)
24. táblázat. **A TERMÉS, AZ AGROTECHNIKAI TÉNYEZŐK ÉS A BETEGSÉGEK KÖZÖTTI ÖSSZEFÜGGÉSVIZSGÁLAT PEARSON-FÉLE KORRELÁCIÓVAL** (DEBRECEN, 2011)
25. táblázat. **A TERMÉS ÉS A NÖVEKEDÉSI MUTATÓK KÖZÖTTI ÖSSZEFÜGGÉSVIZSGÁLAT PEARSON-FÉLE KORRELÁCIÓVAL** (DEBRECEN, 2011)
26. táblázat. **A TERMÉS, AZ AGROTECHNIKAI TÉNYEZŐK ÉS A BETEGSÉGEK KÖZÖTTI ÖSSZEFÜGGÉSVIZSGÁLAT PEARSON-FÉLE KORRELÁCIÓVAL** (DEBRECEN, 2012)
27. táblázat. **A TERMÉS ÉS A NÖVEKEDÉSI MUTATÓK KÖZÖTTI ÖSSZEFÜGGÉSVIZSGÁLAT PEARSON-FÉLE KORRELÁCIÓVAL** (DEBRECEN, 2012)
28. táblázat. **A TERMÉS, AZ AGROTECHNIKAI TÉNYEZŐK ÉS A BETEGSÉGEK KÖZÖTTI ÖSSZEFÜGGÉSVIZSGÁLAT PEARSON-FÉLE KORRELÁCIÓVAL** (DEBRECEN, 2013)
29. táblázat. **A TERMÉS ÉS A NÖVEKEDÉSI MUTATÓK KÖZÖTTI ÖSSZEFÜGGÉSVIZSGÁLAT PEARSON-FÉLE KORRELÁCIÓVAL** (DEBRECEN, 2013)
30. táblázat. **AZ ÖNTÖZÉS, A VETÉSVÁLTÁS ÉS A MŰTRÁGYÁZÁS HATÁSA A KUKORICA TERMÉSÉRE** (DEBRECEN, 2011)

31. táblázat. **AZ ÖNTÖZÉS, A VETÉSVÁLTÁS ÉS A MŰTRÁGYÁZÁS HATÁSA A KUKORICA TERMÉSÉRE** (DEBRECEN, 2012)
32. táblázat. **AZ ÖNTÖZÉS, A VETÉSVÁLTÁS ÉS A MŰTRÁGYÁZÁS HATÁSA A KUKORICA TERMÉSÉRE** (DEBRECEN, 2013)
33. táblázat. **A REGRESSZIÓANALÍZISSEL KAPOTT MŰTRÁGYA OPTIMUM ÉRTÉKEK KÜLÖNBÖZŐ VETÉSVÁLTÁS ÉS ÖNTÖZÉS ESETÉN** (DEBRECEN, 2011-2013)
34. táblázat. **A KUKORICA SPAD-ÉRTÉKEINEK VÁLTOZÁSA A MŰTRÁGYAKEZELÉS, AZ ÖNTÖZÉS ÉS A VETÉSVÁLTÁS HATÁSÁRA** (DEBRECEN, 2011)
35. táblázat. **A KUKORICA SPAD-ÉRTÉKEINEK VÁLTOZÁSA A MŰTRÁGYAKEZELÉS, AZ ÖNTÖZÉS ÉS A VETÉSVÁLTÁS HATÁSÁRA** (DEBRECEN, 2012)
36. táblázat. **A KUKORICA SPAD-ÉRTÉKEINEK VÁLTOZÁSA A MŰTRÁGYAKEZELÉS, AZ ÖNTÖZÉS ÉS A VETÉSVÁLTÁS HATÁSÁRA** (DEBRECEN, 2013)
37. táblázat. **A KUKORICA LAI-ÉRTÉKEINEK (m^2m^{-2}) VÁLTOZÁSA A MŰTRÁGYÁZÁS, AZ ÖNTÖZÉS ÉS A VETÉSVÁLTÁS HATÁSÁRA** (DEBRECEN, 2011)
38. táblázat. **A KUKORICA LAI-ÉRTÉKEINEK (m^2m^{-2}) VÁLTOZÁSA A MŰTRÁGYÁZÁS, AZ ÖNTÖZÉS ÉS A VETÉSVÁLTÁS HATÁSÁRA** (DEBRECEN, 2012)
39. táblázat. **A KUKORICA LAI-ÉRTÉKEINEK (m^2m^{-2}) VÁLTOZÁSA A MŰTRÁGYÁZÁS, AZ ÖNTÖZÉS ÉS A VETÉSVÁLTÁS HATÁSÁRA** (DEBRECEN, 2013)
40. táblázat. **A VETÉSVÁLTÁS, AZ ÖNTÖZÉS ÉS A MŰTRÁGYÁZÁS HATÁSA A KUKORICA TERMÉSNÖVEKEDÉSI SEBESSÉGÉRE** ($\text{g m}^{-2} \text{ nap}^{-1}$, DEBRECEN, 2011)
41. táblázat. **A VETÉSVÁLTÁS, AZ ÖNTÖZÉS ÉS A MŰTRÁGYÁZÁS HATÁSA A KUKORICA TERMÉSNÖVEKEDÉSI SEBESSÉGÉRE** ($\text{g m}^{-2} \text{ nap}^{-1}$, DEBRECEN, 2012)
42. táblázat. **A VETÉSVÁLTÁS, AZ ÖNTÖZÉS ÉS A MŰTRÁGYÁZÁS HATÁSA A KUKORICA TERMÉSNÖVEKEDÉSI SEBESSÉGÉRE** ($\text{g m}^{-2} \text{ nap}^{-1}$, DEBRECEN, 2013)
43. táblázat. **A VETÉSVÁLTÁS, AZ ÖNTÖZÉS ÉS A MŰTRÁGYÁZÁS HATÁSA A KUKORICA RELATÍV NÖVEKEDÉSI SEBESSÉGÉRE** ($\text{g m}^{-2} \text{ nap}^{-1}$, DEBRECEN, 2011)
44. táblázat. **A VETÉSVÁLTÁS, AZ ÖNTÖZÉS ÉS A MŰTRÁGYÁZÁS HATÁSA A KUKORICA RELATÍV NÖVEKEDÉSI SEBESSÉGÉRE** ($\text{g m}^{-2} \text{ nap}^{-1}$, DEBRECEN, 2012)
45. táblázat. **A VETÉSVÁLTÁS, AZ ÖNTÖZÉS ÉS A MŰTRÁGYÁZÁS HATÁSA A KUKORICA RELATÍV NÖVEKEDÉSI SEBESSÉGÉRE** ($\text{g m}^{-2} \text{ nap}^{-1}$, DEBRECEN, 2013)

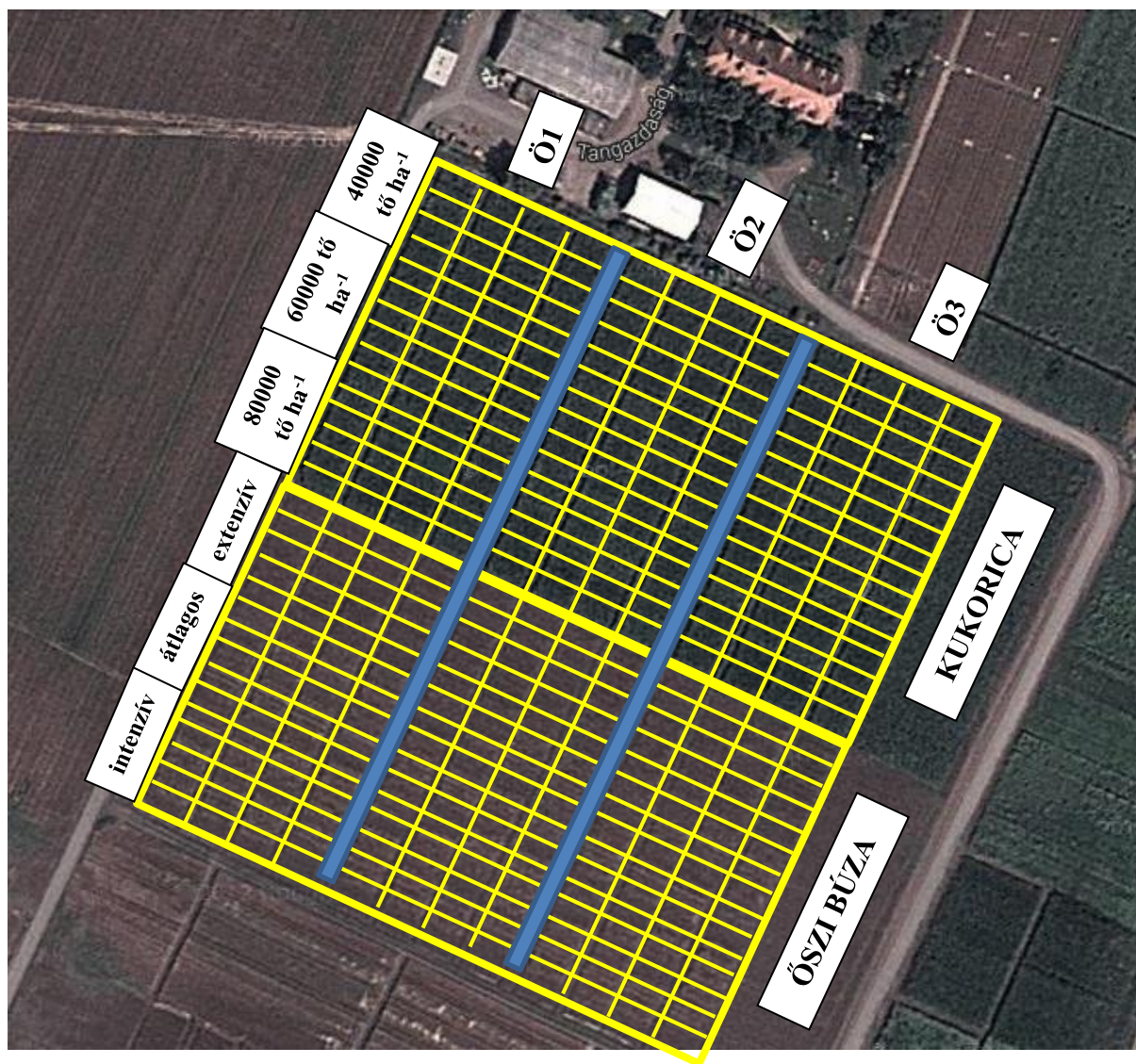
46. táblázat. **A TERMÉS, AZ AGROTECHNIKAI TÉNYEZŐK ÉS A NÖVEKEDÉSI MUTATÓK KÖZÖTTI ÖSSZEFÜGGÉSVIZSGÁLAT PEARSON-FÉLE KORRELÁCIÓVAL (DEBRECEN, 2011)**
47. táblázat. **A TERMÉS, AZ AGROTECHNIKAI TÉNYEZŐK ÉS A NÖVEKEDÉSI MUTATÓK KÖZÖTTI ÖSSZEFÜGGÉSVIZSGÁLAT PEARSON-FÉLE KORRELÁCIÓVAL (DEBRECEN, 2012)**
48. táblázat. **A TERMÉS, AZ AGROTECHNIKAI TÉNYEZŐK ÉS A NÖVEKEDÉSI MUTATÓK KÖZÖTTI ÖSSZEFÜGGÉSVIZSGÁLAT PEARSON-FÉLE KORRELÁCIÓVAL (DEBRECEN, 2013)**
49. táblázat. **AZ AGROTECHNIKAI TÉNYEZŐK HATÁSA AZ ŐSZI BÚZA FOTOSZINTETIKUS KAPACITÁSÁRA (DEBRECEN, 2011-2013)**
50. táblázat. **AZ AGROTECHNIKAI TÉNYEZŐK HATÁSA A KUKORICA FOTOSZINTETIKUS KAPACITÁSÁRA (DEBRECEN, 2011-2013)**
51. táblázat. **A TERMÉS ÉS A FOTOSZINTETIKUS KAPACITÁS (PH.C.) ÖSSZEFÜGGÉSVIZSGÁLATA PEARSON-FÉLE KORRELÁCIÓVAL ŐSZI BÚZÁNÁL ÉS KUKORICÁNÁL (DEBRECEN, 2011-2013)**

MELLÉKLETEK

1. sz. melléklet

A tartamkísérlet bikultúra blokkjának felülnézeti térképe

(Debrecen-Látókép)



A tartamkísérlet térképvázlata I.
(őszi búza: bikukltúra, trikultúra)

<table><tr><td>4</td><td>3</td><td>5</td><td>1</td><td>2</td></tr><tr><td colspan="5"></td></tr><tr><td>5</td><td>4</td><td>2</td><td>3</td><td>1</td></tr><tr><td colspan="5"></td></tr><tr><td>3</td><td>5</td><td>1</td><td>2</td><td>4</td></tr><tr><td colspan="5"></td></tr><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td></tr></table>	4	3	5	1	2						5	4	2	3	1						3	5	1	2	4						1	2	3	4	5	<table><tr><td>4</td><td>3</td><td>5</td><td>1</td><td>2</td></tr><tr><td colspan="5"></td></tr><tr><td>5</td><td>4</td><td>2</td><td>3</td><td>1</td></tr><tr><td colspan="5"></td></tr><tr><td>3</td><td>5</td><td>1</td><td>2</td><td>4</td></tr><tr><td colspan="5"></td></tr><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td></tr></table>	4	3	5	1	2						5	4	2	3	1						3	5	1	2	4						1	2	3	4	5	<table><tr><td>4</td><td>3</td><td>5</td><td>1</td><td>2</td></tr><tr><td colspan="5"></td></tr><tr><td>5</td><td>4</td><td>2</td><td>3</td><td>1</td></tr><tr><td colspan="5"></td></tr><tr><td>3</td><td>5</td><td>1</td><td>2</td><td>4</td></tr><tr><td colspan="5"></td></tr><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td></tr></table>	4	3	5	1	2						5	4	2	3	1						3	5	1	2	4						1	2	3	4	5	Ism. IV. III. Ö1 II. I.
4	3	5	1	2																																																																																																								
5	4	2	3	1																																																																																																								
3	5	1	2	4																																																																																																								
1	2	3	4	5																																																																																																								
4	3	5	1	2																																																																																																								
5	4	2	3	1																																																																																																								
3	5	1	2	4																																																																																																								
1	2	3	4	5																																																																																																								
4	3	5	1	2																																																																																																								
5	4	2	3	1																																																																																																								
3	5	1	2	4																																																																																																								
1	2	3	4	5																																																																																																								
<table><tr><td>4</td><td>3</td><td>5</td><td>1</td><td>2</td></tr><tr><td colspan="5"></td></tr><tr><td>5</td><td>4</td><td>2</td><td>3</td><td>1</td></tr><tr><td colspan="5"></td></tr><tr><td>3</td><td>5</td><td>1</td><td>2</td><td>4</td></tr><tr><td colspan="5"></td></tr><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td></tr></table>	4	3	5	1	2						5	4	2	3	1						3	5	1	2	4						1	2	3	4	5	<table><tr><td>4</td><td>3</td><td>5</td><td>1</td><td>2</td></tr><tr><td colspan="5"></td></tr><tr><td>5</td><td>4</td><td>2</td><td>3</td><td>1</td></tr><tr><td colspan="5"></td></tr><tr><td>3</td><td>5</td><td>1</td><td>2</td><td>4</td></tr><tr><td colspan="5"></td></tr><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td></tr></table>	4	3	5	1	2						5	4	2	3	1						3	5	1	2	4						1	2	3	4	5	<table><tr><td>4</td><td>3</td><td>5</td><td>1</td><td>2</td></tr><tr><td colspan="5"></td></tr><tr><td>5</td><td>4</td><td>2</td><td>3</td><td>1</td></tr><tr><td colspan="5"></td></tr><tr><td>3</td><td>5</td><td>1</td><td>2</td><td>4</td></tr><tr><td colspan="5"></td></tr><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td></tr></table>	4	3	5	1	2						5	4	2	3	1						3	5	1	2	4						1	2	3	4	5	IV. III. Ö2 II. I.
4	3	5	1	2																																																																																																								
5	4	2	3	1																																																																																																								
3	5	1	2	4																																																																																																								
1	2	3	4	5																																																																																																								
4	3	5	1	2																																																																																																								
5	4	2	3	1																																																																																																								
3	5	1	2	4																																																																																																								
1	2	3	4	5																																																																																																								
4	3	5	1	2																																																																																																								
5	4	2	3	1																																																																																																								
3	5	1	2	4																																																																																																								
1	2	3	4	5																																																																																																								
<table><tr><td>4</td><td>3</td><td>5</td><td>1</td><td>2</td></tr><tr><td colspan="5"></td></tr><tr><td>5</td><td>4</td><td>2</td><td>3</td><td>1</td></tr><tr><td colspan="5"></td></tr><tr><td>3</td><td>5</td><td>1</td><td>2</td><td>4</td></tr><tr><td colspan="5"></td></tr><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td></tr></table>	4	3	5	1	2						5	4	2	3	1						3	5	1	2	4						1	2	3	4	5	<table><tr><td>4</td><td>3</td><td>5</td><td>1</td><td>2</td></tr><tr><td colspan="5"></td></tr><tr><td>5</td><td>4</td><td>2</td><td>3</td><td>1</td></tr><tr><td colspan="5"></td></tr><tr><td>3</td><td>5</td><td>1</td><td>2</td><td>4</td></tr><tr><td colspan="5"></td></tr><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td></tr></table>	4	3	5	1	2						5	4	2	3	1						3	5	1	2	4						1	2	3	4	5	<table><tr><td>4</td><td>3</td><td>5</td><td>1</td><td>2</td></tr><tr><td colspan="5"></td></tr><tr><td>5</td><td>4</td><td>2</td><td>3</td><td>1</td></tr><tr><td colspan="5"></td></tr><tr><td>3</td><td>5</td><td>1</td><td>2</td><td>4</td></tr><tr><td colspan="5"></td></tr><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td></tr></table>	4	3	5	1	2						5	4	2	3	1						3	5	1	2	4						1	2	3	4	5	IV. III. Ö3 II. I.
4	3	5	1	2																																																																																																								
5	4	2	3	1																																																																																																								
3	5	1	2	4																																																																																																								
1	2	3	4	5																																																																																																								
4	3	5	1	2																																																																																																								
5	4	2	3	1																																																																																																								
3	5	1	2	4																																																																																																								
1	2	3	4	5																																																																																																								
4	3	5	1	2																																																																																																								
5	4	2	3	1																																																																																																								
3	5	1	2	4																																																																																																								
1	2	3	4	5																																																																																																								

Növényvédelem 3
Intenzív

Növényvédelem 2
Átlagos

Növényvédelem 1
Extenzív

A kísérletben alkalmazott műtrágya kezelések

Kezelés	Hatóanyag (kg ha ⁻¹)		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1	0	0	0
2	50	35	40
3	100	70	80
4	150	105	120
5	200	140	160

A tartamkísérlet térképvázlata II.
(kukorica: monokultúra, bikukltúra, trikultúra)

					Ism.																																				
<table><tr><td>4</td><td>3</td><td>5</td><td>1</td><td>2</td></tr><tr><td colspan="5"></td></tr><tr><td>5</td><td>4</td><td>2</td><td>3</td><td>1</td></tr><tr><td colspan="5"></td></tr><tr><td>3</td><td>5</td><td>1</td><td>2</td><td>4</td></tr><tr><td colspan="5"></td></tr><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td></tr></table>					4	3	5	1	2						5	4	2	3	1						3	5	1	2	4						1	2	3	4	5	IV.	Ö1
4	3	5	1	2																																					
5	4	2	3	1																																					
3	5	1	2	4																																					
1	2	3	4	5																																					
<table><tr><td>4</td><td>3</td><td>5</td><td>1</td><td>2</td></tr><tr><td colspan="5"></td></tr><tr><td>5</td><td>4</td><td>2</td><td>3</td><td>1</td></tr><tr><td colspan="5"></td></tr><tr><td>3</td><td>5</td><td>1</td><td>2</td><td>4</td></tr><tr><td colspan="5"></td></tr><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td></tr></table>					4	3	5	1	2						5	4	2	3	1						3	5	1	2	4						1	2	3	4	5	III.	
4	3	5	1	2																																					
5	4	2	3	1																																					
3	5	1	2	4																																					
1	2	3	4	5																																					
<table><tr><td>4</td><td>3</td><td>5</td><td>1</td><td>2</td></tr><tr><td colspan="5"></td></tr><tr><td>5</td><td>4</td><td>2</td><td>3</td><td>1</td></tr><tr><td colspan="5"></td></tr><tr><td>3</td><td>5</td><td>1</td><td>2</td><td>4</td></tr><tr><td colspan="5"></td></tr><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td></tr></table>					4	3	5	1	2						5	4	2	3	1						3	5	1	2	4						1	2	3	4	5	II.	
4	3	5	1	2																																					
5	4	2	3	1																																					
3	5	1	2	4																																					
1	2	3	4	5																																					
<table><tr><td>4</td><td>3</td><td>5</td><td>1</td><td>2</td></tr><tr><td colspan="5"></td></tr><tr><td>5</td><td>4</td><td>2</td><td>3</td><td>1</td></tr><tr><td colspan="5"></td></tr><tr><td>3</td><td>5</td><td>1</td><td>2</td><td>4</td></tr><tr><td colspan="5"></td></tr><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td></tr></table>					4	3	5	1	2						5	4	2	3	1						3	5	1	2	4						1	2	3	4	5	I.	
4	3	5	1	2																																					
5	4	2	3	1																																					
3	5	1	2	4																																					
1	2	3	4	5																																					
<table><tr><td>4</td><td>3</td><td>5</td><td>1</td><td>2</td></tr><tr><td colspan="5"></td></tr><tr><td>5</td><td>4</td><td>2</td><td>3</td><td>1</td></tr><tr><td colspan="5"></td></tr><tr><td>3</td><td>5</td><td>1</td><td>2</td><td>4</td></tr><tr><td colspan="5"></td></tr><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td></tr></table>					4	3	5	1	2						5	4	2	3	1						3	5	1	2	4						1	2	3	4	5	IV.	Ö2
4	3	5	1	2																																					
5	4	2	3	1																																					
3	5	1	2	4																																					
1	2	3	4	5																																					
<table><tr><td>4</td><td>3</td><td>5</td><td>1</td><td>2</td></tr><tr><td colspan="5"></td></tr><tr><td>5</td><td>4</td><td>2</td><td>3</td><td>1</td></tr><tr><td colspan="5"></td></tr><tr><td>3</td><td>5</td><td>1</td><td>2</td><td>4</td></tr><tr><td colspan="5"></td></tr><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td></tr></table>					4	3	5	1	2						5	4	2	3	1						3	5	1	2	4						1	2	3	4	5	III.	
4	3	5	1	2																																					
5	4	2	3	1																																					
3	5	1	2	4																																					
1	2	3	4	5																																					
<table><tr><td>4</td><td>3</td><td>5</td><td>1</td><td>2</td></tr><tr><td colspan="5"></td></tr><tr><td>5</td><td>4</td><td>2</td><td>3</td><td>1</td></tr><tr><td colspan="5"></td></tr><tr><td>3</td><td>5</td><td>1</td><td>2</td><td>4</td></tr><tr><td colspan="5"></td></tr><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td></tr></table>					4	3	5	1	2						5	4	2	3	1						3	5	1	2	4						1	2	3	4	5	II.	
4	3	5	1	2																																					
5	4	2	3	1																																					
3	5	1	2	4																																					
1	2	3	4	5																																					
<table><tr><td>4</td><td>3</td><td>5</td><td>1</td><td>2</td></tr><tr><td colspan="5"></td></tr><tr><td>5</td><td>4</td><td>2</td><td>3</td><td>1</td></tr><tr><td colspan="5"></td></tr><tr><td>3</td><td>5</td><td>1</td><td>2</td><td>4</td></tr><tr><td colspan="5"></td></tr><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td></tr></table>					4	3	5	1	2						5	4	2	3	1						3	5	1	2	4						1	2	3	4	5	I.	
4	3	5	1	2																																					
5	4	2	3	1																																					
3	5	1	2	4																																					
1	2	3	4	5																																					
<table><tr><td>4</td><td>3</td><td>5</td><td>1</td><td>2</td></tr><tr><td colspan="5"></td></tr><tr><td>5</td><td>4</td><td>2</td><td>3</td><td>1</td></tr><tr><td colspan="5"></td></tr><tr><td>3</td><td>5</td><td>1</td><td>2</td><td>4</td></tr><tr><td colspan="5"></td></tr><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td></tr></table>					4	3	5	1	2						5	4	2	3	1						3	5	1	2	4						1	2	3	4	5	IV.	Ö3
4	3	5	1	2																																					
5	4	2	3	1																																					
3	5	1	2	4																																					
1	2	3	4	5																																					
<table><tr><td>4</td><td>3</td><td>5</td><td>1</td><td>2</td></tr><tr><td colspan="5"></td></tr><tr><td>5</td><td>4</td><td>2</td><td>3</td><td>1</td></tr><tr><td colspan="5"></td></tr><tr><td>3</td><td>5</td><td>1</td><td>2</td><td>4</td></tr><tr><td colspan="5"></td></tr><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td></tr></table>					4	3	5	1	2						5	4	2	3	1						3	5	1	2	4						1	2	3	4	5	III.	
4	3	5	1	2																																					
5	4	2	3	1																																					
3	5	1	2	4																																					
1	2	3	4	5																																					
<table><tr><td>4</td><td>3</td><td>5</td><td>1</td><td>2</td></tr><tr><td colspan="5"></td></tr><tr><td>5</td><td>4</td><td>2</td><td>3</td><td>1</td></tr><tr><td colspan="5"></td></tr><tr><td>3</td><td>5</td><td>1</td><td>2</td><td>4</td></tr><tr><td colspan="5"></td></tr><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td></tr></table>					4	3	5	1	2						5	4	2	3	1						3	5	1	2	4						1	2	3	4	5	II.	
4	3	5	1	2																																					
5	4	2	3	1																																					
3	5	1	2	4																																					
1	2	3	4	5																																					
<table><tr><td>4</td><td>3</td><td>5</td><td>1</td><td>2</td></tr><tr><td colspan="5"></td></tr><tr><td>5</td><td>4</td><td>2</td><td>3</td><td>1</td></tr><tr><td colspan="5"></td></tr><tr><td>3</td><td>5</td><td>1</td><td>2</td><td>4</td></tr><tr><td colspan="5"></td></tr><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td></tr></table>					4	3	5	1	2						5	4	2	3	1						3	5	1	2	4						1	2	3	4	5	I.	
4	3	5	1	2																																					
5	4	2	3	1																																					
3	5	1	2	4																																					
1	2	3	4	5																																					
80 ezer tő/ha					60 ezer tő/ha																																				
					40 ezer tő/ha																																				

A kísérletben alkalmazott műtrágya kezelések

Kezelés	Hatóanyag (kg ha ⁻¹)		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1	0	0	0
2	60	45	45
3	120	90	90
4	180	135	135
5	240	180	180

**A kukorica terméseredményeinek vizsgálata háromtényezős varianciaanalízissel
(Debrecen, 2011)**

Faktorok	SQ	df	MQ	F	Szignifikancia
Vetésváltás	144331568,2	2	72165784,09	134,738	0,000
Öntözés	29782596,98	2	14891298,49	27,803	0,000
Tápanyagellátás	443956187,2	4	110989046,8	207,224	0,000
Vetésváltás * Öntözés	720524,622	4	180131,156	0,336	0,853
Vetésváltás * Tápanyagellátás	68842489,6	8	8605311,2	16,067	0,000
Öntözés * Tápanyagellátás	4613692,8	8	576711,6	1,077	0,383
Vetésváltás * Öntözés * Tápanyagellátás	6472369,6	16	404523,1	0,755	0,733
Hiba	72306028	135	535600,207		
Összesen	23574510880	180			
Korrigált hiba	771025457	179			

**A kukorica terméseredményeinek vizsgálata háromtényezős varianciaanalízissel
(Debrecen, 2012)**

Faktorok	SQ	df	MQ	F	Szignifikancia
Vetésváltás	80884501,51	2	40442250,76	96,184	0,000
Öntözés	30605143,64	2	15302571,82	36,394	0,000
Tápanyagellátás	244619776,9	4	61154944,22	145,445	0,000
Vetésváltás * Öntözés	1949971,556	4	487492,889	1,159	0,332
Vetésváltás * Tápanyagellátás	44752019,38	8	5594002,422	13,304	0,000
Öntözés * Tápanyagellátás	2192510,578	8	274063,822	0,652	0,733
Vetésváltás * Öntözés * Tápanyagellátás	3377083,556	16	211067,722	0,502	0,943
Hiba	56763242	135	420468,459		
Összesen	22494453638	180			
Korrigált hiba	465144249,1	179			

**A kukorica terméseredményeinek vizsgálata háromtényezős varianciaanalízissel
(Debrecen, 2013)**

Faktorok	SQ	df	MQ	F	Szignifikancia
Vetésváltás	332493267,7	2	1,66E+08	358,08	0,000
Öntözés	224633779,7	2	1,12E+08	241,92	0,000
Tápanyagellátás	337547297,2	4	84386824	181,762	0,000
Vetésváltás * Öntözés	6209435,733	4	1552359	3,344	0,012
Vetésváltás * Tápanyagellátás	87907759,82	8	10988470	23,668	0,000
Öntözés * Tápanyagellátás	12551997,16	8	1569000	3,379	0,001
Vetésváltás * Öntözés * Tápanyagellátás	11883011,38	16	742688,2	1,6	0,077
Hiba	62676708	135	464271,9		
Összesen	23613995584	180			
Korrigált hiba	1075903257	179			

**A vetésváltás, a növényvédelem és a műtrágyázás hatása az őszi búza termésére
(Debrecen, 2011-2013)**

Növény- védelem	Műtrágya- szintek	Ismétlés	Bikultúra			Trikultúra		
			Termés kg ha ⁻¹ 2011	Termés kg ha ⁻¹ 2012	Termés kg ha ⁻¹ 2013	Termés kg ha ⁻¹ 2011	Termés kg ha ⁻¹ 2012	Termés kg ha ⁻¹ 2013
extenzív	kontroll	1	2016	2470	1260	6572	4250	4319
		2	1872	2012	1611	6010	5011	5005
		3	1905	2200	1372	6600	4308	4429
		4	2111	2414	1605	6270	5163	4655
	N ₅₀ +PK	1	3617	4786	4016	8572	6210	6819
		2	4076	5310	3274	7976	5712	5972
		3	3792	4805	3690	7905	5850	6210
		4	3747	5411	4028	8735	6604	6707
	N ₁₀₀ +PK	1	6172	6715	6011	9017	6711	8176
		2	5718	7410	5519	9703	7502	7408
		3	5806	6809	5768	8992	6803	8305
		4	5956	7086	6262	9696	7516	7715
	N ₁₅₀ +PK	1	6917	7216	7216	8976	8010	8426
		2	6876	8042	7796	8872	7209	7620
		3	7492	8000	7406	9530	8000	8507
		4	7415	7278	7694	9274	7269	7919
	N ₂₀₀ +PK	1	7910	7216	7715	9210	6911	8210
		2	7396	8103	8303	8631	7608	7400
		3	7705	7408	7696	8578	6958	7376
		4	7985	8085	8362	9181	7807	8642
átlagos	kontroll	1	1976	2611	1608	6796	4719	5011
		2	2180	2058	1417	6208	5210	4403
		3	1951	2576	1500	6805	4800	5050
		4	2077	2471	1707	6471	5331	4780
	N ₅₀ +PK	1	4327	5719	4102	8603	6796	7208
		2	4005	5010	3740	8492	6142	6542
		3	4103	5107	3917	9105	6308	6403
		4	4353	6124	4081	9048	6970	7663
	N ₁₀₀ +PK	1	6270	7742	5967	9972	7211	8761
		2	6719	6871	6473	10278	7890	8800
		3	6403	6719	6190	9905	7017	7917
		4	6688	7800	6190	10045	8094	8382
	N ₁₅₀ +PK	1	7458	8319	8103	10170	8419	9011
		2	8016	7810	7636	9572	7810	8026
		3	7612	7764	8092	10070	7905	8219
		4	7882	8543	7809	9508	8678	9384
	N ₂₀₀ +PK	1	7976	7819	8712	10072	7817	7852
		2	8703	8503	7870	9240	8502	8711
		3	8509	7742	8630	9403	7719	7706
		4	8504	8652	8055	9853	8022	8695

intenzív	kontroll	1	2163	2421	1426	6292	5517	5019
		2	2407	2708	1792	7010	4936	4376
		3	2011	2319	1509	6703	4880	5109
		4	2499	2612	1705	6459	5543	5048
	N ₅₀ +PK	1	4427	6012	3972	9603	6711	6796
		2	4796	5408	4018	8976	6422	7580
		3	4510	5312	4376	8990	7208	7602
		4	4763	5916	4374	9483	6935	6882
	N ₁₀₀ +PK	1	7010	8016	6810	11076	8011	9076
		2	6576	7209	6436	10458	8050	8413
		3	7006	7300	6572	11100	7421	8396
		4	6912	8135	6866	10774	7638	9119
	N ₁₅₀ +PK	1	7913	9011	8211	11076	8242	9561
		2	8507	7963	8107	10127	9010	8376
		3	7836	8012	8615	10200	8403	9690
		4	8144	8926	8519	10469	9085	9157
	N ₂₀₀ +PK	1	9012	9047	9012	10676	7917	9172
		2	8476	8215	8327	9902	7803	8206
		3	8572	9102	8600	9900	8719	9019
		4	9340	8356	9177	10358	8709	8491

**A vetésváltás, az öntözés és a műtrágyázás hatása a kukorica termésére
(Debrecen, 2011-2013)**

Öntözés	Műtrágya- szintek	Ism.	Monokultúra			Bikultúra			Trikultúra		
			Termés kg ha ⁻¹ 2011	Termés kg ha ⁻¹ 2012	Termés kg ha ⁻¹ 2013	Termés kg ha ⁻¹ 2011	Termés kg ha ⁻¹ 2012	Termés kg ha ⁻¹ 2013	Termés kg ha ⁻¹ 2011	Termés kg ha ⁻¹ 2012	Termés kg ha ⁻¹ 2013
Ö1	kontroll	1	6715	6512	5102	8106	9617	8719	10127	10012	9104
		2	5905	7008	4426	9519	8706	9805	10005	9270	8632
		3	5811	7015	4620	8200	8519	8642	9172	9405	9542
		4	6473	6325	5300	9251	10714	9666	9104	9937	8838
	N ₆₀ +PK	1	7903	9242	8012	9763	10763	10427	11072	10708	9711
		2	8815	9876	7192	9518	10200	10202	12703	10205	11020
		3	7896	9100	8005	10790	11811	11736	11105	11961	10018
		4	8334	10066	7795	10501	11106	10883	11888	10854	10355
	N ₁₂₀ +PK	1	11204	9792	8732	11631	12176	10542	11519	12700	11263
		2	10102	10976	9600	13519	10794	11802	13108	11076	10136
		3	10208	9912	9511	12020	11205	10695	12076	11685	11629
		4	10962	10508	9021	12542	11749	11145	12849	12359	10220
	N ₁₈₀ +PK	1	10768	11106	8972	11764	12476	12700	11712	11076	9716
		2	12317	10263	10010	13519	11200	11176	12821	12636	10029
		3	11010	11050	9017	12050	11405	10995	11519	10972	11010
		4	11353	10145	9545	13347	12463	12917	12028	12156	10057
	N ₂₄₀ +PK	1	12103	10976	8716	13100	10716	11276	11203	12103	9176
		2	10857	11708	9631	11702	12202	12632	12703	10452	10408
		3	11008	10872	8838	12020	11313	11100	10907	11005	9205
		4	12092	11600	9683	12262	11649	11868	12191	11652	9911
Ö2	kontroll	1	5780	6526	5219	9172	10208	11604	10761	9476	9763
		2	5891	7011	5903	8010	9200	10276	9103	10205	11028
		3	7004	7050	5016	9051	9511	10758	10514	9600	9615
		4	6805	6937	5814	8987	10361	11214	9466	10027	10470
	N ₆₀ +PK	1	7903	10051	7612	11472	10711	13176	12073	12103	13107
		2	8711	9276	8608	10103	11200	11403	11080	10700	11409
		3	7805	9451	7519	10205	12010	12192	11206	11100	12100
		4	8877	10190	8541	11588	10807	13337	12489	11805	12728
	N ₁₂₀ +PK	1	10279	10376	9976	12196	12511	12711	12716	11672	12766
		2	11716	11602	11005	14100	10900	14072	13819	13471	14581
		3	10529	10519	10472	13071	11608	13195	12076	12010	13052
		4	11676	11675	10727	13849	11677	13898	13349	12863	13149
	N ₁₈₀ +PK	1	12631	10761	11263	12196	11276	13205	12158	10976	12279
		2	11502	10680	12451	12500	13010	14903	13500	11290	13800
		3	11076	11905	11509	13819	12208	13100	13719	12205	12596
		4	12499	11790	12077	13445	13130	14560	11751	12209	13345
	N ₂₄₀ +PK	1	11196	12405	10674	12913	12136	12204	11916	12103	12260
		2	13074	11207	11800	11518	10907	14008	12208	10712	13719
		3	12100	11505	10735	12000	11400	12407	13676	11019	12804
		4	13034	12523	11923	12289	12233	14085	12668	11554	13333

Ö3	kontroll	1	7115	6426	5219	8511	9652	11186	9912	9672	10276
		2	6094	7519	5178	9706	9700	12936	11407	9803	11806
		3	7056	6600	6208	8419	10684	11204	10209	10712	10429
		4	6699	7567	6295	9664	10468	11130	11080	10373	11373
	N ₆₀ +PK	1	9122	10200	9019	11542	12603	14681	14152	13570	12962
		2	8059	9426	8207	12903	11206	12429	12761	11996	14107
		3	9011	10158	9008	13050	11500	13003	13096	12606	13205
		4	8444	9624	8434	10877	12611	13055	13671	12772	13694
	N ₁₂₀ +PK	1	12517	10716	11276	13106	13786	13276	12711	12604	15276
		2	11105	12011	12529	15072	12197	14592	12542	12285	13979
		3	12403	10636	11100	13528	12504	12990	14010	13719	14900
		4	11523	11577	12991	14762	13497	14766	13081	14072	14549
	N ₁₈₀ +PK	1	12108	11205	12220	12711	12603	14426	12716	12176	14606
		2	13519	12718	13429	14108	14005	13920	13800	13719	13128
		3	12608	11200	11976	12519	12208	15519	12519	12405	13200
		4	12581	11553	13659	15006	13516	14891	13557	13092	14066
	N ₂₄₀ +PK	1	11519	13107	13105	13519	11890	14800	13608	11403	12208
		2	12803	11996	11976	12018	13206	13205	11932	12796	13619
		3	11206	12342	12542	11972	12400	14926	12127	11205	12128
		4	12612	12831	12969	13591	12944	13765	12817	13124	12921

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Szeretnék a disszertációm elkészítésében nyújtott segítségért köszönetet mondani témavezetőmnek, Dr. Pepó Péter intézetvezető, egyetemi tanárnak, opponenseimnek, Dr. Hoffmann Sándor egyetemi tanárnak és Dr. Sárvári Mihály egyetemi tanárnak, a Debreceni Egyetem Agrár- és Gazdálkodástudományok Centruma, Debreceni Kutató Intézet és Tangazdaság Látóképi Növénytermesztési Kísérleti Telep dolgozónak és a tanszéki kollégáknak.

A kutatást részben a TÁMOP-4.2.4.A/2-11/1-2012-0001 azonosító számú Nemzeti Kiválóság Program – Hazai hallgatói, illetve kutatói személyi támogatást biztosító rendszer kidolgozása és működtetése konvergencia program című kiemelt projekt keretében zajlott. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.

NYILATKOZATOK

NYILATKOZAT

Ezen értekezést a Debreceni Egyetem Agrár- és Gazdálkodástudományok Centruma Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Karán, Hankóczy Jenő Növénytermesztési, Kertészeti és Élelmiszertudományok Doktori Iskola keretében készítettem, a Debreceni Egyetem doktori (Ph.D.) fokozatának elnyerése céljából.

Debrecen, 2014.

.....

a jelölt aláírása

NYILATKOZAT

Tanúsítom, hogy Vári Enikő doktorjelölt 2010-2013 között a fent megnevezett Doktori Iskola keretében irányításommal 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.

.....

a témavezető aláírása