

Debreceni Egyetem
Agrártudományi Centrum
Mezőgazdaságtudományi Kar
Genetikai és Nemesítési Tanszék

Növénytermesztés és Kertészeti Doktori Iskola

Doktori Iskola Vezető:

Dr. Ruzsányi László

MTA doktora

Témavezető:

Dr. habil Pepó Pál Ph.D.

egyetemi tanár

Ph.D. értekezés tézisei

Kukorica transzgresszív mutánsok kiválogatása diallél analízissel

Szerző:

Tóth Szilárd

egyetemi tanársegéd

DEBRECEN

2001

1. Bevezetés

Napjaink hazai szántóföldi növénytermesztésének egyik legfontosabb növénye a kukorica. A szántóföldi növénytermelés bruttó termelési értékének legnagyobb tételét szolgáltatja a kukoricatermesztés. Ezért nagyon fontos, hogy sokoldalúan foglalkozunk a termelés, a felhasználás és

nem utolsó sorban a nemesítés problémáival, a kukoricatermesztés jövőbeli feladataival.

A nemesítés célkitűzései esetében a jelenlegi 12-13 t/ha-os termésátlagok további, jelentős növelésére már nem számíthatunk. Ez a kukoricatermesztés korlátjának tekinthető.

Az egyre gyakrabban jelentkező aszályos évjáratok nagy károkat okoznak a szántóföldi és kertészeti növénykultúrákban, így egyre inkább jelentős mértékű terméseszkénnyel számolhatunk a mezőgazdasági termesztés során a jövőben is.

A növények szárazságtűréséről csak szántóföldön végzett kísérletek alapján nagyon nehéz megbízható információkat nyerni. A szárazságtűrés tanulmányozása és a vízhiányhoz történő adaptív folyamatok feltárása csak jól ellenőrizhető és megismételhető mesterséges körülmények között lehetséges, összevetve a szántóföldi eredményekkel.

A beltartalmi értékek javítása, a fehérjetartalom növelése, az esszenciális aminosavak arányának javítása és a szárazságtűrő képesség fokozása a jelentős nemesítési feladatainkhoz sorolhatók a jövőben. Ehhez nagy segítséget nyújtanak a sejt-, szövet- és protoplasztkultúra technikák, valamint a molekuláris genetikai módszerek konvencionális módszerekkel történő integrációja, melyek alkalmazásával a nemesítés hatékonysága nagymértékben fokozható. Sejt- és szöveti szinten a szomaklonális variabilitás nagy lehetőséget nyújt a kukorica vonalak és ezen keresztül a hibridek kiváló beltartalmi értékekkel, illetve szárazságtűrő képességgel rendelkező sejtvonalak szelekciójára. Ezt igazolja az imidazolinon herbicid hatóanyagra rezisztens géneket tartalmazó (XA 17, XI 12) sejtvonalak szövetkultúra technikákkal végzett sikeres szelekciója, melyeket visszakeresztezés alkalmazásával a vonalakba bevitték. Jelenleg a köztermesztésben már ezen géneket tartalmazó hibridek szerepelnek (Dekalb 471 IMI, Furio Sumo, Occitan Sumo, Horus). Kiváló példája ez az in vivo és in vitro módszerek eredményei gyakorlati alkalmazásának.

A biológiai alap, az elvetendő hibridkukorica megválasztásának helyes, illetve helytelen döntésével már előre meghatározzuk a kukoricatermesztés sikerességét, a termés mennyiségét, az áruhalat, amelynek értékesítéséből származik a gazdálkodás eredményessége.

Magyarországon elvileg 203 szemes és több mint 50 silókukorica-hibrid közül lehet választani. Az államilag elismert hibridkukoricák országos fajtakísérleteinek adatai igazolják, hogy az eredményes fajtaválasztás alapjai rendelkezésre állnak. A tényleges fajtakínálat valójában mintegy 150 hibrid, amelyeknek a vetőmagja a piacon beszerezhető.

A jelenlegi fajtaellátottság lehetővé teszi, hogy az évente mintegy 1-1,2 millió hektárnyi szemes-, illetve a 100-150 ezer hektárnyi silókukorica területen a termőhelyi teljesítőképesség kihasználása szempontjából legkedvezőbb hibridet vessük el.

Hazánkban a kukoricaneemesítés genetikai bázisa azonban - a specifikus nemesítői célkitűzések és a generáció következtében - az utóbbi évtizedekben jelentősen leszűkült, melynek előnytelen hatásai közismertek. A kukoricatermesztésben igen sok külföldi hibridet használnak, amelyek genetikai hátterét csak néhány beltenyésztett vonal alkotja. A termesztés genetikai sebezhetőségének csökkentése érdekében rendkívül fontos a kukorica nemesítés alapanyagbázisának különböző módszerekkel történő szélesítése. A genetikai variabilitás növelésének specifikus változata a különböző mutagénekkel történő kezelés. Jelentős azoknak a törzseknek, populációknak a száma is, melyek bizonyos előnytelen tulajdonságaiknál fogva korlátozottan használhatók a nemesítési programokban. Ezen negatív tulajdonságok javítása a hagyományos nemesítési eljárásokon túlmenően újabban biotechnológiai módszerekkel is lehetséges. Ezek mellett azonban hasznos lehet a mutációs módszerek alkalmazása (MARÁZ et al., 1993; PEPÓ et al., 1994).

A legjobb kombinálódó képességű beltenyésztett kukoricavonalak -amelyek a legértékesebb gazdasági tulajdonságokkal rendelkező F₁ hibridnemzedéket adják- kiválogatása a nagy genetikai variabilitással rendelkező populációkból a diallél analízis alkalmazásával végezhető el. A kutatás célkitűzése a

- a standard hibridekhez viszonyítva jó termőképességű,
- jó alkalmazkodó képességű,
- megfelelő HARVEST-INDEX-szel rendelkező,
- jó minőségű

F₁ hibridkukoricát adó sugárkezelt beltenyésztett szülői vonalak kiválogatása volt diallél analízis alkalmazásával, melyek a vizsgált gazdasági értékmérő tulajdonságok tekintetében jó általános és specifikus kombinálódó képesség értékekkel rendelkeznek és ezen értékeket több éven keresztül igazolják.

A beltenyésztett kukoricavonalakkal létrehozott diallélrendszerek segítségével meghatározhatók az egyes, keresztezési partnerként szereplő vonalak általános (GCA: General Combining Ability) és a specifikus (SCA: Specific Combining Ability) kombinálódó képességek értékei.

A kutatás további céljaiként említhető a diallél rendszerek szülői vonalainak és hibrideinek teljeskörű fenotípusos és genotípusos leírása és vizsgálata, amely magába foglalja a virágzásbiológiai vizsgálatokat, az UPOV-szabvány szerinti fenometriai vizsgálatokat, produkciobiológiai vizsgálatokat, növekedésanalízist, a kombinálódó képesség vizsgálatát a termésképző elemek diallél analízisét, melyek mind hasznos információval szolgálnak a további nemesítési programokhoz.

A növekedés analízis diallél rendszerbeli alkalmazása segítségével teljesebb képet kaphatunk a kukorica környezeti (meteorológiai-, és talajtani) tényezőkre adott reakcióiról és ennek genotípusos függőségéről.

A szárazanyag gyarapodás klimatikus stresszfüggvény alkalmazásával történő vizsgálatának célja az volt, hogy a genetikai, meteorológiai valamint talaj paraméterek alapján a diallél rendszer minden egyes tagjának tenyészidőszakbeli tömeggyarapodása leírásra kerüljön, képet kapva ezáltal arról, hogy mely környezeti feltételek kedvezőek és melyek kedvezőtlenek a növény számára.

Az egymást követő évjáratok hatásainak vizsgálata alapján az egyes vonalak és hibrideik termésbiztonságára lehet következtetni.

2. Anyag és módszer

2.1. A kísérletek kiindulási anyaga

Az 1979-80-ban indult program keretében F₁ kukoricahibridek vetőmagjának besugárzását végezték el Co⁶⁰ izotóppal. Később a program bővítéseként 1985-ben F₁ hibridvetőmagvakat kezeltek gyors neutron sugárforrással az MTA Atommag Kutató Intézetében (Debrecen). Az így kialakult pozitív mutáns kukoricatörzsek szelekcióját követően azok több éven keresztül beltenyésztése került sorra. Ennek eredményeként kialakult, már homozigóta állapotban levő vonalak képezték a kísérletek növényi anyagát.

A diallél analízis alapjául szolgáló beltenyésztett vonalak kiválasztásánál jelentős szerepet játszott, hogy ezek termékenyülő képessége, vetőmagtermésük biztonsága a korábbi évek átlagértékei alapján - a beltenyésztéses leromlás ellenére - kiemelkedő volt. A csövek a cső csúcsáig egyenletesen termékenyültek, kiegyenlítették voltak. Ezen vonalak állományai homogének, morfológiailag egyöntetűek, az allélok homozigóta állapotba kerültek. Megfelelő, kiegyenlített növénymagassággal és levélszámmal rendelkeznek. Címervirágzatuk bő pollentermelő képességű. Fattyasodásra nem hajlamosak. Ez a későbbiek során jelentős tulajdonság, mert az anyai szülőpartnerként alkalmazott, fattyasodásra hajlamos vonal jelentősen megnehezítheti a szántóföldi vetőmagelőállítás (izolált,

irányított tömegkeresztezés), a tökéletes címereltávolítást.

Két teljes diállél rendszert (kód: 'A' és 'B') hoztunk létre három egymást követő évben (1993, 94, 95) 4-4 a nemesítés szempontjából kedvező értékmérő tulajdonságokkal rendelkező beltenyésztett kukoricavonal keresztezési partnerként történő felhasználásával. Az egyes diállélrendszerek előállítása céljából elvégeztük ezen vonalak keresztezését, visszakeresztezését és beltenyésztését, melyek eredete a következő (1. táblázat):

1. táblázat A diállélban szereplő beltenyésztet törzsek eredete.

Vonalak	Hibrid	Besug. típusa	Dózis Gy	Vonalak	Hibrid	Besug. típusa	Dózis Gy
A13	<i>F1(Pi3950MSC)M₂</i>	Co ⁶⁰ -fn	20-5	B13	<i>F1(Pi3709MSC)M₃</i>	fn	7,5
A14	<i>F1(Pi3978SC)M₃</i>	fn	5	B14	<i>F1(Pi3747SC)M₂</i>	Co ⁶⁰ -fn	20-7,5
A15	<i>F1(Pi3780MSC)M₂</i>	Co ⁶⁰ -fn	12,5-7,5	B15	<i>F1(Pi3764MTC)M₃</i>	fn	12,5
A16	<i>F1(Pi3901SC)M₃</i>	fn	7,5	B16	<i>F1(Pi3901SC)M₂</i>	fn	12,5

F1 = keresztezés utáni első nemzedék

Mn = n-edik mutációs nemzedék

Co⁶⁰ = gamma – sugárforrás (előállítás: neutron-generátorral)

fn = gyors neutron (előállítás: ciklotronban)

2.2. A kísérletek beállításának módszere

2.2.1. Talajtípus, termőréteg, vízgazdálkodás

A kísérleteket a Debreceni Agrártudományi Egyetem Növénytermesztés- és Földműveléstani Tanszékének Kísérleti Telepén, Látóképen állítottuk be. A kísérlet területének talaja mészlepedékes csernozjom, talajfizikailag a vályog kategóriába sorolható (agyagtartalom 47%), kémhatása közel semleges. A talaj foszforellátottsága közepesnek, kálium ellátottsága közepes-jónak tekinthető. Humusztartalma közepes, a humuszréteg vastagsága 80 cm körüli. A kísérleti terület vízgazdálkodási tulajdonságai alapján a IV. vízgazdálkodási csoportba sorolható, ami közepes víz-befogadóképességet és jó víztartó tulajdonságot jelent.

2.2.2. A diállél analízis előkészítése, növényi anyagok

Diállél rendszerként 12-12 F₁ hibrid és a 4-4 beltenyésztett kukoricavonal vetőmagjait a vetésmélységben 12 \pm C talajhőmérsékletnél, 5 ismétlésben, véletlen blokk elrendezésben, anyagoként kettő, 5 m hosszúságú sorokból álló parcellákba vetettük el. Elvetettük az adott időszaknak megfelelő 200-500 FAO számú standard F₁ hibrideket az összehasonlító kísérletek elvégzése céljából. Szegélyparcellaként minden esetben azonos F₁ hibrid került elvetésre két sorosan. A szegélyparcella feladata az ún. "szegélyhatás" kiküszöbölése, melynek során a szélső parcellák

növényei előnyösebb tápanyag-, és vízfelvételi, valamint megvilágítási helyzetbe kerülnek, megtevesztő adatokat szolgáltatva ezáltal a vizsgálandó növények fejlődéséről, termőképességéről.

2.2.3. Tenyészterület, állománysűrűség

A sortávolság 70, a tőtávolság pedig 20 cm volt, így ez a tenyészterület parcellánként 50 növény elhelyezését tette lehetővé. Az egyes ismétlések között 1 m széles út helyezkedett el a különböző ismétlések elválasztása és a kísérletek értékelésének könnyű elvégezhetősége céljából.

2.2.4. Virágzatizolálás

Az egyes beltenyésztett vonalak specifikus virágzási idejétől függően a cső kezdeti fejlődési állapotában, - amikor a csúcsa már kissé elhajlik a szártól - a kukorica idegentermékenyülő (allogám) típusa miatt a szabályok szigorú betartásával elvégeztük a diallél rendszerek szülői vonalai nő- és címervirágzatának izolálását.

A nővirágzatok esetében az izoláció első lépése a cső és a szár közötti metszlap éles késsel történő bemetszése, majd a cső csúcsának lemetszése volt. A cső csúcsának lemetszése a bibeszálak egyidejű kihajtását tette lehetővé, mely a mesterséges beporzás hatékonyságát nagymértékben növelte.

Ezután következett az erős anyagú nylonból készült 100 x 200 mm nagyságú izoláló zacskó cső és a szár közé, egészen a cső eredési pontjáig történő stabil rögzítése. Az izoláló nylonok állapotát a beporzásig többször ellenőriztük, szükség esetén elvégeztük igazításukat. Sérült izoláló zacskó, vagy zacskó alól előtörő bibeszálak esetén a zacskót eltávolítottuk, a csőkezdeményt a további nemesítői munkából kizártuk.

A beltenyésztés illetve a keresztezés elvégzése előtt az izoláló nyilont a csőkezdeményről eltávolítottuk és a beporzás elvégzése után az idegen pollen bibére jutását 210 x 400 mm nagyságú pergament zacskó csőre történő stabil felhelyezésével akadályoztuk meg. A pergament zacskót a beltenyésztés vagy a keresztezési kombináció pontos megjelölésével - nyilvántartásban levő kódjával - időt álló módon ellátott, kartonpapírból készült címkével, a csövön és a száron rögzítettük. A tökéletes izoláló hatás mellett a pergament anyaga a levegő és a fény számára átjárható, így lehetővé teszi a cső további fejlődését. A mesterséges beporzás elvégzése után a pergament zacskó a címkével együtt egészen a betakarításig a kukorica csövén maradt.

2.2.5. Betakarítás

A betakarítást két különböző módszerrel végeztük, attól függően, hogy a beltenyésztett vonalakat illetve az adott tárgyevi, újonnan előállított keresztezési kombinációkat, (diállél, vagy random keresztezés) vagy a hibridtesztelés parcelláit takarítottuk be.

a.) Beltenyésztett vonalak, keresztezési kombinációk betakarítása.

A beltenyésztett vonalak és az F1 hibridvetőmag betakarításakor a címkét határozott mozdulattal eltávolítottuk, a rögzítő madzagot a szár és a cső között éles késsel átvágtuk. A pergament zacskót is eltávolítottuk, a csövet a csuhélevélből kifosztottuk, az alapi résznél (a csőkocsány és a cső ízesülési helyénél) letörtük, végül a beltenyésztés, vagy a keresztezés kódját tartalmazó címkét a kukoricacsövön gumigyűrűvel stabilan rögzítettük. Ez a betakarítás anyagonkénti jól elkülönített elvégzését tette lehetővé.

b.) Betakarítás a hibridtesztelés és a diállél elemzés esetében

Hibridtesztelés és a diállél elemzés elvégzése érdekében betakarítottuk a négy ismétléses, parcellás

- kétvonalas (SC, sigle cross) (6 hibrid diállél rendszerenként) és reciprok (6 hibrid diállél rendszerenként) F₁ hibridek,

- a beltenyésztett vonalak (4 vonal diallél rendszerenként),
- 200-tól 500-ig terjedő FAO számú, különböző érési idejű standard F₁ hibridek az összehasonlító kísérlet elvégzéséhez.

A két, vizsgált teljes diallél rendszer vonalai és hibridjei termését három egymást követő évben (1994, 95, 96) takarítottuk be az egyes évjáratok hatásainak összehasonlítása érdekében. A hibridtesztelés illetve a diallélelemzés elvégzése során meghatároztuk

- a parcellánkénti teljes csőtermést [kg] és a
- parcellánként termett csövek számát [db].

A két utóbbi mennyiségből meghatároztuk az anyagokénti átlagos csőtömeg [g] értékét.

Betakarításkor mintát vettünk (12 db átlagos cső, ebből 6 db korongos feldolgozásra, 6 db egészben a termésképző paraméterek felvételezés céljából). A mintákat a betakarítás napján feldolgoztuk, ellenkező esetben megtévesztő adatokat kaptunk volna a betakarításkori szemnedvesség tartalmat illetően.

A korongos mintafeldolgozás esetén a cső alsó részét és csúcsát kézi korongvágóval eltávolítottuk. A középső, közel hengeres részt 3-4 korongra vágtuk, majd anyagoként és ismétléseként a teljes korongok (szem, csutka) nedves tömegét [g] megmértük.

A minták szárítását szárítószekrényben, 80 °C-on, tömegállandóságig végeztük. Ezután következett a korongok morzsolása és a száraz szemek, valamint a csutka tömegének [g] bemérése.

A korongos feldolgozás segítségével meghatározható a

- betakarításkori szemnedvesség-tartalom [%],
- parcellánkénti nedves szemtermés [kg],
- a morzsolási arány [szemek aránya, %].

2.3. Fenometriai vizsgálatok

2.3.1. Fenometriai vizsgálatok az UPOV szabvány szerint

A fenometriai vizsgálatokat a TG/2/6 UPOV szabvány szerint végeztük el.

2.3.1.1. A levélzet vizsgálata

A levélzet vizsgálata során meghatároztuk a főcső feletti levél és a szár közötti szög nagyságát.

2.3.1.2. A szár vizsgálata

A szár vizsgálata esetén a cikcakkosság mértékét, a levélhüvelyek és a támasztó gyökerek antociános elszíneződését jegyeztük fel.

2.3.1.3. A virágzás vizsgálata

A virágzás időszakában (június 26 - augusztus 10-ig) - felvételeztük a címer és a bibe virágzás 50%-os értékének dátumát.

A hím virágzás időpontját akkor jegyeztük fel, amikor a címer középső harmadán a növények 50%-a virágzott.

A címer esetében vizsgáltuk a kalászkapelyva alapján elhelyezkedő gyűrű, a kalászkapelyva alap nélküli és a portok antociános elszíneződését, valamint a címer kalászkáinak tömötségét. A címer főtengeley és az oldalágak közötti szöget és az oldalágak állását az alsó harmadon vizsgáltuk. Meghatároztuk a címer primer elágazásainak számát.

A cső esetében leírtuk a bibe 50%-os virágzásának időpontját, amikor a bibék 3 cm nagyságúak voltak. Meghatároztuk a bibe antociános színeződését és ennek intenzitását.

2.3.1.4. A teljes növény fenometriai tulajdonságainak vizsgálata

A virágzás után három héttel végeztük el harmatgyökerek és a levélhüvelyek antociánosságának meghatározását, mivel ezek a tulajdonságok ebben az időben érik el a felvételezéshez szükséges megfelelő kifejezettségüket. A levélhüvely antociános elszíneződésének kódjai és kifejeződési fokozatai a bibe antociános színeződésének kódjaival megegyezők.

Ugyanebben az időben írtuk le a levelek állását a szárhoz viszonyítva fokokban kifejezve, a szár cikkcakkosságát, a címerágak kalászkáinak tömötségét, a címer oldalágak főtengeleyel bezárt szögét, valamint a címer oldalágak állását.

2.4. Produkcióbiológiai vizsgálatok

2.4.1. Produkcióbiológiai vizsgálatok, növekedésanalízis módszerei

Ahhoz, hogy a növénynevelés eredményeit ne csak a végső produktumban mérjük, hanem a fotoszintetikus produkció dinamikájában bekövetkezett változásokat a növény növekedésének teljes időszakában értékeljük, produkcióbiológiai vizsgálatokra van szükség. A növekedésanalízis célja, hogy a produkcióbiológiai vizsgálatok eredményeként pontos adatokat kapjunk a kultúrnövény növekedésének és növekedési jellemzőinek dinamikájáról, melyet a különböző ökológiai és agronómiai faktorok befolyásolnak. A vizsgálatok eredményeként tanulmányozhatók továbbá a kultúrnövény fenti faktorokra adott reakcióinak sajátosságai és időbeni változása.

A növekedés-analízis indexeinek megállapításához a mintavétel a tenyészidő során két hetes időközökben került elvégzésre. A minták értékelésekor a diallél rendszer szülői vonalai és a hibridjei földfeletti részeit mértük (WESTLAKE, 1963).

A levélfelület index (LAI, leaf area index) a levelek száma és a MONTGOMERY képlet alapján került meghatározásra (S levél hosszúsága [cm] x levél szélessége [cm] x 0,75).

2.4.2. Szárazanyag-gyarapodás vizsgálata klimatikus stresszfüggvény alkalmazásával

A tenyészidő során folyamatosan végeztük el a mintavételt, összesen 17 alkalommal. Az első öt mintavételt öt különböző ismétlés növényeiből végeztük. A további mintákat pedig erre a célra külön vetett parcellákból vettük. A minták értékelésekor az eltérő genotípusú hibridkombinációknál és szülővonalaknál a növények földfeletti részét (WESTLAKE, 1963) vettük figyelembe.

A meteorológiai elemek közül meghatároztuk a hőmérséklet, globálsugárzás, relatív nedvesség és a talajnedvesség értékeit. A számításoknál alkalmazott időskála 5 nap volt. Ennél rövidebb szakasz meteorológiai hatásának figyelembevétele többek között azért sem indokolható mert az egy-két napos szélsőséges időjárási hatást a növények az esetek többségében (víz-, és tápanyagellátottság genetikai tűrőképességtől függően) képesek mindenféle anyagcsere zavar nélkül elviselni.

Külön-külön mértük a szár, levél, címer és cső nedves tömegét, majd a mintákat szárítószekrényben 80 oC-on tömegállandóságig szárítottuk. Ezt követően a minta száraz tömegét lemértük.

A növényi stresszhatás tömeggyarapodási vizsgálatokban való figyelembe vételéhez a növényi vízstressz (CWSI), IDSO et al. (1981) szerint került alkalmazásra, amely az alábbi alakban fejezhető

ki:



ahol:



a mért növényfelszíni és léghőmérsékleti differencia.



a mért növényfelszíni és léghőmérsékleti különbség abban az esetben, ha a növény jó vízellátottságú.



a maximális növényi és léghőmérsékleti eltérés, amikor leáll a párolgás.

A növényállomány felszínhőmérsékletéből parametrizált vízstressz index, valamint a nettó fotoszintézis szoros kapcsolatát CHOUDHURY (1986) határozta meg. Mivel mi nem rendelkezünk növényi felszínhőmérsékleti mérési adatokkal olyan klimatikus vízstressz állapotot jellemző paramétert kellett bevezetnünk, mely a diallél rendszer minden elemének eltérő mértékű szárazanyag csökkenését le tudja írni.

Ehhez első lépésben meghatároztuk az átlagos tömeggyarapodási görbe tenyészidőszakbeli menetét, amely a diallél rendszer minden egyes tagjának naponkénti tömeggyarapodásából (számtani középértékéből) határozható meg. Erre illesztettünk egy logisztikus burkoló görbét, amely a szárazanyag gyarapodás időbeli menetének maximum értékeit összekötő függvény. Majd ennek vettük az idő szerinti derivált függvényét a tenyészidőszakban. Ez reprezentálja az optimális naponkénti, azaz jelen esetben 5 naponkénti fejlődési ütemet (1. ábra).



1. ábra. A két diallél rendszer átlagos napi tömeggyarapodás menete a tenyészidőben.

Ez tulajdonképpen analóg a növekedési analízis vizsgálatokban használt RGR (Relative Growth Rate) értékkel. Ezután kiszámítottuk a tényleges és optimális (RGR) görbe különbségét a tenyészidőszakban.

Feltételezésünk értelmében ezt a különbséget a klimatikus hatások együttese okozza amelyet stresszfüggvénynek neveztünk el. Erre a különbségi függvényre illesztettünk egy többváltozós lineáris regressziós görbét. Mint korábban utaltunk rá a függetlenségnek és a normális eloszlás feltételének egyidejű érvényesülése okozza a legtöbb problémát a regressziós vizsgálatoknál.

Ennek elkerülése érdekében, olyan változókat illetve a változóknak olyan alakját vontuk vizsgálat alá, amelyek esetében teljesül mindkét feltétel.



mint a termikus változó és mint a hidrikus változó szerepel a többváltozós lineáris regressziós illesztésnél. Ahol, **RT** a relatív hőellátottság, ami a tényleges hőmérséklet, valamint a bázishőmérséklet **T_b** = 10°C hányadosaként állítható elő, **RG** a tényleges és a csillagászatilag lehetséges globálsugárzás aránya, **RN_{levegő}** a levegő relatív nedvességtartalma (századrészben), **RVK_{talaj}** pedig a vizsgált terület talajának relatív vízkészlete, **VK_{min}** = 285 mm 100 cm-es talajrétegben.

A normális eloszlás teljesülését a kis mintára is alkalmas GEARY-próbával végeztük el.

A stresszfüggvény paramétereit úgy választottuk meg, hogy azok jól reprezentálják mind a légköri mind pedig a talaj szárazságot, valamint a hőmérsékleti és sugárzási feltételektől függő párolgást is. Mindezen feltételek mellet az így kiszámított stresszfüggvény esetében elvárásaként szerepelt, hogy az egyben dimenziótlan is legyen.

Ezért minden változója relatív érték. Az átlagértékre kapott stresszfüggvény természetesen nem írhatja le a diállél rendszer minden egyes tagjának tömegcsökkenését.

Ezért az átlagból becsült érték mint független változó valamint tényleges érték mint függő változó között ismét lineáris, de egyváltozós regressziós kapcsolatot kellett megállapítanunk. A korrelációs indexek értékei ($r = 0.91-0.97$) közöttiek voltak ami

$p = 1-5$ %-os szinten minden esetben szignifikáns kapcsolatot jelent. A szárazanyag tartalom

5 naponkénti gyarapodás számításánál alkalmazott $F(t)$ fajtafüggvény burkoló görbéjének számításánál feltételezhető, hogy ez megegyezik a SCHIMPER (1903) által definiált éghajlati ökológiai optimumgörbével. Három vizsgált év (1994, 95, 96) szárazanyag tartalom adataira illesztett burkoló görbe igazolja ezt a feltételezést. Ez volt a tömeggyarapodás leírásának módszertani megközelítése.

A szárazanyag tömeggyarapodást leíró modell alapegyenlete:



melyben:

c és **d** regressziós konstansok, (elsősorban FAO számtól függ),

F(t) a fajtafüggvény,

KSF(t) a stresszfüggvény.

Az alkalmazott fajtafüggvény jól reprezentálja a diállél rendszer minden egyes elemének potenciális 5 napos szárazanyagképződését. Előállítása a diállél rendszer minden egyes tagjára jellemző szárazanyag gyarapodási ökológiai optimumgörbe (burkológörbe) idő szerinti differenciálásával történt. Alakja a következő:



A stresszes hatások eredői, melyet klimatikus stresszfüggvénynek nevezünk feltételezésünk szerint levonódnak az éghajlati optimumgörbéből. A két teljes diállélrendszer vizsgálata lehetőséget nyújtott egy 2×16 elemű fajtafüggvény bevezetésére is.

A stresszfüggvényt a diállél rendszerre jellemző, átlagos tömegcsökkenést kifejező függvényre illesztett regressziós kapcsolat alapján határoztuk meg. Az átlagos tömegcsökkenés, valamint a diállél minden egyes tagjára jellemző fajtafüggvény különbségéből képzett újabb függvényre ismételt illesztett regressziós kapcsolat. Ennek együttthatói a **c** illetve a **d** értékek, már pontosan értékelhetővé teszik a diállél rendszerek minden tagjára jellemző tenyészidőszakbeli tömeggyarapodási menetet.

A modell igen fontos paramétere az alábbi alakú alkalmazott stresszfüggvény, mely a következő alakban írható le (2. ábra):



amely értelmében **KSF (t) $\neq 0$** , továbbá **RT** a relatív hőellátottság, ami tényleges hőmérséklet valamint a bázishőmérséklet **T_b = 10 ° C** hányadosaként állítható elő, **RG** a tényleges és a csillagászatilag lehetséges globálsugárzás aránya, **RN_{lev}** a levegő relatív nedvességtartalma, **RVK_{talaj}** pedig a vizsgált terület talajának relatív vízkészlete, **VK_{min} = 285 mm** 100 cm-es talajrétegben.



2. ábra. A klimatikus stresszfüggvény [KSF (t)] menete a tenyészidőszakban.

2.5.A kombinálódó képesség vizsgálatának módszere, termésképző elemek diallél analízise

Az általunk létrehozott két teljes diallél rendszer vizsgálatát a GRIFFING 1-es módszere (1965) alapján működő DIALLEL Analysis and Simulation (BUROW-COORS, 1993) továbbfejlesztett változatának alkalmazásával végeztük el. A program a következő modellt használja az analízishez:

$$X_{ijk} = m + g_i + g_j + s_{ij} + r_{ij} + bk + e_{ijk}$$

ahol:

m = Populációs átlag (a változó főátlag értéke),

g_i = az i-edik szülő általános kombinálódóképesség hatása,

g_j = A j-edik szülő általános kombinálódóképesség hatása,

s_{ij} = Az i-edik és j-edik szülő keresztezésének specifikus, kombinálódóképesség hatása,

r_{ij} = reciprok hatás, az i-edik j-edik szülővel kapcsolatos reciprok hatás,

bk = ismétlés (parcella) hatás,

e_{ijk} = hiba.

A program alkalmazásával elvégeztük a különböző értékmérő tulajdonságok esetében az általános (GCA) és specifikus (SCA) kombinálódó képesség és az átlagok (szülői, hibrid), heterózishatás elemzését. Így a tenyészidőbeli szántóföldi felvételezési, illetve a betakarítási és csőfeldolgozási adatok alapján kombinálódóképességi vizsgálatra került a

- termésmennyiség [kg/parcella],
- átlagos csőtömeg [g],

Az alkalmazott program segítségével elvégeztük a varianciaanalízist, az R^2 értékét kiszámítottuk. Az alkalmazott modell összehasonlította a szülők kombinálódóképességét az F-próbával, valamint kiszámította a kombinálódóképesség hatásokat és az ezek közötti standard különbségeket.

3. Eredmények

3.1. Fenometriai vizsgálatok eredményei (UPOV szabvány)

3.1.1. Virágzásbiológiai vizsgálatok eredményei

A virágzásbiológiai vizsgálatokat az UPOV TG/2/6 módszer alapján végeztük el. Mindhárom vizsgált évben (1994, 95, 96) elvégeztük mindkét teljes diallél rendszer ("A" és "B") vonalainak, illetve hibridjeinek teljes körű virágzásbiológiai leírását, amely magába foglalta

- a hímvirágzás (címer) idejének meghatározását keléstől (napokban kifejezve), amikor a címerfőtengely középső harmadán a növényállomány 50%-a virágzott,
- a nővirágzás (bibe) idejének meghatározását keléstől (napokban kifejezve), amikor a bibe a növények 50%-án virágzott,

- a bibe antociánosságát (1-9),
- a portok antociánosságát (1-9),
- a kalászkapelyva antociánosságát (alap nélkül) (1-9),
- a kalászkapelyva alap (gyűrű) antociánosságát (1-9).

Megegyezők voltak a különböző vizsgált évjáratokban az egyes tulajdonságokat kifejező antociánossági értékek. Ez a szülői vonalak, valamint a hibridek nagyfokú stabilitását mutatja. Ez az elvégzett kísérletek megbízhatóságának alapját képezi.

3.2. Produkcióbiológiai vizsgálatok

3.2.1. A levélterület-index vizsgálatok és a növekedésanalízis eredményei

A levélterület index maximális értékét mindkét diallél rendszer esetében július közepén érte el.

Az 'A' diallél rendszer esetében az **A4** ($5,72 \text{ m}^2 \cdot \text{m}^{-2}$), **A10** ($5,41 \text{ m}^2 \cdot \text{m}^{-2}$) és **A11** ($5,19 \text{ m}^2 \cdot \text{m}^{-2}$) hibrideknél volt mérhető a legnagyobb LAI-érték. A "B" diallél rendszerben a legmagasabb LAI értéket **B3** ($7,514 \text{ m}^2 \cdot \text{m}^{-2}$), a **B10** ($5,84 \text{ m}^2 \cdot \text{m}^{-2}$) és a **B9** ($5,83 \text{ m}^2 \cdot \text{m}^{-2}$) hibridek érték el. Az **A4** és a **B3** hibridek LAI értéke erőteljes fattyosodásuk miatt volt ilyen magas. Igazán csak az **A10**, **11** és a **B9**, **10** hibridek értékelhetők kedvező kombinációnak a LAI érték szempontjából, mert fattyosodás nélkül érték el ezt a magas értéket. Emellett növénymagasság és állománykiegyenlítetttség szempontjából is kedvezőbbek voltak, mint az **A4** és **B3** hibridek.

Augusztus végére az 1994-es tenyészidőben a legtöbb hibrid és vonal levélterületi indexe jelentős mértékben lecsökkent, vagy megszűnt. Azok a vonalak és hibridek tekinthetők jó szárazságtűrő képességűeknek, amelyeknek augusztus vége után szeptember közepéig is maradt asszimilációs felületük. Ezzel szemben az 1995-ös és az 1996-os években, mindkét diallél rendszerben, a legtöbb vonal és a hibrid esetében még szeptember végén is volt mérhető asszimilációs felület.

3.2.2. Szárazanyag gyarapodás klimatikus stresszfüggvénnyel történő vizsgálatának eredményei

A diallél rendszerek vizsgálata növénynemesítési szempontból igen fontos hiszen ezáltal kaphatunk csak átfogó képet a különböző genetikai hátterű hibridek környezeti reakcióiról. Segítségével a mennyiségi jelek, tolerancia fokok, környezeti alkalmazkodó képességek örökölhetősége értékelhető.

A szárazanyag gyarapodás klimatikus stresszfüggvény alkalmazásával történő vizsgálatának célja az volt, hogy a genetikai, meteorológiai valamint talaj paraméterek alapján leírjuk a diallél rendszer minden egyes tagjának tenyészidőszakbeli tömeggyarapodását valamint a kedvezőtlen időjárási feltételek következtében létrejövő szárazanyag tartalom csökkenést, képet kapva ezáltal arról, hogy mely környezeti feltételek kedvezőek és melyek kedvezőtlenek a növény számára. A tömeggyarapodási görbék ismerete alapján kiválaszthatók azok a meteorológiai elemek, amelyek döntő módon befolyásolják a növényi fejlődést, ezenkívül meghatározhatjuk ezen elemek kritikus értékeit, tartamait melyek mellett illetve felett különféle stresszhatások: hő valamint vízstressz alakul ki. A stresszes állapotot követően minden esetben tömeggyarapodás visszaesés tapasztalható. A kidolgozott modell alapegyenlete:



melyben, **c** és **d** regressziós konstansok, **F(t)** a fajtafüggvény, **ST(t)** a stresszfüggvény. Az alkalmazott fajtafüggvény jól reprezentálja a diallél rendszer minden egyes elemének potenciális napi szárazanyagképződését. Előállítás a diallél rendszer minden egyes tagjára jellemző szárazanyag gyarapodási ökológiai optimumgörbe (burkológörbe) idő szerinti differenciálásával történt. A modell

igen fontos paramétere az alábbi alakú stresszfüggvény:



amelyben, **RT** a relatív hőellátottság, ami tényleges hőmérséklet valamint a bázishőmérséklet $T_b = 10$ ° C hányadosaként állítható elő, **RG** a tényleges és a csillagászatilag lehetséges globálsugárzás aránya, **RN_{lev}** a levegő relatív nedvességtartalma, **RVK_{talaj}** pedig a vizsgált terület talajának relatív vízkészlete, **VK_{min}** = 285 mm.

A futtatási eredmények kedvezőek voltak. Az extrém száraz 1994-es évben amikor az egyes hibrideknél 60-90 g/tő tömegcsökkenéseket tapasztaltunk, akkor a modellel számított és mért eredmények közötti különbségek nem haladták meg 20-30 g / tő értéket.

3.3. A termőképesség, kombinálódó képesség vizsgálatának és a termésképző elemek diállélanalízisének eredményei

3.3.1. A termőképesség vizsgálatának eredményei

Az 1995-ös tenyészidőben minden hibrid, mindkét diállél rendszer esetében 30-40% -al kevesebb termést adott - a nagymértékű aszály következtében - mint az azt megelőző és az ezután következő évben. Ez mind a parcellánkénti termőképesség [kg/parcella], mind pedig az átlagos csőtömeg [g] értékeinek jelentős csökkenésében kifejeződött.

Az 'A' diállél rendszer esetében a legjobb általános kombinálódó képességgel rendelkező vonal (**A13**) hibridjei (**A3**, **A10**) a többi hibridhez, illetve a standard hibridhez viszonyítva is kiemelkedő termést adtak mindhárom vizsgált tenyészévben. Az aszályos, 1995-ös tenyészévben az egyes hibridek termésszintjei közötti különbségek az eltérő genetikai összetétel ellenére lecsökkentek. Ebben az évben az **A1** és az **A11** hibridek termésátlagai a nagy szárazság ellenére alig csökkentek, mindkettő szülői vonalai között a kiváló általános kombinálódó képességgel (GCA) rendelkező **A13** és **A16** szerepel.

A 'B' diállél rendszer hibridjeinek termőképessége mindhárom vizsgált évben átlagértékben alacsonyabb szintet mutatott és nem volt olyan kiegyenlített, mint az az 'A' diállél rendszer esetében tapasztalható. Néhány hibrid (**B1**, **B4**) és ezek szülői vonalai a termőképesség szempontjából igen gyenge kombinálódó képesség értéket mutatott mind az általános (GCA), mind a specifikus (SCA) kombinálódó képesség tekintetében. Ezek növénymagassági és termőképességi értékei gyakran a vonalak termőképessége alatt maradtak. A kiemelkedő termőképességű **B3**, **B6**, **B9** illetve **B10** hibridek szülői vonalai közt minden esetben megtalálhatók a kiváló általános kombinálódó képességi értékkel rendelkező **B15** és **B16** vonalak. Ezt mindhárom év eredményei igazolták. A **B1** és **B4** hibrideket és az ezekben szereplő alacsony GCA-értékkel rendelkező szülői vonalakat mindhárom évben igazolódott alacsony termőképességük miatt a további nemesítési programokból kizártuk. Ezek kivételével a diállél rendszer többi hibridjei mindhárom vizsgált tenyészidőszakban elérték vagy meghaladták a standard hibrid termőképességét, így ezek közül a legjobbak a jövőben is előállíthatók további tesztelés és ezen keresztül - megfelelő eredmények esetén - új hibrid előállítására céljából.

A kísérletek eredményei alapján megállapítható, hogy a különböző termésszintek ellenére ezen új előállítású hibridek termőképessége megfelelő. Közülük néhány hibrid termőképessége kiemelkedő.

3.3.2. Az általános (GCA) és a specifikus (SCA) kombinálódóképesség vizsgálatának eredményei a termőképesség és az átlagos csőtömeg esetében

A kísérletek eredményei alapján az 'A' diállél rendszer esetében kiválsztásra került egy a legjobb általános kombinálódó képességgel rendelkező vonal (**A13**), mely minden hibridjében, mindhárom évben (1994, 1995, 1995) és vizsgált tulajdonságok (termés: [kg/parcella], átlagos csőtömeg: [g]) tekintetében javító hatásának bizonyult. A kísérleti eredmények megbízhatósága jó ($R^2 > 0,8$), így ez a vonal a további keresztezési programokban javító szülői partnerként felhasználható. Az **A15** és az

A16 vonalak GCA értékei alacsonyok, de még megfelelőek, azonban az A14 vonal mindhárom évben igazolt alacsony általános kombinálódó képességi értékei miatt kizárásra került. Ez a vonal keresztezési kombinációkban rontó hatását igazolta.

A legjobb specifikus kombinálódó képességi értéket (SCA) mindhárom évben és mindkét vizsgált tulajdonság tekintetében az 'A' diállél rendszer esetében az **A13xA16** hibridkombináció érte el.

A 'B' diállél rendszer esetében a legjobb általános kombinálódó képességi értékkel a B15 és a B16 vonalak rendelkeztek. A vizsgált értékmérő tulajdonságok tekintetében mindhárom évben javító hatásúnak bizonyult ez a két beltenyésztett vonal. Ezek a későbbiek során az 'A' diállél rendszer kiválasztott, legjobb kombinálódó képességű vonalaival újabb keresztezési program növényi alapanyagát képezhetik, melynek során az eddig felhasznált nyolc vonal közül a legértékesebbek nagy biztonsággal kiválaszthatóak lesznek. A GCA-értékek alapján a vizsgálatban szereplő B13 és B14 vonalak a vizsgált tulajdonságok tekintetében rontó hatásúak voltak, ennek alapján a további nemesítési programokból ezeket kizártuk. A legnagyobb specifikus kombinálódó képességi értéket a **B13xB16** és **B14xB16** hibridek érték el. Ezen keresztezési kombinációk további tesztelések céljából előállíthatók.

A varianciaanalízis eredménye igazolja, hogy mindkét diállél rendszer esetén szignifikáns SCA és GCA eredet, variáció mutatható ki a termésmennyiségre [kg/parcella] és az átlagos csőtömeg értékére [g]. A regressziós koefficiens értéke minden esetben $R^2 > 0.8$, tehát az elemzések során az összefüggés szorosnak tekinthető.

Az elemzések lehetővé tették, hogy a GCA értékek alapján az 'A' diállél rendszer esetében egy kiváló kombinálódó képességű és két javító hatású, a 'B' diállél rendszerénél pedig egy kiváló és egy javító hatású vonalat válasszunk ki. A kísérletek jelentősége ezentúl abban rejlik, hogy az SCA értékek alapján az 'A' diállél rendszer esetében 1 a 'B' diállél rendszerénél pedig 2 hibridkombinációt is ki tudunk emelni. A kedvezőtlen, a vizsgált tulajdonságok tekintetében alacsony kombinálódó képességi értékekkel rendelkező beltenyésztett kukoricavonalak (A14, B13, B14) pedig kizárásra kerültek a további keresztezési, hibridelőállítási programokból.

4. Új tudományos eredmények

- Korábban előállított nyolc beltenyésztett, sugárkezelt pozitív transzgresszív mutáns vonalból két teljes diállél rendszer előállítása komplex vizsgálatok céljából.
- Két vizsgált, teljes diállél rendszer összes vonalának és hibridjeinek vizsgálata, évjáráthatások kimutatása.
- Diállélrendszerenként 12 (összesen 24) új kétvonalas kukoricahibrid előállítása a szülői vonalak (8), illetve hibridjeik UPOV-szabvány szerinti teljeskörű leírása, megkülönböztethetőségük meghatározása.
- Komplex produkcióbiológiai vizsgálatok alapján a legnagyobb levélterület-indexű hibridek kiválasztása ('A' diállél rendszer: 3 hibrid, 'B' diállél rendszer: 3 hibrid).
- A szárazanyag gyarapodás klimatikus stresszfüggvénnyel történő elemzése. A hibridenként és vonalanként létrehozott szárazanyag tömeggyarapodást becsülő modell alkalmas a szárazanyag akkumulálódási dinamika becslésére. A kidolgozott klimatikus stresszfüggvény olyan komplex paraméter mely alkalmas nemcsak a tömeggyarapodási dinamika becslésére hanem az éghajlati okokra visszavezethető terméscsökkenés számítására is. Az eredmények megbízhatóságát statisztikai elemzéssel igazoltuk.
- A termőképesség, termésbiztonság három különböző évjáratban történő pontos meghatározása, standard hibriddel történő összehasonlítása, a legjobb termőképességű hibridek kiválasztása

('A' diallél rendszer: 2 hibrid, 'B' diallél rendszer: 4 hibrid), valamint a gyenge termőképességgel rendelkező hibridek nemesítési programból történő kizárása. Az eredmények megbízhatóságát statisztikai elemzéssel igazoltuk.

- Két teljes diallél rendszer vonalai általános (GCA), illetve kétvonalas hibridkombinációi specifikus (SCA) kombinálódóképességi értékeinek meghatározása. A legjobb GCA értékekkel rendelkező vonalak ('A' diallél rendszer: 1 vonal, 'B' diallél rendszer: 2 vonal), illetve a legjobb SCA értékekkel rendelkező hibridek ('A' diallél rendszer: 1 hibrid, 'B' diallél rendszer: 2 hibrid) kiválasztása két vizsgált tulajdonság és három évjárat eredményei alapján. Alacsony GCA és SCA értékekkel rendelkező vonalakat és hibrideket a nemesítési programokból kizártuk. Az eredmények megbízhatóságát statisztikai elemzéssel igazoltuk.

5. Javaslatok a gyakorlati hasznosításra

- A kukorica nemesítésben felhasználható genotípusok körének szélesítéséhez a mutációs nemesítési módszer alkalmazása nagy segítséget jelent. Indukált mutánsok felhasználásával a populáció génkészlete gyarapszik, ami a fajták formagazdagságban bekövetkezett elszegényedése miatt napjainkban egyre fokozottabb jelentőségű. A változékonyságot növelő mutáció segítségével olyan növénytermesztési szempontból kedvező vonalakat szelektáltunk, amelyek a termelési igényeket jobban kielégítő új hibridkombinációkat eredményeztek. A nemesítési alapanyag diverzifikálását neutronsugárzással valósítottuk meg.
- A neutronsugárzás nagy genetikai affinitása miatt a kukoricanevelítési programokban történő nagyobb mértékű felhasználása a jövőben is indokolt. Az alapanyagok gyors neutronos vetőmagkezelését követően a szegregációt mutató állományok szigorú beltenyésztését, genetikai homogenizálását és a legkedvezőbb agronómiai tulajdonságokkal rendelkező beltenyésztett vonalak kiválogatását végeztük el.
- Kísérleteink alapján arra a következtetésre jutottunk, hogy a ciklotron sikeresen használható a genetikai variabilitás növelésében.
- A mutációs nemesítés révén igen sok, széles genetikai variabilitással rendelkező, homogén beltenyésztett törzset alakítottunk ki. Diallél analízis segítségével a legjobb általános (GCA) és specifikus (SCA) kombinálódóképességgel rendelkező vonalakat kiválogattuk. Ezek felhasználásával állíthatók elő azok az F1 hibridek, amelyek a legjobb gazdasági értékmérő tulajdonságokkal rendelkeznek.
- A feladat elvégzéséhez széleskörű, több ismétléses diallél kísérletet szükséges beállítani több tenyésztési időszakban, melynek során több tényező vizsgálatát kell elvégezni. Ezek összesítése után vonhatók le azok a komplex következtetések, amelyek a további kiválogatást segítik. Ezeket a vizsgálatokat közvetlenül a vetés után meg kell kezdeni a növényi részenkénti tömeggyarapodás, levélterület-index (LAI) felvételezésével, rögzítésével; a diallél rendszer vonalai és hibridjei minden fenofázisban történő UPOV-szabvány szerinti részletes leírásával. A tenyésztési időszak végén meghatároztuk az ismétlésenkénti külön parcellás betakarítás után a termőképességet, elvégeztük a termésképző elemek diallél analízisét, mellyel az egyes vonalak kombinálódóképességi értékeit összehasonlítottuk. Az előzőekben említett vizsgálatokat alkalmasnak találtuk arra, hogy a legjobb vonalakat illetve a kétvonalas hibridkombinációkat kiválogathassuk.
- Az adatok összesítése után összehasonlításokat végeztünk az adott időszak standard hibridjeivel, valamint a különböző évjáratok hatását vizsgáltuk. Arra a következtetésre jutottunk, hogy csak az a vonal illetve hibridjei képezhetik a további nemesítési programok alapját, amelyek a fenti vizsgálatok során kiemelkedő eredményeket mutatnak és az egyes vizsgálati tényezők követelményeinek megfelelnek.

- A kukorica termőképességének, a termelés gazdaságosságának fokozása jelentős feladat a nemesítésben. Javaslatunk az, hogy nemcsak a terméssel vagy a terméselemekkel, hanem az ezeket létrehozó élettani folyamatokkal is számoljunk, ezek optimumára szelektáljunk. A módszerek közül jelentős a fotoszintézis intenzitásának, teljesítményének növelése. A feladat megoldása több oldalról is megközelíthető. Növeli a fotoszintézis teljesítményét az olyan hibridek előállítása, amelyeknek a kezdeti fejlődése nagyon gyors, a növény hamarabb takarja a földet, és így több fényenergiát hasznosít. Ezt a célt szolgálja az állomány LAI értékének növelésére irányuló szelekciós munka is. Véleményünk szerint a nemesítési programok célkitűzéseiben figyelmet kell fordítani arra, hogy a kukorica hibridek 3,0-3,5 LAI értékét (levélterület index = Leaf Area Index, $m^2 \cdot m^{-2}$) 4,5-6,0 értékre emeljük.
- Kísérleteink alapján arra következtethetünk, hogy a tömeggyarapodás évi dinamikájában történő visszaesések, tömegcsökkenések figyelmen kívül hagyása nagyfokú pontatlanságot okozhat a végtermék, a teljes produkció becslésénél. Sok esetben ugyanis a tömegvisszaeséseket követően újbóli intenzív szárazanyag képződés tapasztalható, ami jelentősen megnövelheti a figyelmen kívül hagyott, nem csökkent, szárazanyag mennyiséget. Ezért javasoljuk a nemzetközileg széles körben használt modellek - mint a CERES - hazai adaptációja során a pontosság növelését. A vizsgálatok során alkalmazott modell bár tartalmaz némi determinisztikus tényezőt $F(t)$ fajtafüggvény, mégis a mindenkori stochasztikus időjárási hatásokat is kezelni tudja a $KSF(t)$ klimatikus stresszfüggvény segítségével. A használhatósága mellett szól, hogy csupán 4 bemenő adatot (hőmérséklet, globálsugárzás, relatív nedvesség, talajnedvesség) tartalmaz, s a modell számítási formulájában csak lineáris tagok szerepelnek.
- A tenyészidőszak alatti tömeggyarapodási görbék esetében vizsgált tenyészévek számának növelését a validitás érdekében fontosnak tartjuk.
- Az általunk kidolgozott modell alkalmas a különböző hibridek növekedési tulajdonságainak leírására, valamint a stresszes periódusok meteorológiai jellemzésére is.
- Azt a következtetést vontuk le, hogy alkalmazásával kiválaszthatók azok a kedvező hibridkombinációk, amelyek legkevésbé érzékenyek a hazánkban egyre gyakrabban előforduló aszályra.

Az értekezés témakörében megjelent publikációk

MARÁZ, A.-né – PEPÓ, PÁL. –**TÓTH, SZ.**- PEPÓ, PÉTER. (1993): Kukorica vonalak és populációk variabilitásának növelése mutációs úton. Erhöhung der genetischen Variabilität von Maiseinzuchtlinien- und Populationen (*Zea mays* L.) mittels Mutation. Növénynemesítési Tudományos Napok 1993, Budapest, Abstract, 63. p.

LAKATOS, L.- **TÓTH, SZ.** - PEPÓ, PÁL. (1995): A kukorica szárazanyag felhalmozódásának vizsgálata diallél rendszereknél szántóföldi növényi modell alkalmazásával. Verwendung der computerischen Pflanzenmodellen für die Untersuchung des Anstieges der Trockensubstanz von Körnermais bei den Diallelsystemen. Növénynemesítési Tudományos Napok 1995, Budapest, Abstract, 64.p.

LAKATOS, L.- **TÓTH, SZ.** - PEPÓ, PÁL. (1996): A kukorica (*Zea mays* L.) szárazanyag gyarapodásának vizsgálata diallél rendszerekben klimatikus stresszfüggvény alkalmazásával. Untersuchung des Anstieges der Trockensubstanz von Körnermais (*Zea mays* L.) mittels klimatische Stressfunktion bei Diallelsystemen. Növénytermelés, 1996. Tom 45. No. 4. 353-364. p.

PEPÓ, PÁL. –**TÓTH, SZ.**- PEPÓ, PÉTER. (1994): Kukoricavonalak és populációk genetikai variabilitásának növelése ciklotronban történt neutron kezeléssel. Erhöhung der genetischen Variabilität von Maiseinzuchtlinien- und Populationen mit Neutronstrahlbehandlung in Ciklotron. Növénynemesítési Tudományos Napok 1994, Budapest, Abstract, 61. p.

PEPÓ, PÁL. –TÓTH, SZ. (1995): Ciklotronnal előállított mutáns alapanyagok a kukoricaneemesítésben. Verwendung der mit Ciklotron hergestellten mutanten Pflanzenmaterialien bei Maisezüchtung. V. Szimpózium. Sugárzástechnika mező- és élelmiszergazdasági alkalmazása Gödöllő, 1995 Abstract, 73-77. p.

TÓTH, SZ. (1995): A diallél analízis alkalmazása pozitív transzgresszív mutánsok kiválogatásánál Zea Mays L. esetén. Verwendung der Diallelanalyse bei der Selektion der positiv transgressiv Mutante von Zea mays L. I. Országos Agrár Ph.D. Konferencia és találkozó. 135-137. p.

TÓTH, SZ. (1998): Beltenyésztett kukoricavonalak (Zea mays L.) kombinálódó képességének elemzése diallél keresztezési rendszerekben. Analyse der Kombinationseignung der Maiseinzuchtlinien (Zea mays L.) in Diallel Kreuzungssystemen. DATE Tudományos Közlemények Supplementuma, Debrecen 21-35. p.

TÓTH, SZ. - PEPÓ, PÁL (1998): A diallél analízis alkalmazása pozitív transzgresszív mutánsok kiválogatásánál Zea Mays L. esetén. IV. Növénynevelési Tudományos Napok. 1998. Budapest. 131. p.

TÓTH, SZ. - PEPÓ, PÁL (1999): Kukoricavonalak és hibridek (Zea mays L.) minőségi paramétereinek változása a tenyésztésben teljes diallél rendszer vizsgálata esetén. V. Növénynevelési Tudományos Napok. Budapest 112. p.

TÓTH, SZ. - PEPÓ, PÁL. (2002): Nemesítési alapanyagok vizsgálata a kukoricában. Növénytermelés. (in print).

TÓTH, SZ. - PEPÓ, PÁL. (2002): Kukorica transzgresszív mutánsok kiválogatása diallél analízissel. VIII. Növénynevelési Tudományos Napok. Budapest. (in print).

TÓTH, SZ. - PEPÓ, PÁL. (2002): Application of diallel analysis in maize (Zea mays L.) breeding. Cereal Research Communications. (in print).

TÓTH, SZ. - PEPÓ, PÁL. (2002): Beltartalmi értékek változásának vizsgálata a tenyésztés során kukorica diallél rendszerben. Növénytermelés (in print).

Egyéb publikációk

PEPÓ, PÁL. –TÓTH, SZ. (1995): A környezetkímélő gazdálkodás szempontjai gabonanemesítési programunkban. Hinsicht der nachhaltigen Landwirtschaft bei unserem Getreidezüchtungsprogramm. Tiszántúli Mezőgazdasági Tudományos Napok, Konferencia. 1995, Hódmezővásárhely, Abstract, 164. p.

TÓTH, SZ. - MIX-WAGNER, G. (1997): Embryogenic callus induction of different explants of Miscanthus sinensis genotypes and Giant reed (Arundo donax L.). Sustainable Agriculture for Food, Energy and Industry. Braunschweig, June 1997. Book of Abstracts. 355. p.

TÓTH, SZ. - MIX-WAGNER, G. (1998): Embryogenic callus induction of different explants of Miscanthus sinensis, Miscanthus x giganteus and Arundo donax genotypes. Sustainable Agriculture for Food, Energy and Industry & Strategies Towards Achievement. James & James (Science Publishers) Ltd 249-253. p.

TÓTH, SZ. - MIX-WAGNER, G. – FRAHNERT, C. – DEUTER, M. – EL BASSAM, N. (1998): Növény- illetve szaporítóanyag előállítás a különböző Miscanthus genotípusok és az Arundo donax esetében in-vitro kultúrák segítségével. IV. Növénynevelési Tudományos Napok. 1998. Budapest.

130. p.

TÓTH, SZ. - MIX-WAGNER, G. – FRAHNERT, C. – DEUTER, M. – EL BASSAM, N. (1998): In-vitro cultures of different explants of *Miscanthus sinensis*, *Miscanthus x giganteus* and *Arundo donax* genotypes. Biomass for Energy and Industry. 10th European Conference. Würzburg. 1062-1066. p.

PEPÓ, PÁL. –**TÓTH, SZ.** (1999): Környezetkímélő gazdálkodás szempontjai a minőségre irányuló nemesítés során őszi búza nemesítési programunkban. V. Növénynemesítési Tudományos Napok. Budapest 94. p.

TÓTH, SZ. (2000): Ergebnisse der In-vitro Kulturtechniken und Feldversuche von *Miscanthus*. Beiträge zu Agrarwissenschaften Band 19. *Miscanthus*-vom Anbau bis zur Verwertung. 102-110. p.

PEPÓ, PÁL. –**TÓTH, SZ.** (2000): A minőségre irányuló őszi búza nemesítés újabb eredményei. VI. Növénynemesítési Tudományos Napok. Budapest 24. p.

TÓTH, SZ. - PEPÓ, PÁL. (2000): In vitro culture of different explants of *Miscanthus* genotypes and *Arundo donax*. Debreceni Agrártudományi Egyetem Tudományos Közleményei. Tom. XXXIV. Debrecen, 1999. 101-111. p.

- **Vetőmaggazdálkodási szakmérnöki szak**, szakvezető (1999-2000).
- **Oktatás** (előadás, gyakorlat):
 - Általános Genetika,
 - Növénygenetika,
 - Növénynemesítés,
 - Biotechnológia,
 - Molekuláris genetika.
 - Molekuláris genetika.
 - Vetőmag gazdálkodás.
 - Biológiai alapok minősítése.
- **Államilag elismert fajták: 1.** HP Árkus (1998), **2.** Hajdúság (1999). - őszi búza.