

A N-trágyázás hatása a kukorica levél tápelem-koncentrációjára és a tápelemek közötti kölcsönhatásokra

IZSÁKI ZOLTÁN

Szent István Egyetem Víz- és Környezetgazdálkodási Kar,
Mezőgazdaságtudományi Intézet, Szarvas

Összefoglalás

A kukorica talaj- és növényvizsgálatra alapozott trágyázási szaktanácsadásának fejlesztéséhez 8 éves kísérleti periódusban vizsgáltuk a N-trágyázás (0, 80, 160, 240 kg/ha N) hatását a kukorica szemtermésére, a levél tápelem-koncentrációjára, valamint a tápelemek közötti kölcsönhatásokra. A műtrágyázási tartamkísérletet 1989-ben állítottuk be mélyben karbonátos csernozjom réti talajon, 4–4 N-, P- és K-ellátottsági szinten, teljes kezeléskombinációban, 64 kezeléssel, kétszeresen osztott parcellás elrendezésben. Jelen dolgozatban a 2001–2008 között (a tartamkísérletek 12–19. éveiben) végzett kísérletek N-trágyázási eredményei szerepelnek, melyek alapján az alábbi főbb következtetések tehetők:

1. A 2,8–3,2% humusztartalmú csernozjom réti talajon N-trágyázás nélkül 8 év átlagában a talaj 0–60 cm-es rétegének vetés előtti $\text{NO}_3\text{-N}$ -tartalma 48 kg/ha, a szemtermés 6,24 t/ha volt. A vizsgált 8 évből csak 3 évben fordult elő, hogy a 80 kg/ha-nál nagyobb adagú N-trágyázás további szignifikáns terméstöbbletet eredményezett. A szemtermés jelentősebben a talaj 0–60 cm-es rétegének vetés előtti 80–100 kg/ha $\text{NO}_3\text{-N}$ szintjéig növekedett. A 240 kg/ha N-adag a termésmaximumhoz képest csökkentette a szemtermést.
2. A N-trágyázás szintjétől függően a talaj 0–60 cm-es rétegének vetés előtti $\text{NO}_3\text{-N}$ -tartalma 30–205 kg/ha között változott a kísérleti ciklus alatt. A kukorica levél N-koncentrációja a címerhányás kezdetén szoros összefüggést ($r=0,76$) mutatott a talaj $\text{NO}_3\text{-N}$ szintjével.
3. A kukorica levél címerhányás kezdetén mért N-koncentrációja és a szemtermés közötti összefüggés alapján a kielégítő N-ellátottsági határérték a maximális szem-

termés 95%-os szintjén 2002–2008 közötti kísérleti években 2,0–3,2%, míg 2001-ben 3,5–4,8%. Nyolc kísérleti év nagy adatbázisának elemzése azt igazolta, hogy 10–14 t/ha-os szemtermés eléréséhez a kielégítő N-koncentráció határérték a címerhányás kezdetén 2,0–4,0% közötti értékben határozható meg.

4. A 120–360 mg/kg AL-P₂O₅-ellátottságú talajon a N-trágyázás a levél P-koncentrációját 2 évben növelte és 2 évben csökkentette. Ezekben az években a levél N- és P-koncentrációja között a kölcsönhatás kimutatható volt. A levél P-tartalma a címerhányás kezdetén 0,22–0,35% között változott a N-trágyázás szintjétől és az évjáráttól függően.
5. A 200–465 mg/kg AL-K₂O-ellátottságú talajon a N-trágyázás a levél K-koncentrációját érdemben nem befolyásolta. A Ca-tartalom 0,27–0,54% között változott a kísérleti periódusban, és két évben tapasztaltunk pozitív korrelációt a levél N- és Ca-koncentrációja között. A levél Mg-tartalma 0,18–0,38% tartományban mozgott, és a két legnagyobb természhomazú évben érvényesült a N-trágyázás Mg-koncentráció növelő hatása.
6. A levél Mn-koncentrációja minden évben pozitív kölcsönhatást mutatott a növekvő N-tápláltsággal. A N-trágyázás csak a rendkívül száraz évben csökkentette a levél Zn-koncentrációját. Egyes években pozitív kölcsönhatás volt a levél N- és Zn-koncentrációja között. A jobb N-ellátottság a levél Cu-tartalmát 3 évben, a Fe-tartalmát 2 évben növelte megbízhatóan.

Kulcsszavak: kukorica, N-trágyázás, szemtermés, tápelem-koncentráció, tápelem-kölcsönhatás

The effect of N fertilisation on the nutrient concentration of maize leaves and the interaction between nutrients

Z. IZSÁKI

Szent István University, Faculty of Water and Environmental Management,
Institute for Agricultural Sciences, Szarvas

Summary

In order to develop a maize fertilisation consultancy system based on soil and plant analysis, we examined the effect of N fertilisation (0, 80, 160, 240 kg N ha⁻¹) on the maize grain yield, nutrient concentration and the interactions between nutrients during a

8-year-long experimental period. The long-term fertilisation experiment was established in 1989 on chernozem meadow soil with a deep calcareous layer. The experiment had four N, P and K levels of supply, the entire treatment combination was performed in a split-split-plot design, using 64 treatments. This study outlines the N fertilisation results of the experiments performed between 2001–2008 (in the 12th–19th years of the long-term experiment). The following conclusions can be drawn:

1. Averaged over the 8 years, the pre-sowing $\text{NO}_3\text{-N}$ content of the 0–60 cm layer on the non-fertilised chernozem meadow soil with 2.8–3.2% humus content was 48 kg ha^{-1} and grain yield was 6.24 t ha^{-1} . N fertilisation with doses higher than 80 kg ha^{-1} resulted in further significant yield surplus only in 3 of the 8 examined years. Grain yield significantly increased until the the pre-sowing $80\text{-}100 \text{ kg ha}^{-1}$ $\text{NO}_3\text{-N}$ level of the 0–60 cm layer of the soil. The 240 kg ha^{-1} N decreased grain yield in comparison with the maximum yield.
2. Depending on the level of N fertilisation, the pre-sowing $\text{NO}_3\text{-N}$ content of the 0–60 cm layer of the soil varied between $30\text{-}205 \text{ kg ha}^{-1}$ over the experimental period. The N concentration of maize leaves showed a close correlation ($r=0.76$) with the soil $\text{NO}_3\text{-N}$ level at the beginning of tasseling.
3. Based on the interaction between the N concentration of maize leaves measured at the beginning of tasseling and grain yield, the satisfactory limit value of N supply was 2.0–3.2% between 2002–2008 at 95% of the maximum grain yield, while it was 3.5–4.8% in 2001. The evaluation of the databases of the eight experimental years showed that in order to reach $10\text{-}14 \text{ t ha}^{-1}$ yield, the satisfactory limit value of N concentration has to be between 2.0–4.0% at the beginning of tasseling.
4. On the soil with $120\text{-}360 \text{ mg kg}^{-1}$ AL- P_2O_5 supply, N fertilisation increased the P concentration of leaves in two years and also decreased in other two years. During these years, interaction was shown between the N and P concentrations of leaves. The P content of leaves was between 0.22–0.35% at the beginning of tasseling, depending on the level of N fertilisation and the crop year.
5. On the soil with $200\text{-}465 \text{ mg kg}^{-1}$ AL- K_2O supply, N fertilisation did not significantly affect the K concentration of leaves. The Ca content was between 0.27–0.54% over the experimental period. The Mg content of leaves was between 0.18–0.38% and the Mg concentration increasing effect of N fertilisation was observed in the two years which showed the highest yields.
6. The Mn concentration of leaves showed positive interactions every year with an increasing level of N nutrition. The N fertilisation decreased the Zn concentration of leaves only in especially dry years. In certain years, there was a positive correlation

between the N and Zn concentration of leaves. The more favourable level of N supply significantly increased the leaf Cu content in 3 years and its Fe content in 2 years.

Key words: maize, N fertilisation, nutrient concentration, nutrient interaction

Влияние N удобрения на концентрацию питательных элементов кукурузного листа и на взаимовлияния между питательными элементами

З. ИЖАКИ

Факультет Водо-и Экохозяйства Университета им. Св.Иштвана,
Институт Сельскохозяйственных наук, Сарваш

Резюме

Для развития профессионального консультирования применения удобрений, основанного на исследованиях почвы и растений кукурузы, в 8-и летнем опытном периоде исследовали влияние удобрения N (0, 80, 160, 240 kg N ha⁻¹) на урожай зерна кукурузы, на концентрацию питательных элементов листа, а также на влияния друг на друга питательных элементов. Продолжительный опыт искусственного удобрения установили в 1989 году на карбонатной, в глубине чернозёмной луговой почве, на 4 уровнях обеспечения N, P и K, в полной комбинации обработок, с 64 обработками, в дважды разделённом расположении парцелл. В данной работе показаны результаты проведенных опытов внесения удобрений N в 2001–2008 годы (12-19 годы продолжительного опыта), на основании которых можно сделать следующие выводы:

1. На чернозёмной луговой почве с содержанием гумуса 2,8–3,2% без удобрения N, за 8 лет в среднем, в слое почвы 0–60 см до посева содержание NO₃-N было 48 kg/ha, а урожай зерна был 6,24 t/ha. За восемь лет исследований только в 3-ех годах встретилось, что при дозе N удобрения более 80 kg/ha было дальнейшее значительное увеличение урожая. Урожай зерна более значительно увеличился при содержании 0–60 см слоя почвы до посева до уровня 80–100 kg/ha NO₃-N. Доза N 240 kg/ha по сравнению с максимумом урожая уменьшила урожай зерна.

2. В зависимости от уровня удобрения N содержание $\text{NO}_3\text{-N}$ в почвенном слое 0–60 см до посева изменялось в количестве 30–205 kg/ha за время опыта. Концентрация N кукурузного листа в начале вымётывания метёлок показала тесную связь ($r=0,76$) с уровнем $\text{NO}_3\text{-N}$ почвы.
3. На основании взаимосвязи измеренной концентрации N кукурузного листа в начале выбрасывания метёлок и урожаем зерна, удовлетворительная предельная величина обеспеченности N на уровне 95% максимального урожая зерна за 2002–2008 годы опыта была 2,0–3,2%, и в 2001 году 3,5–4,8%. Анализ большой базы данных восьми лет опытов подтверждает то, что для достижения урожая зерна 10–14 t/ha удовлетворительный лимит концентрации N в начале выбрасывания метёлок можно определить в рамках показателей 2,0–4,0%.
4. На обеспеченной 120–360 mg/kg AL- P_2O_5 почве удобрение N увеличило концентрацию P листа в 2-ух годах, и уменьшило в 2-ух годах. В эти годы взаимовлияние концентрации N и P листа было доказуемо. Содержание P листом в начале вымётывания метёлок изменялось в пределах 0,22–0,35% в зависимости от уровня удобрения N и от года выращивания.
5. На почве, обеспеченной 200–465 mg/kg AL- K_2O , удобрение N не повлияло существенно на концентрацию K листа. Содержание Ca изменялось в рамках 0,27–0,54% в период опыта, и в двух годах обнаружили позитивную корреляцию между концентрацией в листьях N и Ca. Содержание Mg листом изменялось в пределах 0,18–0,38%, и в двух самых урожайных годах проявилось увеличивающееся влияние удобрения N на концентрацию Mg.
6. Концентрация листом Mn в каждом году показало позитивное взаимодействие с растущей обеспеченностью N. Удобрение N только в крайне засушливый год уменьшило концентрацию Zn листа. В другие годы было позитивное взаимовлияние между концентрацией N и Zn листа. Лучшая обеспеченность N подтверждено увеличило содержание Cu листа в трёх годах, содержание Fe в двух годах также увеличило.

Ключевые слова: кукуруза, N удобрение, урожай зерна, концентрация питательного элемента, взаимовлияние питательного элемента

Bevezetés

Egy növény trágyaigényét bármilyen egzaktan kidolgozott, jól kalibrált módszerrel határozzuk is meg, előfordulhat, hogy a tenyészidő alatt valamely tápelem abszolút vagy relatív hiánya illetve túlsúlya terméscsökkenést vagy minőségromlást okozhat. Mindez arra vezethető vissza, hogy az alkalmazott trágyaszükséglet becslési módszer nem képes figyelembe venni a tenyészidő alatt a talaj változó tápanyag-szolgáltatását valamint a tápelemek kölcsönhatásának, a növény aktív szerepének és az időjárás változásainak befolyását a növény tápelem-felvételére. A növény növekedése, terméshozama és minősége az ásványi elemek koncentrációjának is függvénye, melyet meghatározott növényi szervek a fejlődés egyes stádiumaiban tükröznek. Egy-egy növényi szerv ásványi összetétele tükrözi mindazon tényezők befolyását, amelyek a fejlődés adott időpontjáig hatottak a növény tápelem-felvételére (*Bergmann és Neubert 1976, Lemaire 1997, Smith és Loneragan 1997*). Ezért a korszerű trágyázási szaknácadsági rendszer a talajvizsgálatok mellett nem nélkülözheti a diagnosztikai célú növényanalízist. Bár a tenyészidőben végzett növényanalízis trágyaadag meghatározására nem alkalmas, de felhasználható a növénytáplálás számos területén: a növény tápláltsági állapotának megállapítására; talajvizsgálatok, tápanyag-ellátottság és trágyázási gyakorlat ellenőrzésére; tápelemek közötti kölcsönhatások kimutatására; rejtett táplálkozási zavarok felderítésére, látható hiány- vagy túlsúlytünet azonosítására; fejlődési rendellenességek okainak feltárására; terméshozam és minőség előrejelzésére (*Kádár 1992, 2008, Izsáki 2000*).

A kukorica tápláltsági állapotának megítéléséhez több szerző (*Chapman 1967, Jones 1967, Bergmann és Neubert 1976, Kádár és Elek 1980, Kádár 1992, Plénet és Cruz 1997, Csathó 1998, Izsáki 2004, 2009, 2010a*) is közöl tápelem-koncentráció határértékeket egy-egy fejlődési stádiumra (4–6 leveles állapot, címerhánycsúcs kezdete), illetve növényi részre (teljes földfeletti növény, levél) a hiányos, a kielégítő és a túlzott tápanyag-ellátottságra. E publikált határértékek egyes tápelemek esetében jó egyezőséget, míg más tápelemek vonatkozásában jelentősebb eltérést mutatnak. A genetikai előrehaladás, a nemesítés és az agrotechnika permanens fejlődésének eredményeként a kukorica potenciális termőképessége, terméshozama növekvő trendet mutat. Így különösen fontos, hogy a nagy terméshozamokhoz tartozó tápelem-koncentráció határértékeket ellenőrizzük, pontosítsuk, illetve meghatározzuk. Erre jó lehetőséget kínálnak azok a tartamkísérletek, ahol a talaj tápelem-ellátottsága tág intervallumban változik.

A dolgozat célja, hogy kukorica műtrágyázási tartamkísérlet nyolc éves diagnosztikai célú növényanalízisének eredményei alapján ismertesse a N-trágyázás hatását a kukorica tápláltsági állapotára, a tápelemek közötti kölcsönhatásokra, a N-tápláltság és a termés hozam összefüggésére.

Anyag és módszer

A műtrágyázási tartamkísérletet a Szent István Egyetem Víz- és Környezetgazdálkodási Kar Növénytermesztéstani Tanszéke Kísérleti Telepén, Szarvason állítottuk be 1989-ben. A kísérleti terület talaja mélyben karbonátos csernozjom réti talaj, a humuszos réteg vastagsága 85–100 cm, a művelt réteg pH(KCl)-ja 5,0–5,2, humusztartalma 2,8–3,2%, CaCO_3 -ot nem tartalmaz, kötöttsége (KA) 50, agyagtartalma 32%.

A kísérlet beállítása előtt 1989 őszen az AL- P_2O_5 156 mg/kg, az AL- K_2O 322 mg/kg, AL-Na 212 mg/kg, a KCl-Mg 765 mg/kg, az EDTA-Mn 386 mg/kg, az EDTA-Cu 5,4 mg/kg, és az EDTA-Zn 3,0 mg/kg volt a kísérleti terület átlagában. A *MÉM NAK* (1979) által elfogadott módszerek és határértékek alapján a talaj ellátottsága P-ből, K-ből és Cu-ből jó, Mg-ből és Mn-ből magas, még Zn-ből kielégítő volt. A 2001-es talajvizsgálatok szerint a talaj művelt rétegének Mg-, Mn-, Cu- és Zn-tartalma ugyanabba az ellátottsági kategóriába esett, mint a kísérlet beállításkor. A talajvíz átlagos mélysége 300–350 cm.

A trágyakezeléseket 4–4 N-, P- és K-szinten alakítottuk ki, teljes kombinációban, azaz 64 kezeléssel, kétszeresen osztott parcellás elrendezésben, három ismétlésben. A kísérletben alkalmazott trágyakezelések, nitrogénből: $\text{N}_0=0$; $\text{N}_1=80$; $\text{N}_2=160$; $\text{N}_3=240$ kg/ha/év N, foszforból (P_2O_5): $\text{P}_0=0$; $\text{P}_1=100$ kg/ha/év; $\text{P}_2=500$ kg/ha 1989-ben, 1993-ban és 2001-ben, $\text{P}_3=1000$ kg/ha 1989-ben, 1993-ban és 2001-ben; káliumból (K_2O): $\text{K}_0=0$; $\text{K}_1=300$ kg/ha/év 1989–1992, 100 kg/ha/év 1993-tól; $\text{K}_2=600$ kg/ha 1989-ben és 2001-ben, 1000 kg/ha 1993-ban; $\text{K}_3=1200$ kg/ha 1989-ben és 2001-ben, 1500 kg/ha 1993-ban. A nagyadagú P és K feltöltő trágyázás célja az volt, hogy jól elkülönülő ellátottsági szinteket alakítsunk ki a talajban a tápláltsági szituációk tanulmányozására. A 2001–2008-as kísérleti ciklus alatt a trágyázási kezelésektől függően a P-ellátottság 120–360 mg/kg AL- P_2O_5 , és a K-ellátottság 200–465 mg/kg AL- K_2O között változott. A nitrogént ammóniumnitrát (34%), a foszfort szuperfoszfát (18%) és a káliumot kálisó (40–60%) formájában összeljuttattuk ki. A kísérletben évente 4 növény szerepelt kiterített vetésgörögben, 4×192 db parcellán, ahol a másodrendű alparcellák mérete $4 \times 5 = 20$ m² volt.

A kukorica kísérleteket 1994-től végezzük. Jelen dolgozatban a 2001–2008 között FAO 300-as hibriddel végzett kísérletek eredményei szerepelnek. A kukorica előveteménye 2001–2006 között silócirok és 2007–2008 között őszi árpa volt. A vetést 75 cm-es sortávolságra, 75 ezer csíra/ha-ral végeztük.

Az egyes kísérleti évek vízellátottságát a tenyészidő alatt lehullott csapadék mennyiségével jellemezve megállapítható, hogy a legkedvezőbb csapadék eloszlású és vízellátottságú évek 2001, 2005, 2006 és 2008; kevésbé jó csapadék elosztású, de a sokévi átlagot meghaladó tenyészidő alatti vízellátottságú évek 2002, 2004; száraz, aszályos évek 2003 és 2007 voltak (1. táblázat).

1. táblázat. A csapadék mennyisége és eloszlása a vizsgálati időszak alatt, mm (Szarvas 2000–2008)

Év (1)	Nyári félév (IV–IX.) (2)	Téli félév (X–III.) (3)	Évi összes (4)
Átlag 1901–1975 (5)	313	225	538
2000	216	291	339
2001	416	190	612
2002	353	118	489
2003	96	213	350
2004	389	252	659
2005	518	268	721
2006	364	204	537
2007	317	159	550
2008	375	200	464
Átlag 2000–2008 (6)	338	222	525

Table 1. Quantity and distribution of rainfall during the examination period, mm (Szarvas 2000–2008). (1) Year, (2) Summer period (months IV–IX), (3) Winter period (months X–III), (4) Year total, (5) Average 1901–1975, (6) Average 2000–2008.

A talaj tápelem-vizsgálatokat évente, ősszel az elővetemény betakarítása után a 0–60 cm-es talajrétegből vett mintákból végeztük el. A talaj P₂O₅- és K₂O-tartalmát AL-módszerrel határoztuk meg, és az eredmények értékelésekor a talaj P- és K-ellátottságának jellemzésére a szántott réteg értékeit használjuk. A talaj ásványi nitrogén-tartalmát (NO₃-NO₂-NH₄-N) 1 mol·dm⁻³ KCl-os kivonattól fotometriás módszerrel, ősszel és tavasszal a vetést megelőzően határoztuk

meg a 0–60 cm-es talajrétegből. A 2001 és 2008 közötti kísérleti periódus tavaszi, vetés előtti $\text{NO}_3\text{-N}$ -tartalom eredményeit a 2. táblázat tartalmazza N-trágyázási szintenként.

2. táblázat. A talaj 0–60 cm-es rétegének vetés előtti $\text{NO}_3\text{-N}$ -tartalma a kísérleti években (Szarvas 2001–2008)

Év (1)	N-adag (kg/ha)			
	(2)			
	0	80	160	240
NO ₃ -N (kg/ha) 0–60 cm-es talajrétegben				
(3)				
2001	38	80	131	148
2002	60	85	180	205
2003	39	55	61	77
2004	64	96	133	191
2005	28	49	85	97
2006	41	59	91	122
2007	56	102	133	172
2008	58	96	143	194

Table 2. The $\text{NO}_3\text{-N}$ content of the 0–60 cm layer of soil in the years of experiment (Szarvas 2001–2008). (1) Year, (2) N dose (kg ha^{-1}), (3) $\text{NO}_3\text{-N}$ (kg ha^{-1}) in the 0–60 cm soil layer.

A kukorica tápláltsági állapotának vizsgálatához parcellánként 15 növényről a csővel szembeni leveleket gyűjtöttük be a címerhányás kezdetén. A levélmintákat 8 kísérleti évben (2001–2008) vizsgáltuk a következő tápelemekre: N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn és Cu. A N, P és K meghatározására a minták kénsavas, majd hidrogénperoxidos roncsolása után a N és P vonatkozásában fotometrián, a K esetében lángfotométerrel történt. A Ca, Mg, Fe, Mn, Zn és Cu tartalmat sósavas (2 mol-dm^{-3} KCl) hidrolízis után atomabszorpciós (AAS) készülékkel határoztuk meg. A kukorica levél tápelem-koncentráció értékei szárazanyagra vonatkoznak. A N-trágyázás tápelem-koncentrációra, tápelemek közötti kölcsönhatásokra és terméshozamra gyakorolt hatásának elemzésekor csak a N-főhatások eredményei kerülnek bemutatásra a P- és K-kezelések átlagában. A kukorica szemtermése szárazanyagban van megadva. A kukorica N-tápláltsági határértékének megállapításához a tényleges termést (t/ha) illetve

a relatív szemtermést (a maximális szemtermés %-ában kifejezett termés) és a levél N-koncentráció értékeit koordináta rendszerben grafikusán ábrázoltuk és a ponthalmazt burkoló görbével határoztuk. A kielégítő N-ellátottság N-koncentráció határértékét a kukorica maximális szemtermésének 95%-os szintjére határoztuk meg.

Kísérleti eredmények és következtetések

Szemtermés

Diagnosztikai célú növényanalízist a kukorica műtrágyázási tartamkísérletek 2001 és 2008 közötti időszakában, a 12–19. kísérleti években végeztünk. A növényanalízis eredményeinek értelmezéséhez a N-ellátottság (2. táblázat) szemtermés hozamra gyakorolt hatását a 3. táblázat alapján értékelhetjük.

3. táblázat. A N-trágyázás hatása a kukorica szemtermésére, t/ha szárazanyag (Szarvas 2001–2008)

Év (1)	N-adag (kg/ha)				SzD _{5%} (3)	Átlag (4)
	(2)					
	0	80	160	240		
Szemtermés (t/ha)						
(5)						
2001	9,52	11,00	11,11	11,00	0,27	10,65
2002	6,08	6,97	6,49	6,12	0,20	6,41
2003	2,71	3,29	3,33	3,10	0,14	3,10
2004	6,72	7,37	7,46	7,04	0,15	7,14
2005	6,97	10,13	11,98	12,17	0,34	10,31
2006	5,92	7,86	9,08	9,67	0,17	8,13
2007	5,13	5,86	5,97	5,48	0,21	5,61
2008	9,05	11,46	12,25	11,85	0,38	11,15
Átlag (4)	6,24	7,59	8,04	7,88	-	7,43

Table 3. The effect of N fertilisation on the grain yield of maize, t ha⁻¹ dry matter (Szarvas 2001–2008). (1) Year, (2) N dose (kg ha⁻¹), (3) LSD_{5%}, (4) Mean, (5) Grain yield (t ha⁻¹).

A vizsgált 8 kísérleti évben N-trágyázás nélkül a talaj 0–60 cm-es rétegének vetés előtti $\text{NO}_3\text{-N}$ -tartalma 28–64 kg/ha és a szemtermés 2,71–9,52 t/ha között változott. Az N_0 -szinten átlagosan elért 6,24 t/ha szemtermés arról tanúskodik, hogy a 2,8–3,2% humusztartalmú talaj jó N-szolgáltatású. E műtrágyázási tartamkísérletek 18 éves tápelem-forgalmi vizsgálatai is ezt igazolják, mert N-trágyázás nélkül a talaj átlagos évi N-szolgáltatása 126 kg/ha volt (Izsáki 2010b). A N-trágyázás, a jobb N-ellátottság minden évben szignifikáns termésmenövekedést eredményezett. A vizsgált nyolc évből öt évben a 80 kg/ha-nál nagyobb adagú N-trágyázás további szignifikáns hozamnövekedéssel nem járt együtt. Két évben volt kimutatható a 160 kg/ha-, egy évben a 240 kg/ha N-trágyázás megbízható termésmenövelő hatása a 80 kg/ha N-trágyázáshoz képest. A nyolc évből hét évben a 240 kg/ha adagú N-trágyázás a termésmaximumhoz viszonyítva csökkentette a szemtermést. Korábbi vizsgálatainkkal (Izsáki 2008a) egyezően az évek többségében a szemtermés jelentősebben a talaj 0–60 cm-es rétegének vetés előtti 80–100 kg/ha $\text{NO}_3\text{-N}$ szintjéig növekedett. Az évenkénti terméshozamokat összehasonlítva megállapítható, hogy az évjárat általában nagyobb terméskülönbséget okozott, mint egy adott éven belül az eltérő N-ellátottsági szintek. Hasonló eredményekről számol be Berzsenyi (1993), Nagy és Huzsvai (1995), Sárvári és Szabó (1998), Nagy (1995, 2007), Lente és Pepó (2009) és Pepó (2009).

Tápelem-koncentráció és -kölsönhatás

Kísérletünkben vizsgáltuk a N-trágyázás hatását a talaj 0–60 cm-es rétegének vetés előtti $\text{NO}_3\text{-N}$ -tartalmára, valamint a talaj $\text{NO}_3\text{-N}$ készletének és a kukorica levél N-koncentrációjának összefüggését (1. ábra). A N-trágyázás szintjétől függően a talaj 0–60 cm-es rétegének vetés előtti $\text{NO}_3\text{-N}$ -tartalma 30 és 205 kg/ha között változott a kísérleti ciklus alatt. A kukorica levél N-koncentrációja a címerhányás kezdetén szoros pozitív ($r=0,76$) összefüggést mutatott a talaj $\text{NO}_3\text{-N}$ szintjével. Vagyis, a kukorica N-tápláltsága, a levél N%-a jól tükrözi a talaj N-ellátottságát és szolgáltatását.

A N-trágyázás hatását a kukorica levél tápelem-koncentrációjára a 4. és 5. táblázatok adatai alapján értékelhetjük. Minden kísérleti évben kimutatható volt, hogy a jobb N-ellátottság a levél N-koncentrációját fokozatosan növelte. Összehasonlítva a kukorica levél címerhányás kezdetén mért évenkénti N-tartalom értékeit kitéjük, hogy 2001-ben kiugróan magas a N% a többi évhez viszonyítva. A 2002–2008 közötti N-koncentráció értékek között csak viszonylag kisebb különbségek mutathatók ki ugyanazon N-trágyázási szinten, annak ellenére,

hogy vízellátottságban és hőmérsékleti viszonyokban jelentős eltérések voltak az évek között.

1. ábra. Összefüggés a talaj 0–60 cm-es rétege vetés előtti $\text{NO}_3\text{-N}$ tartalma és a kukorica levél N-koncentrációja között (Szarvas 2002–2008)

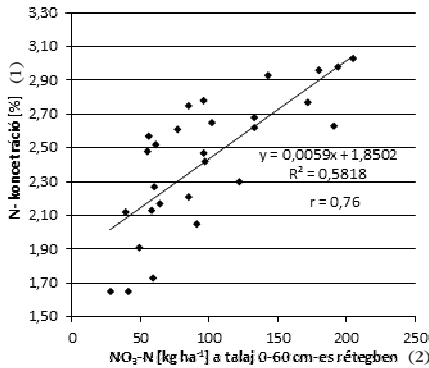


Figure 1. Correlation between the pre-sowing $\text{NO}_3\text{-N}$ content of the 0–60 cm of the soil and the N concentration of maize leaves (Szarvas 2002–2008). (1) N concentration [%], (2) $\text{NO}_3\text{-N}$ [kg ha⁻¹] in the 0–60 cm layer of the soil.

A kísérleti adatok szerint a N-ellátottságbeli különbségek jól tükröződnek mind a termés hozamban, mind a levél N-koncentrációjában. Szoros összefüggést tudtunk kimutatni minden évben a levél N-koncentrációja és a szemtermés között. Ezen összefüggések alapján a kukorica N-tápláltsági határértékének megállapításához a szemtermést és a levél N-koncentráció értékeit koordináta rendszerben grafikusán ábrázoltuk és a pontthalmazt burkoló görbével határoltuk. A burkoló görbe mentén elhelyezkedő értékek azt az esetet reprezentálják, amikor a termést befolyásoló tényezők optimumban vannak és a hozamot csak a N-koncentráció befolyásolja. A burkoló görbe alatt elhelyezkedő értékek esetében egyes termés-meghatározó tényezők nincsenek optimumban és a termésszint nemcsak a N-tápláltságtól függ. Minél nagyobb termésszintre határozzuk meg a tápelem-ellátottsági optimumot annál szűkebb annak intervalluma, és minél kisebb hozamra annál tágabb.

4. táblázat. A N-trágyázás hatása a kukorica levél tápelem-koncentrációjára a címerhányás kezdetén (Szarvas 2001–2004)

N-adag kg/ha (1)	Tápelem-koncentráció (2)								
	N	P	K	Ca	Mg	Mn	Zn	Cu	Fe
	%						mg/kg		
2001									
0	3,52	0,34	2,02	0,27	0,19	44	17,9	3,6	82
80	3,91	0,35	2,07	0,30	0,19	53	18,5	3,8	93
160	4,26	0,35	2,07	0,28	0,20	59	17,6	3,4	87
240	4,35	0,35	2,07	0,31	0,18	77	19,7	3,5	93
SzD _{5%} (3)	0,54	NS	NS	NS	NS	22	NS	NS	NS
Átlag (4)	4,01	0,35	2,06	0,29	0,19	58	18,4	3,6	89
2002									
0	2,27	0,28	2,42	0,50	0,32	88	17,4	4,6	205
80	2,75	0,30	2,48	0,49	0,32	110	17,9	5,1	216
160	2,96	0,31	2,45	0,51	0,32	134	19,7	5,2	218
240	3,03	0,32	2,55	0,50	0,32	147	22,3	5,2	225
SzD _{5%} (3)	0,16	0,02	NS	NS	NS	18	3,8	NS	NS
Átlag (4)	2,75	0,30	2,47	0,50	0,32	120	19,3	5,0	216
2003									
0	2,12	0,34	1,73	0,51	0,36	101	31,0	7,1	169
80	2,48	0,33	1,77	0,54	0,35	123	27,0	7,5	186
160	2,52	0,33	1,81	0,52	0,37	131	26,8	7,5	194
240	2,61	0,34	1,88	0,52	0,36	148	27,2	7,6	183
SzD _{5%} (3)	0,20	NS	NS	NS	NS	10	2,2	NS	NS
Átlag (4)	2,43	0,33	1,79	0,52	0,36	126	28,0	7,4	183
2004									
0	2,17	0,30	1,88	0,44	0,30	106	20,9	5,6	103
80	2,47	0,31	1,92	0,44	0,28	127	20,3	5,7	111
160	2,62	0,32	1,92	0,46	0,30	148	19,8	5,7	120
240	2,63	0,32	1,97	0,46	0,30	159	21,0	5,7	117
SzD _{5%} (3)	0,17	NS	NS	NS	NS	34	NS	NS	NS
Átlag (4)	2,42	0,31	1,92	0,45	0,29	135	20,5	5,7	113

Table 4. The effect of N fertilisation on the nutrient concentration of maize leaves at the beginning of tasseling (Szarvas 2001–2004). (1) N dose (kg ha⁻¹), (2) Nutrient concentration, (3) LSD_{5%}, (4) Mean.

5. táblázat. A N-trágyázás hatása a kukorica levél tápelem-koncentrációjára a címerhányás kezdetén (Szarvas 2005–2008)

N-adag kg/ha (1)	Tápelem-koncentráció								
	(2)								
	N	P	K	Ca	Mg	Mn	Zn	Cu	Fe
	%					mg/kg			
	2005								
0	1,65	0,30	1,78	0,29	0,19	79	15,3	6,0	130
80	1,91	0,28	1,81	0,34	0,21	87	15,3	7,3	132
160	2,21	0,27	1,80	0,37	0,21	101	15,1	8,6	135
240	2,42	0,27	1,77	0,40	0,24	116	15,6	8,4	146
SzD _{5%} (3)	0,15	0,01	NS	0,04	0,02	14	NS	1,2	NS
Átlag (4)	2,05	0,28	1,79	0,35	0,21	95	15,3	7,6	136
	2006								
0	1,65	0,34	2,16	0,43	0,19	77	15,0	7,1	149
80	1,73	0,31	2,17	0,43	0,19	89	16,3	7,2	154
160	2,05	0,32	2,19	0,45	0,21	110	17,7	7,8	177
240	2,30	0,31	2,21	0,48	0,20	127	19,9	8,7	180
SzD _{5%} (3)	0,12	0,02	NS	0,04	NS	15	1,9	0,7	23
Átlag (4)	1,93	0,32	2,18	0,45	0,20	101	17,2	7,7	168
	2007								
0	2,57	0,32	2,47	0,46	0,25	57	27,4	8,9	153
80	2,65	0,32	2,47	0,48	0,25	66	26,5	8,8	153
160	2,68	0,31	2,45	0,47	0,26	71	26,4	8,7	160
240	2,77	0,31	2,48	0,47	0,25	80	24,9	8,7	153
SzD _{5%} (3)	0,07	NS	NS	NS	NS	12	NS	NS	NS
Átlag (4)	2,67	0,31	2,47	0,47	0,25	68	26,3	8,8	156
	2008								
0	2,13	0,22	2,19	0,43	0,18	37	13,0	5,3	115
80	2,78	0,25	2,17	0,43	0,21	53	14,8	6,5	131
160	2,93	0,27	2,17	0,43	0,23	63	15,3	6,8	133
240	2,98	0,26	2,11	0,45	0,24	69	15,0	6,8	136
SzD _{5%} (3)	0,16	0,02	NS	NS	0,06	7	1,4	0,4	13
Átlag (4)	2,70	0,25	2,16	0,44	0,22	55	14,5	6,4	129

Table 5. The effect of N fertilisation on the nutrient concentration of maize leaves at the beginning of tasseling (Szarvas 2005–2008). (1) N dose (kg ha⁻¹), (2) Nutrient concentration, (3) LSD_{5%}, (4) Mean.

A kukorica levél címerhányás kezdetén mért N-koncentrációja és a szemtermés közötti összefüggés alapján a kielégítő N-ellátottsági határérték a maximális szemtermés 95%-os szintjén 2,0–3,2% a 2002 és 2008 közötti kísérleti években (2. ábra). A 2001-es kísérleti évben a levél N-koncentrációja jelentősen eltért a többi vizsgálati évtől, így azt külön értékeltük. Ebben az évben a kielégítő N-koncentráció 3,5–4,8% volt, azonban 4% N-tartalom felett már további szignifikáns terméshozam növekedés nem volt kimutatható (2. ábra).

2. ábra. Kapcsolat a kukorica levél N-koncentrációja és a szemtermés között (Szarvas 2001; 2002–2008)

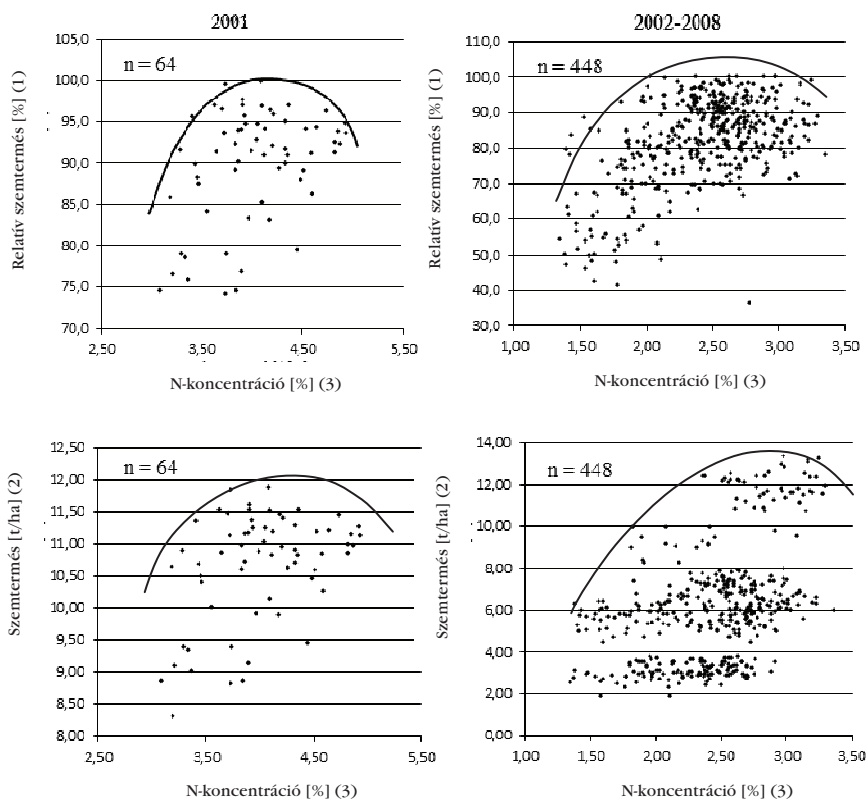


Figure 2. Correlation between the N concentration of maize leaves and grain yield (Szarvas 2001; 2002–2008). (1) Relative grain yield [%], (2) Grain yield [t/ha], (3) N concentration [%].

A kukorica kielégítő N-ellátottságára több szerző is közöl adatokat a címerhányás időszakára, a csővel szembeni levélre vonatkoztatva. Például a címer-

hányás kezdetére *Jones* (1967) 2,5–3,5%, *Kádár és Elek* (1980), valamint *Kádár* (1992) 2,5–4,0%, még *Reuter és Robinson* (1997) 3,4% N-koncentrációban adja meg a kielégítő ellátottság határértékét. A teljes címerhányásban a N-ellátottsági határértékek már kissé alacsonyabbak. *Reuter és Robinson* (1997) közlése szerint 2,5–3,0%, még *Chapman* (1967) szerint 2,4–3,7%. Kísérleti eredményeinket összehasonlítva a korábbi vizsgálatok kielégítő N-koncentráció határértékeivel megállapítható, hogy azok kissé alacsonyabbak a hét vizsgálati év vonatkozásában. Több évben is kimutatható volt, hogy a címerhányás kezdetén mért 2% körüli N-koncentráció kielégítő volt, mintegy 9–10 t/ha-os szemterméssel párosult. Nyolc kísérleti év nagy adatbázisa alapján megállapítható, hogy 10–14 t/ha-os szemtermés eléréséhez a kielégítő N-koncentráció határérték a kukorica címerhányásának kezdetén 2,0–4,0% közötti értékben határozható meg. Valószínűsíthető, hogy a kielégítő N-ellátottság kisebb alsó értéke részben összefügg azzal, hogy a mai hibridek területegységre eső szárazanyag-termelése nagyobb, fehérjetartalmuk kisebb, fajlagos N-felhasználásuk mérsékeltebb. Az, hogy a kielégítő N-ellátottsági határérték viszonylag tág intervallumban változik, részben befolyásolja az is, hogy a növény N-felvételét nemcsak a talaj N-szolgáltatása szabályozza, hanem a kukorica hibridek növekedési rátája is (*Berzsenyi és Lap* 2000, *Berzsenyi* 2009).

A kísérleti periódus alatt vizsgáltuk a N-trágyázás hatását a kukorica levél tápelem-összetételére, valamint a levél N-koncentrációjának kölcsönhatását a többi tápelem koncentrációjával.

A kukorica levél P-tartalma 0,22–0,35% között változott, melyet a N-trágyázás négy kísérleti évben statisztikailag igazolhatóan nem befolyásolt, két évben (2002, 2008) azt szignifikánsan növelte, míg két évben (2005, 2006) csökkentette (4. és 5. táblázat). Több szerző (*Kádár* 1988, *Kincses et al.* 2002, *Szalókiné és Szalóki* 2002) arról számol be, hogy a N-trágyázás a kukorica P-tartalmát érdemben nem befolyásolja. Ettől eltérő eredményekről számol be *Debreczeni és Debreczeniné* (1983), miszerint a N-trágyázás a P-koncentrációt a szárban csökkenti, a növény többi részében növeli. *Mengel* (1976) rámutat arra, hogy a N-ellátás formája (NH_4^+ vagy NO_3^-) és a talaj pH-viszonyai is jelentősen befolyásolhatják az ásványi anyagok felvételét. A NO_3^- -N táplálás, savanyú talajon a NO_3^- -N jobb felvehetősége növeli a kation-felvételt és mérsékli az anion (többek között a foszfát) felvételt. Kísérletünkben ammónium-nitrát formájában jutattuk ki a N-t, és a talaj pH-ja savanyú (5,0–5,2) volt, ami a NO_3^- -N-felvételnek kedvezőbb az NH_4^+ -N-el szemben. Ennek tanulmányozására 2005-ben

és 2006-ban vizsgáltuk a talaj 0–60 cm-es rétegének ásványi N-tartalmát ($\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{NH}_4\text{-N}$) a tenyészidő alatt (6. táblázat). A kukorica címerhányása, így a levél mintavétele június végére és július első dekádjára esett. Amennyiben a címerhányás előtti, intenzív növekedési és N-felvételi periódus talaj ásványi-N formáinak változását vizsgáljuk, kitűnik, hogy a mineralizációt, az ammonifikációt kísérően az $\text{NH}_4\text{-N}$ mennyisége növekedett, míg az $\text{NO}_3\text{-N}$ mennyisége jelentősen csökkent. A kukorica címerhányás előtti intenzív $\text{NO}_3\text{-N}$ -felvétele részben magyarázhatja a vizsgált két évben a levél P-koncentrációjának csökkenését.

A kukorica levél N- és P-koncentrációja közötti kölcsönhatást vizsgálva megállapítható, hogy 2002-ben és 2008-ban szoros pozitív ($r=0,84$ és $0,85$) korreláció volt kimutatható, míg 2005-ben és 2006-ban közepes negatív ($r=-0,44$ és $-0,63$) korreláció (3. ábra). Annak ellenére, hogy a N-trágyázás egyes években a levél P-koncentrációját csökkentette illetve növelte, a P-koncentráció minden esetben a kielégítő, 0,25–0,50% (Kádár 1992, Izsáki 2008b) ellátottsági tartományban maradt.

A nyolc éves kísérleti ciklusban a kukorica levél K-koncentrációja 1,73–2,55% között változott, melyet a N-ellátottság megbízhatóan nem befolyásolt, hanem elsősorban az évjárat (4. és 5. táblázat).

A címerhányás kezdetén a kukorica levél Ca-koncentrációja 0,27–0,54% között változott a vizsgálati periódus alatt. Az évjárat nagyobb mértékben befolyásolta a Ca-tartalmat, mint a N-trágyázás. A jobb N-ellátottság két évben (2005, 2006) szignifikánsan növelte a Ca-koncentrációt, még a többi évben csak tendencia jelleggel érvényesült a N-trágyázás pozitív hatása (4. és 5. táblázat). A levél N- és Ca-koncentrációja között 2005-ben közepes ($r=0,67$), 2006-ban szoros ($r=0,89$) pozitív korrelációt tapasztaltunk (4. ábra).

A Mg-koncentráció a kukorica levélben 0,18–0,37% tartományban mozgott a címerhányás kezdetén. A N-trágyázás szignifikáns Mg-koncentráció növelő hatása a két legnagyobb terméshozamú évben (2005, 2008) volt kimutatható, amikor a levél N- és Mg-koncentrációja között szoros ($r=0,82$) illetve közepes ($r=0,56$) pozitív korreláció érvényesült (4. és 5. táblázat, 5. ábra).

A mikroelemek közül a levél Mn-tartalma mutatott legegységertelműbb összefüggést a N-ellátottsággal. Minden kísérleti évben érvényesült, hogy a N-trágyázás növekvő adagja a Mn-koncentrációt fokozatosan emelte. A N-ellátottságtól és az évjáratától függően a Mn-koncentráció tág intervallumban (37–159 mg/kg) változott. A N- és Mn-koncentráció között minden évben szoros pozitív korreláció mutatkozott (4. és 5. táblázat, 6. ábra).

6. táblázat. A talaj ásványi N-tartalmának tenyészedő alatti változása különböző N-ellátottsági szinten, N (kg/ha) a 0–60 cm-es talajrétegben (Szarvas 2005–2006)

N _{min} (1)	Nitrogén adag (kg/ha) (2)			
	0	80	160	240
2005. 04. 15.				
NH ₄ -N	22,0	25,0	26,0	32,0
NO ₃ -N	28,0	49,0	85,0	97,0
Összes N _{min} (3)	50,0	74,0	111,0	129,0
2005. 05. 10.				
NH ₄ -N	30,7	35,2	34,2	45,7
NO ₃ -N	26,8	49,5	78,2	89,5
Összes N _{min} (3)	57,5	84,7	112,4	135,2
2005. 06. 07.				
NH ₄ -N	56,6	63,6	69,2	68,2
NO ₃ -N	11,2	28,4	37,2	59,5
Összes N _{min} (3)	67,8	92,0	106,4	127,7
2005. 07. 06.				
NH ₄ -N	47,0	58,3	69,8	66,1
NO ₃ -N	7,5	7,5	9,7	16,1
Összes N _{min} (3)	54,5	65,8	79,5	82,2
2005. 08. 09.				
NH ₄ -N	52,7	50,9	72,4	83,7
NO ₃ -N	5,7	7,9	7,9	10,4
Összes N _{min} (3)	58,4	58,8	80,3	94,1
2005. 09. 06.				
NH ₄ -N	33,5	35,1	31,0	39,1
NO ₃ -N	10,6	12,0	12,6	13,0
Összes N _{min} (3)	44,1	47,1	43,6	52,1
2006. 04. 15				
NH ₄ -N	23,5	27,2	30,5	31,6
NO ₃ -N	40,8	58,9	90,7	121,8
Összes N _{min} (3)	64,3	86,1	121,2	153,4

A 6. táblázat folytatása a következő oldalon...

A 6. táblázat folytatása...

N _{min} (1)	Nitrogén adag (kg/ha) (2)			
	0	80	160	240
2006. 05. 24.				
NH ₄ -N	31,6	33,7	37,4	37,6
NO ₃ -N	32,5	52,3	83,6	111,7
Összes N _{min} (3)	64,1	86,0	121,0	149,3
2006. 06. 28.				
NH ₄ -N	79,1	105,6	102,0	117,7
NO ₃ -N	14,8	21,8	21,5	26,4
Összes N _{min} (3)	93,9	127,4	123,5	144,1
2006. 07. 27.				
NH ₄ -N	26,9	33,4	46,7	48,8
NO ₃ -N	9,8	15,6	15,0	20,7
Összes N _{min} (3)	36,7	49,0	61,7	69,5
2006. 09. 04.				
NH ₄ -N	16,8	19,8	23,1	25,7
NO ₃ -N	15,6	14,6	15,5	16,1
Összes N _{min} (3)	32,4	34,4	38,6	41,8
2006. 10. 16.				
NH ₄ -N	22,6	24,2	30,5	31,7
NO ₃ -N	13,0	14,6	16,2	20,5
Összes N _{min} (3)	35,6	38,8	46,7	52,2

Table 6. Change in the mineral N content of soil over the growing season on different levels of N supply, N (kg ha⁻¹) in the 0–60 cm soil layer (Szarvas 2005–2006). (1) Mineral N, (2) N dose (kg ha⁻¹), (3) Total mineral N.

A levél Zn-tartalmát a N-trágyázás három kísérleti évben (2002, 2006, 2008) megbízhatóan növelte, míg a rendkívül száraz 2003-as évben csökkentette. Ezen években a levél N- és Zn-koncentrációja között a pozitív ($r=0,53-0,83$) illetve a negatív ($r=-0,77$) korreláció is kimutatható volt. Az évjáráttól és a N-el látottságtól függően a Zn-koncentráció 13–28 mg/kg között változott (4. és 5. táblázat, 7. ábra).

3. ábra. Összefüggés a kukorica levél N- és P- tartalma között
(Szarvas 2002, 2008; 2005, 2006)

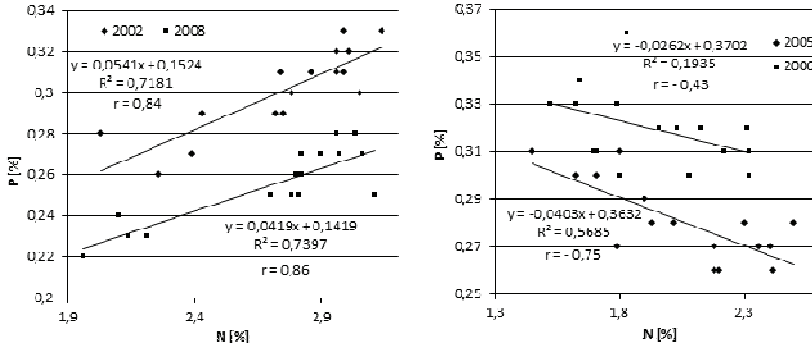


Figure 3. Correlation between the N and P content of maize leaves (Szarvas 2002, 2008; 2005, 2006).

4. ábra. Összefüggés a kukorica levél N- és Ca-tartalma között
(Szarvas 2005, 2006)

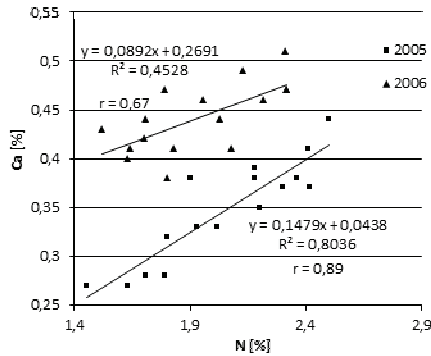


Figure 4. Correlation between the N and Ca content of maize leaves (Szarvas 2005, 2006).

5. ábra. Összefüggés a kukorica levél N- és Mg-tartalma között
(Szarvas 2005, 2006)

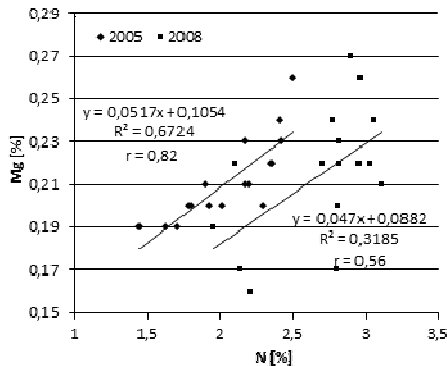


Figure 5. Correlation between the N and Mg content of maize leaves (Szarvas 2005, 2006).

6. ábra. Összefüggés a kukorica levél N- és Mn- tartalma között
(Szarvas 2002, 2004, 2006, 2008)

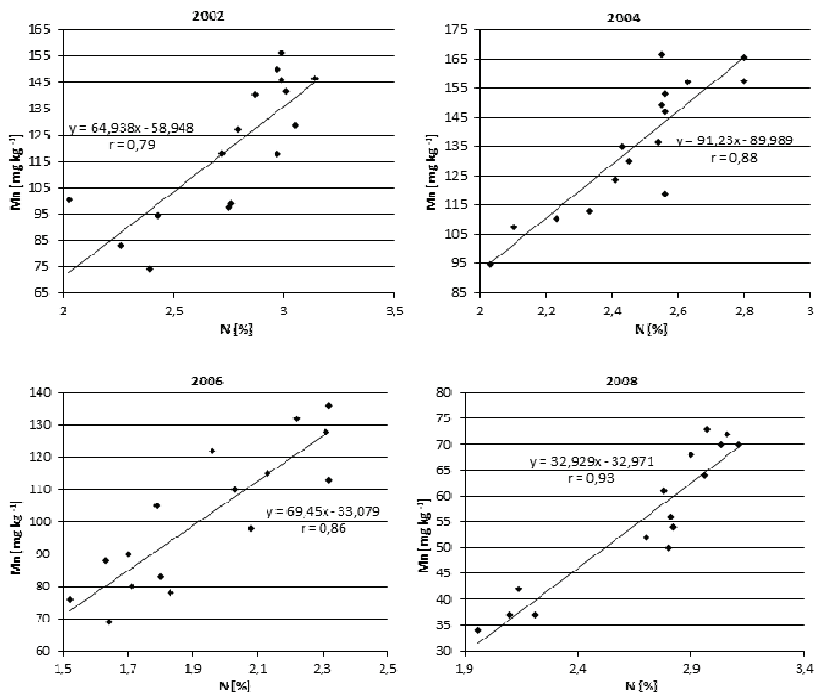


Figure 6. Correlation between the N and Mn content of maize leaves (Szarvas 2002, 2004, 2006, 2008).

7. ábra. Összefüggés a kukorica levél N- és Zn-tartalma között
(Szarvas 2002, 2006, 2008; 2003)

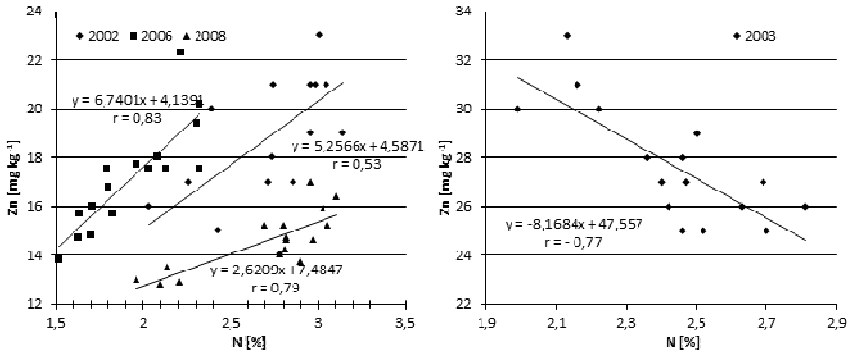


Figure 7. Correlation between the N and Zn content of maize leaves (Szarvas 2002, 2006, 2008; 2003).

A N-trágyázás a levél Cu-koncentrációját három évben (2005, 2006, 2008) szignifikánsan növelte, és szoros pozitív korreláció ($r=0,72-0,95$) volt kimutatható a N- és Cu-koncentráció között. A Cu-koncentráció 3,4–8,9 mg/kg között változott a N-ellátottságtól és az évjáráttól függően. Az évjárat Cu-tartalmat befolyásoló hatása kifejezettebb, mint a N-ellátottságé (4. és 5. táblázat, 8. ábra).

A levél Fe-tartalmát a jobb N-ellátottság minden évben növelte, de szignifikáns koncentráció növekedést csak 2006-ban és 2008-ban tapasztaltunk. E két évben a levél N- és Fe-koncentrációja között pozitív kölcsönhatás ($r=0,68, 0,80$) érvényesült. A kísérleti periódus alatt a levél Fe-koncentrációja 82–225 mg/kg intervallumban változott (4. és 5. táblázat, 9. ábra).

Kádár és Elek (1980), Kádár (1992), Reuter és Robinson (1997), valamint Izsáki (2005) közlése szerint a kukorica kielégítő tápelem-ellátottsági határértékei a címerhányás kezdetén a levél tápelem-koncentrációja alapján a következők: Ca-ból 0,15–1,00%, Mg-ből 0,10–1,00%, Mn-ből 20–200 mg/kg, Zn-ből 10–100 mg/kg, Cu-ből 3–20 mg/kg és Fe-ből 20–250 mg/kg. Kísérleti eredményeinket összehasonlítva a publikált tápelem-ellátottsági határértékekkel megállapítható, hogy a N-trágyázás által kiváltott tápelem-koncentráció változások ellenére minden tápelem koncentrációja a kielégítő ellátottsági tartományban maradt a kísérletek körülményei között.

8. ábra. Összefüggés a kukorica levél N- és Cu-tartalma között
(Szarvas 2005, 2006, 2008)

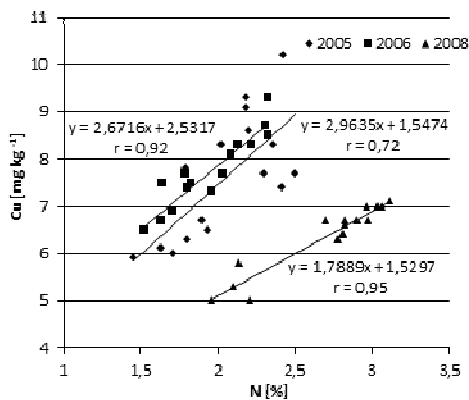


Figure 8. Correlation between the N and Cu content of maize leaves (Szarvas 2005, 2006, 2008).

9. ábra. Összefüggés a kukorica levél N- és Fe-tartalma között
(Szarvas 2006, 2008)

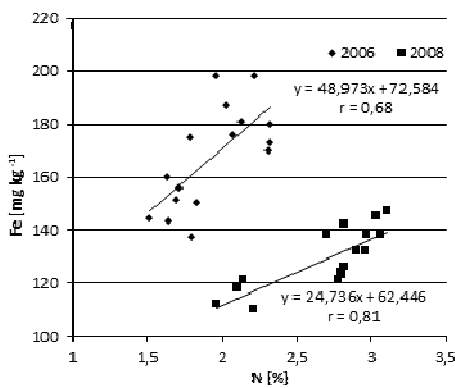


Figure 9. Correlation between the N and Fe content of maize leaves (Szarvas 2006, 2008).

Köszönetnyilvánítás

A kutatás részben az OTKA (T-020578, T-034436 és T-048816) támogatásával valósult meg.

IRODALOM

- Bergmann, W.–Neubert, P.*: 1976. Pflanzendiagnose und Pflanzenanalyse. Jena, Germany. VEB Gustav Fisher Verlag.
- Chapman, H. D.*: 1967. Plant analysis values suggestive of nutrient status of selected crops. [In: R. C. Dinauer (ed.) Soil testing and plant analysis, part II: Plant analysis.] Madison. Wisc. SSSA. 77–92.
- Berzsenyi Z.*: 1993. A N-műtrágyázás és az évjárat hatása a kukorica hibridek (*Zea mays* L.) szemtermésére és a N-műtrágya reakciójára tartamkísérletben az 1970–1991. években. Növénytermelés. 42. 1: 49–63.
- Berzsenyi Z.*: 2009. A nitrogén műtrágyázás hatásának vizsgálata a kukorica (*Zea mays* L.) hibridek növekedésére Richards-függvénnyel. Növénytermelés. 58. 1: 5–21.
- Berzsenyi Z.–Lap, O. Q.*: 2000. Különböző tenyészidejű kukorica (*Zea mays* L.) hibridek növekedésének jellemzése Richards-függvénnyel eltérő évjáratokban. Növénytermelés. 49. 1–2: 95–116.
- Debreczeni B.–Debreczeni B.-né*: 1983. A tápanyag- és vízellátás kapcsolata. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- Csathó, P.*: 1998. Correlations between two soil extractants and corn leaf potassium contents from Hungarian field trials. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 29: 2149–2160.
- Izsáki Z.*: 2000. A diagnosztikai célú növényanalízis alkalmazása a cukorrépa tápanyagellátásának rendszerében. Cukoripar. 53. 4: 141–147.
- Izsáki, Z.*: 2004. Evaluation of grain quality of maize at different nutrient supply levels. [In: Jacobsen S. E. et al. (eds.) Proceedings of the VIII ESA Congress: European Agriculture in a global context.] Copenhagen. Denmark. KVL. 521–522.
- Izsáki, Z.*: 2005. Limit value of nutritional status of maize (*Zea mays* L.) for plant analysis. Cereal Res. Commun. 33. 1: 101–104.
- Izsáki Z.*: 2008a. Hatások és kölcsönhatások vizsgálata NPK műtrágyázási tartamkísérletben kukorica (*Zea mays* L.) jelzőnövényvel. Növénytermelés. 57. 3: 275–289.
- Izsáki, Z.*: 2008b. Effect of soil P supply on P-Zn interactions in a maize (*Zea mays* L.) long-term field experiment. Cereal Res. Commun. 36: 1851–1854.
- Izsáki, Z.*: 2009. Effect of nitrogen supply on nutritional status of maize. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 40: 960–973.

- Izsáki, Z.:* 2010a. Nutritional status of maize (*Zea mays* L.) in early development stage. *Növénytermelés*. 59. 4: 445–448.
- Izsáki Z.:* 2010b. A N-műtrágyázás hatása a csernozjom réti talaj nitrogénmértékére és a NO₃-N mélységi eloszlására 1990–2007 között. *Agrokémia és Talajtan*. 59. 2: 233–248.
- Jones, J. B.:* 1967. Integration of plant analysis for several agronomic crops. [In: Dinauer R. C. (ed.) *Soil testing and plant analysis, part II: Plant analysis.*] Madison, Wisc. SSSA. 49–58.
- Kádár I.:* 1988. A meszezés és műtrágyázás együttes hatásának vizsgálata tenyészedény-kísérletben. II. Növényvizsgálati és tápanyagforgalmi elemzések. *Agrokémia és Talajtan*. 36–37: 239–252.
- Kádár I.:* 1992. A növénytáplálás alapelvei és módszere. Magyar Tudományos Akadémia Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézete. Budapest.
- Kádár I.:* 2008. Kölcsönhatások vizsgálata a növénytáplálási kutatásokban. *Talajvédelem különszám. Talajtani vándorgyűlés*. 2008. május 28–29. Nyíregyháza. 265–274.
- Kádár I.–Elek É.:* 1980. Állókultúrák és szántóföldi növények mintavételi módszere. Budapest. MÉM NAK.
- Kincses S.-né–Filep T.–Loch J.:* 2002. Az NPK-trágyázás hatása a kukorica tápelem-felvételének dinamikájára, öntözött és nem öntözött viszonyok között. *Acta Agraria Debreceniensis*. 1: 1–5.
- Lemaire, G. (ed.):* 1997. *Diagnostic of the nitrogen status in crops*. Heidelberg. Germany. Springer Verlag.
- Lente Á.–Pepó P.:* 2009. Az évjárat és néhány agrotechnikai tényező hatása a kukorica termésére csernozjom talajon. *Növénytermelés*. 58. 1: 39–51.
- Mengel K.:* 1976. A növények táplálkozása és anyagcseréje. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- MÉM NAK:* 1979. Műtrágyázási irányelvek és üzemi számítási módszer. Budapest.
- Nagy J.–Huzsvai L.:* 1995. Az évjárat hatás értékelése a kukorica (*Zea mays* L.) termésére. *Növénytermelés*. 44. 4: 385–393.
- Nagy, J.:* 2007. Evaluating the effect of year and fertilisation on the yield of mid ripening (FAO 400–499) maize hibrids. *Cereal Res. Commun.* 35. 3: 515–517.
- Pepó P.:* 2009. A kukorica (*Zea mays* L.) termésére és növénydőlésére száraz és csapadékos évjáratban csernozjom talajon. *Növénytermelés*. 58. 3: 53–66.
- Plénet, D.–Cruz, P.:* 1997. Maize and sorghum. [In: Lemaire, G. (ed.) *Diagnosis of the nitrogen status in crops.*] Heidelberg. Germany. Springer Verlag. 93–106.
- Reuter, D. J.–Robinson, J. B.:* 1997. *Plant analysis: An interpretation manual*. Collingwood. Australia. CSIRO.
- Sárvári M.–Szabó P.:* 1998. A termesztési tényezők hatása a kukorica termésére. *Növénytermelés*. 47. 2: 213–221.

Smith, F. W.-Loneragan, J. F.: 1997. Interpretation of plant analysis: Concept and principles. [In: Reuter, D. J.-Robinson, J. B. (eds.) Plant analysis: An interpretation manual.] Collingwood. Ausztralia. CSIRO. 1-33.

Szalókiné Z. I.-Szalóki S.: 2002. A víz- és a tápanyag-ellátás hatása a kukorica termés-összetevőinek mennyiségére és NPK-tartalmára. Növénytermelés. 51. 5: 543-557.

A szerző levelezési címe – Address of the author:

Dr. Izsáki Zoltán
Szent István Egyetem
Víz- és Környezetgazdálkodási Kar
Szarvas
Szabadság út 1-3.
H-5540