



DEBRECENI EGYETEM
AGRÁRTUDOMÁNYI CENTRUM
MEZŐGAZDASÁGTUDOMÁNYI KAR
NÖVÉNYTERMESZTÉSI ÉS TÁJÖKOLÓGIAI TANSZÉK

NÖVÉNYTERMESZTÉSI ÉS KERTÉSZETI
TUDOMÁNYOK DOKTORI ISKOLA

Doktori Iskola vezető:

†**Dr. Ruzsányi László**
MTA doktora

Témavezető:

Dr. habil Sárvári Mihály
a mezőgazdasági tudományok kandidátusa

A TÁPANYAGELLÁTÁS SZEREPE A HIBRIDSPECIFIKUS KUKORICATERMESZTÉSBEN

Készítette:

Jakab Péter
okleveles agrármérnök

DEBRECEN

2003

1. BEVEZETÉS

Hazánk ökológiai adottságai indokolják, hogy a szántóterület jelenleg mintegy 60%-át gabonafélék foglalják el. A kukorica (a silókukoricával együtt) 1946 óta a legnagyobb területen termelt szántóföldi kultúránk, és valószínűleg jelentős szerepet fog betölteni növénytermesztésünk szerkezetében a jövőben is.

Magyarországon a kukoricatermesztés színvonala az 1970-es évek elejétől rohamos fejlődésnek indult, és az eredmények az 1980-as évek végéig a nemzetközi élvonalba tartoztak. Ebben az időszakban a kukorica országos termésátlaga több egymást követő évben is meghaladta a hektáronkénti 6 tonnát. Ezzel az eredménnyel hazánk az 1 millió hektárt meghaladó területen kukoricát termelő országok sorában a legjobbak között volt. A kukoricatermesztés technológiájának fejlődésében és a kiemelkedő terméseredmények elérésében több tényező játszott szerepet, úgymint a legújabb fajták, hibridek termesztése, a növényvédelmi technológia fejlődése, a műszaki technikai színvonal javulása, valamint a nagyadagú műtrágyázás elterjedése. Ez utóbbi agrotechnikai tényező jelentősen hozzájárult a hozamok növekedéséhez, ez derül ki számos e témával foglalkozó kutató munkájából is.

A ráfordítások tekintetében 1990 után nagy arányú csökkenés következett be. A kemikáliák felhasználásán belül elsősorban a tápanyagellátásban bekövetkezett nagyarányú visszaesés volt kedvezőtlen a kukoricatermesztés és a növénytermesztés egésze számára is. Ehhez párosult még az aszályos évek gyakori előfordulása is, melynek következtében a hibridek termésingadozása a korábbi 10-20%-ról 30-50%-ra nőtt, és a termésátlagok is jelentősen csökkentek.

A kukoricatermesztés eredményességét az ökológiai, a biológiai és az agrotechnikai feltételek összessége határozza meg. A termelési színvonal annál magasabb és stabilabb, minél inkább tudunk alkalmazkodni az ökológiai adottságokhoz. Ennek egyik módja a kiváló genetikai tulajdonságokkal rendelkező hibridek termesztése, amelyek a hazai fajtaválasztékban rendelkezésre állnak. A másik lehetőség az egyes agrotechnikai elemek, mint például a tápanyagellátás szakszerű alkalmazása. Az optimális tápanyagmennyiség meghatározása nagyon fontos, ugyanis nemcsak a termés mennyiségére, minősége, hanem a termelés hatékonyságára és a környezetre is jelentős hatással van.

Kutatásaim során a Hajdúság adott ökológiai feltételei mellett vizsgáltam a termesztési tényezők, ezen belül kiemelten a tápanyagellátás hatását tíz különböző

genotípusú kukoricahibrid fontos értékmérő tulajdonságára, illetve a termésképződés szempontjából fontos élettani folyamatára, amelyek a következők voltak:

- termőképesség
- természetes tápanyagfeltáró- és hasznosító képesség
- vízleadási dinamika, betakarításkori szemnedvesség
- nyersfehérje-, keményítő-, illetve nyersolajtartalom
- makro-, mezo- és mikroelemtartalom
- különböző gombás fertőzöttség és toxinszennyezettség mértéke
- levélterületi index (LAI) illetve ennek változása a tenyészidő során
- fotoszintetikus aktivitás

Vizsgálataimat azzal a meggyőződéssel végeztem, hogy a kapott eredményeket a hasonló ökológiai adottságokkal rendelkező területeken is eredményesen felhasználhassák, valamint hogy újabb információkat nyerjünk, amelyek segítenek a fajtaspecifikus technológiák kidolgozásában, illetve pontosításában.

2. ANYAG ÉS MÓDSZER

2.1. A kísérlet talajának tulajdonságai

Kísérletemet a Debreceni Egyetem ATC Növénytermesztési és Tájökológiai Tanszékének bemutatókertjében állítottuk be.

A kísérlet talaja mészlepedékes csernozjom. A talajra jellemző a humuszanyagok felhalmozódása, valamint a könnyű művelhetőség. A talaj legfelső részében jellemző a kilúgzás, a feltalajban mész nem található. A karbonátok mennyisége felülről lefelé fokozatosan nő, és kolloid vagy mikrokristályos alakban egy rétegen csapódik ki. A talaj mészhiányból eredően száraz periódusokban cserepesedésre volt hajlamos. A talaj tápanyagtartalma közepes, tápanyag-dinamikája jó. Az „A” szint humuszvastagsága 50-70 cm. A talaj szervesanyag tartalma 2,57 %, az Arany-féle kötöttség értéke 45. A pH-értéke 7,0; N-tartalma 0,12%; Al-oldható P₂O₅ 100 mg/kg; K₂O tartalma 165 mg/kg (1. táblázat).

1. táblázat. A kísérlet talajának fontosabb jellemzői

pH (H ₂ O)	CaCO ₃	P ₂ O ₅ (mg/kg)	K ₂ O (mg/kg)	Humusz %	K _A
7,0	ny.	100	165	2,57	45

2.2. A kísérleti évek időjárásának jellemzői

A vizsgálat három éve alatt (1999-2001) a kukorica számára kedvező és kedvezőtlen évjáratok egyaránt előfordultak Debrecen térségében.

1999-ben igen kedvező volt a tenyészidőben a csapadék eloszlása, melynek következtében a kukorica szépen fejlődött, a csöképződés és a szemtelítődés is kedvező volt. A 30 éves átlaghoz képest magasabb volt az átlaghőmérséklet, ami a kedvező csapadékelátottság mellett különösen kedvezett a jó termésátlag kialakulásának.

2000 és 2001 években a kukorica tenyészidejében lehullott csapadék mennyisége 64,4 illetve 23,9 mm- el volt kevesebb mint a 30 éves átlag, a hőmérsékleti átlagok pedig pozitív eltérést mutattak a sokéves átlagtól a kukorica vegetációs időszakában. Az átlagot meghaladó hőmérséklet a csapadékhiánnyal párosulva kedvezőtlenül hatott a

kukorica fejlődésére, és alacsonyabb termés kialakulását okozta mindkét évben. Mindezek alapján a 2000 év kedvezőtlen, 2001 pedig közepes évjárat volt a kukorica számára.

2.3. A kísérletben vizsgált kukoricahibridek

1999-2001 években 10 kukoricahibriddel állítottuk be a kísérletet, amelyeket igyekeztünk úgy kiválasztani, hogy legyenek igen korai-, korai-, közép-, és késői éréscsoportba tartozó hazai valamint külföldi nemesítésű hibridek (2. táblázat).

2. táblázat. A kísérletben vizsgált kukoricahibridek

Hibrid	FAO-szám
1. Monessa SC (Pi. 3905)	270
2. DK 366 SC	310
3. Norma SC	380
4 Evelina SC (Pi. 3752)	380
5. Debreceni SC 351	380
6. DK 471 SC	410
7. Veronika (Sze SC 427)	460
8. Colomba SC	480
9. Filia SC (Pi. 3515)	500
10. Mv TC 514	550

2.4. Az alkalmazott agrotechnika főbb jellemzői

A vizsgált három kísérleti évben (1999, 2000, 2001) a kontroll mellett 5 műtrágyalépcsőt alkalmaztunk I-III ismétlésben, ahol a legkisebb műtrágyaadag 40 kg N; 25 kg P₂O₅; 30 kg K₂O hatóanyag volt hektáronként, a legnagyobb adag pedig ennek az ötszöröse, 200 kg N; 125 kg P₂O₅; 150 kg K₂O, mely összesen 475 kg vegyes hatóanyagot jelent. A nitrogént összességében ill. tavasszal 50:50 %-ban megosztva, a foszfor és a kálium teljes mennyiségét összességében egy adagban juttattuk ki.

Az őszi alapművelés mindhárom évben őszi szántás volt 30-35 cm mélységben. A tavaszi elmunkálás illetve a magágykészítés 1999 és 2000-ben nehézboronával és ásóboronával, 2001-ben kétszeri boronálással és kombinátorral történt.

A vegyszeres gyomirtást 1999-ben Primextra 500 FW-vel végeztük 6 l/ha mennyiségben. 2000-ben Lontrell (0,5 l/ha) és Starane (1,5 l/ha) kombinációját alkalmaztuk, míg 2001-ben Primextra 6 l/ha + Motivell 1 l/ha kombinációját. A vegyszeres gyomirtás mellett minden évben mechanikai gyomirtás is történt.

2.5. Kiegészítő vizsgálatok és módszerei

2.5.1. A fotoszintézismérés műszere és módszerének leírása

LI 6400-as hordozható fotoszintézismérő készülék, amely a LI-COR cég terméke. Infravörös lézertényelnyelésen alapuló készülék. Feladata a CO₂ mérés, mely a következő elven működik:

A mérés kezdetekor a kukoricánövény (vagy bármely más növény) levelét befogjuk a mérő referenciakamrába. A kamrából távozó levegő CO₂ tartalmát hasonlítja össze a bejövő levegő CO₂ tartalmával és számolja ki a megkötött CO₂-t. Ebből számol különböző algoritmusokkal fotoszintézis intenzitást, intercelluláris CO₂ mennyiséget (sejt közötti CO₂), sztómányitottságot, végül átjárhatóságot.

Mérés előtt a műszert kalibrálni kell. A mérést szabályozott fényintenzitásnál végzi. A foton intenzitása mellett rögzíti a hőmérsékletet, a légköri nyomást (levél hőmérsékletét, a környező levegő hőmérsékletét).

A méréseket a cső feletti levélen végeztük. 1999-ben VII.1-én, VII.22-én, VIII.16-án, IX.15-én, 2000-ben pedig VI.28-án, VII.25-én, és VIII.21-én végeztünk méréseket. A műszer a kukorica által megkötött CO₂ mennyiségét mérte mmol/m² levélterületre vonatkozóan.

A vizsgálatba a Monessa SC, Evelina SC, Veronika SC és az Mv TC 514 hibridek szerepeltek. A méréseket a kontroll (műtrágyázás nélküli) az 1-es (N₄₀+PK kg/ha) a 3-as (N₁₂₀+PK kg/ha) és az 5-ös (N₂₀₀+PK kg/ha) műtrágyakezeléseknél végeztük el.

2.5.2. A levélterület (LA) mérés módszere és ideje

A kukorica tenyészidejében mindhárom kísérleti évben (1999, 2000, 2001) 4 alkalommal mértük a Monessa SC, Evelina SC, Veronika SC és az Mv TC 514 hibridek

egyedi levélterületét. A hibridek kiválasztásánál szempont volt, hogy érésidejük eltérő legyen. A különböző érésidő csoportba tartozó hibridek FAO számai a következők voltak: Monessa SC: 270, Evelina SC: 380, Veronika SC: 460, Mv TC 514: 550.

A méréseket a kontroll (műtrágyázás nélküli), valamint a II. és a III. ismétlésben végeztük el az 1-es ($N_{40}+PK$ kg/ha) a 3-as ($N_{120}+PK$ kg/ha) és az 5-ös ($N_{200}+PK$ kg/ha) trágyaszinteknél. Kézi módszert alkalmaztunk, mely során megmértük az élő növény levelének szélességét és hosszúságát, melyből a MONTGOMERY- képlettel számoltam az egyedi levélterületet (LA) ill. levélterületi indexet (LAI):

$$LA(m^2/db) = \text{levél hosszúság (m)} \times \text{levél szélesség (m)} \times 0,75$$

$$LAI(m^2/m^2) = LA(m^2/db) \times PPD(db/m^2)$$

$$PPD = \text{plant population density, tőszám (db/m}^2\text{)}$$

A mért növényeket megjelöltük, így parcellánként minden alkalommal ugyanazokat az egyedeket mértük.

2.5.3. A kukoricahibridek vízleadási dinamikájának, és betakarításkori szemnedvesség tartalmának vizsgálata

A méréshez a mintavétel 7 naponként történt. Ezt követően a minták szárítószekrénybe kerültek, majd tömegállandóságig való szárítás után határoztuk meg a nedvességtartalmukat. A mintákat a kontroll parcellából, valamint a II-es és a III-as ismétlésből az 1-es ($N_{40}+PK$ kg/ha) a 3-as ($N_{120}+PK$ kg/ha) és az 5-ös ($N_{200}+PK$ kg/ha) műtrágyakezelésekből vettük. A vizsgálatba a Monessa SC, az Evelina SC, a Veronika SC és az Mv TC 514 hibrideket vontuk be.

1999-ben IX. 6-tól X. 7-ig 5 alkalommal, 2000-ben IX. 4-től IX. 21-ig 4 alkalommal 2001-ben VIII. 28-tól IX. 25-ig 5 alkalommal vettünk mintát.

A kapott eredmények alapján a tápanyagellátás hatását vizsgáltuk a kukoricahibridek vízleadásának ütemére, és a betakarításkori szemnedvesség tartalmára.

2.5.4. A kukoricaszem elemtartalmának vizsgálata

A Monessa SC, az Evelina SC, a Veronika SC és az Mv TC 514 hibridek szemmintáinak N, P, K, Ca, Mg és Zn-tartalmát vizsgáltuk a kontroll (műtrágyázás nélküli), az 1-es (N₄₀+PK kg/ha) a 3-as (N₁₂₀+PK kg/ha) és az 5-ös (N₂₀₀+PK kg/ha) kezelésekénél.

A méréseket a Debreceni Egyetem Agrártudományi Centrum Agrárműszerközpontjában Dr. Győri Zoltán és munkatársai végezték el. A takarmány-alapanyag és takarmányminták összelem meghatározása esetén HNO₃-H₂O₂ nedves roncsolású minta-előkészítési módszert alkalmaztak. A megfelelően előkészített (szárítás, darálás) mintából- típusától függően- 1,2 vagy 3 g-ot mértek ki. Ezt követte az előroncsolás, amely során 10 cm³ HNO₃-al kezelték a mintát 60 °C hőmérsékleten 30 percen keresztül. A főroncsolás előtt 3 cm³ 30%-os H₂O₂-ot adtak hozzá, majd 90 percig 120 °C-on tartották a roncsolmányt.

A N-tartalmat a MSz 6830-66 5,23 szerinti Wagner-Parnas féle *Mikrokjeldahl* módszerrel határozták meg. Az ásványi anyagok vizsgálatánál a növényi anyagot hamvasztással készítették elő, majd a törzsoldatból a K-ot lángfotometriálással, a Ca-, a Mg-, és a Zn-tartalmat atomabszorpciós eljárással határozták meg. A P-tartalom meghatározása molibdovanadátos módszerrel történt.

2.5.5. A kukoricaszem nyersfehérje-, keményítő- és nyersolajtartalmának vizsgálati módszere

A vizsgálatba a Monessa SC, az Evelina SC, a Veronika SC és az Mv TC 514 hibridek szerepeltek. A mintavétel a kontroll, az 1-es (N₄₀+PK kg/ha) és az 5-ös (N₂₀₀+PK kg/ha) műtrágyakezelésekből történt.

Ezeket a vizsgálatokat szintén a Debreceni Egyetem Agrártudományi Centrum Agrárműszerközpontjában Dr. Győri Zoltán és munkatársai végezték el.

2.5.5.1. A nyersfehérjetartalom meghatározása

A módszer elve szerint a takarmányt tömény kénsavval roncsolták, nitrogéntartalmát ammóniumsóvá alakították, majd a lúggal szabadabbá tett ammóniát kénsav vagy bórsav oldatba desztillálva titrálták. A fehérje desztillálását *Kjeltec* félautomata készülékkel végezték. A nyersfehérje-tartalom két párhuzamos meghatározás eredményéből számított középérték.

2.5.5.2. A keményítőtartalom meghatározása

A takarmánymintát meghatározott ideig híg sósavoldattal főzték. A fehérjék kicsapása után a tükrös szűrlet optikai forgatóképességét polariméteren mérték. A kapott forgatási értéket korrigálták a 40 (V/V)%-os etanolban oldható, híg sósavoldattal kezelt komponensek optikai forgatóképességének értékével.

2.5.5.3. A nyersolajtartalom meghatározása

A módszer elve: A minta extrahálása dietil-éterrel történt, majd a nyerssírt az oldószerrel desztillálással elválasztották, szárították, és a tömegét megmérték. A nyersolaj-tartalom két párhuzamos meghatározás eredményéből számított középérték. A meghatározást *Soxtec* félautomata készülékkel végezték.

2.5.6. A kukoricaszem gombás fertőzöttségének meghatározása

A vizsgálatok a Hajdú-Bihar megyei Növényegészségügyi és Talajvédelmi Állomáson történtek. Előzetes felületi fertőtlenítés, majd kétszeri desztillált vizes öblítés után mintánként 200 szemet steril nedveskamrában 10 napig inkubáltak. Ezt követően történt a gombatelepek vizuális (esetenként mikroszkópi) felmérése.

A mintavétel módja és a vizsgált hibridek megegyeznek a 2.5.5. pontban leírtakkal.

2.5.7. A kukoricahibridek (kukoricaszem) toxintartalmának vizsgálata

A *Fusarium* fajok által termelt toxinok közül a gyakrabban előforduló, nagy gazdasági jelentőséggel bíró T-2, DON, DAS, és F-2 mennyiségi meghatározására törekedtünk. A vizsgálatokat a Debreceni Egyetem Agrártudományi Centrum Agrárműszerközpontjában Dr. Győri Zoltán és munkatársai segítségével végeztük el. A vizsgálat során 20 g őrölt mintát metanol és víz 1:1 arányú keverékével rázattunk majd szűrtünk. Ezt követte egy kloroformos frakcionálás, amely után a mintákat nátrium-szulfáttal víztelenítettük, szűrtük és bepároltuk. Közvetlenül a mérés előtt a mintákat acetonitrilben vettük fel. A méréseket *AS-4000* automata mintaváltóval és *L-4500* típusú diódasoros detektorral felszerelt *Merck-Hitachi* folyadék-kromatográffal végeztük el, RP-18 5 μ m (125x4 mm) oszlopon, gradiens elúcióval. A különböző mikotoxinok azonosítása és mennyiségi meghatározása kevert standard oldatok segítségével történt. A mikotoxinok kimutatási határértéke: T-2: 0,062 μ g/kg, DON: 0,080 μ g/kg, DAS: 0,058 μ g/kg, F-2: 0,003 μ g/kg.

A mintavétel módja és a vizsgált hibridek megegyeznek a 2.5.5. pontban leírtakkal.

2.5.8. A kísérleti eredmények értékelésének módszere

A kapott adatok statisztikai feldolgozása egy- és kéttényezős varianciaanalízissel, (SVÁB 1981) illetve SPSS 9.0 statisztikai program felhasználásával történt. Az ábrák készítését Microsoft Excel 97, az eredmények szöveges értékelését Microsoft Word 97 programok segítségével végeztem el.

3. EREDMÉNYEK

3.1. Az NPK-műtrágyázás hatása a kukorica hibridek termésére

1999 kedvező évjárat volt a kukorica számára. A hibridek legnagyobb termésüket 12,17-15,26 t/ha, a $N_{200}+PK$ kg/ha hatóanyagú kezelésnél érték el. A vizsgált hibridek közül legnagyobb termése a Colomba SC (15,26 t/ha) és a Filia SC (14,77 t/ha) hibrideknek volt (1. ábra).

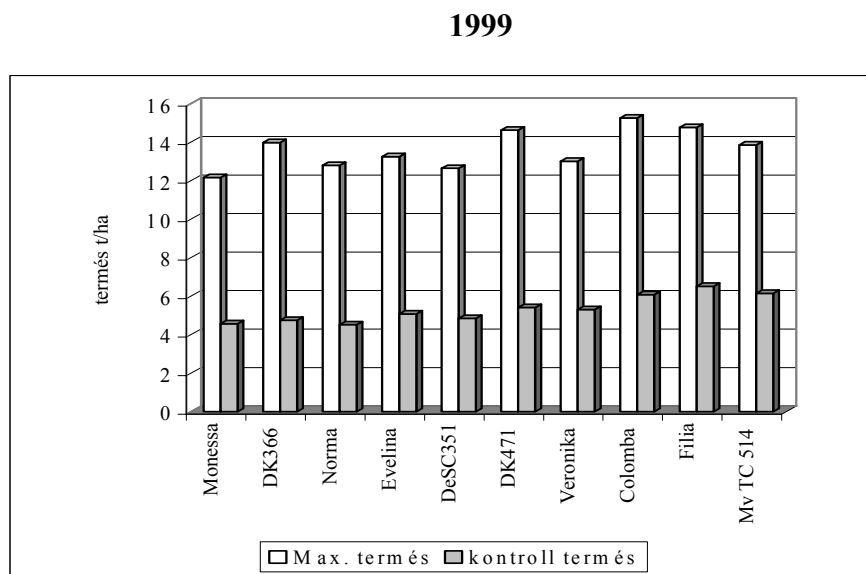
2000 év időjárása kedvezőtlen volt a kukorica számára. A hibridek maximális termése 1,74-3,14 t/ha-al kevesebb volt, mint 1999-ben. Legnagyobb termése a Filia SC (13,03 t/ha) és a Colomba SC (12,42 t/ha) hibrideknek volt (1. ábra).

2001 átlagos évjárat volt a kukorica számára. A hibridek maximális termésüket 11,2-13,23 t/ha-t a $N_{160}+PK$ kg/ha és a $N_{200}+PK$ kg/ha műtrágyakezeléseknél érték el. A vizsgált hibridek közül a Colomba SC (13,23 t/ha) és a Filia SC (13,18 t/ha) érte el a legnagyobb hektáronkénti termést (1. ábra).

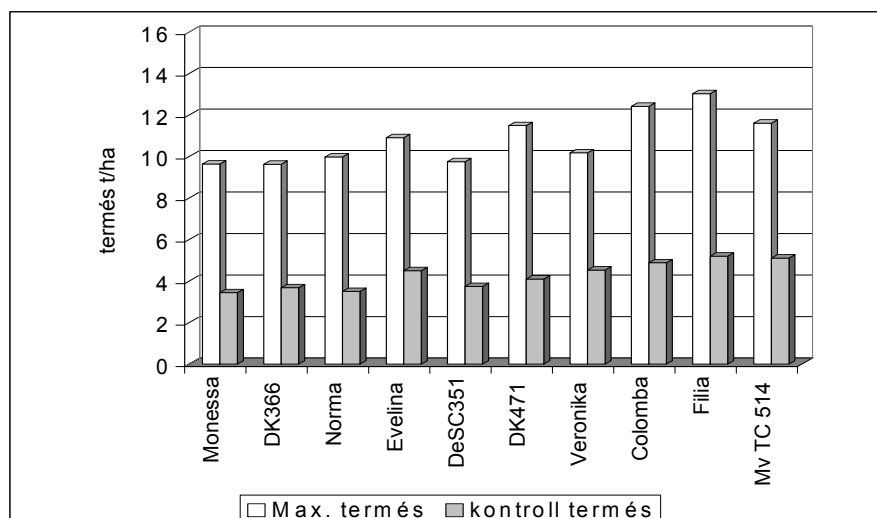
Természetes tápanyagfeltárási- és hasznosító képessége mindhárom évben a Filia SC, Mv TC 514 és a Colomba SC hibrideknek volt a legjobb (1. ábra).

Az évjárat hatása nagymértékben meghatározza a hibridek termése mellett az NPK műtrágyák hatékonyságát is. A vizsgálat három évében a természetett hibridtől és az évjáratától függően, gazdaságos és megbízható terméshozadékot a $N_{40-120}+PK$ kg/ha műtrágya hatóanyag eredményezett.

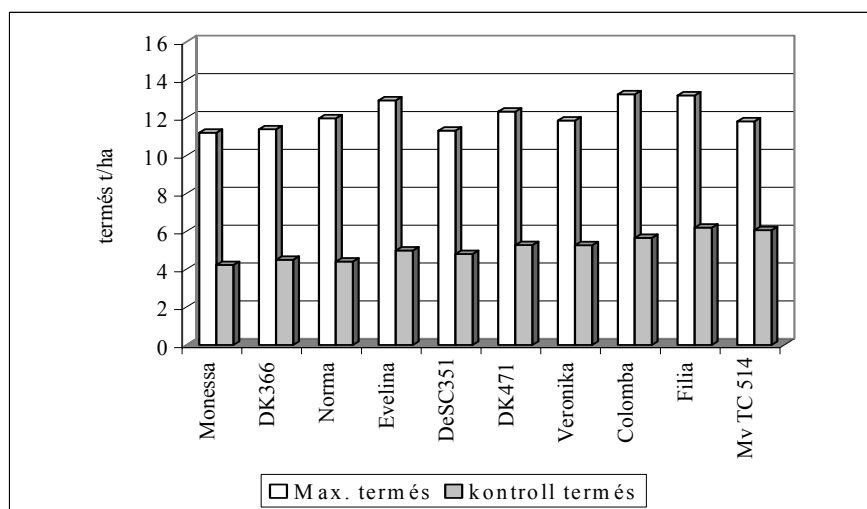
1. ábra A kukorica hibridek kontroll és maximális termése, Debrecen (1999-2001)



2000



2001



3.2. A kukorica hibridek vízleadási dinamikájának és betakarításkori szemnedvesség tartalmának vizsgálata

A kukorica hibridek vízleadási dinamikájára és betakarításkori szemnedvesség tartalmára a hibrid tenyésztésénél és genotípusán kívül az évjárat (ezen belül a tenyészidőszak csapadékviszonyai) és a tápanyagellátás is jelentős hatást gyakorol.

Egy kedvező évjáratban az állomány később szárad le, ezáltal a leveleken keresztül tovább tart a vízleadás, következésképp alacsonyabb lesz a betakarításkori szemnedvesség tartalom. Egy kedvezőtlen aszályos évjárat az érést siettet, az állomány szemnedvesség értéke egy kezdeti alacsonyabb szintről indul, viszont a gyors leszáradás

miatt a vízleadás üteme lelassul, és a betakarításkor magasabbak lesznek a szemnedvesség értékek.

A tápanyagellátás hatása a betakarításkori szemnedvesség tartalomra összetett. A tápanyagok mennyiségének növelésével egy bizonyos szintig (az optimális mennyiségig) csökkenthető a betakarításkor mért szemnedvesség értéke, a túl nagy mennyiségű tápanyag viszont nagyobb betakarításkori szemnedvesség tartalmat eredményez.

Vizsgálataimban az 1-es és a 3-as kezelések (N₄₀+PK kg/ha, N₁₂₀+PK kg/ha) több esetben szignifikánsan is csökkentették a hibridek betakarításkori szemnedvesség értékeit a kontrollhoz, valamint a legnagyobb adagú (N₂₀₀+PK kg/ha) kezeléshez képest (3. táblázat). A termés mennyisége és a betakarításkori szemnedvesség értéke szempontjából a N₁₂₀+PK kg/ha hatóanyag tekinthető optimálisnak.

A hibridek betakarításkori szemnedvességét a tenyészidejük is meghatározza. A korai érésű hibridek betakarításkori szemnedvesség tartalma általában alacsonyabb, mint a közép vagy középkésői érésű hibrideké. Napjainkban a nemesítés egyik célja hogy növeljék a hibridek zöld száron történő érését. Ezáltal lehetővé válhat, hogy egy FAO 400-500 érésű hibrid a jó termőképessége mellett kedvező betakarításkori szemnedvesség tartalommal is rendelkezzen, amely jelentős szárítási költség megtakarítását teszi lehetővé.

3. táblázat A tápanyagellátás hatása a kukorica hibridek betakarításkori szemnedvességére, 1999-2001

kezelés	Monessa SC			Evelina SC			Veronika SC			Mv TC 514		
	1999	2000	2001	1999	2000	2001	1999	2000	2001	1999	2000	2001
Kontroll	16,0	16,0	20,0	25,0	22,0	25,0	23,0	21,0	23,0	29,0	31,0	29,0
1 kezelés	15,0	14,0	18,0	24,0	21,0	24,0	22,0	20,0	22,0	28,0	29,0	28,0
3 kezelés	15,0	14,0	17,0	23,0	21,0	24,0	21,0	19,0	22,0	28,0	28,0	28,0
5 kezelés	16,0	16,0	19,0	25,0	24,0	25,0	22,0	20,0	24,0	29,0	29,0	29,0
SzD_{5%}	1,0	1,1	1,29	1,0	1,73	1,0	1,15	1,73	2,0	1,0	1,15	1,29

3.3. Az NPK műtrágyázás hatása a különböző genetikai tulajdonságú hibridek nyersfehérje-, keményítő- és nyersolajtartalmára

Két év vizsgálati eredményei alapján megállapítható, hogy a műtrágyaadagok növelésével valamennyi hibrid nyersfehérje tartalma növekedett. A $N_{40}+PK$ kg/ha kezelésnél az Evelina SC és a Veronika SC nyersfehérje tartalma a kontrollhoz képest szignifikánsan nagyobb volt. A $N_{200}+PK$ kg/ha műtrágyakezelés tovább növelte a hibridek nyersfehérje tartalmát, azonban ez a növekedés a $N_{40}+PK$ kg/ha kezeléshez képest egyetlen hibrid esetében sem volt statisztikailag igazolható.

A vizsgált hibridek nyersolajtartalmát a kontroll kezeléshez képest a $N_{40}+PK$ kg/ha műtrágyakezelés kismértékben növelte. Ehhez képest a legnagyobb adagú kezelés ($N_{200}+PK$ kg/ha) csupán az Evelina SC nyersolajtartalmát növelte. Az $N_{200}+PK$ kg/ha hatóanyagú kezelésnél az Evelina SC nyersolajtartalma szignifikánsan nagyobb volt, mint a kontroll és a $N_{40}+PK$ kg/ha kezeléseknél. A többi hibrid esetében mérsékelt csökkenés volt tapasztalható. Az Mv TC 514 nyersolajtartalma az $N_{200}+PK$ kg/ha hatóanyag kezelésnél szignifikánsan kisebb volt, mint a kontroll és a $N_{40}+PK$ kg/ha kezeléseknél.

A keményítőtartalom a műtrágyaadagok növelésével valamennyi hibrid esetében csökkent. Műtrágyázás nélkül a hibridek keményítőtartalma 64,19-67,01% volt, a legnagyobb adagú műtrágyakezelésnél pedig 60,39-63,84%-ra csökkent le. Statisztikailag is igazolható csökkenés azonban csak az Evelina SC hibridnél volt. Keményítőtartalma a $N_{200}+PK$ kg/ha kezelésnél szignifikánsan kisebb volt, mint műtrágyázás nélkül.

3.4. A műtrágyázás hatása a kukorica hibridek makro-, mezo- és mikroelemtartalmára

Az NPK műtrágyázás a hibridek makroelemtartalmát több esetben szignifikánsan befolyásolta. A N-tartalom a kontroll kezelésnél volt a legkisebb, és ehhez képest a műtrágyakezelések több esetben szignifikánsan is növelték a hibridek N-tartalmát. A foszfor- és káliumtartalom ezzel szemben általában a kontroll kezelésnél volt a legnagyobb, és a $N_{200}+PK$ kg/ha-os műtrágyakezelésnél volt a legkisebb.

A hibridek Ca-tartalma a $N_{120}+PK$ kg/ha műtrágyakezelésnél, Mg- és Zn-tartalma pedig a kontroll (műtrágyázás nélküli) kezelésnél volt a legnagyobb. A legkisebb

értékeket a N₂₀₀+PK kg/ha-os műtrágyakezelésnél mértük, amely több esetben statisztikailag is igazolható csökkenést eredményezett a kontroll és a kisebb adagú műtrágyakezelésekhez képest.

Összességében megállapítható hogy a hibridek makro-, mezo- és mikroelem tartalmára a mérséklet adagú N₄₀₋₁₂₀+PK kg/ha műtrágyakezelések hatottak kedvezően.

3.5. A műtrágyakezelés hatása a különböző genotípusú kukoricahibridek gombás fertőzöttségére és toxintartalmára

A 10 hibrid közül 1999-ben a Monessa SC, Evelina SC, Veronika SC, és az Mv TC 514 hibridek *Penicillium* spp., *Aspergillus* spp., *Fusarium* spp., és *Alternaria* spp. fertőzöttségének mértékét vizsgáltuk.

A gombás fertőzöttséget tekintve összességében megállapítható, hogy a hibrideknek a *Penicillium* spp. és a *Fusarium* spp. fertőzöttsége volt a legnagyobb. Az *Aspergillus* spp. fertőzöttség igen alacsony, míg az *Alternaria* spp. fertőzöttség alig volt kimutatható. A vizsgált hibridek gombás fertőzöttségét az NPK műtrágyázás kisebb, míg a természetett hibrid tulajdonsága nagyobb mértékben, több esetben statisztikailag igazolhatóan is befolyásolta. A különböző műtrágyakezeléseknél az egyes hibridek fertőzöttsége között statisztikailag igazolható különbségek voltak. A műtrágyázás nélküli kezelésnél az Mv TC 514 és az Evelina SC *Fusarium* spp. fertőzöttsége szignifikánsan nagyobbak bizonyult a Monessa SC és a Veronika SC hibridekhez képest. A N₂₀₀+PK kg/ha kezelésnél az Evelina SC *Aspergillus* spp. fertőzöttsége statisztikailag igazolhatóan meghaladta a másik három vizsgált hibrid fertőzöttségének mértékét, valamint az Mv TC 514 hibrid *Fusarium* spp. fertőzöttsége megbízhatóan nagyobb volt a Veronika SC hibridhez képest.

A vizsgált toxinok (*F-2*, *T-2*, *DON*, *DAS*) mennyisége igen alacsony volt, esetenként nem is lehetett kimutatni a mintákból. Legnagyobb mennyiségben a *DON* toxin, legkisebb mennyiségben pedig a *T-2* toxin fordult elő a hibridek szemmintáiban. A műtrágyázás nem befolyásolta szignifikánsan a toxintartalmat, és az eltérő genotípusok közti különbségek sem haladták meg a statisztikai igazolhatóság határát. A Monessa SC nem mutatott fertőzöttséget a vizsgált toxinokkal szemben.

3.6. A műtrágyázás hatása a kukoricahibridek LAI-értékére

A kukorica tenyésztésében mindhárom kísérleti évben (1999, 2000, 2001) négy alkalommal mértük a Monessa SC, az Evelina SC, a Veronika SC, és az Mv TC 514 hibridek LAI-értékét.

A legnagyobb a levélterület-index értéket, és a legnagyobb termést 1999-ben az Mv TC 514 hibrid érte el. A kedvező évjárat miatt a hibridek LAI-értéke a legnagyobb adagú N₂₀₀+PK kg/ha műtrágyakezelésig növekedett. A hibridek maximális LAI-értéke (3,86-4,96 m²/m²) VII. 26-án volt.

Az időjárás 2000 évben kedvezőtlen volt a kukorica számára. Ebből adódóan a hibridek legnagyobb LAI-értékei (3,32-3,95 m²/m²) alacsonyabbak voltak az előző évi értékeknél. Jelentősebb LAI-érték növekedés a N₁₂₀+PK kg/ha műtrágyakezelésig figyelhető meg.

A LAI-értékek 2001-ben hasonlóan alakultak a 2000 évihez. A kontrollhoz képest a N₁₂₀+PK kg/ha hatóanyagú kezelésnél jelentős levélterület-index növekedés volt tapasztalható. A további hatóanyag növelés csak kismértékű LAI-érték növekedést eredményezett.

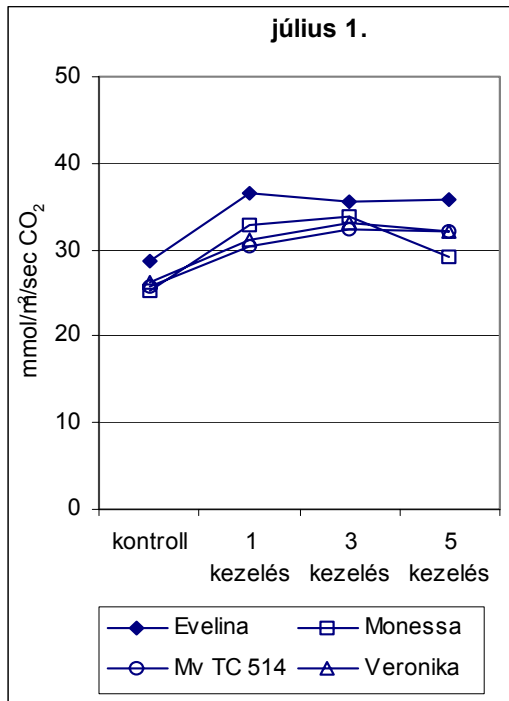
3.7. A műtrágyázás hatása a különböző genotípusú kukoricahibridek fotoszintetikus aktivitására

1999-ben a legtöbb esetben a hibridek legnagyobb fotoszintetikus aktivitása a N₁₂₀+PK és a N₂₀₀+PK kg/ha műtrágyakezeléseknél volt (2. ábra). Az első három mérés során a hibridek átlagában a műtrágyakezelések a kontrollhoz képest szignifikánsan növelték a fotoszintézis aktivitását. Az egyes műtrágyakezeléseknél mért értékek között statisztikailag igazolható különbség nem volt. A negyedik méréskor nem volt szignifikáns különbség az egyes kezelésekénél mért értékek között a vizsgált hibridek átlagában.

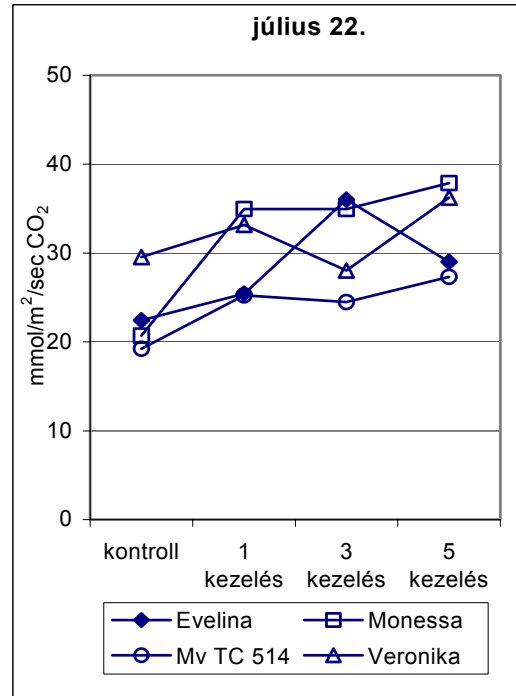
2000-ben a hibridek legnagyobb fotoszintetikus aktivitásukat a N₄₀+PK kg/ha és a N₁₂₀+PK kg/ha műtrágyakezeléseknél érték el (3. ábra). Az első méréskor a N₄₀+PK kg/ha és a N₁₂₀+PK kg/ha kezelésekénél mért értékek a kontrollhoz képest szignifikánsan nagyobbak voltak. A második és harmadik méréskor a kontroll kezelésénél mért értékek a műtrágyázott parcellák értékeitől statisztikailag igazolhatóan kisebbek voltak.

2. ábra A tápanyagellátás hatása a kukorica hibridek fotoszintetikus aktivitására, 1999

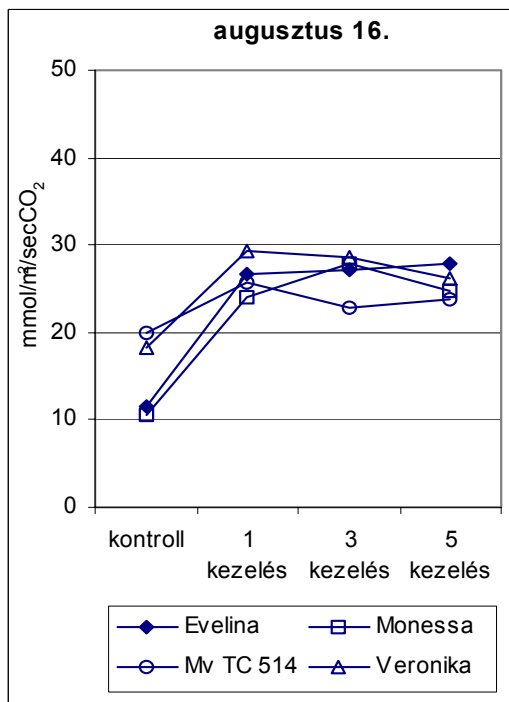
Az $SzD_{5\%}$ értékek a műtrágyakezelések között a hibridek átlagában értendők



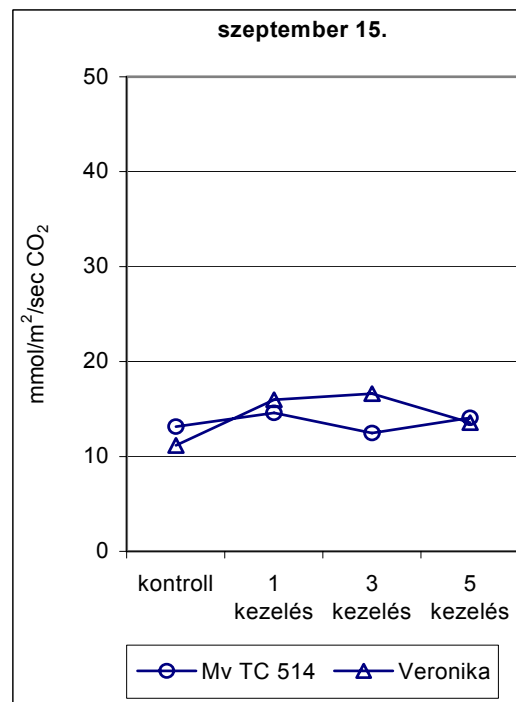
$SzD_{5\%}=5,85$



$SzD_{5\%}=6,39$



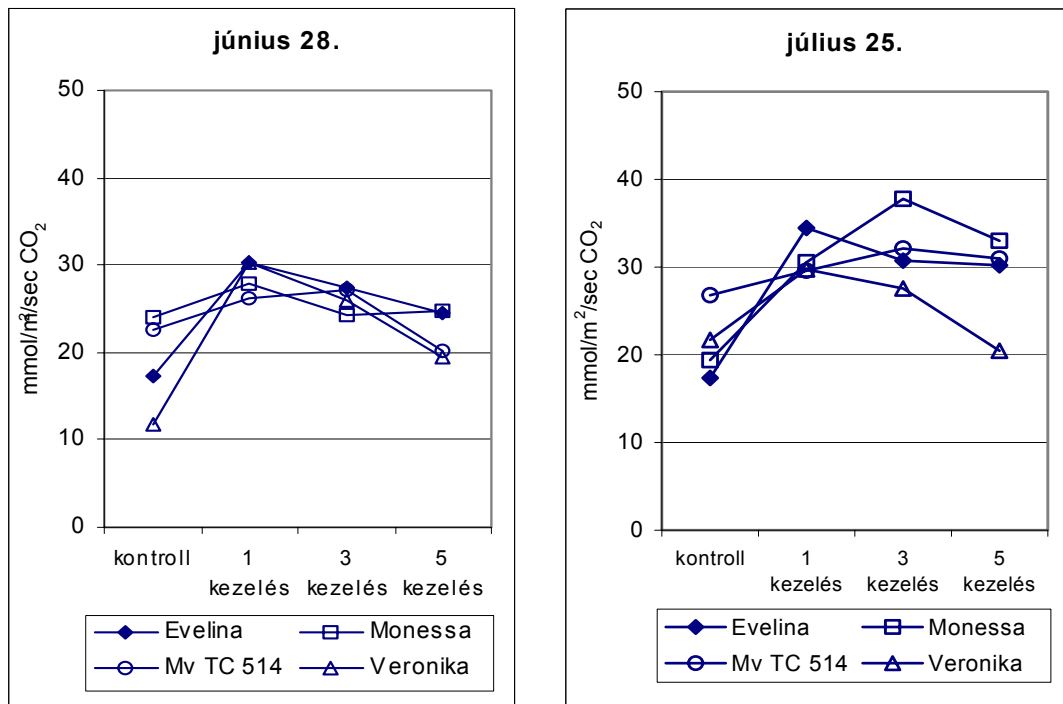
$SzD_{5\%}=5,04$



$SzD_{5\%}=4,7$

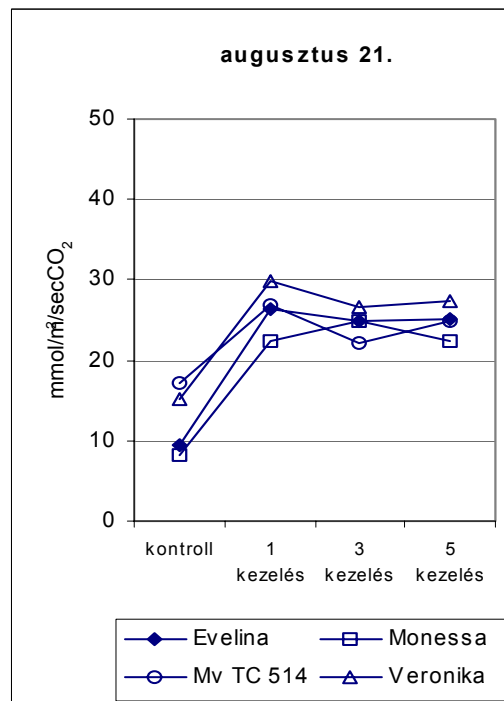
3. ábra A tápanyagellátás hatása a kukorica hibridek fotoszintetikus aktivitására, 2000

Az $SzD_{5\%}$ értékek a műtrágyakezelések között a hibridek átlagában értendők



$SzD_{5\%}=5,58$

$SzD_{5\%}=7,9$



$SzD_{5\%}=5,3$

4. ÚJ ÉS ÚJSZERŰ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

1. A korszerű kukoricahibridek legfontosabb tulajdonságait az adott termőhelyre szabadföldi kísérletekkel lehet meghatározni. Az így kapott eredmények más termőhelyre is adaptálhatóak.
2. A hatékony és környezetkímélő kukoricatermesztés csak hibridspecifikus technológiákkal valósítható meg.
3. Az évjárathatás, a csapadékellátottság 3-4 t/ha-al is képes a termést csökkenteni kedvezőtlen évjárásban.
4. A kukoricatermesztésben egyre korszerűbb hibridek állnak rendelkezésre, amelyeknek a potenciális termőképessége kiemelkedően nagy. A globális felmelegedés következtében az időjárási szélsőségek, az aszályos évjáratok gyakorisága nő, ezért törekedni kell az ökológiai, biológiai és az agrotechnikai tényezők közötti pozitív interaktív hatások jobb kihasználására, melynek egyik eleme a jó alkalmazkodóképességű hibridek választása, a másik pedig a hibridspecifikus technológia alkalmazása.
5. A jó természetes tápanyagfeltáró- és hasznosító képességgel rendelkező hibridek (Filia SC, Mv TC 514) természetesen eredményesen alacsony ráfordítási színvonal mellett.
6. Az újabb kukoricahibrideknek a kedvező természetes tápanyagfeltáró- és hasznosító képességük mellett jelentősen javult a trágyareakciójuk is. Míg korábban 180 kg/ha, addig napjainkban 120 kg/ha N hatóanyag jelenti az agroökológiai optimumot.
7. A kukoricahibridek az érés időszakában az optimális műtrágyakezelésnél tudják leggyorsabban leadni víztartalmukat.
8. A kukoricahibridek számára az előveteménytől, évjárattól a talaj tápanyagellátottságától függően, valamint a hatékonysági és környezetvédelmi szempontokból is elegendő a N_{40-120} $P_2O_5_{25-75}$ K_2O_{30-90} kg/ha hatóanyag.
9. A műtrágyázás és a beltartalom között szoros összefüggés állapítható meg. A N műtrágyázás több esetben is szignifikánsan növelte a szem nyersfehérje tartalmát, a keményítőtartalmát pedig csökkentette. A hibridek nyersolajtartalma évjárattól és genotípustól függően változott. Egyes hibridek nyersolajtartalma stabil volt (Monessa SC, Evelina SC), míg másoké eltérően alakult (Veronika SC, Mv TC 514) a két vizsgált évben.

10. Műtrágyázás hatására a legtöbb esetben az elemtartalom csökkent (P, K, Mg), kivéve a makroelemek közül a N-t, a mezoelemek közül a Ca-ot, amelyek mennyisége a N₁₂₀+PK kg/ha hatóanyag kezelésig nőtt. A mikroelemek közül a cinktartalom a műtrágyaadagok növelésével jelentős mértékben csökkent.
11. A P₂O₅-műtrágyázás és a kukoricaszem Zn-tartalma közötti összefüggés hibridspecifikus. A DK 366 SC, Debreceni SC 351, Colomba SC és a Filia SC hibridek Zn-tartalma a műtrágyakezelések hatására nem változott szignifikánsan. A Norma SC és a DK 471 SC hibridek Zn-tartalma a N₂₀₀+PK kg/ha kezelésnél szignifikánsan kisebb volt, mint műtrágyázás nélkül.
12. A vizsgált hibridek gombás fertőzöttségét az NPK műtrágyázás kisebb, míg a természetett hibrid tulajdonsága nagyobb mértékben, több esetben statisztikailag igazolhatóan is befolyásolta. A különböző műtrágyakezeléseknél az egyes hibridek fertőzöttsége között statisztikailag igazolható különbségek voltak. A műtrágyázás nélküli kezelésnél az Mv TC 514 és az Evelina SC *Fusarium* spp. fertőzöttsége szignifikánsan nagyobbak bizonyult a Monessa SC és a Veronika SC hibridekhez képest. A N₂₀₀+PK kg/ha kezelésnél az Evelina SC *Aspergillus* spp. fertőzöttsége statisztikailag igazolhatóan meghaladta a másik három vizsgált hibrid fertőzöttségének mértékét, valamint az Mv TC 514 hibrid *Fusarium* spp. fertőzöttsége megbízhatóan nagyobb volt a Veronika SC hibridhez képest.
13. A vizsgált toxinok (F-2, T-2, DON, DAS) közül legnagyobb mennyiségben a DON toxin, legkisebb mennyiségben pedig a T-2 toxin fordult elő a hibridek szemmintáiban. A műtrágyázás nem befolyásolta szignifikánsan a toxintartalmat, és az eltérő genotípusok közti különbségek sem haladták meg a statisztikai igazolhatóság határát.
14. A LAI-érték alakulása kukoricahibridtől és évjáratától függően változott. Kedvező évjáratban a hibridek maximális LAI-értéke 3,86-4,96 m²/m² volt. A LAI-érték és a termés között szoros összefüggés állapítható meg. Adott évjáratban legnagyobb volt a LAI-értéke az Mv TC 514 hibridnek (a legnagyobb N₂₀₀+PK kg/ha műtrágyakezelésnél), és a termésmaximumát is (13,86 t/ha) ennél a kezelésnél érte el.
15. Kedvezőtlen évjáratban alacsonyabbak voltak a LAI-értékek is. Ekkor a hibridek legnagyobb LAI-értéke 3,32-3,95 m²/m² között változott, ami az időjárási viszonyokkal összefüggésben 2-3 t/ha termésesökkenéssel járt.

16. A különböző kukoricahibridek fotoszintetikus aktivitása eltérő, amit a műtrágyakezelések is befolyásoltak. Kedvező évjáratban a hibridek maximális fotoszintézis aktivitása a $N_{120}+PK$ kg/ha és a $N_{200}+PK$ kg/ha, míg kedvezőtlen évjáratban a $N_{40}+PK$ kg/ha és a $N_{120}+PK$ kg/ha műtrágyakezeléseknél volt.
17. Legnagyobb mértékű volt a fotoszintetikus aktivitás növekedése a kontrollhoz képest a $N_{40}+PK$ kg/ha-os műtrágyakezelésnél, az ezt követő műtrágyakezelések közötti különbségek már kisebbek voltak.
18. A fenntartható fejlődés érdekében részben biztosítani kell a talajok termékenységének megőrzését, hibridspecifikus technológiát kell alkalmazni, és maximálisan törekedni kell a termesztési tényezők közötti interakciók legjobb kihasználására.

5. GYAKORLATBAN ALKALMAZHATÓ EREDMÉNYEK

1. A kukoricahibridek termőképességére, természetes tápanyagfeltáró- és hasznosító képességére vonatkozó megállapítások a gyakorlatban közvetlenül is hasznosíthatóak.
2. A vizsgálati eredmények alapján eltérő technológiai változatok alakíthatóak ki, a ráfordítás színvonalának és a hibrid intenzitásának megfelelően, amelyek a hatékonyság mellett a környezet védelmét is biztosítják.
3. A kukoricatermesztésben a talaj tápelem ellátottságához és a hibrid igényéhez igazodó harmonikus tápanyag visszapótlást kell biztosítani, amely a kellő hatékonyság mellett hosszabb távon a talaj termékenységének megőrzését is biztosítja.
4. A jelenleg termesztett kukoricahibridek számára előveteménytől és évjáráttól függően elegendő a N_{40-120} $P_2O_5_{25-75}$ K_2O_{30-90} kg/ha hatóanyag kijuttatása.
5. A hibrid megválasztásánál előnyben kell részesíteni a jobb alkalmazkodóképességű hibrideket az időjárási szélsőségek fokozódása miatt. Az agrotechnikai tényezőkön belül pedig a harmonikus tápanyag visszapótlás mellett az okszerű vetésváltásra, és az eddigieknél szakszerűbb növényvédelemre kell nagyobb hangsúlyt helyezni.
6. A kukoricahibridek betakarításkori szemnedvesség tartalmának alakulását a hibrid genetikai tulajdonságán kívül nagymértékben befolyásolja az évjárathatás és a kijuttatott műtrágya mennyisége is. A hibridek érésidejében mutatott vízleadás üteme, dinamikája összefüggést mutat a betakarításkori szemnedvesség tartalom alakulásával.
7. A gyakorlat számára a termésmennyiségen kívül a minőség is fontos kérdés, amelyet nagymértékben befolyásol a szakszerű tápanyagellátás.
8. A hároméves vizsgálati eredmények a kísérleti területhez hasonló ökológiai adottságú területeken megfelelően adaptálhatóak.

6. AZ ÉRTEKEZÉS TÉMAKÖRÉBEN MEGJELENT TUDOMÁNYOS KÖZLEMÉNYEK JEGYZÉKE

I. Lektorált tudományos cikkek:

1. **Jakab P.** (2001): A műtrágyázás hatása a kukoricahibridek termőképességére és trágyareakciójára. Debreceni Egyetem Agrártudományi Közlemények 1. Acta Agraria Debreceniensis. 2001/1. 42-46. p.
2. **Jakab P.** (2002): A tápanyagellátás komplex vizsgálata a kukoricahibridek termesztésében. Debreceni Egyetem, Agrártudományi Közlemények (különszám) Acta Agraria Debreceniensis, 35-37. p.
3. **Jakab P - Zsoldos M.** (2002): Különböző évjáratok hatásának vizsgálata kukorica műtrágyázási kísérletekben. Debreceni Egyetem, Agrártudományi Közlemények (különszám) Acta Agraria Debreceniensis 38-40. p.
4. **Jakab P.** (2002): Különböző genotípusú kukoricahibridek termőképességének és trágyareakciójának vizsgálata csernozjom talajon. II. Növénytermesztési Tudományos Nap Proceedings. 152-157. p.
5. **Jakab P.** (2002): A kukoricahibridek tápanyagellátásának racionalizálása tartamkísérletben. Tartamkísérletek, tájtermesztés, vidékfejlesztés. Nemzetközi konferencia I. kötet. Debrecen, Nyírlugos, Nyíregyháza, Livada (Sárköz, Románia). 2002. június 6-8. Szerk: Láng I., Lazányi J., Németh T. 233-237. p.
6. Futó Z .- Sárvári M .- **Jakab P.** (2002): Effect of fertilizatoin and sowing time on the yield of maize hybrids. Resources of the environment and sustained development. Nemzetközi Tudományos Konferencia. Analele Universităţii Din Oradea, Tom VII 2001. 77-84.p.
7. **Jakab P.** (2002): Összefüggés a tápanyagellátás és a kukorica hibridek termése között mészlepedékes csernozjom talajon. III. Alföldi Tudományos Tájgazdálkodási Napok. 2. Kötet. Termesztéstechnológia. 46-51.p. Mezőtúr. 2002. október 17-18.

8. Sárvári M.-**Jakab P.** (2003): The effect of NPK fertilization on the protein, oil and starch content of maize hybrids on chernozem soil. Proceedings of the II. Alps-Adria Scientific Workshop. Trogir, Croatia. 3-8 March 2003. 160-163.p.

II. Nem lektorált tudományos cikkek:

1. **Jakab P.** (1999): Effect of fertilization on the yield of maize hybrids. PhD hallgatók Második Nemzetközi Konferenciája. Miskolc, Proceedings 99-104 p.

2. **Jakab P.** (1999): A kukorica hibridek termőképességének és trágyareakciójának vizsgálata. V. Ifjúsági Tudományos Fórum. Keszthely. 183-187. p.

3. **Jakab P.** (1999): A változatoknak megfelelően. Magyar Mezőgazdaság. Budapest. 54. évf. 17. szám. 10-11.p.

4. **Jakab P.** (2000): A termesztési tényezők hatása a kukorica termésére és minőségére. VI Ifjúsági Tudományos Fórum Keszthely. CD kiadvány

5. Sárvári M. - **Jakab P.** (2000): Fajtaspecifikus kukoricatermesztési technológiák (1. rész). Agrárius Regionális Agrárinformációs Havilap. Debrecen. 2000/3. 10-11 p.

6. Sárvári M. - **Jakab P.** (2000): Fajtaspecifikus kukoricatermesztési technológiák (2. rész). Agrárius Regionális Agrárinformációs Havilap. Debrecen. 2000/4. 8. p.

7. **Jakab P.** (2000): Összefüggés a kukorica hibridek termőképessége és trágyareakciója között. XLII. Georgikon Napok. Az agrár-termékpiacon és környezetük című kiadvány. I.kötet. 236-240. p.

8. Sárvári M. - **Jakab P.** - Futó Z. (2001): A korszerű kukoricatermesztés hatékonyságát befolyásoló tényezők I.rész. Agrárius Regionális Agrárinformációs Magazin. Debrecen. 2001/2. 12-13 p.

9. Sárvári M. - **Jakab P.** - Futó Z. (2001): A korszerű kukoricatermesztés hatékonyságát befolyásoló tényezők II. rész. Agrárius Regionális Agrárinformációs Magazin. Debrecen. 2001/3. 7-8 p.
10. Sárvári M. - **Jakab P.** - Futó Z. (2001): A korszerű kukoricatermesztés hatékonyságát befolyásoló tényezők III. rész. Agrárius Regionális Agrárinformációs Magazin. Debrecen. 2001/4. 15-16 p.
11. Sárvári M. - **Jakab P.** - Futó Z. (2001): A kukoricahibridek alkalmazkodóképessége I. Magyar Mezőgazdaság. Budapest. 56. évf. 14. szám. 10-11.p.
12. Sárvári M. - **Jakab P.** - Futó Z. (2001): A kukoricahibridek alkalmazkodóképessége II. Magyar Mezőgazdaság. Budapest. 56. évf. 15. szám. 10-11.p.
13. Futó Z. - **Jakab P.** (2001): A kukoricatermesztés biológiai alapjainak jövőbeli kihívásai. Agrárius Regionális Agrárinformációs Magazin. Debrecen. 2001/6. 14-15 p.
14. **Jakab P.** (2001): Az ökológiai és agrotechnikai tényezők hatása a kukoricahibridek produktivására. Vidkéfejlesztés-Környezetgazdálkodás-Mezőgazdaság. Tudományos Konferencia. XLIII. Georgikon Napok Keszthely. 868-872.p.
15. **Jakab P.** (2001): A műtrágyázás hatása a kukoricahibridek termésére és beltartalmi paramétereire." Innováció, a tudomány és a gyakorlat egysége az ezredforduló agráriumban" című konferencia kiadványa. Gödöllő. 161-164. p.
16. Sárvári M. - **Jakab P.** - Futó Z. (2002): Fejlődő termesztéstechnológia. Magyar Mezőgazdaság. Budapest. 57. évf. 15. szám. 8-9 p.
17. Sárvári M. - **Jakab P.** - Futó Z. (2002): Fejlődő termesztéstechnológia II. Magyar Mezőgazdaság. Budapest. 57. évf. 16. szám. 8-9 p.
18. **Jakab P.** (2001): A kukoricahibridek tápanyagfeltáró képességének, valamint trágyareakciójának vizsgálata. "Innováció, a tudomány és a gyakorlat egysége az ezredforduló agráriumban" című konferencia kiadványa. Debrecen. 249-255.p.