

Egyetemi doktori (PhD) értekezés tézisei

**AZ ÁLLOMÁNYSŰRŰSÉG HATÁSA A KUKORICAHIBRIDEK  
TERMÉSEREDMÉNYEIRE, ILLETVE A TERMÉSKOMPONENSEKRE**

Könczöl Péter

Témavezető: Prof Dr. Sárvári Mihály, egyetemi tanár



**DEBRECENI EGYETEM**

**KERPELY KÁLMÁN NÖVÉNYTERMESZTÉSI ÉS KERTÉSZETI**

**TUDOMÁNYOK DOKTORI ISKOLA**

**Debrecen, 2018**

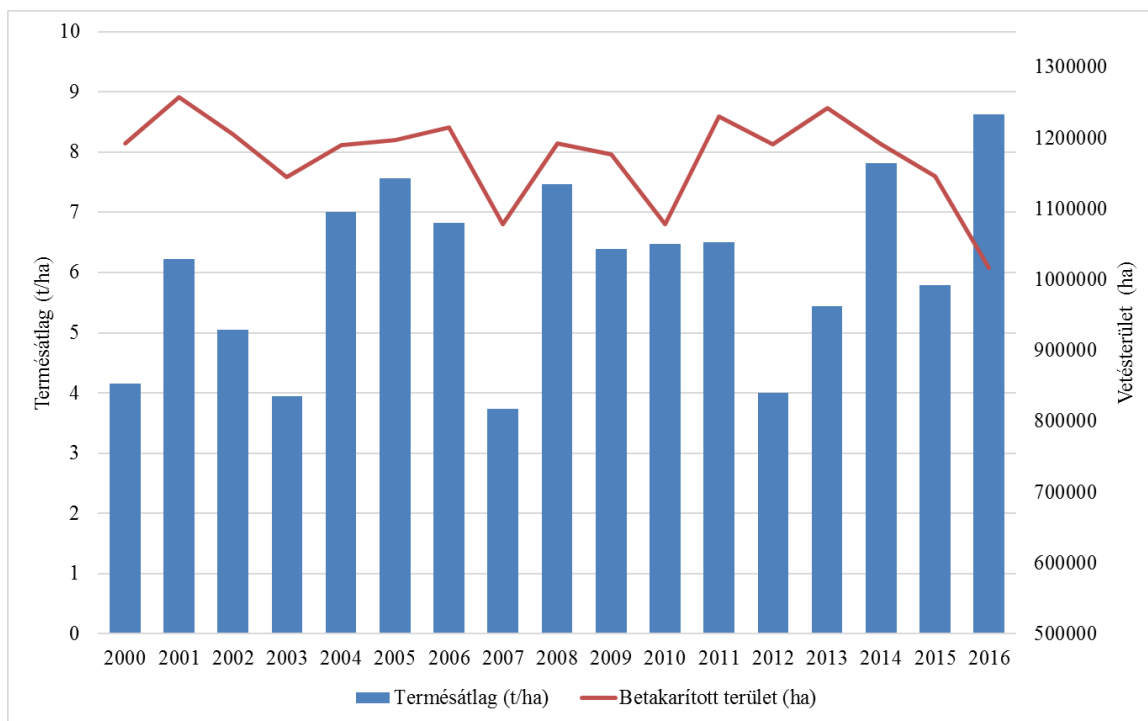
„What we eat starts with the seed we plant and the food system we have in place.”

Jose Graziano da Silva – FAO Director General

## **1. A DOKTORI ÉRTEKEZÉS ELŐZMÉNYEI ÉS CÉLKITŰZÉSEI**

A kukorica (*Zea mays* L.) a világ egyik legfontosabb takarmánynövénye. Magyarországon korábban 1,2-1,3 millió hektáron termesztették, az utóbbi években, termésterülete részben a világszintű túlermelés és az emiatt kialakult alacsony piaci ár miatt 1,1 millió ha alá csökkent.

Napjainkban alkalmazása igen széleskörű, élelmiszer-, takarmány-, és ipari növényként is termesztik és hasznosítják. A biológiai alapok folyamatos fejlesztésének és a nemesítőházak versenyének köszönhetően a faj potenciális termőképessége egyértelműen növekszik, de a hazánkra jellemző kontinentális klímán termesztve a környezeti tényezők szélsőségeinek erősödése miatt a termésátlagok csak csekély emelkedést és nagyfokú instabilitást mutatnak. Hazánkban 5,89 tonna ha<sup>-1</sup> az országos átlag, ha az elmúlt 15 évet tekintjük. Az alacsony átlagok mellett a termés ingadozása is jelentős, ami a termesztés közép- és hosszútávú ökonómiai biztonságát, a kukoricára alapozott komplex gazdálkodást és a gazdasági növekedést is befolyásolja, illetve limitálja. Az elmúlt 15 évben a legjobb termést 2014-ben érték el, akkor 7,82 t ha<sup>-1</sup> volt az országos átlag, ami a 15 éves időszakra vonatkoztatva 132,8%-os eredményt jelent, míg a legrosszabb a 2007-es esztendő volt, akkor 3,73 t ha<sup>-1</sup> volt az átlag, ami 63,2% a 15 év átlagtermésének vonatkozásában (1. ábra). A korszerű kukoricatermesztés elsődleges szempontja a fenntarthatóság, amelyben kiemelkedő szerepe van a biológiai alapok helyes megválasztásának és azok megfelelő használatának. Az alkalmazott állomány-sűrűség – mint a kukorica termesztéstechnológia sokat kutatott, de a gyakorlatban a mai napig nem teljes mélységben kihasznált eleme – jelentős mértékben befolyásolja a kukoricatermesztés eredményességét, különösen a korábban említett kiszámíthatatlan időjárási körülmények miatt. Ezen okoknál fogva többnyire konzervatív és nem tudatos fajtahasználat történik napjainkban.



**1. ábra** A kukorica termésátlagainak és vetésterületének alakulása Magyarországon (2000-2016)

Ennek megfelelően a tőszám emelése nem feltétlenül indokolt, ugyanakkor a termőterületünk ismeretében, a megfelelő fajta megválasztásával és okszerű termesztéstechnológia alkalmazásával a hibridekben rejlő potenciál miatt a magasabb termésre megvan a lehetőségünk. A téma régóta széles körben kutatott, számos hazai és nemzetközi tudásanyag, hivatkozás áll rendelkezésre. Ezek a lényeges információk azonban nehezen fordíthatók a gyakorlati szakemberek, kukoricatermesztők hasznára, eredményeik – nagyszerűségük ellenére – a gyakorlatban nehezen érvényesülnek.

Az elmúlt tíz évben beállított agrotechnikai kísérleteink azzal a kutatási céllal indultak, hogy segítsük a sikeres és eredményes fajtahasználatot. Az eltérő évjáratokban, a különböző termésszinteken beállított tőszámkísérletek lehetőséget teremtettek általános és részletes következtetések levonására és a különböző genotípusok egyedi reakciójának pontos megismerésére. A szezonális különbségek a tőszámokon túl a terméskomponensek alakulására is eltérő hatással voltak, ami a végső termés kialakulását jelentősen, ugyanakkor egyedi módon befolyásolta.

A kísérleteink célja a vizsgálatba vont genotípusok megismerése, a környezeti faktorok és a termesztéstechnológia elemeinek azokra gyakorolt hatásának értelmezése volt azzal a szándékkal, hogy az így nyert információk irányt mutassanak a nemesítési, szelekciós munkában, a biológiai alapok fejlesztésében.

Kutatásaink további célja a tőszám termésre gyakorolt hatásának megismerése és értékelése volt. A kukorica termése számos komponens eredője, így a tőszám ezen résztulajdonságokra gyakorolt hatásának vizsgálata is lényeges cél volt. Ismereteket kívántunk szerezni abban a tekintetben is, hogy a terméskomponensek milyen kapcsolatban állnak a terméssel, azaz az egyes résztulajdonságok mekkora hatással bírnak a végső terméseredményre. Munkánk során megvizsgáltuk a tőszám és termés kapcsolatát, elemeztük a tőszám és terméskomponensek összefüggéseit, ezen eredmények segítségével az eltérő csőtípusok leírását, további és mélyebb megismerését is céljaink közé vettük.

Munkánk egyik fontos célja volt a fajtahasználók eredményességének maximalizálása. Jövedelem számítási modell alkalmazásával minden évjáratban, minden tőszámon ki tudtuk számolni, hogy az egyes genotípusok választásával az adott termesztési körülmények között alkalmazott különböző tőszámok esetén mekkora hasznot lehet realizálni.

A kutatások célja túlmutatott a hibridspecifikus tőszámoptimum meghatározásán és a különböző termésszintekre adható termesztési javaslat kidolgozásán. A fenntartható gazdálkodás, illetve a hazai kukoricatermesztés jövőbeni sikerének egyik alapja a rendelkezésre álló biológiai alapok teljeskörű ismerete, racionális használata és a bennük rejlő potenciál maximális, ugyanakkor környezettudatos kihasználása.

## **2. ANYAG ÉS MÓDSZER**

A vizsgálatokat 2009-2015 között végeztük a Monsanto Hungária Kft hazai kísérleti hálózatában. Az adatok a szántóföldi kísérletekből és a laboratóriumban végzett mérésekből származnak.

### **2.1. A kísérleti területek megválasztásának szempontjai**

A kísérleti helyszínek megválasztásánál fontos szempont volt, hogy hazánk termesztési körülményeire jellemző, a kukorica számára megfelelő, ugyanakkor üzemi körülményeket reprezentáló kísérletezésre alkalmas táblákat válasszunk. Az elmúlt években a következő agroökológiai körzetekben állítottuk be tőszámkísérleteinket: a Dunai-Alföldön, a mezőföldi régióban, ami tapasztalatunk szerint kihívásokkal teli, ugyanakkor nagyszerű kísérleti terület. A Dunántúli-dombvidéken a Tolna-Baranyai-dombság területein, ami Magyarország legfontosabb kukoricatermesztő körzete, általában magas termésszintekkel, ugyanakkor bizonyos évjáratokban aszálynak való kitettséggel. A Tiszai-Alföld észak-alföldi hordalékkúp-síkságán Hort térsége volt fontos kísérleti terület, ahol szinte minden évben tapasztaltunk hő-, illetve szárazságstresszt a kukorica egyes fenológiai stádiumaiban. A Tiszai-Alföld körzetben a Hajdúságban Hajdúböszörmény szintén fontos kísérleti terület volt, ahol jó minőségű csernozjom talajokon kísérletezhettünk. A Tiszai-Alföld, Alsó-Tisza-vidéken Szeged volt kísérleti terület, míg a Körös-Maros közén jó minőségű csernozjom talajú területeken dolgozhattunk.

### **2.2. A vizsgálatba vont hibridek és kiválasztásuk szempontjai**

Minden évben 10-10 hibridet vizsgáltunk két éréscsoport bontásában, az első csoportba az igen korai (FAO 200) és a korai (FAO 300) éréscsoport hibridjeit soroltuk, míg a másodikba a középerésű (FAO 400) hibridek kerültek. A dolgozatban szereplő 17 hibrid kiválasztásának legfontosabb szempontjai az eltérő tőszámreakció, a különböző csőkarakterisztika és a fajta (a továbbiakban a fajta alatt minden esetben hibridet értünk)

köztermesztésben betöltött szerepe voltak. A kísérletben szereplő hibridek általános adatait a 1. táblázat tartalmazza.

**1. táblázat** A vizsgálatban szereplő hibridek általános adatai

| Hibrid  | Hazai elismerés, vagy egyéves vizsgálat éve | FAO száma | RM száma | Hibrid típus    |
|---------|---------------------------------------------|-----------|----------|-----------------|
| DKC3623 | 2012                                        | 280       | 86       | kétvonalas (SC) |
| DKC3705 | 2010                                        | 290       | 87       | kétvonalas (SC) |
| DKC4014 | 2011                                        | 290       | 90       | kétvonalas (SC) |
| DKC3939 | 2015                                        | 310       | 89       | kétvonalas (SC) |
| DKC4025 | 2012                                        | 310       | 90       | kétvonalas (SC) |
| DKC4590 | 2009                                        | 330       | 95       | kétvonalas (SC) |
| DKC4541 | 2014                                        | 360       | 95       | kétvonalas (SC) |
| DKC4490 | 2007                                        | 360       | 94       | kétvonalas (SC) |
| DKC4717 | 2012                                        | 380       | 97       | kétvonalas (SC) |
| DKC4795 | 2010                                        | 380       | 97       | kétvonalas (SC) |
| DKC4964 | 2006                                        | 400       | 99       | kétvonalas (SC) |
| DKC4943 | 2014                                        | 450       | 99       | kétvonalas (SC) |
| DKC5031 | 2013                                        | 450       | 100      | kétvonalas (SC) |
| DKC5007 | 2010                                        | 490       | 100      | kétvonalas (SC) |
| DKC5190 | 2010                                        | 460       | 101      | kétvonalas (SC) |
| DKC5222 | 2012                                        | 480       | 102      | kétvonalas (SC) |
| DKC5276 | 2010                                        | 480       | 102      | kétvonalas (SC) |

### 2.3. A szántóföldi kísérletek elrendezése, kivitelezése és kiértékelésük módszerei

Kísérleteinket kisparcellás vizsgálattal végeztük, osztott parcellás (split-plot) elrendezésben, fajtánként és tőszámonként 3-3 ismétlésben minden termőhelyen. A beállított tőszámok a következők voltak: 50.000 tő ha<sup>-1</sup>, 60.000 tő ha<sup>-1</sup>, 70.000 tő ha<sup>-1</sup>, 80.000 tő ha<sup>-1</sup> és 90.000 tő ha<sup>-1</sup> a legmagasabb tőszámon. Egy kísérleti parcella négy sorból állt, 6,8 méter hosszú és 0,8 méter kezelőút választotta el a fajtákat, míg a sortávolság 0,76 méter volt. A parcellák négysorosak voltak, a megfigyeléseket és a betakarítást a középső két soron végeztük, a tőszám beállítása azonban minden sorban megtörtént. A kísérletben szereplő fajták vetőmagjait HEGE 95 DT, majd később Wintersteiger 8 soros hidraulikus

függesztett kisparcellás vetőgéppel vetettük el, az adott agroökológiai körzetben megszokott időben, általában április 20. és május 5. között. A vetéssel egyidőben 15 kg ha<sup>-1</sup> FORCE 1,5 G (15 g kg<sup>-1</sup> telfutrin) granulátum formájú piretroid talajfertőtlenítőt juttattunk ki a talajlakó kártevők gyérítése érdekében, a vetőmagokat az előkészítéskor egységesen MAXIM XL 035 FS (25 g l<sup>-1</sup> fludioxonil + 9,7 g l<sup>-1</sup> metalaxil-M) 1 l t<sup>-1</sup> dózisú gombaölővel csáváztuk. Az üzemi körülményeknek megfelelően korai poszt és posztmergens gyomirtást végeztünk. Sikeres gyomirtás és a parcellák megjelölése után végeztük a tőszám beállítását.

A tenyészidőszakban a következő agronómiai tulajdonságokat felvételeztük: pollenszórás kezdete, címer virágzás (vetéstől eltelt napok száma), bibe virágzás (vetéstől eltelt napok száma), növénymagasság (cm), csőeredés magassága (cm), gyökérdőlés (db/parcella, illetve %), szártörés (darab/parcella, illetve %), termés (kg parcella<sup>-1</sup>, illetve tonna ha<sup>-1</sup>): a betakarításkori szemnedvesség-tartalom (%), és a hektoliter tömeg (kg hl<sup>-1</sup>) mérése minden esetben Wintersteiger ikerkombájnnal (átalakított Sampo Rosenlew kombájn) történt.

A hibridek teljesítményét soha nem hasonlítottuk össze - minden esetben a fajtaátlagot tekintettük az összevetés alapjának és csak a tőszámhatást értékeltük - így ez az elrendezés jól szolgálta a céljainkat, a 4 soros kivitelezés segítette a szegélyhatás megszüntetését. Ebben a faktoriális kísérletben a tőszámok voltak a főfaktorok, amiket a főparcellán helyeztünk el, minden kísérleti helyszínen randomizálva 3 ismétlésben. Az adott kísérleti egységben az alparcellákat a kísérletbe vont hibridek adták, tehát az éréscsoportonként vizsgálatba vont 10-10 hibrid 5 blokkja az öt tőszám volt minden esetben 3 ismétlésben. Berzsenyi (2015) ajánlása szerint először a főparcella kezeléseket jelöltük ki random módon, majd azon belül randomizáltuk a hibrideket.

A kísérleti adatok feldolgozása és statisztikai kiértékelése Microsoft Excel programmal és MINITAB 17 szoftverrel történt. Varianciaanalízist alkalmaztunk az év \* agroökológiai körzet (termőhely) \* tőszám \* hibrid interakciók értelmezéséhez, míg az egyes tulajdonságok kapcsolatának jellegét és erősségét korrelációanalízissel vizsgáltuk. Az évjáratok hatását varianciaanalízissel és általános lineáris modell segítségével értékeltük. A rendelkezésünkre álló adatok sokfélesége és számossága okán termésszint bontást is végeztünk. Az összes eredmény értékelése után három mesterséges csoportot, termésszintet

képeztünk. Alacsony termésszintnek a  $7 \text{ t ha}^{-1}$  alatti, az átlagos termésszintnek a  $7\text{-}11 \text{ t ha}^{-1}$  közötti, míg a magas termésszintnek a  $11 \text{ t ha}^{-1}$  feletti kísérleti terméseredményeket tekintettük.

A hibridek tőszámkísérleti eredményei alapján meghatároztuk a fajta tőszámreakcióját, ugyanezeket megvizsgáltuk a fent leírt termésszint bontásokban is. Szignifikáns differencia kiszámításával meghatároztuk a tőszámkezelések közötti statisztikai különbséget, majd kiszámítottuk a fajták tőszám optimumát és annak szélességét úgy, hogy az  $SzD_{5\%}$  érték felét hozzáadtuk, illetve kivontuk a maximális termés értékéből, majd regressziós egyenletekbe helyettesítve megkaptuk az intervallumhoz tartozó pontos tőszámokat, így következtetve a hibridre jellemző tőszámoptimum intervallum szélességére, a fajta plaszticitására.

Az állománysűrűség változásának terméskomponensekre gyakorolt hatását korrelációanalízissel vizsgáltuk, majd kétmintás t-próbával elemeztük az egyes kezelések közötti szignifikancia szinteket. A terméskomponensek vizsgálata után klaszteranalízist is végeztünk, melynek célja, hogy a hibrideket a vizsgált tulajdonságaik alapján homogén csoportokba soroljuk. Az egyes csoportokon belüli adatok – valamilyen dimenzió szerint – hasonlítanak egymáshoz és különböznek más klaszterek elemeitől. A célunk ezzel az volt, hogy a hibrideket csőkarakterisztikájuk szerint osztályozzuk, megerősítsük a statisztikai eredményeket és a szántóföldi megfigyeléseket.

## **2.4. A terméskomponensek vizsgálatának módszerei**

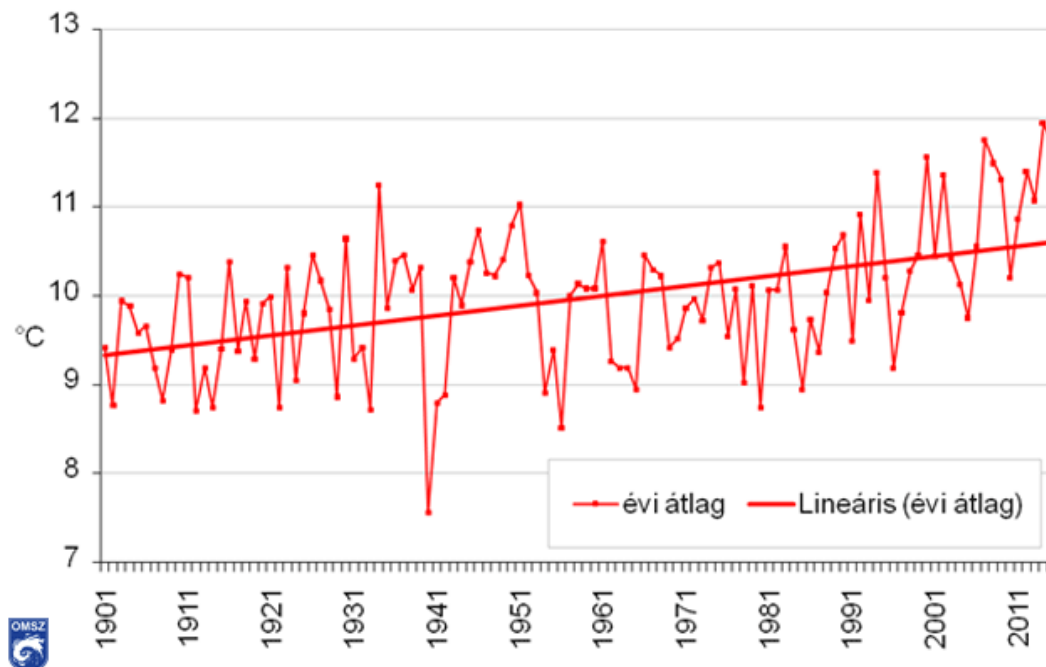
A kisparcellás kísérletek szélső két soráról – a be nem takarított sorokról – történt a terméskomponensek vizsgálatához szükséges mintacsövek szedése. A vizsgált tőszámok minden ismétlésében elvégeztük a méréseket úgy, hogy a szélső öt csövet a szegélyhatás csökkentése érdekében nem vizsgáltuk. A laboratóriumban lemértük a csövek hosszát (cm), körméretét (cm), átmérőjét (cm), a csutka átmérőjét (cm), a szemsorok számát (db), a soronkénti szemek számát (db) és a csövek lemorzsolása után a nagymintából képzett három részmintából az ezerszemtömeget (gramm) is. Az elemzéseinkhez a tőszámkísérletekből kapott kombájnos betakarításból származó termés, víz és hektolitertömeg adatokat is felhasználtuk.



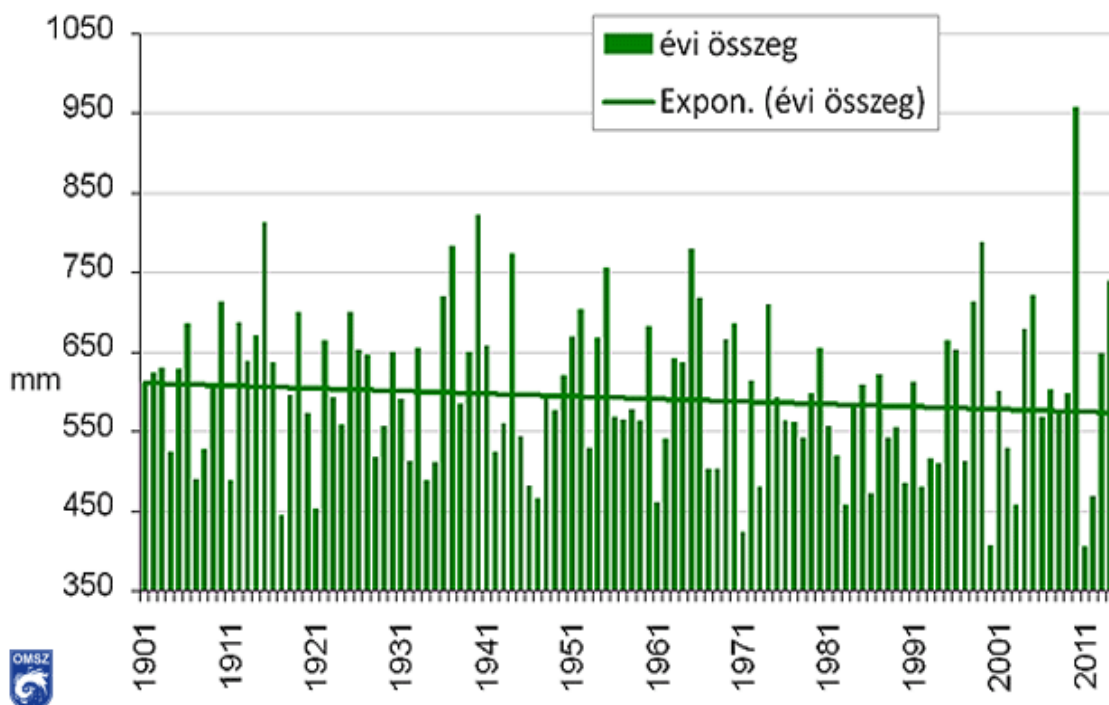
## 2.5. A vizsgálati időszak éghajlati körülményei

Hazánkban az évi középhőmérséklet 10 °C és 11 °C között alakul, a legmelegebb hónap a július. A csapadékmennyiséget tekintve megállapíthatjuk, hogy az éves mennyisége 500-700 mm között ingadozik. Kísérleti hálózatunkkal lefedtük a hazai gyakorlati kukoricatermesztés lényeges területeit. Munkánk során a sok eltérő évjárat erős hatása miatt nem elemeztük külön a termőhelyek hatását, a hibridek értékelését egyedi tőszámreakciójuk, illetve a különböző termésszinteken mutatott viselkedésükön keresztül végeztük.

Hazánkban az elmúlt száz évben a hőmérséklet folyamatosan emelkedő tendenciát mutatott nagyfokú ingadozás mellett (2. ábra), az évi középhőmérséklet 1 °C-kal nőtt az elmúlt száz évben. A csapadék mennyiségének, eloszlásának és kiegyenlítettségének vizsgálata után (3. ábra) megállapíthatjuk, hogy hasonlóan a hőmérsékleti tendenciákhoz itt is kedvezőtlen irányú változást mérhettünk az elmúlt száz évben. A csapadék mennyisége csökken és jellemző, hogy az eloszlása egyre hektikusabbá válik. A kukorica vízigénye szempontjából a június – július – augusztusi időszak a kritikus, ugyanakkor erre az időszakra jellemző, hogy a csapadékmentes periódusok hossza jelentősen megemelkedett, ami a kukoricatermesztés biztonságát, kiszámíthatóságát befolyásolja.



**2. ábra** Az országos évi középhőmérsékletek 1901 és 2015 között (15 állomás homogenizált, interpolált adatai alapján)



**3. ábra** Az országos évi csapadékösszegek 1901 és 2015 között (58 állomás homogenizált, interpolált adatai alapján)

A 2. számú táblázat összefoglalja a vizsgálati időszak kukorica virágzási periódusának lényeges elemeit, illetve a júliusi csapadékatokat, azok eltéréseit a 30 éves átlagokhoz képest, valamint a hőségnapok számát és annak anomáliáit.

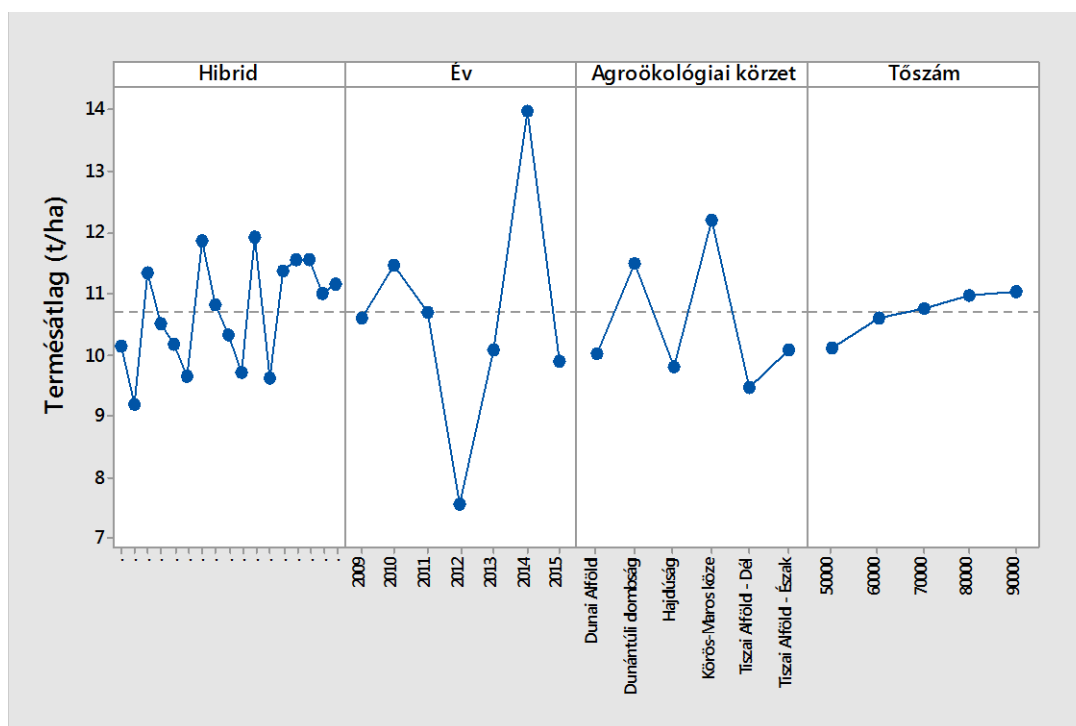
**2. táblázat** A vizsgált időszak időjárási paraméterei és a júliusi hónapok eltérései a 30 éves átlagtól (2009-2015)

| Év   | Csapadék |                              | Éves átlaghőmérséklet -<br>eltérés a 30 éves<br>átlagtól | Hőségnap ( $t_{\max} > 30^{\circ}\text{C}$ ) |                               | Júliusi<br>átlaghőmérséklet -<br>eltérés a 30 éves<br>átlagtól | Júliusi csapadék -<br>eltérés a 30 éves<br>átlag<br>százakéában |
|------|----------|------------------------------|----------------------------------------------------------|----------------------------------------------|-------------------------------|----------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
|      | mm       | Az elmúlt<br>30 év %-<br>ban |                                                          | napok száma                                  | eltérés a 30 éves<br>átlagtól |                                                                |                                                                 |
| 2009 | 598,00   | 105%                         | 1,30                                                     | 28,00                                        | 8,00                          | 1,80                                                           | -66%                                                            |
| 2010 | 959,00   | 169%                         | 0,20                                                     | 23,00                                        | 3,00                          | 2,10                                                           | 121%                                                            |
| 2011 | 407,40   | 72%                          | 0,90                                                     | 32,00                                        | 12,00                         | 0,10                                                           | 149%                                                            |
| 2012 | 470,40   | 83%                          | 1,40                                                     | 49,00                                        | 29,00                         | 2,90                                                           | 101%                                                            |
| 2013 | 649,60   | 114%                         | 1,10                                                     | 33,00                                        | 13,00                         | 2,00                                                           | -37%                                                            |
| 2014 | 739,80   | 130%                         | 1,90                                                     | 19,00                                        | -1,00                         | 1,30                                                           | 189%                                                            |
| 2015 | 538,90   | 92%                          | 1,40                                                     | 46,00                                        | 26,00                         | 2,30                                                           | -61%                                                            |

### 3. EREDMÉNYEK

#### 3.1. Általános eredmények

Kísérleteinkben vizsgáltuk az év, a termőhely, a tőszám és a hibrid termésre gyakorolt hatásait, illetve ezen faktorok interakcióit. A varianciaanalízis eredményei alapján megállapítottuk, hogy mind a négy faktor szignifikáns hatással volt a terméseredményekre. **Legnagyobb hatása az évjáratnak volt, ezt követte a kísérleti hely, majd a tőszám és a végül a hibrid** (4. ábra). Adataink szerint a négy faktor termésre gyakorolt együttes hatása is szignifikáns volt.



4. ábra A vizsgált tényezők hatása a terméseredményekre (2009-2015)

A további elemzések és az általános lineáris modell alkalmazásának segítségével megállapítottuk, hogy a főtényezők szignifikáns hatásán túl statisztikailag igazolható hatása volt az agroökológiai körzet \* hibrid interakciónak. Az agroökológiai körzet \* tőszám, a tőszám \* hibrid és az agroökológiai körzet \* tőszám \* hibrid interakciók hatása nem volt szignifikáns (3. táblázat).

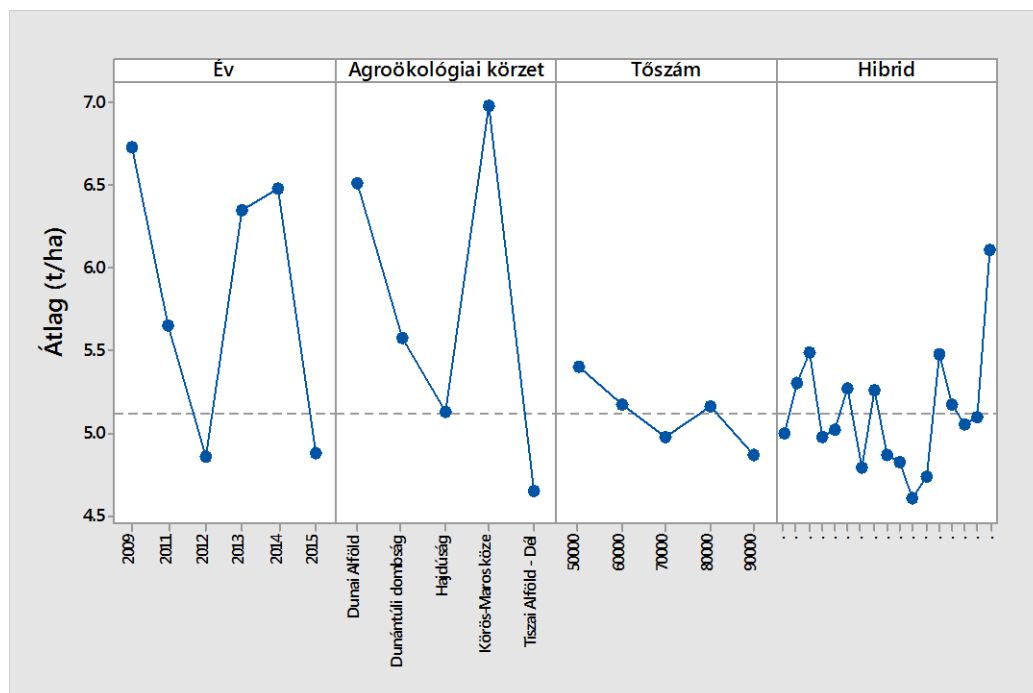
### 3. táblázat A faktorok interakciói, hatásuk a terméseredményekre (2009-2015)

| Variancianálízis táblázat              | SQ                     | Szabadság fok<br>df | MQ          | F érték    | P érték |
|----------------------------------------|------------------------|---------------------|-------------|------------|---------|
| Tényező                                |                        |                     |             |            |         |
| Corrected Model                        | 27715,784 <sup>a</sup> | 465,00              | 59604,00    | 9502,00    | <,001   |
| Intercept                              | 42142844,00            | 1,00                | 42142844,00 | 6718049,00 | <,001   |
| Év                                     | 15744911,00            | 1,00                | 15744911,00 | 2509918,00 | <,001   |
| Agroökológiai körzet                   | 2882460,00             | 5,00                | 576492,00   | 91899,00   | <,001   |
| Tőszám                                 | 146344,00              | 4,00                | 36586,00    | 5832,00    | <,001   |
| Hibrid                                 | 937815,00              | 16,00               | 58613,00    | 9344,00    | <,001   |
| Agroökológiai körzet * Tőszám          | 119741,00              | 20,00               | 5987,00     | 0,95       | 0,52    |
| Agroökológiai körzet * Hibrid          | 1993852,00             | 71,00               | 28082,00    | 4477,00    | <,001   |
| Tőszám * Hibrid                        | 106281,00              | 64,00               | 1661,00     | 0,27       | 1,00    |
| Agroökológiai körzet * Tőszám * Hibrid | 460799,00              | 284,00              | 1623,00     | 0,26       | 1,00    |
| Error                                  | 28348039,00            | 4519,00             | 6273,00     |            |         |
| Total                                  | 625426854,00           | 4985,00             |             |            |         |
| Corrected Total                        | 56063823,00            | 4984,00             |             |            |         |

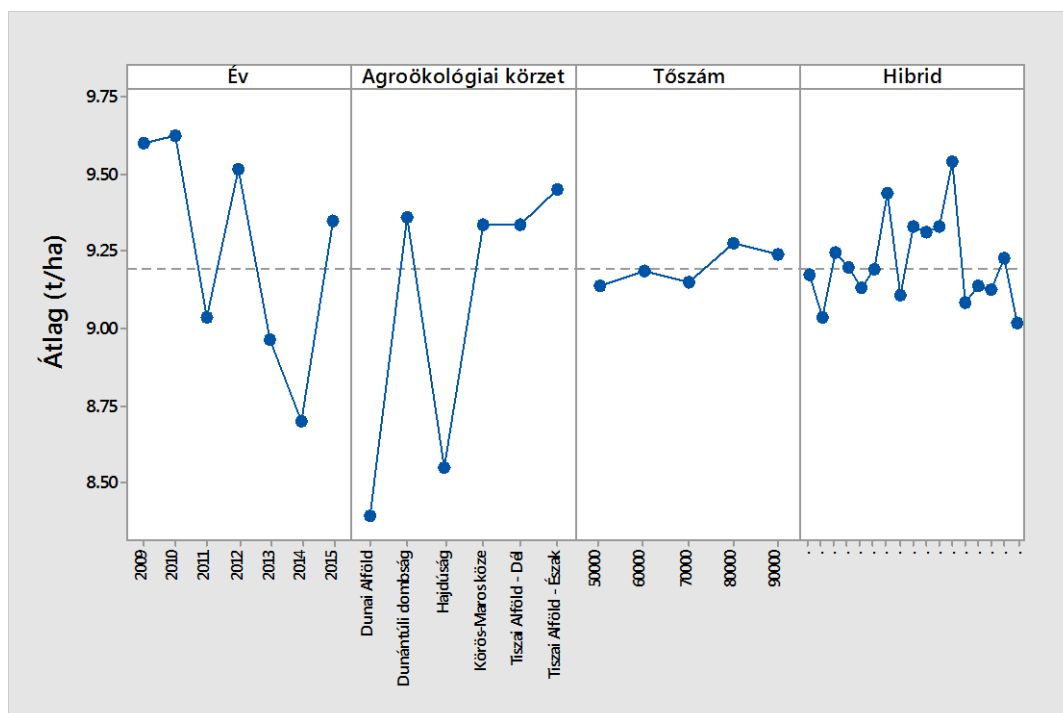
a. R Squared = ,494 (Adjusted R Squared = ,442)

Alacsony termésszinten ( $7 < t \text{ ha}^{-1}$ ) mind a négy tényező hatása szignifikáns volt a terméseredményekre. A legnagyobb hatása a termőhelynek volt, ugyanakkor megállapítottuk, hogy a kísérleti helyek átlagai jelentősen eltértek egymástól és a főátlagtól. Ezt követte az évjárat hatása, majd a tőszám és végül a hibrid hatása (5. ábra). Ebből megállapítottuk, hogy száraz években, kedvezőtlen évjáratokban, illetve kitettebb körülmények között a termesztési eredmények szempontjából különösen nagy jelentősége van a termőhelynek. Kiemelkedően fontos a jól alkalmazható hibrid használata, a környezeti adottságoknak és a genotípusnak megfelelő tőszámválasztás.

Átlagos termésszinten ( $7-11 \text{ t ha}^{-1}$ ) szignifikáns hatása a termőhelynek volt a termésre, ezt az évjárat hatása követte, majd a hibridhatás. Nem volt szignifikáns hatása a tőszámnak, illetve az év \* tőszám, agroökológiai körzet \* tőszám, tőszám \* hibrid, illetve a további interakcióknak. A főhatások alakulását a 6. ábra szemlélteti, amin jól láthatóak az évek, az agroökológiai körzetek és a hibridek teljesítménye közötti jelentős eltérések. Ha figyelembe vesszük hazánk kukorica szemtermés átlagait, akkor láthatjuk, hogy ez az a termésszint, ahol az üzemi gazdálkodás jelentős felületen folyik. Nagyon fontosnak tartjuk kiemelni a termőhelyre megfelelően megválasztott hibridek használatát, ami ezen a termésszinten meghatározza a termesztés sikerességét.

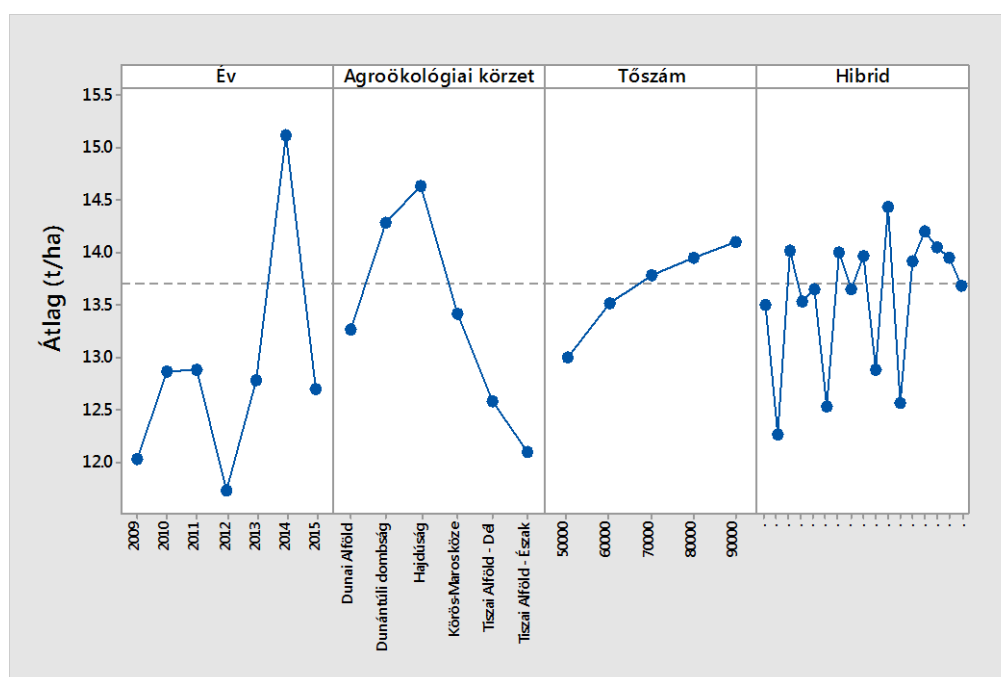


5. ábra A vizsgált tényezők hatása a terméseredményekre alacsony termésszinten (2009-2015)



6. ábra A vizsgált tényezők hatása a terméseredményekre átlagos termésszinten (2009-2015)

Magas termésszinten ( $>11 \text{ t ha}^{-1}$ ) mind a négy tényező hatása szignifikáns volt. Ezen a termésszinten legnagyobb hatása az évjáratnak volt, ezt követte az agroökológiai körzet. Szintén szignifikáns hatása volt a hibridnek és a tőszámnak. A faktorok interakcióiban szignifikáns volt az agroökológiai körzet \* tőszám és az évjárat \* tőszám kapcsolatok hatása, míg a további kölcsönhatásokat nem tudtunk statisztikailag igazolni. A tőszám és a hibrid hatása önmagában nem magas, de az eredmények egyértelműen megmutatják, hogy kedvező körülmények között (magasabb potenciállal bíró talajokon és jó időjárási körülmények esetén) fontosabbá válik a termésátlag meghatározásában, hogy milyen genotípust és állománysűrűséget alkalmazunk (7. ábra).



**7. ábra** A vizsgált tényezők hatása a terméseredményekre magas termésszinten (2009-2015)

### 3.1.1. Az évjáratok hatása

Az állománysűrűség a kukorica termésére és termésbiztonságára is jelentős hatással van. A hibridek genetikai potenciáljának megvalósulását legnagyobb mértékben a környezeti adottságok határozzák meg. Régióinkban a víz az a termésképző tényező, amely leginkább befolyásolja és limitálja a termesztés sikerességét.

Kísérleteinket 2009 és 2015 között valósítottuk meg az ország fontos kukoricatermesztő területein. A 4. számú táblázat a kísérleti évek terméseredményeit (kísérleti és országos üzemi átlagok) tartalmazza a környezeti faktorok összefüggéseiben. Ha a terméseredményeket a környezeti hatások függvényében vizsgáljuk, akkor látható, hogy a júliusi csapadék mennyisége szoros a kapcsolatban van a terméssel ( $r=0,85$ ), míg a hőségnapok számának hatása kimutatható, laza ( $r=0,40$ ).

**4. táblázat** A kísérleti és az országos terméseredmények összehasonlítása az éves- és a júliusi csapadék és a hőségnapok számát figyelembe véve (2009-2015)

| Év   | Országos átlag (t ha <sup>-1</sup> ) | Kísérleti átlag (t ha <sup>-1</sup> ) | Üzemi átlag/kísérleti átlag (t ha <sup>-1</sup> ) | Betakarításkori nedvesség (%) | Éves csapadék (mm) | Júliusi csapadék az átlag %-ban | Hőségnapok száma |
|------|--------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------------------|-------------------------------|--------------------|---------------------------------|------------------|
| 2009 | 6,39                                 | 10,59                                 | 0,60                                              | 18,30                         | 598,00             | -66,00                          | 28,00            |
| 2010 | 6,47                                 | 11,47                                 | 0,56                                              | 21,96                         | 959,00             | 121,00                          | 23,00            |
| 2011 | 6,50                                 | 10,70                                 | 0,61                                              | 15,86                         | 407,40             | 149,00                          | 32,00            |
| 2012 | 4,00                                 | 7,55                                  | 0,53                                              | 16,28                         | 470,40             | 101,00                          | 49,00            |
| 2013 | 5,44                                 | 10,06                                 | 0,54                                              | 19,72                         | 649,60             | -37,00                          | 33,00            |
| 2014 | 7,82                                 | 13,99                                 | 0,56                                              | 23,97                         | 739,80             | 189,00                          | 19,00            |
| 2015 | 5,79                                 | 9,99                                  | 0,58                                              | 15,83                         | 538,90             | 61,00                           | 46,00            |

A legmagasabb termést 2014-ben mértük, ebben az évben 13,99 t ha<sup>-1</sup> volt a kísérleti átlag, amikor a júliusi csapadék 89%-kal haladta meg a harmincéves középértéket. Ebben az évben az országos átlaghőmérséklet 1,9 °C-kal, míg a júliusi középhőmérséklet 1,3 °C-kal haladta meg a sokéves átlagot. A legtöbb csapadék 2010-ben hullott, 959 mm volt az éves mennyiség, ugyanakkor a hőmérséklet alig emelkedett az átlag fölé és a hőségnapok száma sem volt magas. A legalacsonyabb termést 2012-ben mértük, akkor 7,55 t ha<sup>-1</sup> volt a kísérleti átlag. Ez tükröződött az országos adatokban is, ebben az évben 4 t ha<sup>-1</sup> volt az üzemi eredmény, aminél csak 2003-ban és 2007-ben volt gyengébb a termés az elmúlt harminc évben. Ebben az esztendőben az éves hőmérséklet 1,4 °C-kal haladta meg a harmincéves átlagot, míg a hőségnapok száma 49 volt.

Az évjárat hatását általános lineáris modell segítségével vizsgáltuk meg. Az általános lineáris modell a hagyományos variancia-analízis és a lineáris regresszió-analízis ötvözete. Egyetlen táblázatban jelenik meg a szórás elemzés és a lineáris regresszió-analízis eredménye. A modell alkalmazásával igazolhatjuk a tőszám és az évjáratok szignifikáns hatását a terméseredményekre. 2010 és 2014 kedvező évjáratoknak minősülnek, hatásuk



statisztikailag igazolható, 2011 is kedvező évjáratnak minősíthető, nem szignifikáns az eltérése az átlagtól. A 2012 és 2013 évek hatása szignifikáns és kedvezőtlen hatású, míg 2009 szintén negatív, ez azonban statisztikailag nem igazolható. 2012-ben a júliusi középhőmérséklet a fent leírt mutatókon túl 2,9 °C-kal haladta meg a harmincéves átlagot és a második legkevesebb csapadékot jegyeztünk fel a kísérleti időszakban 2011 után.

### 3.1.2. A kísérleti hely és a terméseredmények összefüggései

Az elmúlt években hazánk hat agroökológiai körzetének területein állítottuk be tőszámkísérleteinket. A termőhely a varianciánális eredményei alapján – az évjárat után – a második legnagyobb, szignifikáns hatással volt a terméseredményekre. A legnagyobb, kedvező és szignifikáns hatással voltak a terméseredményekre a Körös-Maros közén kivitelezett kísérleti helyek, ahol 12,20 t ha<sup>-1</sup> volt az átlag, ami szignifikánsan magasabb a 10,69 t ha<sup>-1</sup> főátlaghoz képest. Szintén kedvező és statisztikailag igazolható a Dunántúli-dombság kísérleti helyének termésre gyakorolt hatása, itt 11,48 t ha<sup>-1</sup> volt a termésátlag, ami statisztikailag igazolhatóan magasabb a főátlagnál. Kedvező hatással volt, de statisztikailag nem igazolható a Tiszai-Alföld északi területén Hort kísérleti hely. Kedvezőtlen, de nem szignifikáns szinten volt a Dunai-Alföld és a Hajdúság kísérleti helye Hajdúböszörményben. Kedvezőtlen hatással, statisztikailag igazolható szinten a Tiszai-Alföld, Alsó-Tisza-vidéken Szeged környékén lévő kísérleti területek voltak

### 3.1.3. A tőszám változásának hatása a terméseredményekre

A 2009-2015 években állítottuk be a tőszám kísérleteinket. Ezekben a kísérletekben a különböző genotípusok tőszám sűrítetőségét, valamint tőszám reakcióját vizsgáltuk 50.000 és 90.000 növény ha<sup>-1</sup> közötti tartományban, különböző termésszinteken is. Kutatásaink során megállapítottuk hogy **a vizsgálati években, a kísérletbe vont hibridek terméseredményeinek átlagában a termő tőszám növelésével nőtt a termés** (5. táblázat).

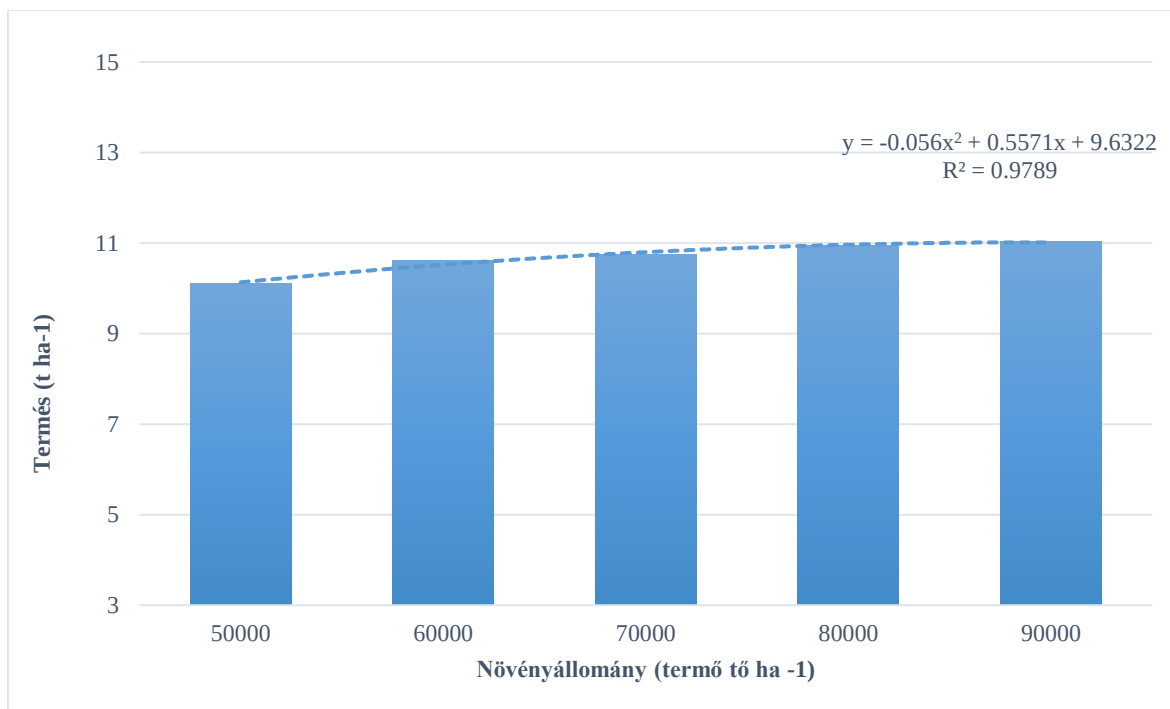
**5. táblázat** A vizsgálatban szereplő hibridek termés mennyisége a vizsgált tőszámok mellett a kísérleti helyek termésének átlagában (2009-2015)

| Összes hibrid                        | Összes eredmény                 |               |                | Alacsony termésszint (0-7 t ha <sup>-1</sup> ) |            |             | Átlagos termésszint (7-11 t ha <sup>-1</sup> ) |               |                | Magas termésszint (11 < t ha <sup>-1</sup> ) |               |                |
|--------------------------------------|---------------------------------|---------------|----------------|------------------------------------------------|------------|-------------|------------------------------------------------|---------------|----------------|----------------------------------------------|---------------|----------------|
| Tőszám<br>(növény ha <sup>-1</sup> ) | Termés<br>(t ha <sup>-1</sup> ) | Termés<br>(%) | Eltérés<br>(%) | Termés<br>(t ha <sup>-1</sup> )                | Termés (%) | Eltérés (%) | Termés<br>(t ha <sup>-1</sup> )                | Termés<br>(%) | Eltérés<br>(%) | Termés<br>(t ha <sup>-1</sup> )              | Termés<br>(%) | Eltérés<br>(%) |
| 50.000                               | 10.10                           | 94.52         | -5.48          | 5.40                                           | 105.48     | 5.48        | 9.14                                           | 99.39         | -0.61          | 13.00                                        | 94.96         | -5.04          |
| 60.000                               | 10.61                           | 99.24         | -0.76          | 5.17                                           | 100.93     | 0.93        | 9.19                                           | 99.91         | -0.09          | 13.51                                        | 98.65         | -1.35          |
| 70.000                               | 0.00                            | 100.52        | 0.52           | 4.98                                           | 97.20      | -2.80       | 9.15                                           | 99.50         | -0.50          | 13.77                                        | 100.60        | 0.60           |
| 80.000                               | 10.96                           | 102.52        | 2.52           | 5.16                                           | 100.79     | 0.79        | 9.28                                           | 100.90        | 0.90           | 13.94                                        | 101.82        | 1.82           |
| 90.000                               | 11.03                           | 103.22        | 3.22           | 4.87                                           | 95.03      | -4.97       | 9.24                                           | 100.48        | 0.48           | 14.09                                        | 102.93        | 2.93           |
| Átlag                                | 10.69                           | 100.00        |                | 5.12                                           | 100.00     |             | 9.19                                           | 100.00        |                | 13.69                                        | 100.00        |                |

Az átlagok tekintetében a legnagyobb termést a legmagasabb tőszámon mértük, az átlaghoz képes 3,22%-kal magasabbat, míg a legalacsonyabb termést az 50.000-es tőszámon mértük, ott az átlaghoz képest 5,48%-os termés csökkenést tapasztaltunk. Ezek alapján megállapítottuk, hogy az alacsony tőszámnak erősebb a termés csökkenti hatása, mint a magas tőszám javító ereje. Az átlaghoz legközelebbi termést a 70.000-es tőszámon mértük, ott 0,52%-os volt az eltérés az átlaghoz képest.

2009 és 2015 között az összes vizsgálatba vont hibridről 4985 termés adatpontot gyűjtöttünk, a kísérletek termésátlaga 10,69 t ha<sup>-1</sup>, a betakarításkori nedvességtartalom 18,92% volt. A legmagasabb termést 2014-ben, Dalmand környékén mértük, itt a DKC5007 hibrid 80.000 növény ha<sup>-1</sup> tőszámon 19,30 t ha<sup>-1</sup> eredményt ért el 32,6% betakarításkori víztartalommal. A legalacsonyabb termést a súlyosan aszályos 2012-es évben mértük, akkor Szeged melletti kísérleti területünkön a DKC4795 hibrid 80.000 növény ha<sup>-1</sup> tőszámon 1,17 t ha<sup>-1</sup> eredményt ért el 24,7% betakarításkori víztartalommal.

A beállított tőszámok esetében a kísérletben vizsgált hibridek termésátlaga 50.000 növény ha<sup>-1</sup> esetén 10,10 t ha<sup>-1</sup>, 60.000 növény ha<sup>-1</sup> esetén 10,61 t ha<sup>-1</sup>, 70.000 növény ha<sup>-1</sup> esetén 10,74 t ha<sup>-1</sup>, 80.000 növény ha<sup>-1</sup> esetén 10,96 t ha<sup>-1</sup>, 90.000 növény ha<sup>-1</sup> esetén 11,03 t ha<sup>-1</sup> volt. Az illesztett görbe regressziós értéke alapján a kapcsolat igen szoros (8. ábra).



**8. ábra** A vizsgálatba vont hibridek termésmennyisége a vizsgált tőszámok mellett a kísérleti helyek termésének átlagában (2009-2015)

A kísérleti időszakban alacsony termésszinten ( $<7 \text{ t ha}^{-1}$ ) 674, átlagos termésszinten ( $7-11 \text{ t ha}^{-1}$ ) 2045, míg magas termésszinten ( $11 < \text{t ha}^{-1}$ ) 2266 termés adatpontot gyűjtöttünk.

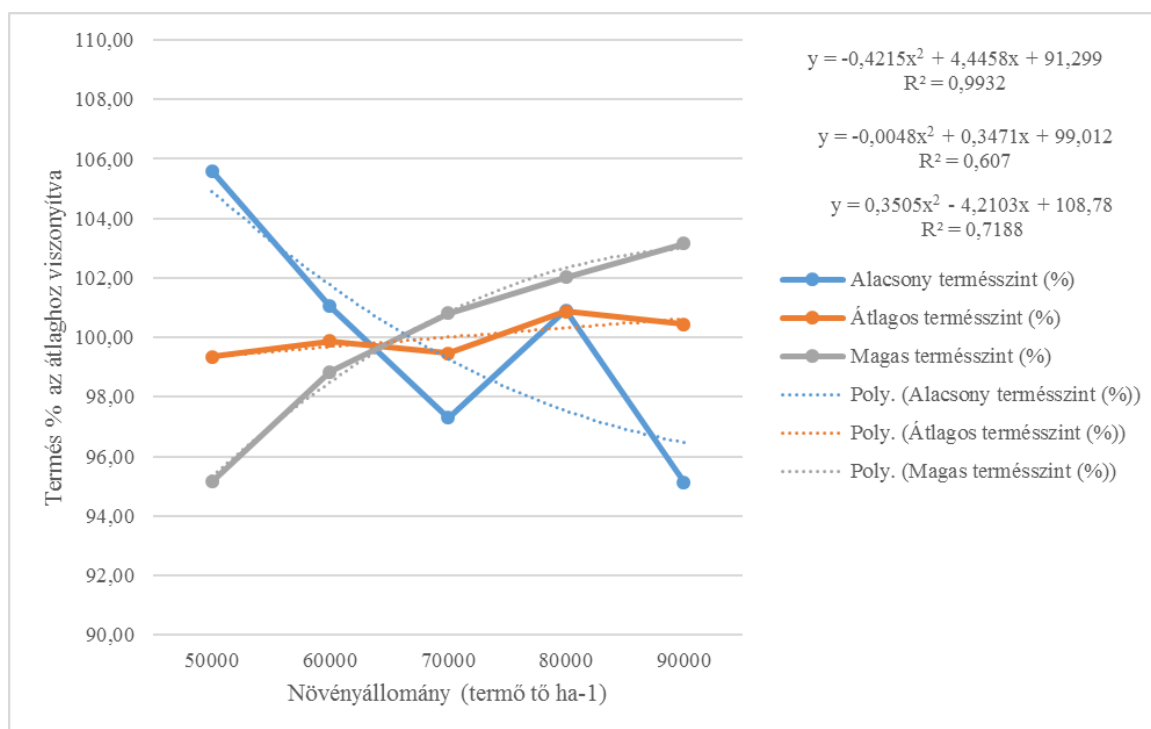
Alacsony termésszinten a kísérleti átlag  $5,12 \text{ t ha}^{-1}$  volt, az összes adat figyelembevételével megállapíthatjuk, hogy a legmagasabb termést ( $5,40 \text{ t ha}^{-1}$ ) a legalacsonyabb tőszámon ( $50.000 \text{ fő ha}^{-1}$ ) mértük, míg a legalacsonyabbat ( $4,86 \text{ t ha}^{-1}$ ) a legmagasabb tőszámon ( $90.000 \text{ fő ha}^{-1}$ ). Ezen a termésszinten a tőszám növelése termésvesztést okoz, ami főleg a hő- és szárazságstressz következménye.

Átlagos termésszinten ( $7-11 \text{ t ha}^{-1}$ )  $9,19 \text{ t ha}^{-1}$  volt a kísérleti átlag, a legmagasabb termést ( $9,28 \text{ t ha}^{-1}$ )  $70.000 \text{ fő ha}^{-1}$ -on mértük, de ha a százalékos eltérést nézzük, akkor megállapíthatjuk, hogy az egyes tőszámkezelések között nincs valódi különbség. Míg alacsony termésszinten több, mint 10% volt a különbség a legalacsonyabb és legmagasabb szemtermés között, addig átlagos termésszinten ez az eltérés 1,09%.

Magas termésszinten ( $11 < \text{t ha}^{-1}$ ) a kísérleti átlag  $13,69 \text{ t ha}^{-1}$  volt, a legmagasabb termést ( $14,09 \text{ t ha}^{-1}$ ) a legmagasabb tőszámon ( $90.000 \text{ növény ha}^{-1}$ ) mértük, ez 2,93%-kal

tért el az átlagtól, a legalacsonyabb termést a legalacsonyabb tőszámon mértük (13 t ha<sup>-1</sup>). Ezen a termésszinten 7,97%-os eltérés volt a két szélsőérték között, a tőszám növelése folyamatosan növelte a szemtermés eredményeket.

Az összes eredményt egy grafikonba foglalva szemléltetjük a tőszám kezelése különböző termésszinten megjelenő hatásait és a termesztési környezetben fellépő problémákat a helytelen tőszámválasztás okán. Egyes hibridek esetében alacsony és átlagos termésszinten az optimum elérése után visszaesés következik, majd a magasabb tőszámon az egyedi produkció csökkenése ellenére ismét magasabb termést mérünk a magasabb növényszám kompenzáló hatása miatt. Magas termésszinten a vizsgálatba vont hibridek jobb terméseredményekkel hálálták meg a magasabb tőszámokat, míg alacsony termésszinten a legalacsonyabb tőszám kezelésén mértük a legmagasabb terméseredményeket. Ilyen termésszinten, üzemi körülmények között a tőszám emelése mindenképpen kockázatos (9. ábra).



**9. ábra** A vizsgálatba vont hibridek termésmennyiségeinek átlagtól való eltérése a vizsgált tőszámok mellett a kísérleti helyek termésének átlagában – a három termésszint bontásában, (2009-2015)

Az irodalmi adatok szerint a különböző éréscsoportok hibridjei eltérő tőszámreakcióval bírnak. Kísérleti eredményeink szerint a korai éréscsoportokban (FAO 200 és FAO 300) a vizsgálatba vont korai hibridek nagyon jól reagálnak a sűrítésre. 2955 kísérleti termés adatpont alapján megállapítottuk, hogy a legmagasabb termést ( $10,63 \text{ t ha}^{-1}$ ) a legmagasabb tőszámon mértük, a legalacsonyabbat ( $9,75 \text{ t ha}^{-1}$ ) pedig a legkisebb tőszámon. A kísérleti átlag  $10,35 \text{ t ha}^{-1}$  volt, az illesztett görbe regressziós együtthatója alapján a kapcsolat szoros. Az elmúlt évek tapasztalatai szerint a korai és az igen korai hibridek eredményesebben termesztethetők az aszályos körülmények között, aminek oka a korai vethetőség és az, hogy a korábbi virágzás miatt ezek a fajták nagyobb eséllyel kerülhetik el az aszályal terhelt időszakot.

A középerésű csoportban (FAO 400) a vizsgálatba vont hibridekről 2030 termés adatpontot dolgoztunk fel. Ebben az éréscsoportban  $11,17 \text{ t ha}^{-1}$  volt a kísérleti átlag, ami  $0,82 \text{ t ha}^{-1}$ -al volt magasabb az igen korai és korai csoport eredményeihez képest. A legmagasabb termést ( $11,66 \text{ t ha}^{-1}$ ) a legmagasabb tőszámon, míg a leggyengébb termést ( $10,65 \text{ t ha}^{-1}$ ) a legalacsonyabb tőszámon mértük.

#### **3.1.4. A tőszám változásának hatása az agronómiai tulajdonságokra**

Tőszámkísérleteinkben a 2009-2015-ös időszakban 7102 agronómiai tulajdonságot jellemző adatpontot felvételeztünk. Mennyiségüket tekintve a csőeredés magasságára (1821 adatpont), a növénymagasságra (1821 adatpont), és a virágzásra vonatkozó információk (1596 adatpont) voltak többségben. Lehetőség esetén számoltuk a gyökérdőlt és szártörött (709-709 adatpont) növényeket is.

A szántóföldi megfigyelések alapján és az eredmények áttekintése után megállapítottuk, hogy megfigyelhető a tőszám növelésének hatása az agronómiai tulajdonságokra, egyes tulajdonságok esetében a tőszámkezelések közötti különbség szignifikáns (6. táblázat). A 7. táblázatban összefoglaljuk a korrelációs vizsgálatok eredményeit, a tőszám növelésének hatását és kapcsolatát az egyes agronómiai tulajdonságokkal.

Az összes adat figyelembevételével elmondható, hogy a **növénymagasság** és a **csőeredés magassága** a 80.000-es tőszámig nő, majd ezután csökken, a legmagasabb

tőszámon szignifikáns eltérést mértünk. A korrelációs együttható alapján a tőszámkezelés nincs kapcsolatban ezzel a tulajdonsággal ( $r=-0,01$ ). A **csőhelyeződés magassága** még inkább nő a tőszám növelésének hatására és itt is csökkenést tapasztaltunk a legmagasabb tőszámon, az egyes tőszámkezeléseken szignifikáns különbséget mértünk. A tőszám növelése nincs kapcsolatban a tulajdonság változásával ( $r=0,08$ ), amit az szélső tőszámkezelések eltéréseivel magyarázunk.

**6. táblázat** Az agronómiai tulajdonságok az egyes tőszámkezeléseken a kísérleti helyek eredményeinek átlagában (2009-2015)

| Agronómiai tulajdonságok                | 50.000<br>növény ha <sup>-1</sup> | 60.000<br>növény ha <sup>-1</sup> | 70.000<br>növény ha <sup>-1</sup> | 80.000<br>növény ha <sup>-1</sup> | 90.000<br>növény ha <sup>-1</sup> | SzD <sub>5%</sub> |
|-----------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-------------------|
| Növénymagasság (cm)                     | 236,28                            | 237,89                            | 237,27                            | 238,89                            | 234,37                            | 3,23              |
| Csőeredés magassága (cm)                | 104,77                            | 106,88                            | 108,23                            | 109,65                            | 107,92                            | 2,19              |
| Nővirágzás (nap)                        | 70,02                             | 69,85                             | 69,99                             | 70,34                             | 70,49                             | 1,35              |
| Hímvirágzás (nap)                       | 70,66                             | 70,34                             | 70,43                             | 70,74                             | 70,99                             | 1,29              |
| Szártörés (db/parcella)                 | 2,37                              | 1,86                              | 2,88                              | 5,29                              | 5,3                               | 2,07              |
| Gyökérdőlés (db/parcella)               | 2,05                              | 2,94                              | 4,03                              | 5,54                              | 7,22                              | 2,04              |
| Hektoliter tömeg (kg hl <sup>-1</sup> ) | 76,37                             | 76,47                             | 75,78                             | 75,54                             | 75,35                             | 1,24              |

**7. táblázat** Az agronómiai tulajdonságok kapcsolata (a korrelációs együttható értékeivel bemutatva) a tőszám változásával a kísérleti helyek átlagában a különböző termésszinteken (2009-2015)

| Tőszám hatása az agronómiai tulajdonságokra |                 |                                                       |                                                        |                                                     |
|---------------------------------------------|-----------------|-------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| Agronómiai tulajdonságok                    | összes eredmény | alacsony<br>termésszint<br>( $<7 \text{ t ha}^{-1}$ ) | átlagos<br>termésszint<br>( $7-11 \text{ t ha}^{-1}$ ) | magas<br>termésszint<br>( $11 < \text{t ha}^{-1}$ ) |
| Tőszám                                      | 1               |                                                       |                                                        |                                                     |
| Növénymagasság (cm)                         | -0,016          | -0,120                                                | 0,018                                                  | -0,007                                              |
| Csőeredés magassága (cm)                    | 0,085           | 0,071                                                 | 0,107                                                  | 0,077                                               |
| Nővirágzás (nap)                            | 0,033           | -0,031                                                | 0,063                                                  | -0,011                                              |
| Hímvirágzás (nap)                           | 0,025           | -0,081                                                | 0,053                                                  | -0,017                                              |
| Szártörés (db)                              | 0,190           | 0,272                                                 | 0,271                                                  | -0,102                                              |
| Gyökérdőlés (db)                            | 0,342           | 0,510                                                 | 0,343                                                  | 0,130                                               |
| Hektoliter tömeg (kg hl <sup>-1</sup> )     | -0,062          | -0,272                                                | -0,070                                                 | -0,104                                              |

A tőszám emelése a **virágzást** nem befolyásolja, a vetéstől eltelt napok száma nem változik, a statisztikai mutatók a tőszám kezelések és a tulajdonságok gyenge kapcsolatát

igazolják ( $r=0,03$  a nővirágzásra és  $r=0,02$  a hímvirágzásra). Alacsony termésszinten ( $<7 \text{ t ha}^{-1}$ ), vélhetően a magasabb hőösszeg, vagy a szárazságstressz miatt az összefüggés jellege megváltozik, negatívvá válik, a tőszám növelése a virágzást előrehozza ( $r=-0,03$  a nővirágzásra és  $-0,08$  a hímvirágzásra), a kapcsolat laza.

A tőszám növelése a hibridek **hektoliter tömegét** csökkentette ( $r=-0,06$ ), ez a hatás minden termésszinten kifejeződött, de alacsony termésszinten a kapcsolat erősödött ( $r=-0,27$ ), ugyanakkor itt is megállapíthatjuk, hogy a tőszám kezelés és a tulajdonság kapcsolata negatív előjelű és laza.

A tőszám növelése a hibridek **szár- és gyökértulajdonságait** szántóföldön megfigyelhető és mérhető szinten befolyásolja. A tőszám kezelés és szártörés kapcsolata laza ( $r=0,19$ ), míg a gyökérdőlés tulajdonság esetén erősebb, de még mindig a laza tartományba esik ( $r=0,34$ ). Ezen mutatók alacsony termésszinten ( $<7 \text{ t ha}^{-1}$ ) még határozottabbá válnak ( $r=0,27$  a szártörésre) és  $r=0,50$  értéket számítottunk a gyökérdőlésre, ami már közepes szintű kapcsolatot jelez.

A vizsgálatba vont hibridek összes eredménye alapján megállapítottuk, hogy a tőszám változása statisztikailag igazolható hatással van az agronómiai tulajdonságokra. Ez az eredmény párhuzamban van a szakirodalmi adatokkal.

### 3.1.5. A tőszám változásának hatása a terméskomponensekre

A **sorok száma** minden hibrid esetében állandónak bizonyult, az állománysűrűség változása, a területegységre jutó tőszám nincs kapcsolatban a tulajdonság alakulásával. A **csőhossz** és a **soronkénti szemek száma** a hibridek döntő többségében negatív irányú, szoros kapcsolatot mutatott a tőszám növelésével. A csőhossz tekintetében kivételt képezett a DKC4795 hibrid, amely esetében a két változó közötti kapcsolat közepes erősségű. A **cső körmérete**, a **cső átmérője** és az **ezerszemtömeg** tulajdonságok negatív irányú és közepes erejű kapcsolatban voltak a tőszám növelésével. A cső körméret tulajdonság esetében kivételt képeztek a DKC4014 és a DKC4590 hibridek, esetükben a cső körmérete szoros, negatív kapcsolatot mutatott a tőszám emelésével.

### 3.2. Részletes eredmények

A dolgozat ezen fejezetében közöljük a hibridek tőszámkísérleti összeredményeit, átlagait. Ismertetjük a legmagasabb és legalacsonyabb termést eredményező tőszámokat, leírjuk a tőszám és termés közötti statisztikai kapcsolat jellegét és erősségét. Ezután termésszint bontásban is elvégezzük az értékeléseket. A szignifikáns differencia kiszámításával megvizsgáljuk a tőszám kezelések közötti valódi különbséget, kiszámítjuk a fajta optimum tőszámát és az optimum tőszámon elérhető termés mértékét. A hibrid plasztikusságát az intervallum szélesség bemutatásával tesszük láthatóvá és értelmezhetővé.

A terméskomponensek vizsgálatának eredményeit szöveges és mellékletbe foglalt táblázatos formában írtuk le. A tőszám változásának terméskomponensekre gyakorolt hatását korreláció analízissel és kétmintás t-próbával elemeztük. A terméskomponensek adatait – különös tekintettel a csőhossz tulajdonságra klaszter elemzéssel is megvizsgáltuk azzal a céllal, hogy a szántóföldi megfigyeléseket, illetve a genotípusokról korábban kialakított szakmai megfigyeléseket statisztikai módszerekkel is ellenőrizzük. Ezzel az elemzéssel csoportosítottuk a hibrideket csőtulajdonságaik, tőszámváltozásra adott eltérő reakcióik szerint. Ennek szemléltetésére dendogrammot alkalmaztunk.

A gazdaságossági vizsgálat nem része a dolgozatnak, így csak nagyon röviden szemléltetjük ezeket az eredményeket a teljes munka bemutatása érdekében aminek jelentősége a fajtahasználat tőszámajánlás során lesz. A tőszám javaslat jelentős része a kísérleti eredményekből adódik, részben pedig a megszerzett ismeretek segítségével vázoljuk az adott hibridre érvényes alkalmazási, termesztési javaslatot a terület eltartóképességének függvényében.

A 8. számú táblázat tartalmazza az összes kísérletben szereplő hibrid tőszámkezelésre vonatkozó szemtermés eredményeit a kísérleti helyek átlagában, illetve az adott termés százalékos értékét a hibrid összeredménye tükrében. A hibridek értékelése minden esetben csak a saját átlagaihoz való hasonlításal történt, az éréscsoport más hibridjeit, illetve a csoportátlagot nem vettük figyelembe, a célunk a hibrid egyedi tőszámreakcióinak vizsgálata volt. Az agronómiai tulajdonságok tőszámmal kapcsolatos változásai segítenek tőszámajánlat kialakításában úgy, hogy a termésbiztonságot nem sértjük, míg a



terméskomponensek vizsgálatával és elemzésével a fajta tőszámreakcióinak egyedi jellegét értékeljük.

**8. táblázat** A vizsgálatba vont hibridek terméseredményei a különböző tőszámkezeléseken a kísérleti helyek eredményei átlagában (2009-2015)

| Hibrid                                                 | 50.000<br>növény ha <sup>-1</sup> | %      | 60.000<br>növény ha <sup>-1</sup> | %      | 70.000<br>növény ha <sup>-1</sup> | %      | 80.000<br>növény ha <sup>-1</sup> | %      | 90.000<br>növény ha <sup>-1</sup> | %      | Átlag | SzD <sub>5%</sub> |
|--------------------------------------------------------|-----------------------------------|--------|-----------------------------------|--------|-----------------------------------|--------|-----------------------------------|--------|-----------------------------------|--------|-------|-------------------|
| DKC3623                                                | 9,45                              | 93,27  | 10,01                             | 98,72  | 10,00                             | 98,62  | 10,50                             | 103,63 | 10,75                             | 106,13 | 10,14 | 1,09 **           |
| DKC3705                                                | 8,78                              | 95,71  | 8,78                              | 95,68  | 9,34                              | 101,79 | 9,37                              | 102,14 | 9,63                              | 104,92 | 9,17  | 0,84 **           |
| DKC3939                                                | 10,37                             | 91,41  | 11,05                             | 97,43  | 11,53                             | 101,59 | 11,81                             | 104,05 | 11,96                             | 105,39 | 11,35 | 1,38 **           |
| DKC4014                                                | 10,26                             | 97,51  | 10,71                             | 101,87 | 10,41                             | 98,97  | 10,69                             | 101,63 | 10,52                             | 99,98  | 10,52 | 1,11 NS           |
| DKC4025                                                | 9,70                              | 95,45  | 9,92                              | 97,63  | 10,15                             | 99,96  | 10,80                             | 106,29 | 10,25                             | 100,93 | 10,16 | 1,16 NS           |
| DKC4590                                                | 10,24                             | 94,66  | 10,45                             | 96,59  | 11,13                             | 102,91 | 11,12                             | 102,85 | 11,15                             | 103,06 | 10,81 | 1,01 NS           |
| DKC4541                                                | 10,99                             | 92,62  | 12,00                             | 101,11 | 11,76                             | 99,76  | 12,16                             | 102,46 | 12,42                             | 104,63 | 11,87 | 1,42 NS           |
| DKC4490                                                | 9,17                              | 95,19  | 9,63                              | 99,97  | 9,59                              | 99,61  | 10,00                             | 103,79 | 9,76                              | 101,35 | 9,64  | 1,42 NS           |
| DKC4717                                                | 9,59                              | 92,93  | 10,65                             | 103,15 | 10,58                             | 102,60 | 10,48                             | 101,59 | 10,34                             | 100,20 | 10,32 | 1,07 NS           |
| DKC4795                                                | 9,15                              | 94,30  | 9,56                              | 98,47  | 9,78                              | 100,85 | 9,78                              | 100,80 | 10,25                             | 105,63 | 9,70  | 1,15 NS           |
| Átlag - korai<br>csoport (t ha <sup>-1</sup> )         | 9,77                              | 100,00 | 10,25                             | 100,00 | 10,41                             | 100,00 | 10,65                             | 100,00 | 10,68                             | 100,00 | 10,35 |                   |
| DKC4964                                                | 9,53                              | 99,05  | 9,14                              | 94,95  | 9,46                              | 98,31  | 9,75                              | 101,35 | 10,37                             | 107,76 | 9,63  | 1,29 NS           |
| DKC4943                                                | 11,24                             | 94,15  | 11,95                             | 100,15 | 12,00                             | 100,58 | 12,12                             | 101,53 | 12,36                             | 103,54 | 11,93 | 1,50 NS           |
| DKC5031                                                | 10,80                             | 93,57  | 11,56                             | 100,07 | 11,71                             | 101,41 | 11,66                             | 100,95 | 12,00                             | 103,83 | 11,55 | 1,18 **           |
| DKC5007                                                | 10,73                             | 94,47  | 11,43                             | 100,63 | 11,49                             | 101,16 | 11,62                             | 102,31 | 11,52                             | 101,43 | 11,36 | 1,08 NS           |
| DKC5190                                                | 10,80                             | 93,58  | 11,70                             | 101,37 | 11,36                             | 98,43  | 11,62                             | 100,72 | 12,26                             | 106,20 | 11,55 | 1,11 **           |
| DKC5222                                                | 10,32                             | 93,72  | 11,05                             | 100,35 | 11,07                             | 100,59 | 11,21                             | 101,80 | 11,39                             | 103,44 | 11,01 | 1,14 NS           |
| DKC5276                                                | 10,63                             | 95,34  | 10,89                             | 97,61  | 11,31                             | 101,36 | 11,74                             | 105,28 | 11,27                             | 101,01 | 11,15 | 1,05 **           |
| Átlag -<br>középérésű<br>csoport (t ha <sup>-1</sup> ) | 10,58                             | 100,00 | 11,10                             | 100,00 | 11,20                             | 100,00 | 11,38                             | 100,00 | 11,58                             | 100,00 | 11,17 |                   |

### 3.2.1. A tőszámkezelések és csőtípusok

A hibridek értékelésének egy fontos mozzanata volt a tőszámoptimum meghatározása (10. táblázat). Kiszámítottuk ezeket az értékeket és összevetettük a terméskomponensek és az agronómiai tulajdonságok eredményeivel is. Ezen információkat, kiegészítve a tőszámkísérletek eredményeivel, a vonatkozó agronómiai információk áttekintése és a terméskomponens adatok értékelése után megfogalmaztuk a hibridekre vonatkozó egyedi jellemzést és tőszám ajánlást.

A terméskomponensek közül a csőhossz (ezzel természetesen a soronkénti szemek száma tulajdonság is) volt az a tulajdonság, ami - a DKC4795 kivételével – szoros, negatív kapcsolatban volt a tőszám kezelésekkkel. A tulajdonság értékelésekor a következő eredményre jutottunk: azok a hibridek, amelyek a legalacsonyabb és legmagasabb tőszám

kezelések (50.000 növény ha<sup>-1</sup> és 90.000 növény ha<sup>-1</sup> kezelések) között bekövetkező csőhossz változás 20% alatt maradt – szignifikáns különbség megléte ellenére – **fix csőtípusnak** minősítettük (9. táblázat). Ezek a fajták a DKC4795 és a DKC4025. Ezek azok a hibridek, amelyek átlagos és magas termésszinteken meghálálják a sűrítést, jó agronómiai tulajdonságaik segítségével a magas termés megvédésére is adott a lehetőség. **Flexibilis csőtípusnak** minősítettük azokat a fajtákat, ahol 20% feletti volt a csőhossz méretének változása a szélső tőszámokon és a különbség szignifikáns. Ezek a hibridek a DKC4943, a DKC5007, a DKC5276, DKC5141 és a DKC5031. **Flexibilis csőtípusnak**, illetve a **csőhosszát a magas tőszámokon is jól megtartó** hibridnek minősítettük azokat a hibrideket, ahol 20% körüli, vagy az alatti csőhossz eltérést mértünk a szélső tőszámokon, de a különbség szignifikáns és a legmagasabb tőszámon sem megy a csőhossz 90% alá (a hibrid csőhossz átlagához képest). Ezek a hibridek a DKC3705, a DKC4014 és a DKC4590. Azokat a hibrideket, amelyek csőhossz változása 20% körüli a szélső tőszám kezelések között, de a különbség nem szignifikáns, stabil, megtartott csőtípusnak minősítettük. Megállapításunk szerint az ebbe a csoportba tartozó hibridek nagyszerűen kompenzálják az alacsony tőszámokat, extenzív körülmények között is megbízható teljesítményre képesek.

Azokat a hibrideket, amelyek csőhossz változása 20% körüli a szélső tőszám kezelések között, de a különbség nem szignifikáns, **stabil, megtartott csőtípusnak** minősítettük. Ide soroltuk a DKC4717, a DKC3939, a DKC4541 és a DKC3623 hibrideket. Az ide tartozó hibridek jó eredményeket érnek el magasabb tőszámokon is, esetükben a sorok száma az a terméskomponens, ami a terméseredményeket jelentősen befolyásolja.

**9. táblázat** A csőhossz változása a tőszámkezelések átlagában és a csőtípusok meghatározása (2011, 2015)

| Hibrid  | Vizsgálati év | Csőhossz különbsége (%) | Csőtípus               |
|---------|---------------|-------------------------|------------------------|
| DKC4025 | 2015          | 15,86**                 | fix                    |
| DKC4795 | 2011          | 16,07**                 | fix                    |
| DKC5031 | 2015          | 24,85**                 | flexibilis             |
| DKC5276 | 2011          | 25,06**                 | flexibilis             |
| DKC5141 | 2015          | 25,77**                 | flexibilis             |
| DKC4943 | 2015          | 26,41**                 | flexibilis             |
| DKC5007 | 2011          | 27,18**                 | flexibilis             |
| DKC4590 | 2011          | 15,16**                 | flexibilis, megtartott |
| DKC4014 | 2011          | 15,32**                 | flexibilis, megtartott |
| DKC3705 | 2011          | 20,90**                 | flexibilis, megtartott |
| DKC4717 | 2015          | 19,85 <sup>NS</sup>     | stabil csőhossz        |
| DKC3939 | 2015          | 21,24 <sup>NS</sup>     | stabil csőhossz        |
| DKC4541 | 2015          | 21,44 <sup>NS</sup>     | stabil csőhossz        |
| DKC3623 | 2015          | 22,49 <sup>NS</sup>     | stabil csőhossz        |

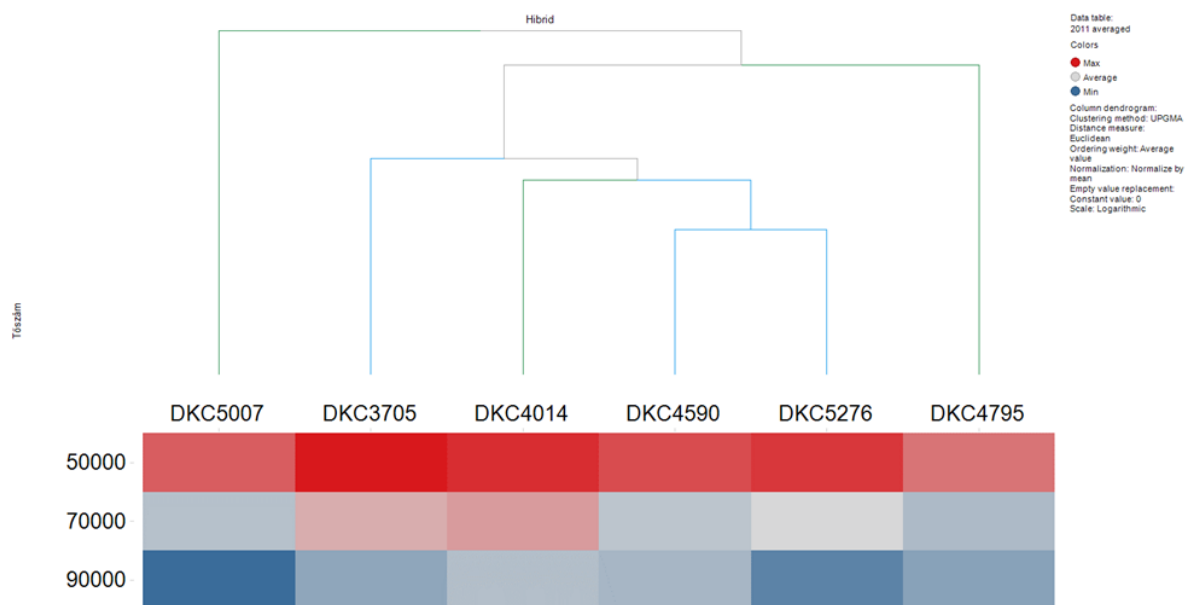
**10. táblázat** A kísérletbe vont hibridek számított tőszám optimuma és intervallum szélessége (2009-2015)

| Hibrid  | Egyenes egyenlete                                                       | Számított optimum (növény ha <sup>-1</sup> ) | Számított termés az optimumon (t ha <sup>-1</sup> ) | Számított minimum tőszám (növény ha <sup>-1</sup> ) | Minimum (növény ha <sup>-1</sup> ) | Számított maximum tőszám (növény ha <sup>-1</sup> ) | Maximum (növény ha <sup>-1</sup> ) | Számított intervallum szélessége (növény ha <sup>-1</sup> ) | Intervallum | Intervallum jellemzője                                  |
|---------|-------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|-----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------------------------------|-------------|---------------------------------------------------------|
| DKC4014 | $y = -0,0000000000484938x^2 + 0,000072826418515x + 7,892426098488780$   | 75088,38                                     | 10,62                                               | 41115,33                                            | 50000,00                           | 109061,00                                           | 90000,00                           | 67945,67                                                    | 40000,00    | igen széles                                             |
| DKC4025 | $y = -0,00000000000804203x^2 + 0,000132536500752x + 4,986960163542920$  | 82402,39                                     | 10,45                                               | 55547,02                                            | 50000,00                           | 109247,8                                            | 90000,00                           | 53700,78                                                    | 40000,00    | igen széles                                             |
| DKC4590 | $y = -0,0000000000758400x^2 + 0,000131124749236x + 5,507591545705820$   | 86448,27                                     | 11,17                                               | 59282,1                                             | 60000,00                           | 113614,45                                           | 90000,00                           | 54332,35                                                    | 30000,00    | széles                                                  |
| DKC4541 | $y = -0,0000000000614286x^2 + 0,0001162000000000x + 6,864857142856930$  | 94581,35                                     | 12,36                                               | 64396,27                                            | 60000,00                           | 124766,43                                           | 90000,00                           | 60370,16                                                    | 30000,00    | széles                                                  |
| DKC4490 | $y = -0,0000000000680149x^2 + 0,000110772054044x + 5,348862847059920$   | 81432,19                                     | 9,85                                                | 52745,82                                            | 50000,00                           | 110118,56                                           | 90000,00                           | 57372,74                                                    | 40000,00    | igen széles                                             |
| DKC4717 | $y = -0,0000000001746587x^2 + 0,000257917152018x + 1,183968877008200$   | 73834,00                                     | 10,7                                                | 55933,39                                            | 60000,00                           | 91735,82                                            | 90000,00                           | 35802,43                                                    | 30000,00    | széles                                                  |
| DKC4795 | $y = -0,000000000077075x^2 + 0,000035027239599x + 7,644899792816440$    |                                              |                                                     |                                                     | 50000,00                           |                                                     | 90000,00                           |                                                             | 40000,00    | nem értelmezhető/igen széles (Sz <sub>5%</sub> alapján) |
| DKC4964 | $y = -0,0000000001423100x^2 - 0,000176297482482x + 14,736023024697800$  |                                              |                                                     |                                                     | 60000,00                           |                                                     | 90000,00                           |                                                             | 30000,00    | nem értelmezhető/széles (Sz <sub>5%</sub> alapján)      |
| DKC4943 | $y = -0,00000000000642857x^2 + 0,0001140000000000x + 7,226571428571360$ | 88666,68                                     | 12,28                                               | 59159,99                                            | 60000,00                           | 118173,37                                           | 90000,00                           | 59013,38                                                    | 30000,00    | széles                                                  |
| DKC5031 | $y = -0,0000000000761962x^2 + 0,000131618805072x + 6,218921627301630$   | 86368,35                                     | 11,9                                                | 59265,74                                            | 60000,00                           | 113470,95                                           | 90000,00                           | 54205,21                                                    | 30000,00    | széles                                                  |
| DKC5007 | $y = -0,0000000001093935x^2 + 0,000170834648106x + 4,984864571402070$   | 78082,63                                     | 11,65                                               | 55463,18                                            | 60000,00                           | 100702,07                                           | 90000,00                           | 45238,89                                                    | 30000,00    | széles                                                  |
| DKC5190 | $y = 0,000000000050844x^2 + 0,000021267216691x + 9,804598151164370$     |                                              |                                                     |                                                     | 50000,00                           |                                                     | 90000,00                           |                                                             | 40000,00    | nem értelmezhető/igen széles (Sz <sub>5%</sub> alapján) |
| DKC5222 | $y = -0,0000000000710141x^2 + 0,000122440603318x + 6,060829625711370$   | 86208,65                                     | 11,33                                               | 58134,58                                            | 60000,00                           | 114282,72                                           | 90000,00                           | 56148,14                                                    | 30000,00    | széles                                                  |
| DKC5276 | $y = -0,0000000001028513x^2 + 0,000165204905627x + 4,848509272880600$   | 80312,5                                      | 11,48                                               | 56984,75                                            | 60000,00                           | 103640,24                                           | 90000,00                           | 46655,49                                                    | 30000,00    | széles                                                  |

Ennek megfelelően megállapítottuk, hogy a DKC3623 hibrid jól sűríthető, átlagos és magas termésszinteken a magas tőszámokon szignifikánsan magasabb a termése, széles optimummal bír, stabil, megtartott csőhosszal rendelkezik. A DKC3705 hibridet alacsony és átlagos szinten nem szükséges sűríteni, szűk intervallumban termesztendő, megtartott, hosszú csővű fajta, a tőszám kezeléseken a csőhossz adatok között szignifikáns különbséget mértünk. A DKC3939 jól sűríthető, szűk optimummal, stabil csőhosszal rendelkező hibrid, átlagos és alacsony termésszinteken stabil, szélesebb optimummal jellemezhető. A DKC4014 hibrid széles optimumú, sűrítést nem igénylő, flexibilis csőtípussal bíró, prolifikus jellegekkel rendelkező hibrid, alacsony és átlagos termésszinteken nagyszerű kompenzációs képességekkel rendelkezik. A DKC4025 jól sűríthető, széles optimummal bír, fix csőtípusú hibrid, magas termésszinten meghalálja a sűrítést, alacsony és átlagos termésszinten megbízható hibrid. A DKC4590 sűrítést nem igénylő, nagy stabilitással rendelkező, széles optimumú, flexibilis csőtípussal rendelkező hibrid, csak a magas termésszinteken lehet indokolt a sűrítése korai betakarítással. A DKC4541 sűrítést nem igénylő, széles optimummal és nagy stabilitással, megtartott csőhosszal rendelkező hibrid, alacsony termésszinten jól kompenzál stabil csővével, magas termésszinteken megfontolható a sűrítése. A DKC4490 sűrítésre jól reagáló, széles optimummal rendelkező, fix csőtípussal rendelkező fajta, jó agronómiai tulajdonságainak köszönhetően sűrítésre alkalmas hibrid. A DKC4717 sűrítést csak magas termésszinteken igénylő, széles optimumú, megtartott hosszú csővel, alacsony tőszámokon jól kompenzáló hibrid. A DKC4795 sűrítésre jól reagáló, magas tőszámokat meghaláló, széles optimummal és fix csőtípussal rendelkező genotípus, kiváló agronómiai tulajdonságokkal bír, sűríthető. A DKC4964 széles optimummal rendelkező hosszú csővű hibrid, alacsony és átlagos termésszinteken nem indokolt a sűrítése, jól kompenzál. A DKC4943 széles optimummal, flexibilis csőtípussal rendelkező hibrid, alacsony termésszinten jól kompenzál stabil csővével, magas termésszinteken megfontolható a sűrítése. A DKC5031 széles optimummal, flexibilis csőtípussal rendelkező hibrid, magas tőszámokon is sikerrel termesztendő, átlagos, illetve alacsony termésszinten jól kompenzál megtartott, hosszú csővével. A DKC5007 széles optimummal, flexibilis csőtípussal rendelkező hibrid. A DKC5190 átlagos és magas termésszinteken kimondottan jól sűríthető, alacsony termésszinten alacsony tőszámmal biztonságosan termesztendő hibrid, széles optimummal.

A DKC5276 sűrítésre jól reagáló, széles optimummal, flexibilis csőtípussal rendelkező hibrid.

A fenti megállapításokat kiegészítő információként klaszter elemzéssel is megvizsgáltuk, értékeltük azt, hogy az egyes csoportokon belüli terméskomponens adatok – itt a csőhossz – mennyiben hasonlítanak egymáshoz és különböznek más klaszterek elemeitől, azaz az egyes klasztereken belül lévő hibridek mennyiben különböznek más klaszterek fajtáitól. A célunk ezzel az volt, hogy a hibrideket csőkarakterisztikájuk szerint osztályozzuk, más módon közelítsük meg a statisztikai eredményeket és a szántóföldi megfigyeléseket, valamint az ezekből származó következtetéseket, hibridbesorolásokat. A lenti dendogram azt szemlélteti, hogy a hibridek hogyan különülnek el egymástól, illetve mennyiben kerülnek egy klaszterbe a csőhossz tulajdonságaik, illetve annak tőszámkezelés hatására bekövetkező megváltozása, reakciója, annak mértéke és szignifikanciája szerint. A 10. ábra a csőhossz tulajdonságok szerinti összehasonlítást mutatja. A piros szín a magas értékeket mutatja, a kék az alacsony értékeket, rövidebb csőhosszokat, a szín mélysége az átlagtól való eltérés nagyságát jelzi. A dendogramos megjelenés jól mutatja a hibridek hasonlóságát. Közel került a flexibilis csővel rendelkező DKC3705, DKC4014, DKC4590 és DKC5276. Egyértelműen elkülönül a fix csövű DKC4795 és a DKC5007, amely hibridnél jelentős, de nem szignifikáns csőhossz eltérését mértünk a szélső tőszámkezeléseken (27,18%).



**10. ábra** A hibridek különbözősége csőhossz alapján a töszámkezelések hatására, 2011

### 3.2.2. Töszámkísérletekhez kapcsolódó töszám ajánlás és jövedelem számítás

Fajtahasználói szempontból a termesztés végső célja a gazdasági eredmények növelése, a fenntartható és rentábilis gazdálkodás. A fajta és töszám ajánlás fontos része, hogy mindezeket úgy tesszük meg, hogy ezzel a fajtát választók ökonómiai mutatóit is javítjuk. A 11. táblázat tartalmazza a DKC3623 hibrid gazdasági eredményeit, illetve lehetőségeit a különböző állománysűrűségeken, az adott termésszinteken. A DKC3623 hibrid alacsony termésszinten ( $<7 \text{ t ha}^{-1}$ ) a legmagasabb töszámon (90.000 növény  $\text{ha}^{-1}$ ) érte el a legmagasabb szemtermés eredményt, de a befektetés nem kifizetődő ilyen termésszinten, ilyen költségszintekkel nem érdemes gazdálkodni. Átlagos termésszinteken (7-11  $\text{t ha}^{-1}$ ) a legmagasabb töszámon (90.000 növény  $\text{ha}^{-1}$ ) volt a legmagasabb a termés, a jövedelem maximuma viszont a legalacsonyabb állománysűrűség (50.000 növény  $\text{ha}^{-1}$ ) választása esetén realizálódik. Magas termésszinteken ( $11 < \text{t ha}^{-1}$ ) is a legmagasabb töszámon (90.000 növény  $\text{ha}^{-1}$ ) volt a legmagasabb a termés, a profit maximumát a közepes (70.000 növény  $\text{ha}^{-1}$ ) állománysűrűségnél értük el. Jövedelem számításunk rámutat arra a tényre, hogy a legmagasabb szemtermés nem minden esetben jelenti a legmagasabb gazdasági eredményt a termeszőnek. A töszám javaslatnak komplex szakmai tanácsadásnak kell lennie, ami

figyelembe veszi a termesztési környezet adottságait, a terület hisztorikus eredményei alapján a várható termésszintet, a választott fajta potenciálját, tőszámreakcióját, tőszámoptimumát, intervallum szélességét, a hibrid agronómiai tulajdonságait és a lehetséges gazdasági eredményeket. Mindezeket meghatározva lehetőségünk nyílik területalapú, precíziós és hibridspecifikus tőszámajánlat elkészítésére.

**11. táblázat** A DKC3623 hibrid jövedelem lehetőségei a különböző termésszinteken a tőszámkezelések függvényében (2009-2015)

| Összes eredmény - DKC3623                                |                                 |            |                                     |          |                       |                                           |                                         |                              |                            |                |
|----------------------------------------------------------|---------------------------------|------------|-------------------------------------|----------|-----------------------|-------------------------------------------|-----------------------------------------|------------------------------|----------------------------|----------------|
| Tőszám<br>(növény ha <sup>-1</sup> )                     | Termés<br>(t ha <sup>-1</sup> ) | Víz<br>(%) | Termény<br>ár (Ft t <sup>-1</sup> ) | Szárítás | ha<br>költség<br>(Ft) | Vetőmag<br>ára zsák <sup>-1</sup><br>(Ft) | Vetőmag<br>ára ha <sup>-1</sup><br>(Ft) | Szárítás<br>költsége<br>(Ft) | Kereskedelmi<br>érték (Ft) | Haszon<br>(Ft) |
| 50000                                                    | 9,45                            | 16,05      | 45700                               | 680      | 250000                | 48000                                     | 30000                                   | 9964                         | 432023,16                  | 142059,21      |
| 60000                                                    | 10,01                           | 16,12      | 45700                               | 680      | 250000                | 48000                                     | 36000                                   | 11023                        | 457282,71                  | 160259,90      |
| 70000                                                    | 10,00                           | 16,24      | 45700                               | 680      | 250000                | 48000                                     | 42000                                   | 11828                        | 456844,47                  | 153016,49      |
| 80000                                                    | 10,50                           | 16,04      | 45700                               | 680      | 250000                | 48000                                     | 48000                                   | 10999                        | 479995,01                  | 170996,09      |
| 90000                                                    | 10,76                           | 16,10      | 45700                               | 680      | 250000                | 48000                                     | 54000                                   | 11705                        | 491633,04                  | 175928,51      |
| Alacsony termésszint (0-7 t ha <sup>-1</sup> ) - DKC3623 |                                 |            |                                     |          |                       |                                           |                                         |                              |                            |                |
| Tőszám<br>(növény ha <sup>-1</sup> )                     | Termés<br>(t ha <sup>-1</sup> ) | Víz<br>(%) | Termény<br>ár (Ft t <sup>-1</sup> ) | Szárítás | ha<br>költség<br>(Ft) | Vetőmag<br>ára zsák <sup>-1</sup><br>(Ft) | Vetőmag<br>ára ha <sup>-1</sup><br>(Ft) | Szárítás<br>költsége<br>(Ft) | Kereskedelmi<br>érték (Ft) | Haszon<br>(Ft) |
| 50000                                                    | 5,19                            | 14,92      | 45700                               | 680      | 240000                | 48000                                     | 30000                                   | 1483                         | 237239,02                  | -34243,60      |
| 60000                                                    | 5,10                            | 15,73      | 45700                               | 680      | 240000                | 48000                                     | 36000                                   | 4269                         | 233268,95                  | -47000,33      |
| 70000                                                    | 4,78                            | 16,20      | 45700                               | 680      | 240000                | 48000                                     | 42000                                   | 5531                         | 218648,99                  | -68881,82      |
| 80000                                                    | 4,72                            | 15,27      | 45700                               | 680      | 240000                | 48000                                     | 48000                                   | 2474                         | 215900,66                  | -74572,99      |
| 90000                                                    | 5,20                            | 15,86      | 45700                               | 680      | 240000                | 48000                                     | 54000                                   | 4808                         | 237604,81                  | -61203,43      |
| Átlagos termésszint (7-11 t ha <sup>-1</sup> ) - DKC3623 |                                 |            |                                     |          |                       |                                           |                                         |                              |                            |                |
| Tőszám<br>(növény ha <sup>-1</sup> )                     | Termés<br>(t ha <sup>-1</sup> ) | Víz<br>(%) | Termény<br>ár (Ft t <sup>-1</sup> ) | Szárítás | ha<br>költség<br>(Ft) | Vetőmag<br>ára zsák <sup>-1</sup><br>(Ft) | Vetőmag<br>ára ha <sup>-1</sup><br>(Ft) | Szárítás<br>költsége<br>(Ft) | Kereskedelmi<br>érték (Ft) | Haszon<br>(Ft) |
| 50000                                                    | 8,97                            | 13,69      | 45700                               | 680      | 240000                | 48000                                     | 30000                                   | -4939                        | 409786,57                  | 144725,53      |
| 60000                                                    | 8,94                            | 13,55      | 45700                               | 680      | 240000                | 48000                                     | 36000                                   | -5772                        | 408336,02                  | 138108,12      |
| 70000                                                    | 9,22                            | 14,00      | 45700                               | 680      | 240000                | 48000                                     | 42000                                   | -3134                        | 421306,62                  | 142441,06      |
| 80000                                                    | 9,35                            | 13,56      | 45700                               | 680      | 240000                | 48000                                     | 48000                                   | -5977                        | 427326,49                  | 145303,45      |
| 90000                                                    | 9,40                            | 13,47      | 45700                               | 680      | 240000                | 48000                                     | 54000                                   | -6582                        | 429482,86                  | 142065,13      |
| Magas termésszint (11 < t ha <sup>-1</sup> ) - DKC3623   |                                 |            |                                     |          |                       |                                           |                                         |                              |                            |                |
| Tőszám<br>(növény ha <sup>-1</sup> )                     | Termés<br>(t ha <sup>-1</sup> ) | Víz<br>(%) | Termény<br>ár (Ft t <sup>-1</sup> ) | Szárítás | ha<br>költség<br>(Ft) | Vetőmag<br>ára zsák <sup>-1</sup><br>(Ft) | Vetőmag<br>ára ha <sup>-1</sup><br>(Ft) | Szárítás<br>költsége<br>(Ft) | Kereskedelmi<br>érték (Ft) | Haszon<br>(Ft) |
| 50000                                                    | 12,56                           | 20,07      | 45700                               | 680      | 240000                | 48000                                     | 30000                                   | 47575                        | 574023,22                  | 256448,38      |
| 60000                                                    | 12,90                           | 18,51      | 45700                               | 680      | 240000                | 48000                                     | 36000                                   | 35163                        | 589308,69                  | 278146,17      |
| 70000                                                    | 13,96                           | 19,19      | 45700                               | 680      | 240000                | 48000                                     | 42000                                   | 44511                        | 637830,41                  | 311319,06      |
| 80000                                                    | 14,01                           | 18,99      | 45700                               | 680      | 240000                | 48000                                     | 48000                                   | 42770                        | 640176,93                  | 309406,94      |
| 90000                                                    | 14,02                           | 18,90      | 45700                               | 680      | 240000                | 48000                                     | 54000                                   | 41951                        | 640761,15                  | 304810,22      |



#### 4. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

Az elmúlt tíz év különböző agrotechnikai kísérleteinek célja a kísérletbe vont genotípusok megismerése, a környezeti faktorok és a termesztéstechnológia elemeinek elsősorban az alkalmazott állománysűrűségnek azokra gyakorolt hatásának értelmezése volt. Szándékunk szerint az így nyert információk irányt mutatnak a nemesítési, szelekciós munkában, a biológiai alapok fejlesztésében. Hisszük, hogy a fenntartható gazdálkodás, illetve a hazai kukoricatermesztés jövőbeni sikerének egyik alapja a rendelkezésre álló biológiai alapok teljeskörű ismerete, racionális használata és a bennük rejlő potenciál maximális, ugyanakkor környezettudatos kihasználása.

Ezen célok megvalósítása folyamán a következő új tudományos eredményeket értük el:

1. A kísérletbe vont genotípusok vizsgálati időszakból származó eredményei alapján igazoltuk, hogy az újabb, modern hibridek az évjáratok kiszámíthatatlansága ellenére alkalmasak a magasabb tőszámon történő eredményes termesztésre.
2. Új módszer, hogy a hibrid – tőszám interakciók vizsgálatát három termésszintre bontva külön-külön is elvégeztük, ezzel biztosítva a hibridek reakcióinak még pontosabb megismerését és leírásának lehetőségét.
3. Megállapítottuk, hogy hibridek egyedi, specifikus tőszámreakcióval rendelkeznek és ezek a reakciók az eltérő termésszinteken is különbözőek. Ennek megfelelően ezen eredmények elkülönített értékelése kritikus a genotípusok megismerése szempontjából, illetve a hazai termesztési gyakorlat felhasználása számára is.
4. Megállapítottuk, hogy az állománysűrűség nincs statisztikailag igazolható hatással az agronómiai tulajdonságokra, ugyanakkor a területegységre jutó tőszám növelésének negatív hatása a szántóföldön kimutatható.
5. A tőszámreakciók kiértékelését és értelmezését a hibridek terméskomponenseinek vizsgálatával is kiegészítettük, amely során megállapítottuk, hogy a szemsorok száma fix tulajdonság, arra a környezet, az állománysűrűség változása nincs hatással.
6. Megállapítottuk, hogy a tőszám növelése minden más terméskomponensre (csőhossz, soronkénti szemek száma, a cső körmérete, a cső átmérője és az ezerszemtömeg) negatív hatással volt.

7. A tőszámreakciók vizsgálata, kiegészítve az agronómiai és terméskomponens vizsgálatokkal, lehetővé teszi a hibridspecifikus tőszámreakció komplex, a teljes növényre kiterjedő tanulmányozását.
8. A hibridek eltérő stratégiával maximalizálják a területegységre jutó termésüket, ez általában a területre jutó csövek számának szorzata a csövenkénti szemek számával és annak tömegével. A hibridek más és más terméskomponenseik révén érik el a megvalósítható legmagasabb termést a különböző állománysűrűségek esetén. Ezen specifikus stratégia megismerése fontos volt a hibridspecifikus és a terület eltartóképességét is figyelembe vevő tőszámajánlás kidolgozásakor.
9. A kísérletben szereplő hibrideket tőszámreakciójuk, sűrítetőségük és csőkarakterük alapján a következő csoportokba soroltuk:
  - a. Szűk intervallumban termesztethető, állománysűrítésre érzékenyen reagáló hibridek: DKC3705.
  - b. Jól sűrítendő hibridek:
    - i. jól sűrítendő, széles optimummal rendelkező, stabil csőhosszal rendelkező hibridek: DKC3623, DKC4541;
    - ii. jól sűrítendő, szűk optimummal bíró, stabil csőhosszal rendelkező hibridek: DKC3939;
    - iii. jól sűrítendő, széles optimummal rendelkező hibridek, fix csőtípussal rendelkező hibridek: DKC4025, DKC4490, DKC4795, DKC5190, DKC5222.
  - c. Széles optimummal termesztendő hibridek:
    - i. Széles optimummal rendelkező, sűrítést nem igénylő, flexibilis csőtípussal rendelkező hibridek: DKC4014, DKC4590, DKC4964, DKC4943, DKC5031, DKC5141, DKC5276;
    - ii. Széles optimummal, megtartott csőhosszal rendelkező hibridek: DKC4717, DKC5007.
10. Új tőszámkísérleti és hibrid értékelési rendszert dolgoztunk ki, ami a pontos, a termőhelyi adottságokra alapozott tanácsadást segíti. A rendszer elemei a következők:

- a. Tőszámkísérleti hálózat és annak módszertana, beleértve az agronómiai tulajdonságok vizsgálatát is;
- b. Terméskomponensek vizsgálata és értékelése a különböző tőszám kezeléseken;
- c. Tőszámreakció és csőkarakterisztika vizsgálatok együttes értékelése és hibridminősítés elkészítése;
- d. Termésszintre bontott hibridértékelési rendszer annak érdekében, hogy az átlageredményeken túl a szélsőséges körülmények között történő termesztési gyakorlatot is kiszolgálhassuk tudományos igényű és közvetlenül alkalmazható hibridspecifikus információval.
- e. Profitkalkuláció alkalmazása a tudományos eredmények gyakorlati felhasználóinak, annak érdekében, hogy ne a termést maximalizálják, hanem a profitot.

## 5. GYAKORLATBAN ALKALMAZHATÓ EREDMÉNYEK

Magyarországon a kiszámíthatatlan időjárási körülmények és az inputok nem megfelelő szintje miatt a kukorica országos termésátlaga 5,89 t ha<sup>-1</sup>, ha az elmúlt 15 év átlagát tekintjük. Az alacsony értékek mellett fontosabb kérdés a termés ingadozása, az ebből származó bevételek tervezhetetlensége. A hazai mezőgazdasági szerkezetben kulcsszerepet betöltő kukorica termésbiztonságának és rentabilitásának megteremtése nemzetgazdasági szükséglet. Munkánk eredményeinek gyakorlati hasznosíthatóságát a következőkben látjuk:

1. A megfelelő hibrid a megfelelő tőszámon alkalmazva közel 50%-ban határozza meg a kukoricatermesztés sikerességét (Györffy és Berzsenyi, 1995) – munkánkkal hozzájárultunk ahhoz, hogy az okszerű fajtahasználat megvalósulhasson.
2. Eredményeink, a rendelkezésünkre álló adatbázis segítségével termésszintre alkalmazható fajta-, tőszámajánlást tudunk tenni.
3. A hibridre és a termésszintre vonatkozó komplex információk közvetlenül hasznosíthatóak a precíziós gazdálkodás keretein belül.
4. A kísérletben szereplő hibrideket tőszámreakciójuk, sűrítetőségük és csőkarakterük alapján csoportokba soroltuk – ezen információk közvetlenül hasznosíthatók a hibridet adott termesztési környezetbe keresők számára.
5. A tőszámkísérleti és komplex hibridértékelési rendszer közvetlenül a gyakorlatban használható.
6. Tőszámkísérleti, hibridértékelési és jövedelem számítási modelljeink közvetlenül alkalmazhatóak a kukoricatermesztés napi gyakorlatában, nem csak a helyes tőszám, de a gazdasági lehetőségek közvetlen tervezése során is.
7. Eredményeink hozzájárulnak a jövőbeni hibridnemesítési munka egyik fontos alapját képező genotípus – környezet – menedzsment hármas rendszer komplex, sikeres gyakorlati megvalósításában.



Nyilvántartási szám: DEENK/29/2018.PL  
Tárgy: PhD Publikációs Lista

Jelölt: Könczöl Péter  
Neptun kód: B17YYC  
Doktori Iskola: Kerpely Kálmán Doktori Iskola  
MTMT azonosító: 10062455

### **A PhD értekezés alapjául szolgáló közlemények**

#### Idegen nyelvű tudományos közlemények hazai folyóiratban (1)

1. **Könczöl, P.:** The effect of plant density to the yield results and the yield components of maize hybrids.  
*Agrártud. közl.* 72, 89-93, 2017. ISSN: 1587-1282.

#### Idegen nyelvű tudományos közlemények külföldi folyóiratban (1)

2. **Könczöl, P.,** Ágner, Z., Sovány, C., Fehérvári, S.: Effect of plant density on grain yield, yield components and agronomic traits of maize (*Zea mays* L.) hybrids.  
*Maydica. [Epub]*, [18], 2018. ISSN: 0025-6153.  
IF: 0.375 (2016)

#### Egyéb folyóiratközlemények (1)

3. **Könczöl, P.:** A tőszám, mint a kukorica termesztéstechnológia lényeges, de ki nem használt eleme.  
*Agroforum.* 67, 56-59, 2016. ISSN: 1788-5884.

#### Magyar nyelvű absztrakt kiadványok (1)

4. **Könczöl, P.:** A tőszám- és terméskomponens-vizsgálatok eredményeinek felhasználása a kukorica gyakorlati nemesítési munkában.  
In: XXIII. Növénytermesztési Tudományos Nap : Összefoglalók. Szerk.: Veisz Ottó, Magyar Tudományos Akadémia, Budapest, 53, 2017.





**További közlemények**

Ismeretterjesztő, népszerűsítő cikkek (1)

5. **Könczöl, P.**, Csajbók, J.: Éghajlati anomáliák hatásai a kukorica genetikai és termesztéstechnológiai fejlesztésére.  
*Agroforum. 19* (Extra), 20-21, 2008. ISSN: 1788-5884.

Ötalmi formák (5)

6. **Könczöl, P.**: 91DUQ1 X 0997. 2017  
Hatáskör: -Oroszország  
Bejelentés ideje: 2014.12.25-  
Ügyiratszám: 66453 (2014.12.25)  
Szabadalmi szám: 9285
7. **Könczöl, P.**: EP3919. 2017  
Hatáskör: Oroszország  
Bejelentés ideje: 2017.08.24  
Ügyiratszám: 72529 (2017.08.24)
8. **Könczöl, P.**: EP4224. 2017  
Hatáskör: Oroszország  
Bejelentés ideje: 2017.10.24  
Ügyiratszám: 72791 (2017.10.24)
9. **Könczöl, P.**: EP4313. 2017  
Hatáskör: Oroszország  
Bejelentés ideje: 2017-10-24  
Ügyiratszám: 72790 (2017-10-24)





**DEBRECENI  
EGYETEM**

**DEBRECENI EGYETEM  
EGYETEMI ÉS NEMZETI KÖNYVTÁR**

H-4002 Debrecen, Egyetem tér 1, Pf.: 400  
Tel.: 52/410-443, e-mail: publikaciok@lib.unideb.hu

10. **Könczöl, P.**: V4265Z. 2017

Hatáskör: Oroszország

Bejelentés ideje: 2014.12.08

Ügyiratszám: 66446 (2014.12.08)

Szabadalmi szám: 8788

**A közlő folyóiratok összesített impakt faktora: 0,375**

**A közlő folyóiratok összesített impakt faktora (az értekezés alapjául szolgáló közleményekre):  
0,375**

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

Debrecen, 2018.01.29.

