

SZENT ISTVÁN EGYETEM

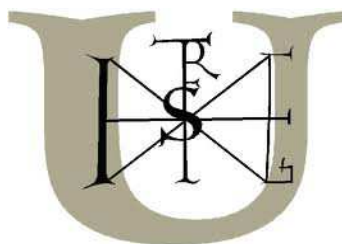
**MARTONVÁSÁRI BÚZA GENOTÍPUSOK
NÖVEKEDÉSDINAMIKÁJÁNAK ÉS
TERMÉSPRODUKCIÓJÁNAK VIZSGÁLATA KÜLÖNBÖZŐ
N-TÁPELEM SZINTEKEN**

Doktori (PhD) értekezés tézisei

Sugár Eszter

Gödöllő

2014



SZENT ISTVÁN EGYETEM

**MARTONVÁSÁRI BÚZA GENOTÍPUSOK
NÖVEKEDÉSDINAMIKÁJÁNAK ÉS
TERMÉSPRODUKCIÓJÁNAK VIZSGÁLATA KÜLÖNBÖZŐ
N-TÁPELEM SZINTEKEN**

Doktori (PhD) értekezés tézisei

Sugár Eszter

Gödöllő

2014

A doktori iskola

Megnevezése: Növénytudományi Doktori Iskola

Tudományága: Növénytermesztési és Kertészeti Tudományok

Vezetője: **Dr. Helyes Lajos**
intézetigazgató, egyetemi tanár, az MTA doktora
SZIE Mezőgazdasági- és Környezettudományi Kar
Kertészeti Technológiai Intézet, Gödöllő

Témavezetők: **Dr. Berzsenyi Zoltán**
professor emeritus, az MTA doktora
MTA ATK Mezőgazdasági Intézet, Martonvásár

Dr. Jolánkai Márton
professor emeritus, az MTA doktora
SZIE Mezőgazdasági- és Környezettudományi Kar
Növénytermesztési Intézet, Gödöllő

.....
Dr. Berzsenyi Zoltán

témavezető jóváhagyása

.....
Dr. Jolánkai Márton

témavezető jóváhagyása

.....
Dr. Helyes Lajos

iskolavezető jóváhagyása

1. A MUNKA ELŐZMÉNYEI ÉS A KITŰZÖTT CÉLOK

A búzatermesztés fenntartható fejlődésének megvalósításában igen nagy szerepe van a megfelelő fajta kiválasztásának és a tápanyagellátás optimalizálásának, miközben a termésbiztonság a klímaváltozás miatt egyre csökken. Olyan fajtát szükséges választani, mely jobban tud alkalmazkodni az adott klimatikus feltételekhez, jobban ellenáll a különféle kórokozóknak, jó a gyomelnyomó képessége, jól tolerálja adott esetben a vízhiányt, kellőképpen meg tud erősödni a téli fagyokig, illetve virágzáskor elkerüli a hőségnapokat. Bizonyos fajták alacsonyabb N-ellátás mellett is viszonylag nagyobb termésbiztonsággal termeszthetők. Az őszi búza növekedéséhez szükséges elegendő tápanyagmennyiséget elsősorban műtrágyázással biztosítjuk. A makroelemek közül kiemelkedő szerepe van a búza fejlődéséhez igazított, megfelelő mennyiségű N-műtrágyázásnak. A kielégítő N-ellátottság csökkenti az eltérő évjáratok okozta termésingadozásokat. A kis N-műtrágya adagok alapvetően a búza mennyiségére, a 100 kg ha⁻¹-nél nagyobb N-dózisok már a minőségi tulajdonságokra is pozitív hatással vannak (Árendás et al., 2001). A túlzott N-műtrágyázás azonban ugyancsak kedvezőtlen a búza számára.

Az Európai Unió országaiban egyre inkább előtérbe kerül a túlzott mértékű N-műtrágyázás okozta felszínközeli vizek elszennyeződésének problémája, ezért korlátozásokat vezettek be a N-műtrágya felhasználásában.

Ahhoz, hogy az egyes búza genotípusok tápanyag reakcióját különböző évjáratokban minél alaposabban megismerjük, szükséges, hogy azok hatását ne csak a termésben, hanem a fenológiai fejlődés során végig nyomon kövessük. A növekedésanalízis segítségével a növény szárazanyag termeléséből kiindulva értelmezhetjük a növény növekedését, és választ kaphatunk arra, hogy a különböző agronómiai és ökológiai tényezők hogyan hatnak a búza növekedésére és növekedési dinamikájára (Berzsenyi, 2000b). Növekedésanalízissel összehasonlítható a különböző fajták növekedési dinamikája.

Számtalan kutatás folyik a klímaváltozással és annak előrelátható hatásaival kapcsolatban. A hazánkra jellemző bizonytalan időjárás miatt a termesztésben igen nagy jelentősége van az évjáráthatásnak.

A három vizsgálati évben három, különböző érésidejű búzafajta (az extra korai Mv Toborzó, a korai Mv Palotás és a középkorai Mv Verbunkos) produkcióját vizsgáltuk a 0, 80, 160 és 240 kg ha⁻¹ N-kezelésekben, azonos, 120 kg ha⁻¹ P és K-szint mellett, a növekedés teljes időszakában. A növekedésanalízis vizsgálatok kiterjedtek a növényi szervekre, a növényegyedre és a növényállományra egyaránt. A növekedésanalízis különböző módszereivel vizsgáltuk a kísérleti tényezők hatását a búza növekedésére és a növekedési mutatók dinamikájára.

Az értekezés célja a martonvásári vetésforgó tartamkísérletben:

1. a különböző őszi búza genotípusok szárazanyagprodukción- és levélterület dinamikájának összehasonlítása eltérő N-kezelésekben, három egymást követő évjáratban;
2. a növekedésanalízis klasszikus és funkcionális módszerével az eltérő N-kezelések hatásának tanulmányozása a búzafajták növekedési mutatóinak dinamikájára, illetve átlag- és maximális értékére, különböző évjáratokban;
3. a N-műtrágyázás hatásának vizsgálata a termés, az egyes terméskomponensek, a zászlólevél terület és a minőségi paraméterek alakulására, különböző búzafajtáknál;
4. annak vizsgálata, hogy a növekedési dinamikák, a növekedési mutatók, a terméskomponensek és a minőségi paraméterek milyen összefüggésben állnak a termésmennyiség alakulásával;
5. megfelelő genotípus kiválasztása a várható évjáratnak megfelelően, illetve a biztonságosabb (stabilabb) termés eléréséhez szükséges optimális N-dózis meghatározása
6. a kapott összefüggések birtokában a növekedési dinamikák és paraméterek felhasználása a genotípusok termésreakcióinak jellemzésére.

2. ANYAG ÉS MÓDSZER

2.1. A kísérlet jellemzése

A nitrogén kezelések hatását a 2006/2007, a 2007/2008 és a 2008/2009 években vizsgáltuk az akkori MTA Mezőgazdasági Kutatóintézete László-pusztai agrotechnikai kísérleti területén, mély termőrétegű, erdőmaradványos csernozjom talajon, őszi búza vetésforgó tartamkísérletében, ahol a növényi sorrend borsó, őszi búza, kukorica és tavaszi árpa.

A kisparcellás kísérletet eredetileg Koltay Árpád állította be, melyet módosított formában újraindítottuk 1980-ban. Az eredeti műtrágya dózisokra alapozva a N-műtrágya kezeléseket és a vetésforgó növényeit egyaránt módosítottuk.

A kísérlet kéttényezős, split-plot elrendezésű, négy ismétléses. A főparcella az N-dózis, az alparcella a búzafajta volt. A főparcellában a vizsgált N-műtrágya dózisa: 0, 80, 160 és 240 kg ha⁻¹ (jelölésük: N₀, N₈₀, N₁₆₀ és N₂₄₀), azonos P- és K-ellátottságnál (120 kg ha⁻¹). Az alparcellában három, különböző érésidejű martonvásári genotípust (az extra korai Mv Toborzót, a korai Mv Palotást és a középkorai Mv Verbunkost) helyeztünk el. A dolgozatban további vizsgált paraméter az évjáráthatás volt.

2.2. A három vizsgált év időjárásának jellemzése

A tenyészidő alatt lehulló csapadék mennyisége 2007-ben mintegy egyharmada (200 mm) volt a 2008. és 2009. évekhez képest (637,8, illetve 616,6 mm), és a harminc éves átlag (513 mm) felét sem érte el, ráadásul a csapadék eloszlása ugyancsak kedvezőtlen volt a búza számára. A 2008-as és 2009-es év csapadék szempontjából kedvezőnek mondható. A csapadék eloszlása 2008-ban volt a legkedvezőbb.

2.3. A kísérletben végzett kutatómunka bemutatása

A növekedésanalízis vizsgálatokhoz a mintákat véletlen mintavételi eljárással, destruktív módon gyűjtöttük be. A mintavételeket a tél folyamán, a nappali fagyok

elmúltával kezdtük el, és egészen betakarításig folytattuk, egyhetes intervallumokkal, 2007-ben összesen 24, 2008-ban 20, 2009-ben pedig 17 alkalommal. Mintavételként 240 db növénymintát dolgoztunk fel.

A minták feldolgozása során megmértük a teljes növény és a kalászcok hosszát, meghatároztuk az oldahajtások, a náduszcok, a kalászcok és az egyes hajtásokon található levelek számát. Ezt követően történt a minták felosztása levél, szár, kalász részekre. A levélterület méréseket ADC AM300-as levélterület-mérő műszerrel végeztük a teljes növényen, illetve a főhajtás zászlóslevelén. A levél, szár és kaláscmintákat MEMMERT ULE/800 típusú szárítószekrényben 65 °C-on 48 órán keresztül, tömegállandóságig szárítottuk. Ezt követően analitikai mérleggel meghatároztuk az egyes növényi részec száraz tömegét. Virágzáscor Minolta SPAD 502 típusú, hordozható klorofill-mérő műszerrel mértük a zászlóslevél klorofill tartalmát. A kalásczonkénti szemec számát az utolsó mintavétel során határoztuk meg. Betakarítás előtt 1 folyóméter hosszúságú mérőbot mentén megszámoztuk az egy sorban lévő, egy folyóméterre eső kalásczok számát.

A szemtermésből vett mintácból Perten 3100 típusú labormalomban durva őrleményt készítettünk. Ezt követően Perten INFRAMATIC 8600 típusú, a közeli infravörös visszaverődése alapján működő (NIR) analízáló készülékkel (Micskei 2011) határoztuk meg a szemtermés fehérje- és sikeértalmát.

2.4. A növekedési mutatók és kiszámításuk

A növekedésanalízis klasszikus és funkcionális módszerével jellemeztük a növényegyed és a növényállomány növekedési mutatóinak szezonális dinamikáját, valamint átlagos és maximális értékét. A növényegyed mutatói között meghatároztuk az abszolút és relatív növekedési sebességet (AGR, ALGR, RGR), a nettó asszimilációs rátát (NAR), a levélterület-arányt (LAR), a specifikus levélterületet (SLA) és a levéltömeg arányt (LWR). A növényállomány növekedésanalízise a következő mutatók meghatározását foglalta magában: levélterület-index (LAI), termésnövekedési sebesség (CGR), levélterület tartósság (LAD), biomassza tartósság (BMD) és harvest index (HI).

A minták száraztömeg és levélterület adataiból a Hunt et al. (2002) által kidolgozott, modern növekedésanalízis program segítségével kiszámoltuk az RGR, NAR, LAR, LWR és SLA növekedési mutatókat. A többi mutató (AGR, ALGR, CGR, LAI, LAD, BMD, HI) átlagértékének kiszámítását munkaképletek felhasználásával, Microsoft® Windows Excel (2003) program segítségével végeztük. A száraztömeg és levélterület alapadatainak kiértékelését a funkcionális megközelítés során a Hunt-Parsons (1974) növekedésanalízis program (HP modell) alkalmazásával végeztük. A program „stepwise” regressziós módszer alapján az idő (X) függvényében első-, másod- vagy harmadfokú polinom függvényt illeszt a száraztömeg (Y) és levélterület (Z) adataihoz.

2.5. A kísérleti adatok biometriai értékelése

A kísérlet során valamennyi mérési és számítási adat statisztikai kiértékelését varianciaanalízissel, kéttényezős osztott parcellás (split-plot) elrendezés alapján, MSTAT-C programcsomag felhasználásával végeztük.

A terméskomponensek, a növekedési mutatók és az egyes morfológiai paraméterek, valamint a termés közötti összefüggéseket GenStat 13.1 (2002) programcsomag alapján, parciális korrelációval vizsgáltuk.

Kétváltozós lineáris regresszióanalízissel vizsgáltuk a termés (függő változó) és egy-egy növekedési mutató (független változó) közötti összefüggést. Két független változós regresszióanalízissel vizsgáltuk a termés és a terméskomponensek, valamint a növekedési sebességek (RGR, CGR) és komponenseik közötti összefüggést. A többszörös regresszióanalízis stepwise módszerét alkalmaztuk abból a célból, hogy identifikáljuk azokat a változókat, melyek legjobban meghatározzák a függő változó (termés) szintjét.

3. EREDMÉNYEK

3.1. Az évjárat hatása az őszi búzafajták szárazanyag produkciójára, növekedési jellemzőire és termésére

A növényenkénti szárazanyag-felhalmozódás dinamikáját szigmoid típusú görbe jellemezte. Az elért összes növényi szárazhozam 2007-ben volt a legnagyobb (4,07 g növény⁻¹), míg 2008-ban 3,84 és 2009-ben 3,68 g növény⁻¹ volt. A növényenkénti levél- és szártömeg aszályos évjáratban, míg a kalász tömege kedvező években volt nagyobb.

A levélterület növekedési dinamikáját harang alakú görbe jellemezte. A növényenkénti levélterület maximális értéke 2008-ban volt a legnagyobb (158,4 cm²), 2007-ben és 2009-ben közel hasonlóan alakult (141,7 és 144,8 cm²). A zászlóslevél területe 2008-ban jelentősen meghaladta (28,6 cm²) a 2007. és 2009. években mért értékeket (16,4 és 18,0 cm²).

A növekedési mutatók átlagos és maximális értékeivel jól tudtuk jellemezni az évjáratok hatását. A szárazanyag abszolút és relatív növekedési sebessége ($AGR_{\text{átl}}$, AGR_{max} , $RGR_{\text{átl}}$, RGR_{max}), a szárazanyag relatív növekedési sebességének ($RGR_{\text{átl}}$) komponensei ($NAR_{\text{átl}}$, a $LAR_{\text{átl}}$), a levélterület abszolút növekedési sebessége ($ALGR_{\text{átl}}$, $ALGR_{\text{max}}$), valamint a specifikus levélterület ($SLA_{\text{átl}}$) és a zászlóslevél levélterület tartóssága (LAD_{zl}) 2008-ban volt a legnagyobb. Az abszolút növekedési ráták ($AGR_{\text{átl}}$, $ALGR_{\text{átl}}$) és a szárazanyag relatív növekedési sebessége ($RGR_{\text{átl}}$), a nettó asszimilációs ráta ($NAR_{\text{átl}}$), a levélterület-arány (LAR) és a harvest index (HI) mutatók egyaránt nagyobb értéket értek el a kedvező 2008 és 2009 években.

A szemtermés 2008-ban és 2009-ben (7,28 és 7,11 t ha⁻¹) szignifikáns mértékben meghaladta a 2007-es év termését (6,11 t ha⁻¹). A négyzetméterenkénti kalászsám (kalász m⁻²) az aszályos 2007-es évben jelentősen nagyobb volt (692,4), mint 2008-ban és 2009-ben (596,1 és 560,5). A kalásonkénti szemszám ugyanakkor 2008-ban és 2009-ben mintegy háromszor akkora volt (35,5 és 33,3 szem kalász⁻¹),

mint 2007-ben (12,6 szem kalász⁻¹). Az ezerszemtömeg a száraz 2007-es évben nagyobb volt (47,7 g). mint 2008-ban és 2009-ben (44,01 és 44,68 g).

3.2. A N-műtrágyázás hatása az őszi búzafajták szárazanyag produkciójára, növekedési jellemzőire és termésére

A szárazanyag-felhalmozódás dinamikája jól kifejezte a nitrogén kezelések hatását. A növényenkénti száraztömeg az N₀ kezelésben volt a legkisebb (2,97 g növény⁻¹), a maximális növényenkénti száraztömeget az N₁₆₀, illetve N₂₄₀ kezelésekben kaptuk (4,25 és 4,32 g növény⁻¹). Az egyes növényi részek száraztömege szintén az N₀ kezelésben volt a legkisebb és nőtt az N₁₆₀ és N₂₄₀ dózisig.

A N-kezelésnek a korai fejlődéstől kezdve a levélzet elszáradásáig szignifikáns hatása volt a levélterület nagyságára. A levélterületet leíró dinamika az N₀ és N₈₀ kezelés között különült el a legélesebben. A kifejlődött levélterület maximális értéke az N₂₄₀ kezelésben volt a legnagyobb (186 cm²). A N-műtrágyázásnak ugyancsak szignifikáns hatása volt a búzafajták zászlóslevél területének nagyságára.

Valamennyi növekedési mutató átlagos és maximális értéke az N₀ kezelésben volt a legalacsonyabb, és a N-műtrágyázás hatására az N₁₆₀ kezelésben érte el maximumát.

A szemtermés a fajták átlagában az N₀ kezelésben volt a legkisebb (5,45 t ha⁻¹), 2007-ben és 2008-ban szignifikánsan nőtt az N₈₀ kezelésben (6,45 és 7,99 t ha⁻¹), 2009-ben pedig az N₁₆₀ kezelésben (7,44 t ha⁻¹). A nagyobb N-dózisok nem okoztak szignifikáns termésnövekedést.

A nitrogén műtrágyázás jelentős hatással volt a négyzetméterenkénti kalászsorszám, a kalásonkénti szemszám, valamint az ezerszemtömeg alakulására. Az évek és fajták átlagában a négyzetméterenkénti kalászsorszám és a kalásonkénti szemszám az N₁₆₀ illetve N₂₄₀ kezelésben, míg az ezerszemtömeg az N₀ kezelésben mutatta a legnagyobb értéket. A zászlóslevél klorofill tartalmát jelző SPAD-érték a N-kezelés hatására 2007-ben az N₈₀ kezelésig, 2008-ban és 2009-ben pedig az N₁₆₀ kezelésig nőtt.

3.3. A genotípus hatása az őszi búza szárazanyag produkciójára, növekedési jellemzőire és termésére

A szárazanyag-produkció időbeni dinamikája jól mutatta a búzafajták eltérő érésidejét. A szárazanyag-produkció maximális értéke az évek és N-kezelések átlagában az Mv Verbunkosnál 3,98 g, az Mv Palotásnál 3,91 g, az Mv Toborzónál 3,71 g volt.

A növényi részek szárazanyag-produkciója eltérő volt a három vizsgált fajtánál. Az Mv Palotás és az Mv Verbunkos nagyobb levéltömeget (0,81 és 0,80 g) fejlesztett, mint az Mv Toborzó (0,70 g). A fajták szártömege közel azonos volt (1,92-2,01 g). A kalásztömeg alakulására a fajtának 2007-ben és 2008-ban volt szignifikáns hatása, 2007-ben az Mv Palotás, 2008-ban az Mv Verbunkos kalásztömege (2,05 g és 2,15 g) volt a legnagyobb.

A levélterület szezonális dinamikája is jól mutatta a fajták eltérő érésidejét. A fajtának a kezdeti fejlődéstől egészen a levélzet elszáradásáig szignifikáns hatása volt a levélterület nagyságára. A maximális értéket 2007-ben az Mv Toborzó (206,11 cm²), 2008-ban és 2009-ben az Mv Verbunkos érte el (211,75 és 184,50 cm²). A zászlóslevél területe az évek és N-kezelések átlagában az Mv Verbunkos fajtánál volt a legnagyobb (21,7 cm²), ezt követte az Mv Palotás (20,7 cm²), majd az Mv Toborzó (17,9 cm²).

Eltérés volt a legtöbb növekedési mutató átlagos és maximális értékében a fajták között. Az Mv Verbunkos mutatta a legnagyobb abszolút és relatív növekedési sebességet ($AGR_{\text{átl}}$, AGR_{max} , $ALGR_{\text{átl}}$, $ALGR_{\text{max}}$, RGR_{max}), a legnagyobb átlagos nettó asszimilációs rátát ($NAR_{\text{átl}}$), termésnövekedési sebességet (CGR_{max}), levélterület tartósságot (LAD_{LAI}), és ennek a fajtának volt legnagyobb a zászlóslevél levélterület-tartóssága ($LAD_{\text{zászlóslevél}}$).

A fajtának mindhárom évben szignifikáns hatása volt a termésre. 2007-ben az Mv Palotás és az Mv Verbunkos (6,25 és 6,21 ha⁻¹), 2008-ban és 2009-ben az Mv Verbunkos érte el a legnagyobb terméshozamot (7,63 és 7,51 ha⁻¹).

A fajtahatás szignifikáns volt 2007-ben és 2008-ban a négyzetméterenkénti kalászok számára, és mindegyik évben a kalásonkénti szemek számára. A kalásonkénti szemszám az Mv Verbunkosnál volt a legnagyobb (31,6), míg az Mv Palotásnál 28,2 és az Mv Toborzónál 21,7 szem kalász⁻¹ volt. Az ezerszemtömeg a fajták közül az Mv Toborzónál volt a legnagyobb (52,5 g).

A zászlóslevél klorofill tartalmát kifejező SPAD érték az N-kezelések és az évek átlagában az Mv Verbunkosnál érte el legnagyobb értékét (52,8), ennél kisebb volt az Mv Palotás (51,6) és az Mv Toborzó (50,7) esetében.

3.4. Korreláció a termés és a növekedési mutatók között

A parciális korreláció alapján a növényenkénti terméssel a terméskomponensek közül a kalásonkénti szemszám és az ezerszemtömeg szoros pozitív összefüggésben állt $P=0,1\%$ -os szinten. A kalásonkénti szemszám és az ezerszemtömeg között szoros negatív kapcsolat volt ($P=0,1\%$ -os szinten). Az $AGR_{\text{átl}}$ $P=0,1\%$ -os szinten szoros pozitív összefüggést mutatott a BMD-vel. Az $RGR_{\text{átl}}$ közepes pozitív kapcsolatban állt komponenseivel, a $NAR_{\text{átl}}$ és a $LAR_{\text{átl}}$ értékekkel.

A parciális korreláció alapján a növényállomány terméskomponensei közül a négyzetméterenkénti szemszám közepes pozitív összefüggést mutatott a terméssel. A növekedési mutatók közül a LAI_{max} laza, a HI közepes pozitív összefüggést mutatott a terméssel ($P=5\%$), valamint ugyanezek a mutatók ($P=5\%$ -os szinten) pozitív összefüggést mutattak a m²-enkénti kalászszámmal. A m²-enkénti szemszámmal közepes, pozitív összefüggést mutatott a zászlóslevél LAD értéke $P=0,1\%$ -os szinten. A $CGR_{\text{átl}}$ közepes pozitív összefüggést mutatott ($P=1\%$ és $P=0,1\%$ -os szinten) komponenseivel, a $NAR_{\text{átl}}$ és LAI_{max} értékekkel.

A növény száraztömege a kalász száraztömegével $P=0,1\%$ -os szinten szoros, a levél száraztömegével $P=1\%$ -os szinten közepes, a szár száraztömegével $P=5\%$ -os szinten laza pozitív korrelációt mutatott.

3.5. Lineáris regresszióanalízis a termés (terméskomponensek) és a növekedési mutatók között

A CGR átlagértéke 2007-ben és 2008-ban, valamint fajtánként szignifikáns összefüggést mutatott a terméssel. Az R^2 alapján a $CGR_{\text{átl}}$ aszályos évben 45,6%-ban, a legkedvezőbb évben 80,6%-ban magyarázta meg a termés varianciáját. A termés és LAD_{LAI} közötti összefüggés évenként szignifikáns volt. A LAD_{LAI} a kedvező 2008-as és 2009-es évben 73,7 és 61,7%-ban, a kedvezőtlen 2007-ben 52,9%-ban magyarázta a termés varianciáját. A termés és a zászlóslevél LAD értéke között szignifikáns összefüggést kaptunk. A LAD_{zl} kedvező éveken 62,0 és 74,6%-ban, míg aszályos évben 41,6%-ban magyarázta meg a termés varianciáját. A BMD hatása a termésre évenként volt szignifikáns, mely az R^2 érték alapján 2007-ben és 2009-ben 44,5, ill. 42,4%-ban, 2008-ban 86,1%-ban magyarázta a termés varianciáját.

Kétváltozós lineáris regresszióanalízissel pozitív összefüggést találtunk az integrál növekedési mutatók között. Az R^2 alapján a LAD 78,4%-ban magyarázta meg a BMD változását. A három év alapján igen szoros összefüggés volt a levélterület abszolút növekedési sebessége ($ALGR_{\text{max}}$) és a levélterület index maximális értéke (LAI_{max}) között. Az $ALGR_{\text{max}}$ 79,6%-ban magyarázta meg a LAI_{max} változását. Évenként szignifikáns összefüggést kaptunk a szárazanyag abszolút növekedése ($AGR_{\text{átl}}$) és a biomassa-tartósság (BMD) között. Az $AGR_{\text{átl}}$ 86,9-96,9%-ban magyarázta meg a BMD varianciáját.

Két független változós regresszióanalízis alapján a terméskomponensek (m^2 -enkénti szemszám, ezerszemtömeg) az R^2 értékek alapján az N_{80} kezelésben 54,9%-ban, az N_{160} kezelésben 88,6%-ban és az N_{240} kezelésben 76,9%-ban értelmezték a termés varianciáját. A két terméskomponens közül a m^2 -enkénti szemszám hatása volt meghatározó. Két független változós regresszióanalízis alapján a három év átlagában szignifikáns összefüggést találtunk az $RGR_{\text{átl}}$ és annak két komponense, a $NAR_{\text{átl}}$ és a $LAR_{\text{átl}}$, valamint a CGR_{max} és annak komponensei, a $NAR_{\text{átl}}$ és a LAI_{max} között. A $NAR_{\text{átl}}$ és a $LAR_{\text{átl}}$ 83,6%-ban értelmezte az $RGR_{\text{átl}}$ varianciáját, a $NAR_{\text{átl}}$ és a LAI_{max} együttesen 58,8%-ban határozta meg a CGR_{max} változását.

3.6. Többszörös regresszióanalízis

A többszörös regresszióanalízis alapján a növényenkénti termést legjobban meghatározó egyetlen változó a kalásonkénti szemszám. Ezt követi (csökkenő R^2 szerint) az $RGR_{\text{átl}}$, az $AGR_{\text{átl}}$, a LAD_{z1} , a $LAR_{\text{átl}}$, az ezerszemtömeg és a $NAR_{\text{átl}}$. A termést együttesen legjobban meghatározó két független változó a kalásonkénti szemszám és az ezerszemtömeg. Ezt követi a kalásonkénti szemszám és az $RGR_{\text{átl}}$, a kalásonkénti szemszám és az $AGR_{\text{átl}}$, valamint a kalásonkénti szemszám és a HI. A termést együttesen legjobban meghatározó három független változó a kalásonkénti szemszám, az ezerszemtömeg és a $RGR_{\text{átl}}$. Ezt követi a kalásonkénti szemszám, az $AGR_{\text{átl}}$ és a HI. A termést együttesen legjobban meghatározó négy független változó a kalásonkénti szemszám, az ezerszemtömeg, a $NAR_{\text{átl}}$ és a $LAR_{\text{átl}}$. Ezt követi a kalásonkénti szemszám, az ezerszemtömeg, az $AGR_{\text{átl}}$ és a BMD.

A többszörös regresszióanalízis alapján a növényállomány termését legjobban meghatározó egyetlen független változó a m^2 -enkénti szemszám. Ezt követi (csökkenő R^2 szerint) a LAD_{z1} , a $CGR_{\text{átl}}$, a LAI_{max} , a HI, az ezerszemtömeg és a m^2 -enkénti kalászikok száma. A termést együttesen legjobban meghatározó két független változó a m^2 -enkénti szemszám és a LAI_{max} . Ezt követi a m^2 -enkénti szemszám és a $CGR_{\text{átl}}$, valamint a LAD_{z1} és a HI. A termést együttesen legjobban meghatározó három független változó a m^2 -enkénti szemszám, a LAI_{max} és a HI.

A növényenkénti termést meghatározó morfológiai paraméterek regresszióanalízise alapján a növényenkénti termést külön-külön legjobban meghatározó független változó a kalásonkénti szemszám. Ezt követi (csökkenő R^2 szerint), a kalásztömeg, a levélterület, a növénytömeg és az ezerszemtömeg. A termést együttesen legjobban meghatározó két független változó a kalásonkénti szemszám és az ezerszemtömeg. Ezt követi a kalásonkénti szemszám és a HI, a kalásonkénti szemszám és a levéltömeg, valamint a kalásztömeg és a levéltömeg. A termést együttesen legjobban meghatározó három független változó a kalásonkénti szemszám, a levélterület és a levéltömeg. Ezt követi a kalásonkénti szemszám, a kalásztömeg és a levéltömeg.

3.7. Új tudományos eredmények

1. Jelentős évjáráthatást lehetett kimutatni a vizsgált három évben a csapadék mennyisége és eloszlása alapján. Az N-kezelések és a fajták átlagában a búza termése a vizsgált évek közül a kedvező 2008-ban és 2009-ben (7,28 és 7,11 t ha⁻¹) szignifikánsan meghaladta a kedvezőtlen 2007-es év termését (6,11 t ha⁻¹). Az évjárat hatását jól tudtuk jellemezni a növekedési mutatók átlagos és maximális értékeivel.
2. A N-műtrágyázásnak szignifikáns hatása volt a növényenkénti és növényi részenkénti (levél, szár, kalász) szárazanyag akkumuláció, valamint a növényenkénti levélterület szezonális dinamikájára és a zászlóslevél terület nagyságára. Az évek és a fajták átlagában a biomassa és a levélterület, valamint a növekedési mutatók átlagos- és maximális értéke az N₀ kezelésben volt a legkisebb, szignifikánsan nagyobb volt az N₈₀ kezelésben és évjáratától és fajtától függően nőtt az N₁₆₀ és N₂₄₀ kezeléseknél.
3. A nitrogén műtrágyázás szignifikáns hatással volt a termés és a terméskomponensek alakulására. A szemtermés az N₀ kezelésben volt a legkisebb (az évek és fajták átlagában 5,45 t ha⁻¹) és évjáratától függően szignifikánsan nőtt az N₈₀ kezelésben (7,09 t ha⁻¹), illetve az N₁₆₀ kezelésben (7,28 t ha⁻¹). A négyzetméterenkénti kalászsűrűség és a kalásonkénti szemszám az N₁₆₀ és N₂₄₀ kezeléseknél volt a legnagyobb.
4. A levélterület és a szárazanyag-termelés, valamint a növekedési mutatók szezonális dinamikája jól jellemezte a fajták eltérő érésidőjét. A fajták közül az Mv Verbunkos mutatta a legnagyobb abszolút és relatív növekedési sebességet (AGR_{átl}, AGR_{max}, ALGR_{átl}, ALGR_{max}, RGR_{max}), átlagos nettó asszimilációs rátát (NAR_{átl}), termésnövekedési sebességet (CGR_{max}), levélterület tartósságot (LAD_{LAI}) és zászlóslevél levélterület-tartósságot (LAD_{zl}).

5. A fajtának mindhárom évben szignifikáns hatása volt a termésre, mely az évek és N-kezelések átlagában az Mv Verbunkosnál 7,12, az Mv Palotásnál 6,81, az Mv Toborzónál pedig 6,58 t ha⁻¹ volt. Az ezerszemtömegre a vizsgált tényezők közül a fajtának volt a legnagyobb hatása.
6. A Hunt-Parsons (HP) növekedésanalízis program másod- és harmadfokú függvénnyel jellemezte a szárazanyag felhalmozódás, illetve a levélterület szezonális dinamikáját a különböző kezelésekben és a vizsgált években. A HP program lehetővé tette, hogy a növekedés teljes időszakában pontosan jellemezzük az őszi búza szárazanyag-termelésének dinamikáját és levélterületének növekedését. A stepwise módszerrel kiválasztott növekedési görbék pontosan visszatükrözték az alapadatok által meghatározott növekedési dinamikát.
7. A korrelációszámítás és a regresszióanalízis különböző módszereinek alkalmazása lehetővé tette a termés (terméskomponensek) és a növekedési mutatók összefüggésrendszerének mélyreható elemzését. A parciális korreláció és a regresszióanalízis alapján a termésre a terméskomponensek közül mind a növényegyed, mind a növényállomány szintjén a szemszám volt legnagyobb hatással.
8. A parciális korreláció alapján a növekedési sebesség mutatók (RGR, CGR) pozitív összefüggést mutattak komponenseikkel (NAR és LAR, illetve NAR és LAI). A két független változós regresszióanalízis szerint az $RGR_{\text{átl}}$ variációját a $NAR_{\text{átl}}$ és a $LAR_{\text{átl}}$ 83,6%-ban, a CGR_{max} variációját a $NAR_{\text{átl}}$ és a LAI_{max} 58,8%-ban értelmezte.
9. A kétváltozós regresszióanalízis alapján szignifikáns összefüggést kaptunk a termés, valamint az integrál mutatók (LAD, BMD) között. A LAD és a BMD egymással is pozitív összefüggésben álltak. Szignifikáns volt az összefüggés a

levélterület relatív növekedési sebessége ($ALGR_{max}$) és a levélterület index (LAI_{max}) között, valamint a száraztömeg abszolút növekedési sebessége ($AGR_{\hat{a}tl}$) és a biomassa tartósság (BMD) között.

10. A többszörös regresszióanalízis „stepwise and all subsets regression” módszere alapján a termést legjobban meghatározó három független változó a növényegyed szintjén a kalásonkénti szemszám, az ezerszemtömeg és az $RGR_{\hat{a}tl}$, a növényállomány szintjén pedig a négyzetméterenkénti szemszám, a harvest index (HI) és a LAI_{max} .

4. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK

A növekedésanalízis klasszikus és funkcionális módszerével jól jellemezhető a N-műtrágyázás hatása a búzafajták növekedési dinamikájára, illetve átlag- és maximális értékére, különböző évjáratokban. A szárazanyag-felhalmozódás és a levélterület dinamikájában az N_0 és az N_{80} kezelés különült el a legjobban. A különböző búza genotípusok növekedési dinamikájának és agronómiai reakcióinak megismerése által elkerülhető a túlzott mértékű N-műtrágyázás, és gazdaságosabb termesztés valósítható meg.

Az évjárat hatása nemcsak a termésben, hanem a levélterület és szárazanyag-produkció dinamikájában, a növekedési mutatók maximális és átlagos értékében, valamint a terméskomponensek alakulásában is megmutatkozott. Eredményeink igazolták, hogy aszályos évben a magasabb dózisú N-műtrágyázásnak nincs termésnövelő hatása, továbbá arra is rámutattak, hogy igen kedvező évben a termésmaximum szintén alacsonyabb N-szinten elérhető. Átlagos, kedvező évjáratban indokolt lehet a N-műtrágya adag további emelése (kísérletünkben 160 kg ha^{-1} szintig), azonban a 240 kg ha^{-1} N-dózis egyik évben sem okozott további növekedést a termésben.

A levélterület és a szárazanyag-produkció szezonális dinamikája, valamint a növekedési mutatók dinamikája jól jellemezte a fajták eltérő érésidejét. A genotípus hatása a termésben és az ezerszemtömegben is megmutatkozott.

A Hunt-Parsons (HP) program lehetővé tette, hogy a növekedés teljes időszakában pontosan jellemezzük az őszi búza szárazanyag-produkciójának dinamikáját és levélterületének növekedését. A stepwise módszerrel kiválasztott növekedési görbék pontosan visszatükrözték az alapadatok által meghatározott növekedési dinamikát. A HP növekedésanalízis program nyilvánvaló előnyei ellenére indokolt a klasszikus és funkcionális módszer együttes alkalmazása, melyre saját kutatási eredményeinkből is következtethetünk

A korrelációs számítás és a regresszióanalízis különböző módszereinek alkalmazása lehetővé tette a termés (terméskomponensek) és a növekedési mutatók összefüggésrendszerének mélyreható elemzését. A korábbi szakirodalmi adatokkal megegyezően a parciális korreláció és a regresszióanalízis alapján is a termésre a terméskomponensek közül mind a növényegyed, mind a növényállomány szintjén a szemszám volt legnagyobb hatással. A parciális korreláció alapján a növekedési sebesség mutatók (RGR, CGR) pozitív összefüggést mutattak komponenseikkel (NAR és LAR, illetve NAR és LAI). A kétváltozós regresszióanalízis alapján a termékkel szignifikáns összefüggést mutattak az integrál mutatók (LAD, BMD) értékei, melyek egymással is pozitív összefüggésben álltak. Összefüggést találtunk a levélterület abszolút növekedési sebessége ($ALGR_{max}$) és a levélterület index (LAI_{max}) között, valamint a száraztömeg abszolút növekedési sebessége (AGR_{max}) és a biomassa tartósság (BMD) között, mely összefüggés segíthet abban, hogy a növekedés során következtetni lehessen a képződő száraztömeg és levélzet teljes nagyságára.

A többszörös regresszióanalízis „stepwise and all subsets regression” módszere alapján a termést legjobban a növényegyed szintjén a kalásonkénti szemszám, az ezerszemtömeg és az $RGR_{\text{átl}}$, a növényállomány szintjén pedig a négyzetméterenkénti szemszám, a harvest index (HI) és a LAI_{max} határozta meg.

A világ népességének növekedése miatt a gabonaszükséglet nő, ugyanakkor a klímaváltozás egyre inkább megnehezíti a megfelelő mennyiségű és minőségű búza előállítását. Az időjárás bizonytalanságából eredő veszteségek csökkentése érdekében nagy jelentősége van a megfelelő, jól alkalmazkodó fajta kiválasztásának és a tápanyagellátás optimalizálásának.

IRODALOMJEGYZÉK

1. Árendás, T., Csathó, P., Németh, T. (2001): Tápanyagellátás a minőségorientált búzatermesztésben. In: Bedő, Z. (szerk.), A jó minőségű keményszemű búza nemesítése és termesztése. Martonvásár-Nádudvar-Szeged. 73-101.
2. Berzsenyi Z. (2000b): Növekedésanalízis a növénytermesztésben. Egyetemi jegyzet, Keszthely.
3. Hunt, R., Causton, D.R., Shipley, B., Askew, P. (2002): A modern tool for classical plant growth analysis. *Annals of Botany*. 90, 485-488.
4. Hunt, R., Parsons, I.T. (1974): A computer program for deriving growth-functions in plant growth analysis. *J. Appl. Ecol.* 11, 297-307.
5. Micskei, Gy. (2011): Szerves- és műtrágya hatásának összehasonlító vizsgálata a kukorica termelésére tartamkísérletben. Ph.D. értekezés. Szent István Egyetem, Gödöllő.

AZ ÉRTEKEZÉS TÉMÁJÁBAN MEGJELENT PUBLIKÁCIÓK

Tudományos cikkek

Elsőszerzős közlemények:

Sugár E., Berzsenyi Z.: 2009. Őszi búzafajták növekedésdinamikájának vizsgálata eltérő N-szinteken Hunt-Parsons modellel. *Növénytermelés* 58 (4): 57-68.

E. Sugár, Z. Berzsenyi: 2010. Growth dynamics and yield of winter wheat varieties grown at diverse nitrogen levels. *Acta Agronomica Hungarica* 58 (Suppl.): 121-126.

E. Sugár, Z. Berzsenyi: 2011. Analysis of the effect of N fertilisation on the growth dynamics of winter wheat varieties using the hunt-parsons model. *Acta Agronomica Hungarica* 59 (1): 35-45.

E. Sugár, Z. Berzsenyi: 2012. Effect of N fertilisation on the dynamics of dry matter production and leaf area of wheat varieties in different years. *Acta Agronomica Hungarica* 60 (4): 385-396.

Egyéb, növekedésanalízis témakörben megjelent társszerzős közlemények:

Berzsenyi Z., Lap D.Q., Micskei Gy., **Sugár E.**, Takács N.: 2007. Kukorica (*Zea mays* L.) hibridek N-műtrágyareakciójának jellemzése növekedésanalízissel. *Acta Agronomica Óvariensis*. 49 (2): 193-200.

Z. Berzsenyi, G. Micskei, I. Jócsák, P. Bónis, **E. Sugár**: 2010. Effect of innovative microbial management on maize (*Zea mays* L.) yield in a long-term fertilisation experiment. *Acta Agronomica Hungarica* 58 (3): 239-251.

Z. Berzsenyi, T. Árendás, P. Bónis, G. Micskei, **E. Sugár**: 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* 59 (3): 191-200.

Z. Berzsenyi, T. Árendás, P. Bónis, G. Micskei, **E. Sugár**: 2011. Long-term effect of farmyard manure and mineral fertiliser on the yield and yield stability of maize (*Zea mays* L.) in dry and wet years. *Acta Agronomica Hungarica* 59 (4): 303-315.

Referált konferencia kötetek

Elsőszerzős közlemények:

E. Sugár, Z. Berzsenyi, Q.L. Dang: 2008: Effect of N fertilisation on the growth dynamics of winter wheat varieties. *Cereal Research Communications*. Proceedings of the Alps-Adria Scientific Workshop. Ed.: Hidvégi Sz. 36 (1): 219-222.

Sugár E, Berzsenyi Z: 2009. Őszi búzafajták növekedésdinamikai vizsgálata eltérő N-szinteken Hunt-Parsons modellel. *V. Növénytermesztési Tudományos Nap*, Proceedings Book. Ed.: Harcsa M. 201-204.

Sugár E, Berzsenyi Z: 2009. Őszi búzafajták növekedésdinamikája és termésprodukcója eltérő N-tápelemszinteken. Tartamkísérletek jelentősége a növénytermesztés fejlesztésében: *A martonvásári tartamkísérletek 50 éve*. Jubileumi Tudományos Konferencia. Ed.: Berzsenyi Z., Árendás T. 159-164.

Sugár E, Berzsényi Z.: 2012. A N műtrágyázás hatása a búzafajták szárazanyag termelésére és levelelterület dinamikájára (2007-2009). *Talaj-víz-növény kapcsolatrendszer a növénytermesztési térben*. Ed.: Lehoczky É. 107-110.

Egyéb, növekedésanalízis témakörben megjelent társszerzős közlemények:

Z. Berzsényi Z., D.Q. Lap, G. Micskei, **E. Sugár**: 2007. Effect of maize stalks and N fertilisation on the yield and yield stability of maize (*Zea mays* L.) grown in a monoculture in a long-term experiment. *Cereal Research Communications*. Proceedings of the VI. Alps-Adria Scientific Workshop. Ed.: Hidvégi Sz. 35 (2): 249-252.

Berzsényi Z., Bónis P., Jócsák I., Micskei Gy., **Sugár E.**: 2009. A kukorica hibridek N-műtrágya reakciója vetéskör és monokultúra tartamkísérletekben. V. *Növénytermesztési Tudományos Nap*, Proceedings Book. Ed.: Harcsa M. 43-46.

Berzsényi Z., Jócsák I., Micskei Gy., **Sugár E.**: 2009. Agronómiai reakciók vizsgálata növekedésanalízissel és ökofiziológiai mérésekkel. A *martonvásári agrárkutatók hatodik évtizede, 1949-2009*. Ed.: Veisz O. 139-144.

Z. Berzsényi, G. Micskei, **E. Sugár**: 2009. Management of plant-beneficial microbes to balance fertiliser inputs in maize (*Zea mays* L.). *Cereal Research Communications*. Proceedings of the VIII. Alps-Adria Scientific Workshop. Ed.: Hárs T. 37 (2): 305-308.

Berzsényi Z., Micskei Gy., **Sugár E.**: 2012. Műtrágyázás és növényesség hatása a kukoricahibridek növekedési dinamikájára és termésére tartamkísérletben. *Talaj-víz-növény kapcsolatrendszer a növénytermesztési térben*. Ed.: Lehoczky É. 173-176.

Berzsényi Z., Árendás T., Bónis P., Micskei Gy., **Sugár E.**: 2012. A növénytermesztési tényezők tartamhatásának vizsgálata a kukorica produktívására eltérő évszakokban. *A mezőgazdaságtól a vidékgazdaságig*. LIV. Georgikon Napok. Ed.: Kis-Simon T., Tóth É. 38.

Konferencia összefoglalók, absztraktok

Elsőszerzős közlemények:

E. Sugár, Z. Berzsényi: 2008. Effect of N fertilisation on the growth dynamics of winter wheat varieties. *Italian Journal of Agronomy*. Supplement of the 10 th Congress of the European Society of Agronomy. Ed.: Rossi Pisa, P. 3 (3): 267-268.

Egyéb, növekedésanalízis témakörben megjelent társszerzős közlemények:

Z. Berzsényi, D.Q. Lap, **E. Sugár**, N. Takács, G. Micskei: 2006. Dynamics of growth and growth characteristics as affected by sowing date, plant density and N-fertilisation in maize (*Zea mays* L.) hybrids. Abstracts of the *XXth International Conference of the EUCARPIA Maize and Sorghum Section*. 28.

Z. Berzsényi, D.Q. Lap, G. Micskei, N. Takács, **E. Sugár**: 2006. Effect of sowing date and N-fertilisation on grain yield and photosynthetic rates in maize (*Zea mays* L.) *Bibliotheca Fragmenta Agronomica*. Proceedings of the XI. Congress of the European Society for Agronomy. Ed.: Fotyma, M., Kaminska, B. 11 (1):47-48.

Z. Berzsenyi, D.Q. Lap, G. Micskei, **E. Sugár** (2008): Effect of N fertilisation on the growth characteristics of maize (*Zea mays* L.) hybrids in a long-term experiment. *Italian Journal of Agronomy*. Supplement of the 10th Congress of the European Society of Agronomy. Ed.: Rossi Pisa, P. 3 (3): 177-178.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Köszönöm az MTA Agrártudományi Kutatóközpont főigazgatójának, Bedő Zoltánnak PhD tanulmányaim támogatását.

Köszönettel tartozom volt és jelenlegi Osztályvezetőimnek, Berzsenyi Zoltánnak, Árendás Tamásnak és Fodor Nándornak, hogy lehetőséget biztosítottak a dolgozat elkészítéséhez.

Köszönöm témavezetőimnek, Berzsenyi Zoltánnak a segítőkészségét és támogatását, ami végigkísérte munkámat és Jolánkai Mártonnak a PhD tanulmányaimban nyújtott segítségét, valamint a dolgozat előzetes áttekintését.

Köszönettel tartozom Alföldi Zoltán és Sárvári Mihály opponenseknek, akik a dolgozatot figyelmesen áttanulmányozták és előremutató kritikai megjegyzéseket, javaslatokat tettek.

Köszönetet szeretnék mondani a Növénytermesztési Osztály volt és jelenlegi munkatársainak a kísérleti és mintavételi feladatokban nyújtott segítségükért.

Külön köszönöm Kizmus Lajos, Micskei Györgyi, Pók István és Harasztos Barbara szakmai illetve gyakorlati segítségét.

Köszönöm családomnak a türelmet és támogatást, ami lehetővé tette a dolgozat elkészülését.