

Egyetemi doktori (PhD) értekezés tézisei

A TÁPANYAGELLÁTÁS, A HIBRID ÉS AZ ÖNTÖZÉS HATÁSA A KUKORICA (*ZEAMAYS L.*) TERMÉSÉRE ÉS TÁPELEM-FELVÉTELI DINAMIKÁJÁRA MEZŐSÉGI TALAJON

Sipos Marianna

Témavezetők:

Dr. Vágó Imre
egyetemi docens

és

Dr. Kátai János
egyetemi tanár



DEBRECENI EGYETEM
Kerpely Kálmán Doktori Iskola

Debrecen
2013

1. A doktori értekezés előzményei és célkitűzései

A kukoricával kapcsolatos újabb és újabb kutatások alapja egyrészt, hogy a növény ilyen széles körben elterjedt, számos országban termesztik, illetve hogy magas terméspotenciállal rendelkezik. Másrészt felhasználása is rendkívül sokrétű lehet – élelmiszerként, takarmányozási célra, ipari nyersanyagként, energetikai hasznosításra (Mengel, 1993).

Meg kell jegyezni azt is, hogy a globális éghajlatváltozás hatására megváltoznak a termesztési körülmények, amely szintén a növény további termesztéstechnológiai kutatását teszi szükségessé. A kukoricatermesztés eredményességét és hatékonyságát – önmagában is összetett – ökológiai, biológiai és az agrotechnikai tényezők együttesen határozzák meg (Mengel és Kirkby, 1982; Csathó et al., 1991; Debreczeni és Berecz, 2000; Huzsvai és Nagy, 2005; Nagy, 2007b). Ezek a tényezők külön-külön is markáns hatást gyakorolnak, azonban komplex szemléletük elengedhetetlen. Adott termőhelyen az ökológiai adottságokat a jól megválasztott és kellő időben alkalmazott eljárásokkal bizonyos mértékig képesek lehetünk módosítani, illetve azok esetleges negatív hatását mérsékelni (mint pl. aszály, vegetációban hullott csapadékmennyiség stb.). A termőhely adottságainak ismeretében nagy figyelmet kell fordítani a megfelelő fajta, illetve hibrid kiválasztására, hiszen a jó genetikai alapok jelenthetik a sikeres termesztés kulcsát. A folyamatosan változó termőhelyi viszonyok azonban újra és újra megkövetelik az esetleges évtizedes tapasztalatok felülvizsgálatát, ellenőrzését. Mindezek a növény további termesztéstechnológiai kutatását teszik szükségessé.

A mindenkori természeti és termelési adottságokhoz leginkább akkor tudunk alkalmazkodni, ha a már meglévő eredmények figyelembe vétele mellett folyamatosan újabb és újabb ismereteket gyűjtünk az új hibridek terméséről, adaptációs képességéről és nem utolsósorban tápanyag felvételéről, fejlődéséről. Ennek tükrében pedig a termelést, a tápanyag gazdálkodást, öntözést és egyéb agrotechnikai paramétereket is mindinkább az adott genotípus igényeihez tudjuk igazítani.

A kukorica fejlődésének tanulmányozása szempontjából döntő jelentőségű a tápanyag-felvétel, ezen belül is főként a makroelemek felvételének vizsgálata a különböző évjáratok során, amely alapján növelhetjük a termelésben az adott esetben meglehetősen szélsőséges körülményekre adott agrotechnikai műveletek hatékonyságát. A növény – a vegetáció során folyamatosan változó – igényének folyamatos ellátásával, illetve az egyes termesztési tényezők optimális, kiegyensúlyozott szinten tartásával biztosíthatjuk minden körülmények között a növényi produkciót.

E vizsgálatokhoz a tartamkísérletek nélkülözhetetlen eszközök a mezőgazdasági rendszerek fenntarthatóságával kapcsolatos információk gyűjtésében.

Vizsgálataink során a következő célokat tűztük ki:

- Az adott évjárat hatásának, valamint az egyes kukorica genotípusok **tenyészideje**, az **öntözés** és a **tápanyagellátás** hatásának, ill. a köztük fellépő kölcsönhatások vizsgálata a kukorica **biomassza- és szemtermésére**, a **talaj tápanyag-készletére** és a **növényi biomassza tápelem- koncentrációjára**
- A talaj és a növény tápelem-készlete, valamint a növény által kivont tápelem-mennyiség alapján **a tápelem-felvétel dinamikájának** vizsgálata a tenyészidőszak folyamán
- Az egyes vizsgált makroelemek tekintetében a gyakorlat számára átadható, kiegyensúlyozott és a növény aktuális igényének megfelelő, **fenntartható tápanyag-ellátást célzó következtetések** levonása.

2. A kutatás módszerei

A szabadföldi kísérletet a Prof. Dr. Nagy János által 1984-ben, a Debreceni Egyetem, Agrár- és Gazdálkodástudományok Centruma, Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar, Látóképi Kísérleti Telepén beállított öntözési és műtrágyázási monokultúrás tartamkísérlet keretében végeztük a 2008-2009-es tenyészidőszakokban. A több, mint két évtizedes monokultúrás tartamkísérletben különböző hibridek termését és minőségi paramétereinek változását vizsgálják eltérő műtrágya mennyiség és az optimális vízellátást biztosító öntözés hatására.

A kísérleti beállításokban a főparcellákat az öntözött, illetve a csupán a természetes csapadékból származó vízmennyiségre alapozott kezelések, az alparcellát a különböző kukorica-hibridek, míg az al-alparcellát a trágyázási változatok jelentik. Két öntözési és hat tápanyag variáció négy ismételtsben került beállításra, így a parcellák száma minden hibrid esetében 48. 76 cm-es sortáv és 18 cm-es tőtáv alkalmazásával a hektáronkénti tőszámot 70 000-re állították be, amely intenzív termesztési körülményeknek felel meg. A kisparcellák mérete $7,6 \text{ m}^2$, vagyis a kukorica-termesztésben általánosan használt 0,76 m-es sortávolságot alkalmazzák és parcellánként két sort vetnek, a sorok hossza pedig 5 m. A bruttó és nettó parcellák mérete megegyezik.

A kísérlet talaja löszön képződött, közepesen kötött, vályog textúrájú, mészlepedékes csernozjom, amelynek fontosabb paramétereit az *1. táblázat* tartalmazza.

Az *1. táblázatban* felsorolt jellemzők többségét a MÉM NAK (1979) (Antal et al., 1979) leírása szerint állapítottuk meg, míg a talajok összes széntartalmát a Nagy (2000) által közölt módszerrel mértük meg. Az Arany-féle kötöttség meghatározása Buzás (1988) módszerével történt. A nitrogéntartalom meghatározására az AL-nél jóval enyhébb 0,01 M CaCl_2 kivonószert használtuk, amely sokkal inkább jellemzi az adott pillanatban a növény rendelkezésére álló tápanyag-mennyiséget (Houba et al., 1990 és 1991), mint az erélyesebb talaj-kivonószerek. A MÉM-NAK szerinti szaktanácsadási módszer ellátottsági kategóriáiban a kezelések átlagát tekintve eszerint a nitrogén-ellátottság megfelelő, a foszfor gyenge és a kálium-ellátottság közepesnek mondható. Látható mikroelem-hiánytünetek nem jellemzőek.

A talaj kémhatása enyhén savanyú, amely a tápelem-felvétel szempontjából többnyire előnyösnek ítéltető meg. A humuszos talajréteg vastagsága 70-90 cm. Valamint jellemző rá, hogy a több évtizedes művelés miatt a felső művelt 30 cm-es rétegében kilúgzott, vagyis nem tartalmaz számottevő mennyiségű meszet. Emiatt stresszhelyzetekben (aszályos időszak,

talajsavanyodás) valamelyest kevésbé képes kompenzálni azok hatását. A talajvízszint a felszín alatt mintegy 6-8 m-re található. A minimális vízkapacitás értéke 27-29 V V⁻¹%. E terület jól reprezentálja a hajdúsági, kiváló termőképességű löszhát csernozjom talajain jellemző termelési viszonyokat.

1. táblázat

A látóképi kísérleti terület talajának főbb paraméterei

Termőhely	Debrecen-Látókép
Talajtípus	Mészlepedékes csernozjom
Talaj textúra	Vályog
Arany-féle kötöttségi szám (K_A)	39
pH-H_2O	6,05
pH-KCl	5,41
pH-$CaCl_2$	5,73
Hidrolitos aciditás (y_1)	9,07
Összes C-tartalom (%)	1,89
Humusz-tartalom (%)	2,4
Térfogattömeg ($kg\ dm^{-3}$)	1,19
Összes só-tartalom ($m\ m^{-1}\%$)	0,05
$CaCO_3$-tartalom ($m\ m^{-1}\%$)	0
AL-oldható P_2O_5-tartalom ($mg\ kg^{-1}$)	101,3
AL-oldható K_2O-tartalom ($mg\ kg^{-1}$)	232,4
0,01 M $CaCl_2$-oldható össz-N-tartalom ($mg\ kg^{-1}$)	14,31

A terület két részből áll: az egyik felét – szükség esetén – Wobbler típusú, alacsony nyomású (2 bar) szórófejekkel felszerelt Valmont típusú, lineár öntözőberendezéssel öntözik, míg a másik felén a növény csupán a természetes csapadékból származó nedvességre támaszkodhat. Ez lehetőséget ad arra, hogy nyomon kövessük a különböző évjáratok, illetve az időjárási anomáliák hatását, valamint választ kaphatunk arra is, hogy mekkora terméstöbbletet érhetünk el a növény igényeinek kielégítésével a kritikus időszakokban. Illetve lehetőség nyílhat arra is, – főképp a vizsgált évjáratok ismeretében - hogy vizsgáljuk, hogy adott esetben növelhető-e a következő tenyészidőszak termésbiztonsága az előző évi kiegyenlített vízellátással.

A kísérleten belül három hibrid vizsgálatát tűztük ki célul. E három hibrid kiválasztásakor figyelembe vettük azok tenyészidejét (FAO-szám). Törekedtünk eltérő tenyészidejű hibrideket választani, hiszen eredeti feltételezésünk és eddigi ismereteink szerint ezek tápanyagfelvételében – mind mennyiségileg, mind dinamikáját tekintve – különbségek

mutatkoznak. Így vizsgáltuk az Mv 251 (FAO 280), az Mv Koppány (FAO 420), valamint az Mv 500 (FAO 510) hibrideket.

2. táblázat

A szabadföldi kísérletben alkalmazott kezeléskombinációk, műtrágya-hatóanyagban kifejezve

Kezeléskód	N (kg ha ⁻¹)	P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹)	K ₂ O (kg ha ⁻¹)	Összesen (kg ha ⁻¹)
<i>Kontroll (0)</i>	-	-	-	-
<i>1</i>	30	23	27	80
<i>2</i>	60	46	54	160
<i>3</i>	90	69	81	240
<i>4</i>	120	92	108	320
<i>5</i>	150	115	135	400

A kisparcellás kísérletben a kijuttatott tápelemek egymáshoz viszonyított aránya fix. A kísérletben a makroelem-trágyázás hatását öt tápanyaglepcsőben, rögzített 1,0:0,75:0,88 N:P₂O₅:K₂O arányban vizsgálják. A fenti műtrágya-mennyiségeket egységesen – a tartamkísérlet alapfeltételei szerint – ősszel juttatják ki 16-12-14% hatóanyag-tartalmú, kevert műtrágya formájában, amely a nitrogént NH₄NO₃-ként tartalmazza. Az egyes kezelésekben kijuttatott műtrágya-hatóanyag mennyiségét a 2. táblázat tartalmazza.

A műtrágya-mennyiség kijuttatását megelőzően került sor minden évben az elővetemény – kukorica – szárának lezúzására, illetve talajba tárcsázására. Majd a műtrágya kijuttatását követően azt is bedolgozták és ezt követte az őszi szántás. Tavasszal került sor a szántáselmunkálásra, a magágy-előkészítéssel egy menetben pedig elvégezték a talajfertőtlenítést is. Erre a monokultúrás termesztésben potenciális problémát okozó amerikai kukoricabogár (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte) lárvájának kártétele megelőzése végett volt szükség. Az alkalmazott szer a Force 1,5 G mikrogranulátum talajfertőtlenítő szer volt, 14 kg ha⁻¹ dózisban. A tenyészidőszak során sor került post-emergens, valamint mechanikai gyomirtásra szántóföldi kultivátorral. Az alkalmazott herbicid 2008-ban a Cambio (3 dm³ ha⁻¹), míg a 2009-es évben a Laudis (2,2 dm³ ha⁻¹). Az állományt jelentős mértékben veszélyeztető kórokozó, illetve kártevő egyik évben sem mutatkozott. A vetés 2008-ban április 22-én, míg a 2009-es évben április 15-én történt. A növények kelése 2008-ban valamivel lassabb volt, május 5-ére tehető; 2009-ben pedig 10 napot vett igénybe, azaz április 25-re tehető.

A 2008-as évben hullott csapadékmennyiség eloszlása rendkívül kedvezőnek ítéltető meg, így nem volt szükség pótlólagos vízmennyiség kijuttatására. Ez lehetővé teszi, hogy az előző évek vízellátásának, illetve a növények termésképzéshez szükséges vízmennyiségének

figyelembe vételével – racionális mértékben – következtetéseket vonjunk le az előző év és az öntözés tartamhatásáról. 2009-ben már kevésbé volt kiegyenlített a csapadékeloszlás, így kétszeri alkalommal, közvetlenül a kelés után (április 29-én), valamint a fiatal állományban (május 14-én) 25-25 mm öntözővizet juttattunk ki az érintett kezelésekre.

Az egyes hibridek – éréscsoporttól független – betakarítása technikai okokból kifolyólag egy időpontban történt: 2008-ban október 8-án, míg 2009-ben szeptember 29-én. A betakarított szemtermés nedvességtartalmának lemerését követően minden kísérleti parcella termését 15%-os nedvességtartalomra számítottuk át és hektárra vonatkoztatva adtuk meg.

Növény-mintavételek és a minták vizsgálata

Az egyes **növény-mintavételek** időpontjai a következők voltak: 2008. május 23., június 11., június 23., július 9., július 22., augusztus 13. és október 6. A 2009-es év folyamán pedig: június 5., június 26., július 14., július 28., augusztus 11. és szeptember 23. Az első növény-mintavételkor még nyolc növény föld feletti részét – a későbbi analízishez elegendő mintamennyiség szempontjából – vágtuk ki, míg a többi mintavétel során már csak két-két növényt vágunk ki parcellánként.

A növénymintákat képező egész föld feletti biomasszát a zöldtömeg lemerését követően először szecska méretűre aprítottuk és így levegőn szárítottuk. A légszáraz mintákat ezt követően szárítószekrénybe tettük, ahol tömegállandóságig szárítottuk. A szárazanyag mennyiségét szintén mértük, majd finom porrá őröltük és az így kapott kevert mintát vetettük alá további vizsgálatoknak.

A növényminták foszfor- és káliumtartalmát cc. kénsavas roncsolással történő minta-előkészítést követően mértük (Walinga et al., 1995). Az előkészítés során a száraz és finom porrá őrölt növénymintákból 0,5 g-ot roncsoló csövekbe mértünk, majd 5 cm³ cc. H₂SO₄-t adtunk hozzá és a szerves anyagok lebomlása érdekében egy éjszakán át állni hagytuk. Másnap 30%-os H₂O₂ hozzáadásával elszívófülke alatt roncsoló blokkban hevítettük az így előkészített mintákat míg az oldatok ki nem tisztultak. Az így kapott, lehűtött oldatot 50 cm³-re hígítottuk és MN 640 W szűrőpapíron leszűrtük. Az így előkészített törzsoldatból a káliumtartalmat megfelelő hígítási arányban lángemissziós fotométerrel (Unicam SP90B), a foszfortartalmat pedig a Buzás (1988) által leírt molibdénkéék, fotometriás módszerrel 880 nm hullámhosszon mértük. A növényminták N-tartalmát égetéssel elven történő elemanalizátorral (Nagy, 2000) mértük.

Talaj-mintavételek és a minták vizsgálata

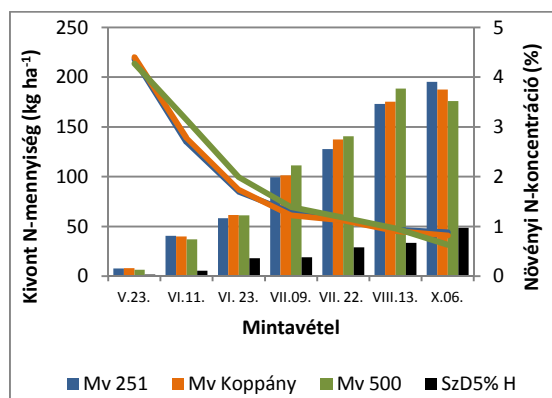
Talajmintavételre évente három alkalommal került sor: egy a tenyésztidőszak elején, már a vetést követően, egyre a tenyésztidőszak intenzív tápanyag-felvételi időszakában és egyre a betakarításkor. Időpont szerint a mintavételeket 2008. május 30-án, július 22-én és október 10-én, 2009-ben pedig június 5-én, július 14-én és szeptember 23-án végeztük. A talajmintákat a MÉM-NAK által is javasolt standard kézi fúróval vettük, az egyes mintákat parcellánként hat leszúrás átlagából képeztük.

A talajmintákat először levegőn megszárítottuk, majd egy speciális darálón finom porrá őröltük, a méréseket megelőzően pedig szárítószekrényben tároltuk. A minták elemtartalmának meghatározására kétféle kivonószert használtunk. Az egyik, a hazai szaktanácsadási gyakorlatban is alkalmazott ammónium-laktát-ecetsavas talajextrahálószer, amellyel a minták foszfor-, kálium-tartalmát határoztuk meg (Egner et al., 1960). Ez a kivonószert viszonylag erélyesnek mondható, jól jellemzi a talaj könnyen mobilizálható elemtartalmát (Loch, 2006). Ezzel szemben az oldható és könnyen kicserélhető elemtartalom meghatározására az AL-nél sokkal kevésbé erélyes 0,01 M kalcium-kloridot használtuk (Houba et al., 1990 és 1991). Az AL-lel történő extrakció során 5 g talajt mértünk zárható, műanyagból készült rázóedénybe, majd hozzáadtunk 50 cm³ kivonószert, amellyel két órán keresztül ráztunk. Ezt követően a szűrletet szűrőpapíron (MN 640 W) szűrtük és desztillált vízzel 50 ml-re töltöttük fel. A törzsoldatból a foszfortartalmat a fent említett molibdénké-kódszerrel, fotometriásan mértük a P-tartalmat. A K-tartalom meghatározása a zavaró ionok eliminálására szolgáló oxálsav hozzáadásával, 24 óra elteltével, lángemissziós fotométerrel (Unicam SP90B) történt. A kevésbé erélyes 0,01 M CaCl₂ kivonószert 50 cm³-ével szintén 5 g mennyiségű talajt ráztunk szobahőmérsékleten, két órán át. A kapott talajoldatot szűrtük és 50 cm³ desztillált vízzel adott mennyiségre töltöttük. Közvetlenül a törzsoldatból történt a különböző N- és P-formák meghatározása, valamint 24 óra elteltével a kémhatást is mértük.

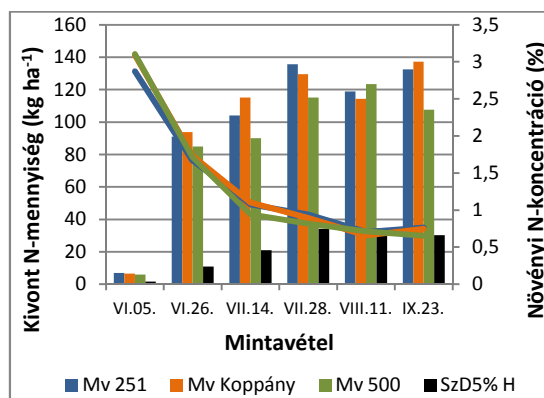
A kapott adatok statisztikai értékeléséhez a Sváb (1981) által leírt módon háromtényezős varianciaanalízist, valamint lineáris regresszió-analízist alkalmaztunk. Az értékelés során a Tolner et al. (2008) által Microsoft[®] Excelben megírt makrót használtuk. A programmal vizsgáltuk az egyes termelési tényezők hatását, illetve kölcsönhatásait. A regresszióanalízissel pedig a talaj különböző tápanyag-tartalma, illetve a növények tápelem-tartalma közötti összefüggéseket elemeztük. A növényi produkció, valamint az egyes tápelemek beépülési dinamikáját pedig az Origin program 6.0 verziója segítségével szerkesztettük meg.

3. Az értekezés új és újszerű tudományos eredményei

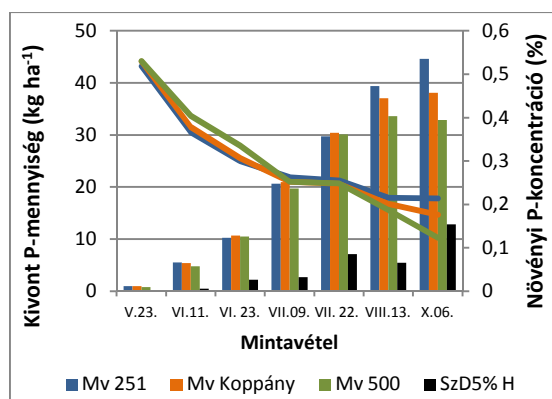
1. A vizsgált genotípusok **zöldtömeg- és szárazanyag-gyarapodásának intenzitása, valamint tápelem-felvétele (1., 2., 3., 4., 5. és 6. ábra) a tenyészidőszak folyamán eltérő:** a korai éréscsoportba tartozó hibridnél rövidebb, de intenzívebb tápanyag-felvételt figyeltünk meg, míg a hosszabb vegetációs periódusú hibridek tápanyag-felvételi időszaka elnyújtottabb és kevésbé intenzív dinamikájú.



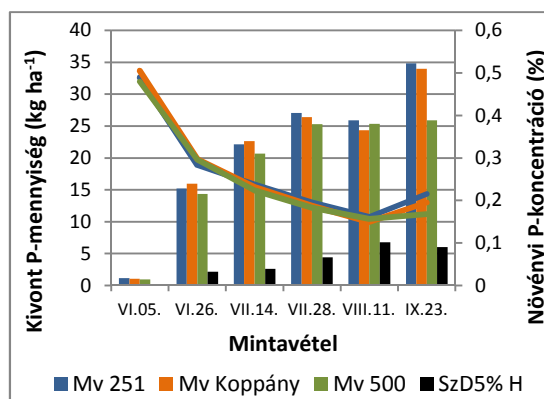
1. ábra: A növények által kivont N-mennyiség és a növényi elemkoncentráció változása a tenyészidőszak folyamán a genotípus függvényében (Debrecen-Látókép, 2008)



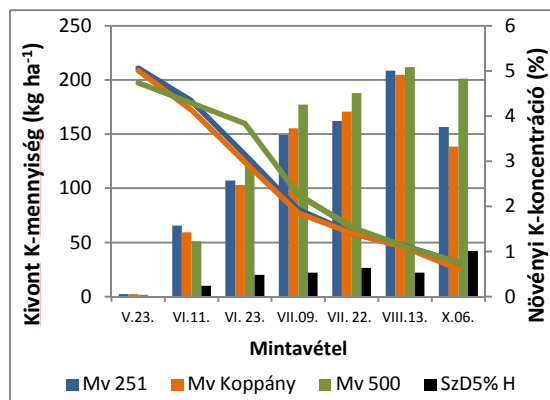
2. ábra: A növények által kivont N-mennyiség és a növényi elemkoncentráció változása a tenyészidőszak folyamán a genotípus függvényében (Debrecen-Látókép, 2009)



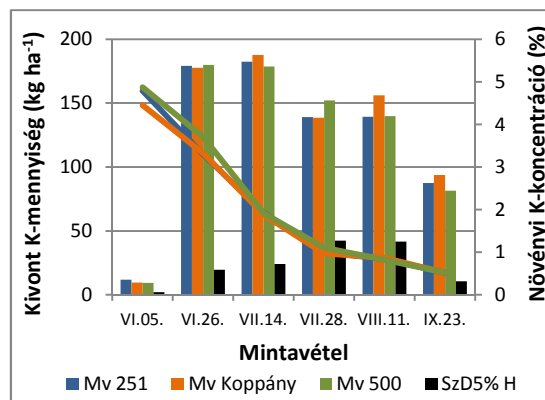
3. ábra: A növények által kivont P-mennyiség és a növényi elemkoncentráció változása a tenyészidőszak folyamán a genotípus függvényében (Debrecen-Látókép, 2008)



4. ábra: A növények által kivont P-mennyiség és a növényi elemkoncentráció változása a tenyészidőszak folyamán a genotípus függvényében (Debrecen-Látókép, 2009)

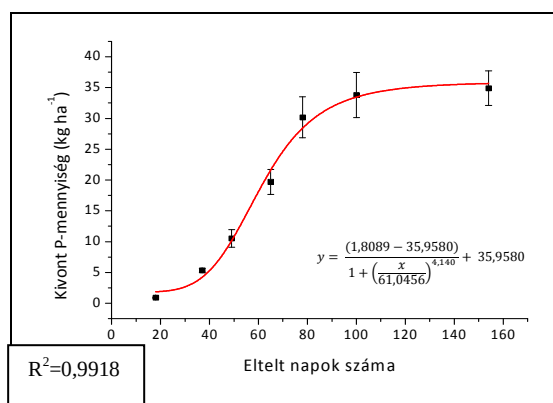


5. ábra: A növények által kivont K-mennyiség és a növényi K-koncentráció a tenyészidőszak folyamán a genotípus függvényében (Debrecen-Látókép, 2008)

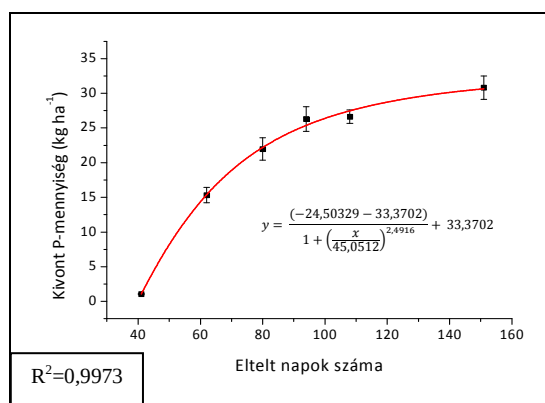


6. ábra: A növények által kivont K-mennyiség és a növényi elemkoncentráció változása a tenyészidőszak folyamán a genotípus függvényében (Debrecen-Látókép, 2009)

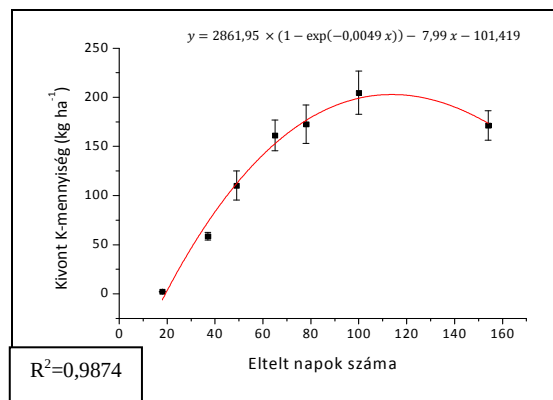
2. Az évjárat döntő mértékben befolyásolja a tápanyagok feltáródását és a tápelem-felvétel dinamikáját. A foszfor esetében (7. és 8. ábra) súlyos vízhiány esetén az intenzív felvételi időszak lerövidül. A kálium esetében pedig a korábban felvett K-mennyiség (9. és 10. ábra) akár felét is visszajuttathatja a növény a talajba.



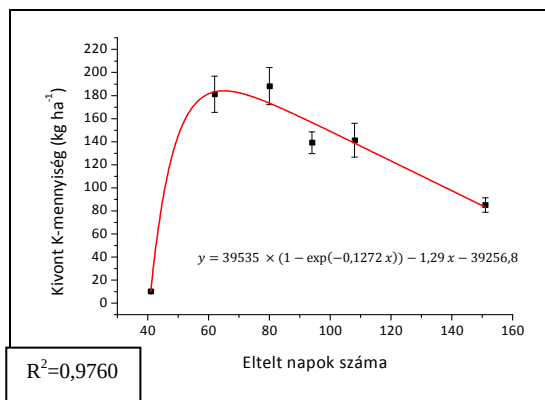
7. ábra: A kukorica P-felvételi dinamikája a tenyészidőszak során (Debrecen-Látókép, 2008)



8. ábra: A kukorica P-felvételi dinamikája a tenyészidőszak során (Debrecen-Látókép, 2009)

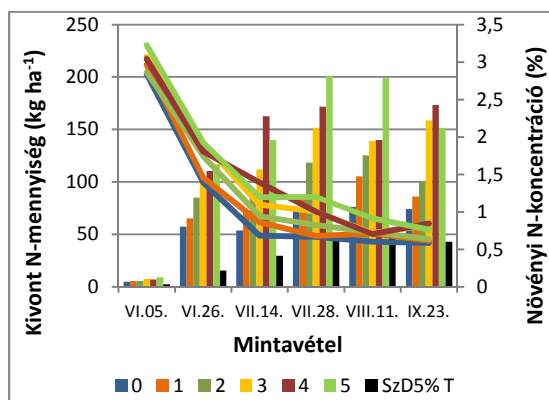


9. ábra: A kukorica K-felvételi dinamikája a tenyészidőszak során (Debrecen-Látókép, 2008)

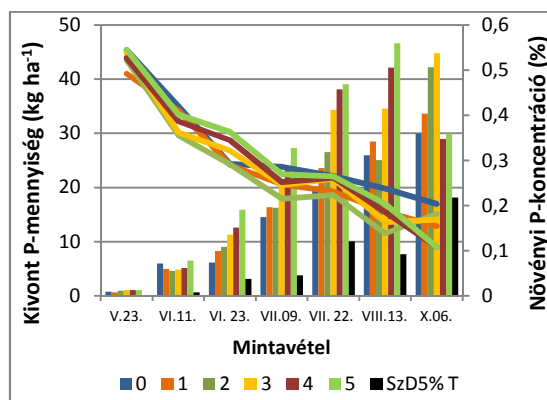


10. ábra: A kukorica K-felvételi dinamikája a tenyészidőszak során (Debrecen-Látókép, 2009)

3. Az Mv 500 hibrid címerhányása és szemképződése később következett be, csapadékhiányos évjáratban szárazabb és melegebb időszakra esett, mint a rövidebb tenyészidejűeknél. Ennek következtében a szemtelítődés és az érés során nem tudta kompenzálni a nem kielégítő vízellátás terméslimitáló hatását.
4. Nagyobb N- (11. ábra), P- (12. ábra) és K-dózisú kezelésekben a **növényi elemtartalom** is nőtt, de a vegetáció során a magasabb dózisú kezelésekben a növényi elemkoncentráció intenzívebben csökkent, mint a kezeletlen és az alacsonyabb tápanyag-ellátottságú variánsokban.

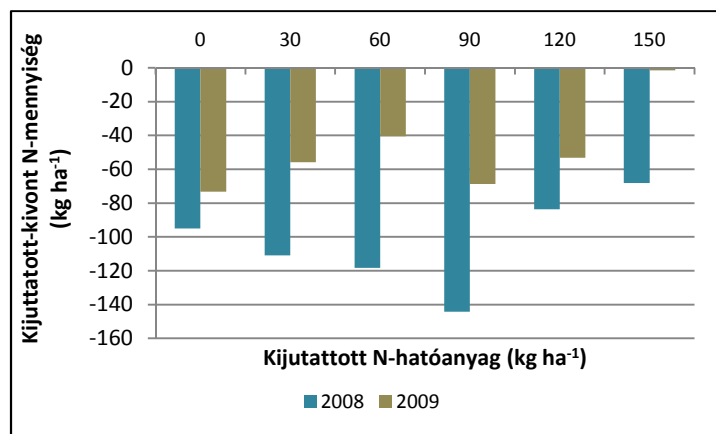


11. ábra: A növények által kivont N-mennyiség és a növényi elemkoncentráció változása a tenyészidőszak folyamán a tápanyag-ellátási lépcsők függvényében (Debrecen-Látókép, 2009)

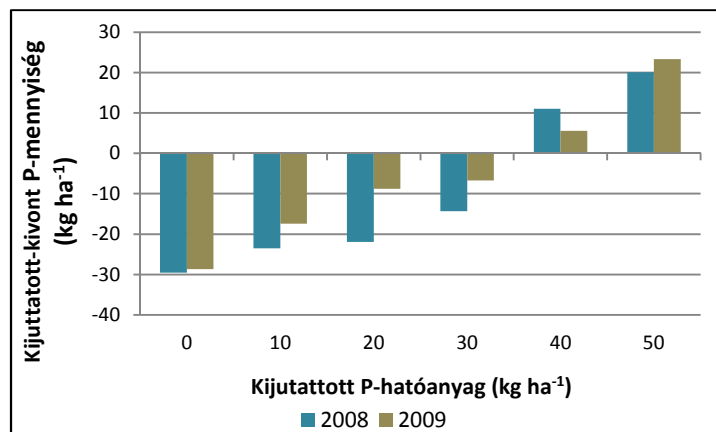


12. ábra: A növények által kivont P-mennyiség és a növényi elemkoncentráció változása a tenyészidőszak folyamán a tápanyag-ellátottság függvényében (Debrecen-Látókép, 2008)

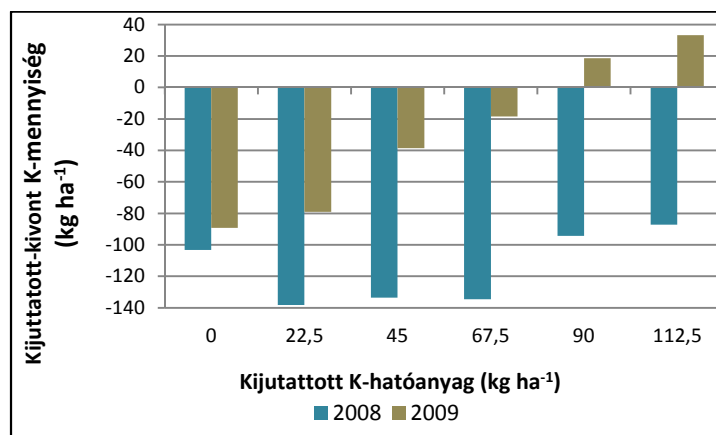
5. A tápelemek egymáshoz viszonyított arányát a tervezett tápanyag-ellátási szint és a csapadék/vízellátás függvényében kell meghatározni. A vizsgált fix tápelem-arányok esetében a magasabb ellátottsági szinteken a kijuttatott és már felvett mennyiségen túl további N-feltáródást figyeltünk meg, azonban a növény egyik évben sem használta fel a kijuttatott foszfor-mennyiséget, míg száraz évjáratban részben már a káliumot sem (13., 14. és 15. ábra).



13. ábra: A kijuttatott és kivont N-mennyiség különbsége az egyes tápanyag-ellátási szinteken



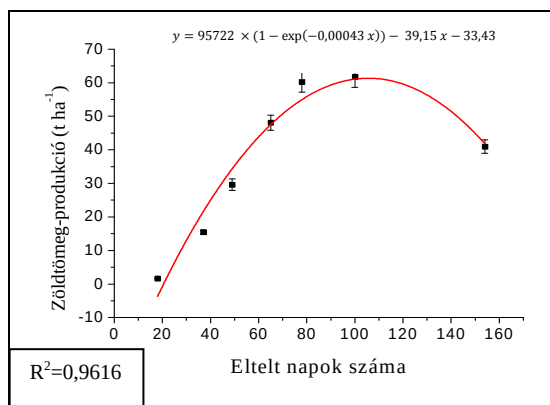
14. ábra: A kijuttatott és kivont P-mennyiség különbsége az egyes tápanyag-ellátási szinteken



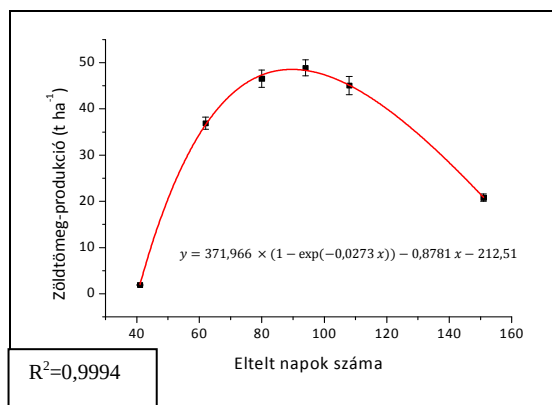
15. ábra: A kijuttatott és kivont K-mennyiség különbsége az egyes tápanyag-ellátási szinteken

4. Az eredmények gyakorlati hasznosíthatósága

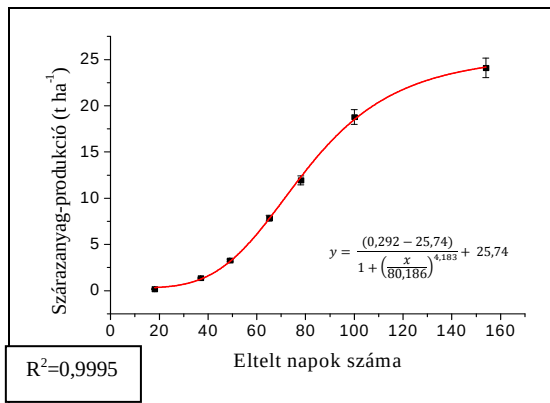
1. A növekvő vízellátással fokozódó tápelem-felvétel biztosítására gondoskodni kell a nagyobb dózisú tápanyag-kijuttatásról is. Rendszeres öntözés alkalmazásánál csapadékos évjáratban figyelembe kell vennünk, hogy a korábbi évek magasabb tápelem-felvételét szükséges magasabb tápanyag-ellátással kiegészíteni a talaj megfelelő tápanyag-szolgáltató képességének fenntartása érdekében.
2. A **fenntartható gazdálkodás** követelményeinek megfelelő kezelések nem feltétlenül esnek egybe a maximális termést produkáló kezelésekkel. A talaj legjobb tápanyag-szolgáltató képessége a közepes ($90 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N} + \text{PK}$) műtrágya-dózis kijuttatásakor igazolt (13., 14. és 15. ábra).
3. A növény számára a folyamatos tápanyag-ellátás mellett **fontos valamennyi kritikus fenofázisban biztosítani a szükséges vízmennyiséget az optimális fejlődéshez**, ennek hiányában a nem megfelelő vízellátásból eredő termésdepressziót a növény nem képes a későbbi időszakban korrigálni.
4. Kiegyenlített vízellátású évben a növényi zöldtömeg- (16. ábra) és szárazanyag-gyarapodás (18. ábra) kiegyenlített. Ezzel szemben száraz évjáratban a vízhiány jelentősen gátolja a beépülést, s a beépülés és a – vízvesztési folyamatoknak köszönhetően bekövetkező – zöldtömeg csökkenés közötti fázisváltás akár 7-10 nappal korábbra tehető, mint csapadékos évben (17. és 19. ábra).



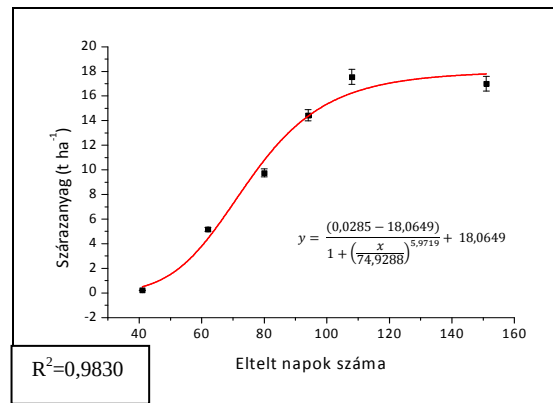
16. ábra: A kukorica zöldtömeg-gyarapodásának alakulása a 2008-as tenyészidőszakban (a kezelések átlagában, Debrecen-Látókép)



17. ábra: A kukorica zöldtömeg-gyarapodásának alakulása a 2009-es tenyészidőszakban (a kezelések átlagában, Debrecen-Látókép)



18. ábra: A kukorica száranyag-gyarapodásának alakulása a 2008-as tenyészidőszakban (a kezelések átlagában, Debrecen-Látókép)



19. ábra: A kukorica száranyag-gyarapodásának alakulása a 2009-es tenyészidőszakban (a kezelések átlagában, Debrecen-Látókép)

5. Az alkalmazott hibrid megválasztásánál a termőhelyi adottságok mellett figyelembe kell venni a tenyészidőszak hosszát és **az egyes fenofázisokhoz kell igazítani a tápanyag- és vízellátás optimális dózisait és kijuttatását**. A legkritikusabb vízigényű fenofázisban a korai éréscsoportba tartozó hibrideknél június utolsó, míg a későbbi éréscsoportba tartozóknál július első dekádjában javasolt a megfelelő vízellátás biztosítása.
6. Kísérleti eredményeink alapján csernozjom talajon a középérésű **Mv Koppány** mind csapadékos, mind száraz évjáratban megbízható termést produkált. Az 500 feletti FAO-számú hibridek használata csak intenzív termesztésben, a növény tápanyag- és vízigényének folyamatos biztosításával javasolt.

5. Publikációk az értekezés témakörében

- Antal J. – Buzás I. – Debreceni B. – Nagy M. – Sipos S. – Sváb J. (1979): A műtrágyázás irányelvei és üzemi számítási módszer. I. rész. N, P, K műtrágyázási irányelvek. MÉM Növényvédelmi és Agrokémiai Központ. Budapest. 1-47.*
- Buzás I. (szerk.) (1988): A talajok fizikai-kémiai és kémiai vizsgálati módszerei. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.*
- Csathó P. – Lásztity B. – Sarkadi J. (1991): Az „évjárat” hatása a kukorica termésére és terméselemeire P-műtrágyázási tartamkísérletben. Növénytermelés **40**. 4. 339-353.*
- Debreceni K. – Berecz K. (2000): Effect of nutrient supply and site characteristics on NPK yield of different maize hybrids. Acta Agronomica Hungarica. **48**. 1. 51-63.*
- Egner H. – Riem H. – Domingo W. (1960): Untersuchungen über die chemische Bodenanalyse als Grundlage für die Beurteilung des Nährstoffzustandes der Böden. II. Chemische Extraktionsmethoden zur Phosphor und Kaliumbestimmung. Kungl. Lantbrukshögsk. Ann. **26**. 199-215.*
- Houba V. J. G. – Novozamsky L. – Lexmond T. M. – Van der Lee J. J. (1990): Applicability of 0.01 M CaCl₂ as a single extraction solution for the assessment of the nutrient status of soils and other diagnostic purposes. Communications in Soil Science and Plant Analysis. **21**. 2281-2290.*
- Houba V. J. G. - Jászberényi I. - Loch J. (1991): Application of 0,01 M CaCl₂ as a single extraction solution for evaluation of the nutritional status of Hungarian soils. Debreceni Agrártudományi Egyetem Tudományos Közleményei. XXX. 85-89.*
- Huzsvai L.– Nagy J. (2005): Effect of weather on maize yields and the efficiency of fertilization. Acta Agronomica Hungarica. **53**. 1. 31-39.*
- Loch J. (2006): Tápanyagvizsgálati módszerek értékelése. In: Loch J. és Lazányi J. (szerk.) (2006): A tápanyag-gazdálkodást segítő talajvizsgálati módszerek alkalmazása a Nyírség homoktalajain. Nyíregyháza. 51-77.*
- Mengel K. (1993): Impact of intensive agriculture on resources and environment. In: Fragoso M. A. C. és van Beisichem M. L.: Optimization of Plant Nutrition. Kluwer Academic Publishers. Hollandia. 613-617.*
- Mengel K. – Kirkby E.A. (1982): Principles of Plant Nutrition. International Potash Institute. Bern. 655.*
- Nagy J. (2007b): Kukoricatermesztés. Akadémiai Kiadó. Budapest.*
- Nagy P. T. (2000): Égetéssel elven működő elemvizsgáló alkalmazhatósága talaj- és növényvizsgálatoknál. Agrokémia és Talajtan. **49**. 3-4. 521-534.*
- Sváb J. (1981): Biometria módszerek a kutatásban. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.*

Tolner L. – Füleky Gy. – Aydinalp C. (2008): Öntözés talajszennyező hatásának igazolása valódi ismétlést nem tartalmazó megfigyelési adatok segítségével. VIII. Magyar Biometriai és Biomatematikai Konferencia. Budapest.

Walinga J. – van der Lee J. J. – Huoba V. J. G. – van Vark W. – Novozamsly I. (1995): Plant analysis manual. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht – Boston – London. A1/31-33.

6. A jelölt értekezés témájában született publikációinak listája

Magyar nyelvű könyvfejezet:

Sipos M. – Vágó I. (2008): A talaj tápanyag-készlete In. Talajtan, talajökológia Szerk.: Kátai J. Talajtan, talajökológia. DE AMTC. Debrecen.

Tudományos közlemény idegen nyelvű, hazai lektorált folyóiratban:

Sipos M. – Balla Kovács A. – Oláh Zsuzsanna Á. (2008): Effect of nitrogen-supply, nickel-contamination and liming on the chemical composition of perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.). Cereal Research Communications. 36. 447-450 p. VII. Alps-Adria Scientific Workshop. Stara Lesna.

Balla Kovács A. – Sipos M. – Kremper R. (2008): Influence of bio- and chemical fertilization on nitrate accumulation, phosphorus and calcium content in lettuce (*Lactuca sativa* L.). Cereal Research Communications. 36. 555-558. p. VII. Alps-Adria Scientific Workshop. Stara Lesna.

Kincses I. – Filep T. – Kremper R. – Sipos M. (2008): Effect of nitrogen fertilization and biofertilization on element content of parsley. Cereal Research Communications. 36. 571-574. p. VII. Alps-Adria Scientific Workshop. Stara Lesna.

Nagy P. T. – Sipos M. – Szabó Z. – Nyéki J. (2008): „Érdi Bőtermő” Sour Cherry Response to Nitrogen and Boron Foliar Fertilization. Journal of Agricultural Sciences. Debrecen. 193-197. p.

Balla Kovács A. – Vágó I. – Kremper R. – Sipos M. – Tállai M. (2008): The Influence of Chemical Biofertilizers on the Yield, Nitrogen, Phosphorous and Potassium Content of Lettuce (*Lactuca sativa* L.) in a two-year Greenhouse Experiment. Journal of Agricultural Sciences. Debrecen. 43-48. p.

Kincses I. – Kremper R. – Sipos M. (2008): Investigation of the after effect of bacterium fertilization in pot experiment. (Jubileum Nagyvárad) 6th International Scientific Symposium, „Natural Resources and Sustainable Development. Results and Practise of the Bologna process. Debrecen, 2008. október 3. Journal of Agricultural Sciences Acta Agraria Debreceniensis Supplement 23-28.

Sipos M. – Kincses I. – Berta Szabó E. (2009): Study of the effect of limiting production factors – hybrid, nutrient-supply level and irrigation – on the yield and starch-content of

maize (*Zea mays L.*) Cereal Research Communications. 37. 145-149 VIII. Alps-Adria Scientific Workshop. Neum.

Nagy P. T. – Sipos M. – Szabó Z. – Soltész M. – Nyéki J. (2009): The effect of climatic anomalies on the nutrient supply of fruit plantation (Minireview). International Journal of Horticultural Science. 15. (1-2). 111-116.

Tudományos közlemény magyar nyelvű, lektorált folyóiratban:

Sipos M. (2008): A nikkel-szennyezés, a nitrogén-trágyázás és a kalcium-karbonát adagolás hatása az angol perje (*Lolium perenne L.*) elemtartalmára. Agrártudományi Közlemények. 30. 85-92.

Sipos M. (2009): A hibrid, a tápanyag-ellátás és az öntözés hatása a kukorica (*Zea mays L.*) betakarításkori szemnedvesség-tartalmára, illetve keményítő-tartalmára. Agrártudományi Közlemények. 35. 89-94.

Sipos M. (2009): A kukorica (*Zea mays L.*) termésének, valamint néhány beltartalmi értékének vizsgálata a hibrid, a tápanyag-ellátás és az öntözés függvényében. Agrokémia és Talajtan. 58. 1. 79-90.

Sipos M. (2009): A kukorica (*Zea mays L.*) magnézium-felvételi dinamikája mezőszégi talajon. Agrártudományi Közlemények. 42. 83-89.

Balláné Kovács A. – Sipos M. (2009): Az ammónium-nitrát és a Microbion UNC baktériumtrágya hatása a torma (*Armoracia macrocarpa*) tápelemtartalmára. Kertgazdaság. 41. 4. 3-11.

Idegen nyelvű, lektorált konferencia kiadvány:

Sipos M. – Vágó I. – Balla-Kovács A. – Kincses I. (2007): Die Wirkung von Stickstoffversorgung, Schwermetallbelastung und Kalkung auf die Trockensubstanzproduktion des Englischen Weidelgrases (*Lolium perenne L.*). Erdei Ferenc IV. Tudományos Konferencia, 2007. aug. 27-28. Kecskemét. 184-187. p.

Sipos M. – Vágó I. (2007): The effect of nitrogen supply, liming and nickel contamination on the productivity of ryegrass (*Lolium perenne L.*) in a greenhouse experiment. Joint International Conference on Long-term Experiments, Agricultural Research and Natural Resources. 31st May – 1st June. Debrecen-Nyírlugos. Lecture. 163-169. HU-ISBN: 978-963-473-054-5

Vágó I. – Kátai J. – Sipos M. – Balla Kovács A. – Kincses I. (2008): Changes of yield amount and some content parameters of strawberry (*Fragaria ananassa*) as affected by potassium

- and magnesium fertilization. International Symposium "Risk Factors for Environment and Food Safety" Oradea, Romania. 317-322. p.
- Kincses I. – Sipos M. (2008): The effect of bacteria fertilizers on the nitrogen amount extracted by the yield of perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) on different soil types. International Symposium "Risk Factors for Environment and Food Safety" Oradea, Romania. 121-126. p.
- Sipos M. – Balla-Kovács A. – Kincses I. – Nagy P. T. (2009): Investigation of effects and interactions between nutrient-supply, irrigation, hybrid and zinc-uptake of maize (*Zea mays* L.) Trace Elements in the Food Chain. Vol. 3. Deficiency or Excess of Trace Elements in the Environment as a Risk of Health. 317-321.
- Sipos M. – Nagy P. T. – Balla Kovács A. – Kincses I. – Vágó I. (2009): Interactions between long-term fertilization, hybrid and irrigation on the calcium-uptake dynamics of maize (*Zea mays* L.). Erdei Ferenc V. Tudományos Konferencia. Kecskemét. 2009. 09. 03-04. 3.kötet. 1397-1401. ISBN: 978-963-7294-73-0.
- Sipos M. – Kincses S.né – Nagy P. T. – Balláné Kovács A. – Bakó A. (2009): Die Wirkung von mineralischer Düngung auf die Magnesiumaufnahme des Mais (*Zea mays* L.). Erdei Ferenc V. Tudományos Konferencia. Kecskemét. 2009. 09. 03-04. Erdei Ferenc V. Tudományos Konferencia. Kecskemét. 2009. 09. 03-04. 1.kötet. 394-398. ISBN: 978-963-7294-73-0.
- Sipos M. – Vágó I. – Nagy P. T. – Balláné Kovács A. – Kincses S.né (2009): The effect of long-term fertilization on the manganese uptake dynamics of maize (*Zea mays* L.). LI. Georgikon Tudományos Napok. Keszthely. 2009. 10. 01. 832-837.
- Sipos M. – Vágó I. (2009): The effect of and interactions between hybrid, nutrient-supply and irrigation on the calcium and magnesium-uptake dynamics of maize (*Zea mays* L.). In: International Symposia Risk Factors for Environment and Food Safety & Natural Resources and Sustainable Development, Faculty of Environmental Protection, November 6-7 Oradea 2009. Symposium CD 329-337.
- Vágó I. – Sipos M. (2009): Investigation of production factors on the yield and starch content of maize (*Zea mays* L.) on a chernozem soil in Hungary. Ukrán-magyar TÉT bilaterális pályázat keretében megrendezett konferencia. Debrecen. In print.
- Balla-Kovács A. – Vágó I. – Sipos M. – Filep T. (2009): Effects of different N and S doses on Mn and Zn content of garden bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Trace Elements in the Food Chain. Vol. 3. Deficiency or Excess of Trace Elements in the Environment as a Risk of Health. 282-286.

Nagy P. T. – Kincses I. – Sipos M. – Nyéki J. – Szabó Z. (2009): Study of the effects of a complex fertilizer and a biostimulator on trace element contents of leaf and fruit of sweet cherry (*Prunus Avium*). Trace elements in food chain Vol. 3. Deficiency or excess of trace elements in the environment as a risk of health. Eds.: M. Szilágyi, K. Szentmihályi, pp. 307-311.

Kincses I. – Nagy P. T. – Sipos M. (2009): Effect of bacteria fertilizers on plant extracted Zn and Cu content of ryegrass (*Lolium perenne*) at different types of soil Trace Elements in the Food Chain. Vol. 3. Deficiency or Excess of Trace Elements in the Environment as a Risk of Health. 357-361.

Nagy P. T. – Sándor Zs. – Kincses I. – Sipos M. – Nyéki J. – Szabó Z. (2009): Effects of different groundwater applications on nutrient contents of soil in an integrated apple orchard in eastern Hungary. Erdei Ferenc V. Tudományos Konferencia. Kecskemét. 2009. 09. 03-04. 3.kötet. 1372-1376. ISBN: 978-963-7294-73-0.

Nagy P. T. – Kincses I. – Sipos M. – Nyéki J. – Szabó Z. (2009): Effects of different groundcover applications on available easily soluble nitrogen forms of soil in an integrated apple orchard in east Hungary. In: International Symposia Risk Factors for Environment and Food Safety & Natural Resources and Sustainable Development, Faculty of Environmental Protection, November 6-7 Oradea 2009. Symposium CD 436-441.

Magyar nyelvű, lektorált konferencia kiadvány:

Balláné Kovács A. – Sipos M. – Kremper R. – Vágó I. (2009): A különböző formájú műtrágyák és a Microbion UNC baktériumtrágya hatása a torma (*Armoracia macrocarpa*) N, P, K, Ca és Mg-tartalmára. Tudomány és oktatás. Agtedu 2009 Konferencia. Kecskemét. ISSN: 1586-846x; ISBN: 978-963-7294-77-8. 37-42.

Nagy P. T. – Sipos M. – Vágó I. – Szabó Z. – Nyéki J. (2009): A hazai gyümölcstermesztés jelenlegi tápanyag-utánpótlási gyakorlatának értékelése. Tudomány és oktatás. Agtedu 2009 Konferencia. Kecskemét. ISSN: 1586-846x; ISBN: 978-963-7294-77-8. 90-95

Vágó I. – Balláné Kovács A. – Sipos M. – Kátai J. – Nagy P. T. (2009): Mátrixhatások a talajextraktumok bórtartalmának spektrofotometriás mérésénél. Tudomány és oktatás. Agtedu 2009 Konferencia. Kecskemét. ISSN: 1586-846x; ISBN: 978-963-7294-77-8. 136-141.

Nagy P. T. – Sipos M. – Szabó Z. – Nyéki J. (2009): Biostimulátorok használata cseresznye ültetvények tápanyag-ellátásában. LI. Georgikon Napok. 2009. 648-654.

*Kincses S.né – Sipos M. – Kremper R. (2009): Baktériumtrágyák hatása az angolperje (*Lolium perenne*) terméssel kivont nitrogén- és foszfor mennyiségére különböző típusú talajon. Erdei Ferenc V. Tudományos Konferencia. Kecskemét. 2009. 09. 03-04. 3.kötet. 1258-1262. ISBN: 978-963-7294-73-0.*

Szabó A. – Tomócsik A. – Sipos M. – Nagy P. T. – Makádi M. (2010): Biogáz előállítás fermentációs maradékainak hasznosíthatósága a növény táplálásban. Zöldenergia, földhő és napenergia hasznosítása a hőtermelésben. Konferenciakiadvány. Károly Róbert Főiskola. Kuktató, Fejlesztő Központ. Gyöngyös. 98-101.

Sipos M. – Szöllősi N. – Nagy P. T. – Sándor Zs. – Balláné Kovács A. – Vágó I. (2010): A trágyázás tartamhatása a talaj urán-felhalmozódására tartamkísérletben. Szeged, Talajtani Vándorgyűlés, 2010. szeptember. In print.

Magyar nyelvű absztrakt:

Sipos M. – Kincses I. – Nagy P. T. (2008): A talajtakarás szerepe fiatal, nem termő cv. Vilmos körtefák makro-tápelem-felvételére. A Tudomány Ünnepe – Fiatal Kutatók az Élhető Földért Konferencia. Poszter. Budapest.

<http://www.agrarkutatas.net/absztraktok/elem/id/75/A-talajtakarás-szerepe-fiatal,-nem-termő-cv--Vilmos-körtefák-makrotápelem-felvételére>

Idegen nyelvű absztrakt:

Sipos M. (2009): Contamination of agricultural soils by mineral fertilization. II. Nachwuchswissenschaftlerforum des JKI. Berlin-Dahleim. 2009. 11. 17-19. In print.

Ismeretterjesztő publikáció:

Bai A. – Sipos M. (2009): A növény nemesítés és az agrotechnika szerepe a bioetanol versenyképességében. Bioenergia. 4. 1. 15-20.

A kutatási témához közvetlenül nem kapcsolódó publikációk:

Sipos M. (2008): Climate change, food crisis and effectivity of energy-use: Is the whole thing about idleness or are only the problems too complicated? Winner prize of the FAO REU Essay Contest

http://www.fao.org/world/regional/reu/docs/marianna_sipos.pdf

Sipos M. (2009): Élelmiszer vagy nyersanyag – a mezőgazdasági termékek hasznosításának dilemmája. Tudomány és oktatás. Agtedu 2009 Konferencia. Kecskemét. ISSN: 1586-846x; ISBN: 978-963-7294-77-8. 108-112.

- Sipos M. – Vágó I. – Kratz S. – Schnug E. (2010): Uran in Düngemitteln und dessen Verbleib in der Umwelt - Teil 2: Grund-, Oberflächen- und Mineralwässer. XII. NTN. Gyöngyös. 2010.03.25-26. Előadások összefoglalója 127.*
- Sipos M. (2010): A kukorica keményítő-hozamát befolyásoló tényezők vizsgálata a jobb etanol-kihozatal érdekében. Zöldenergia, földhő és napenergia hasznosítása a hőtermelésben. Konferenciakiadvány. Károly Róbert Főiskola. Kutató, Fejlesztő Központ. Gyöngyös. 90-93.*
- Vágó I. – Sipos M. – Tolner L. – Schnug E. (2010): Uran in Düngemitteln und dessen Verbleib in der Umwelt - Teil 1: Boden. XII. NTN. Gyöngyös. 2010.03.25-26. Előadások összefoglalója 126.*
- Sipos M. – Nagy P. T. – Szabó A. – Kátai J. – Vágó I. (2010): Uranium in fertilizers and their retention in ground and stream waters. Natural and artificial ecosystems in the Somes - Cris - Mures - Tisa river basin. International Conference, Arad, 07-08. May. Book of Abstracts p. 151.*
- Földesi M. – Sipos M. – Szabó A. – Vágó I. (2010): Uranium in fertilizers and their retention in the soil. Natural and artificial ecosystems in the Somes - Cris - Mures - Tisa river basin. International Conference, Arad, 07-08. May. Book of Abstracts p. 140.*