

A növényanalízis alkalmazása a kukorica precíziós tápanyagellátási rendszerében

Izsáki Zoltán

Szent István Egyetem Gazdasági, Agrár-, és Egészségtudományi
Kar, Környezettudományi Intézet, Szarvas
izsaki.zoltan@gk.szie.hu

ÖSSZEFOGLALÁS

Kukorica műtrágyázási tartamkísérletben 2001 és 2008 között vizsgáltuk a N-, P- és K-ellátottság hatását a kukorica tápláltsági állapotára és terméshozamára, és határoztunk meg tápelem-ellátottsági határértékeket a növényanalízis alkalmazásához. A kukoricalevél címerhánys kezdetén mért N-koncentrációja és a szemtermés közötti összefüggés alapján a kielégítő N-ellátottsági határérték 10–14 t/ha-os hozamszinten 2,0–4,0% N-koncentrációhoz kötődött. A címerhánys kezdetén végzett levélanalízis eredményei szerint a jobb P- és K-ellátottságot a kukoricalevél nagyobb P- és K-koncentrációja kísérte. A kukoricalevél P koncentrációja és a szemtermés közötti összefüggés-vizsgálatok alapján meghatározott kielégítő P-koncentráció határérték 10–14 t/ha-os szemtermésszinten 0,20–0,37%. A kielégítő K-tápláltságot jellemző K-koncentráció 10–14 t/ha-os hozam elérésekor 1,5–2,6% volt.

Kulcsszavak: tápanyagellátás, növényanalízis, kukorica, tápelem-koncentráció

SUMMARY

The effect of the N, P and K supplies of soil on the grain yield and N, P and K status of maize was studied in a long-term mineral fertilisation experiment between 2001 and 2008 and nutrient supply limit values were determined to plant analysis. 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 to reach 10–14 t ha⁻¹ yield was between 2.0–4.0%. Leaf analysis at the beginning of tasseling indicated that better P and K supplies were associated with a higher P and K concentration in the maize leaves. Correlation analysis on the P concentration of the maize leaves and the grain yield showed that at a grain yield level of 10–14 t ha⁻¹ a P concentration of 0.20–0.37% represented a satisfactory P supply level. The satisfactory K supply limit value to reach 10–14 t ha⁻¹ grain yield was 1.5–2.6%.

Keywords: nutrient supply, plant analysis, maize, nutrient concentration

BEVEZETÉS

A precíziós növénytermesztés trágyázási rendszerében a növénytáplálás célja – mint a növény tápanyag-igényének kielégítése környezetkárosítás nélkül egy gazdaságos termésszint és jó termék minőség elérése érdekében – változatlan, de azzal a különbséggel, hogy ezt az elvet talajtani szempontból homogén táblarészen szándékozik megvalósítani. A precíziós növénytáplálás alkalmazásának alapfeltételei: egyrészt, a korszerű térinformatikai módszerek rendszerbe állítása, fejlett műszaki-technológiai háttér megteremtése; másrészt, termőhelyi kategóriákra, növénycsoportokra vagy növényfajokra jól kalibrált talaj tápelem-ellátottsági határértékek használata a trágyaszükséglet számításában, va-

lamint a növényanalízis módszerének beépítése a trágyázási szaktanácsadás rendszerébe. A növényanalízis felhasználható a precíziós növénytáplálás számos területén: a növény tápláltsági állapotának megállapítására; talajvizsgálatok, tápanyag-ellátottság és trágyázási gyakorlat ellenőrzésére; tápelemek közötti kölcsönhatások kimutatására; látható és rejtett táplálkozási zavarok felderítésére; fejlődési rendellenességek okainak feltárására (Kádár, 1992; Izsáki, 2009).

A kukorica tápláltsági állapotának megítéléséhez több szerző (Chapman, 1967; Jones, 1967; Bergmann és Neubert, 1976; Kádár és Elek, 1980; Plénet és Cruz, 1997; Izsáki, 2004, 2009, 2010) is közöl tápelem-koncentráció határértékeket. E publikált határértékek egyes tápelemek esetében jó egyezőséget, míg más tápelemek vonatkozásában jelentős eltérést mutatnak. A genetikai előrehaladás 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-ellátottság tág intervallumban változik. A dolgozat célja, hogy kukorica műtrágyázási tartamkísérlet nyolc éves diagnosztikai célú növényanalízisének eredményei alapján ismertesse a N-, P- és K-trágyázás hatását a kukorica tápláltsági állapotára, és határozzon meg tápelem-ellátottsági határértékeket a kukorica precíziós trágyázásának üzemi gyakorlatához.

ANYAG ÉS MÓDSZER

A műtrágyázási tartamkísérletet a Növénytermesztési Tanszék 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%, CaCO₃-ot nem tartalmaz, kötöttsége(KA) 50, agyagtartalma 32%.

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: N₀=0, N₁=80, N₂=160, N₃=240 kg N/ha/év; foszforból: P₀=0, P₁=100 kg P₂O₅/ha/év; P₂=500 kg P₂O₅/ha 1989-ben, 1993-ban és 2001-ben, P₃=1000 kg P₂O₅/ha 1989-ben, 1993-ban és 2001-ben; káliumból: K₀=0, K₁=300 kg K₂O/ha/év 1989 és 1992 között, 1993-tól 100 kg K₂O/ha/év; K₂=600 kg K₂O/ha 1989-ben és 2001-ben, 1000 kg K₂O/ha 1993-ban; K₃=1200 kg K₂O/ha 1989-ben és 2001-ben, 1500 kg K₂O/ha 1993-ban. A kísérleti ciklus 19 éve (1990–2008) alatt kiadott

N-,P- és K-hatóanyag mennyiségeket az 1. táblázat tartalmazza.

1. táblázat
A kísérleti ciklus (1980–2008) alatt kiadott N, P₂O₅ és K₂O (kg/ha)

N-kezelések (1)	N (kg/ha)	P-kezelések (2)	P ₂ O ₅ (kg/ha)	K-kezelések (3)	K ₂ O (kg/ha)
N ₀	0	P ₀	0	K ₀	0
N ₁	1520	P ₁	1800	K ₁	2700
N ₂	3040	P ₂	1500	K ₂	2200
N ₃	4560	P ₃	3000	K ₃	3900

Table 1: Applied N, P₂O₅ and K₂O during the experimental period (1990–2008)

N treatments(1), P treatments(2), K treatments(3)

A nagyadagú foszfor és kálium feltöltő trágyázás célja az volt, hogy jól elkülönülő ellátottsági szinteket alakítsunk ki a talajban a tápláltsági situációk tanulmányozására. A 2001–2008-as kísérleti ciklus alatt a trágyázási kezelésektől függően a P-ellátottság 120–360 mg/kg P₂O₅ és a K-ellátottság 200–465 mg/kg K₂O között változott. A kukorica kísérleteket 1994-től végezzük. Jelen dolgozatban a 2001–2008 között FAO 300-as hibriddel végzett kísérletek eredményei szerepelnek.

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 kukoricalevél tápelem-koncentráció értékei szárazanyagra vonatkoznak, a szemtermés szárazanyagban van megadva. A kukorica tápláltsági határértékeinek megállapításához a szemtermést és a levél tápelem-koncentráció értékeit koordináta rendszerben ábrázoltuk és a pontthalmazt burkoló görbével határoltuk. A kielégítő tápelem-ellátottság tápelem-koncentráció határértékeit a kukorica maximális szemtermésének 95%-os szintjére, valamint a 10–14 t/ha-os terméshozamra határoztuk meg.

EREDMÉNYEK ÉS KÖVETKEZTETÉSEK

N-ellátottság

A N-trágyázás hatását a kukoricalevél N-koncentrációjára a 2. táblázat adatai alapján értékelhetjük. Minden kísérleti évben kimutatható volt, hogy a jobb N-ellátottság a levél N-koncentrációját fokozatosan növelte. Összehasonlítva a kukoricalevél címerhányás kezdetén mért évenkénti N-tartalom értékeit kitűnik, hogy 2001-ben kiugróan magas a N% a többi évhez viszonyítva. A 2002–2008 közötti N-koncentráció értékek között csak viszonylag kisebb különbségek mutatnak ki ugyanazon N-trágyázási szinten, annak ellenére, hogy vízellátottságban és hőmérsékleti viszonyokban jelentős eltérések voltak az évek között.

A kísérleti adatok szerint a N-ellátottságbeli különbségek jól tükröződnek mind a terméshozamban, mind a levél N-koncentrációjában. Szoros összefüggést tudunk kimutatni minden évben a levél N-koncentrációja és a szemtermés között. Ezen összefüggések alapján a kukorica N-tápláltsági határértékeinek megállapításához a szemtermést és a levél N-koncent-

ráció 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 termésmeghatározó 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.

2. táblázat

A N-ellátottság hatása a kukoricalevél N-koncentrációjára (%) (Szarvas, 2001–2008, címerhányás kezdete)

Év(1)	N-koncentráció (%) (2)				SzD _{5%} (3)	Átlag(4)
	N ₀	N ₁	N ₂	N ₃		
2001	3,52	3,91	4,26	4,35	0,54	4,01
2002	2,27	2,75	2,96	3,03	0,16	2,75
2003	2,12	2,48	2,52	2,61	0,20	2,43
2004	2,17	2,47	2,62	2,63	0,17	2,42
2005	1,65	1,91	2,21	2,42	0,15	2,05
2006	1,65	1,73	2,05	2,30	0,12	1,93
2007	2,57	2,65	2,68	2,77	0,07	2,67
2008	2,13	2,78	2,93	2,98	0,16	2,70
Átlag(4)	2,26	2,58	2,77	2,88	-	2,62

Table 2: The effect of the N supply levels on the N concentration of maize leaf (%) (Szarvas, 2001–2008, at the beginning of tasseling) Year(1), N concentration (%) (2), LSD_{5%}(3), Mean(4)

A kukoricalevél 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 (1. 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 (1. ábra). A kukorica kielégítő N-ellátottságára több szerző is közöl adatokat a címerhányás időszakára, a csővel szembeni levélre vonatkoztatva. Például a címerhányás 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.

1. ábra: Kapcsolat a kukoricalevél N-koncentrációja és a szemtermés között (Szarvas, 2001; 2002–2008, címerhányás kezdete)

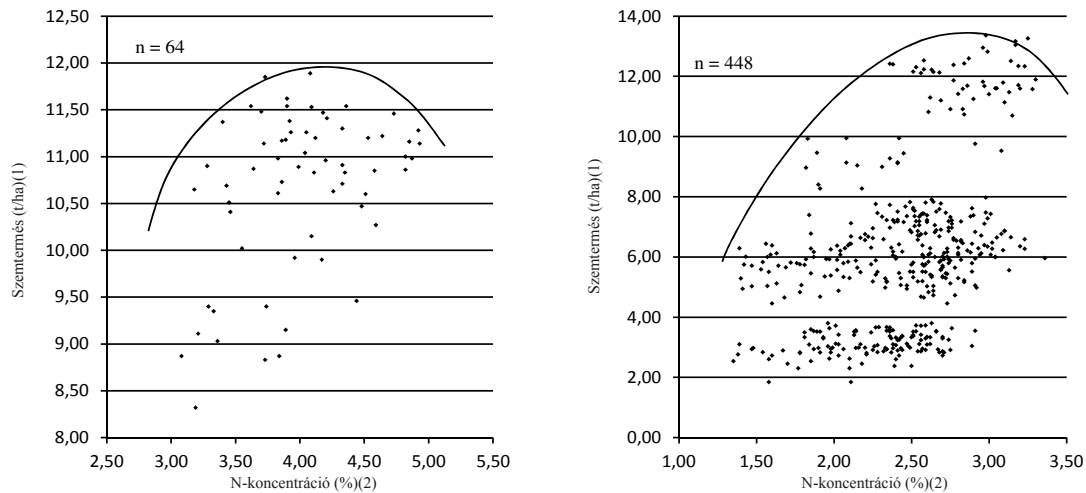


Figure 1: Correlation between the N concentration of maize leaves and grain yield (Szarvas, 2001, 2002–2008, at the beginning of tasseling) Grain yield ($t\ ha^{-1}$)(1), N concentration (%) (2)

P-ellátottság

A P-ellátottság hatása a kukoricalevél címerhányás kezdetén mért P-koncentrációjára a 3. táblázat adatai alapján tekinthető át.

3. táblázat

A P-ellátottság hatása a kukoricalevél P-koncentrációjára (%) (Szarvas, 2001–2008, címerhányás kezdete)

Év(1)	P-koncentráció (%) (2)				SzD _{5%} (3)	Átlag(4)
	P ₀	P ₁	P ₂	P ₃		
2001	0,34	0,35	0,35	0,35	n. sz.(5)	0,35
2002	0,28	0,30	0,30	0,32	0,02	0,30
2003	0,34	0,34	0,34	0,34	n. sz.(5)	0,34
2004	0,30	0,31	0,31	0,32	0,01	0,31
2005	0,27	0,28	0,29	0,29	n. sz.(5)	0,28
2006	0,30	0,33	0,31	0,34	0,02	0,32
2007	0,30	0,31	0,31	0,33	0,02	0,31
2008	0,24	0,26	0,25	0,26	0,02	0,25
Átlag(4)	0,29	0,31	0,30	0,31	-	0,30

Table 3: The effect of the P supply levels on the P concentration of maize leaf (%) (Szarvas, 2001–2008, at the beginning of tasseling) Year(1), P concentration (%) (2), LSD_{5%}(3), Mean(4), Not significant(5)

Minden kísérleti évben, de különösen a 2001-ben elvégzett feltöltő P-trágyázás után a talaj művelt rétegének P-ellátottságában jelentős különbségek mutatkoztak P-trágyázási szintenként. Azonban a nyolc kísérleti évből csak öt évben lehetett kimutatni szignifikáns P-koncentráció növekedést a kukorica levelében a jobb P-ellátottsággal összefüggésben. A kezelésszintekénti átlag P-koncentrációt tekintve a P-trágyázás nélküli kezeléshez képest a P₁ és P₂ ellátottsági szintek (158–222 mg/kg AL-P₂O₅) négy évben eredményeztek megbízhatóan nagyobb P-koncentrációt. További érdemi P-tartalom növekedést a magasabb, 269–362 mg/kg (P₃) szinten csak három évben tapasztaltunk. A jobb P-ellátottság hatása kimutatható volt az évek többségében mind a termés hozam gyarapodásban, mind a levél P-koncentráció növekedésében. A szemtermés maximuma

ma a 160–220 mg/kg AL-P₂O₅ ellátottsági szinten jelentkezett. Ennél magasabb P-ellátottságnál (360 mg/kg AL-P₂O₅ értékig) a terméshozamban érdemi változás nem volt kimutatható. Ezek alapján vizsgáltuk az összefüggést a kukorica levél P-koncentrációja és a szemtermés között a P-tápláltság ellátottsági határértékének meghatározása céljából (2. ábra). A kielégítő P-ellátottsági határérték a szemtermés maximum (13 t/ha) 95%-os szintjén 0,23–0,31%, még a 10–14 t/ha-os hozamszinten 0,20–0,37% P-koncentráció a címerhányás kezdetén.

2. ábra: Kapcsolat a kukoricalevél P-koncentrációja és a szemtermés között (Szarvas, 2001–2008, címerhányás kezdete)

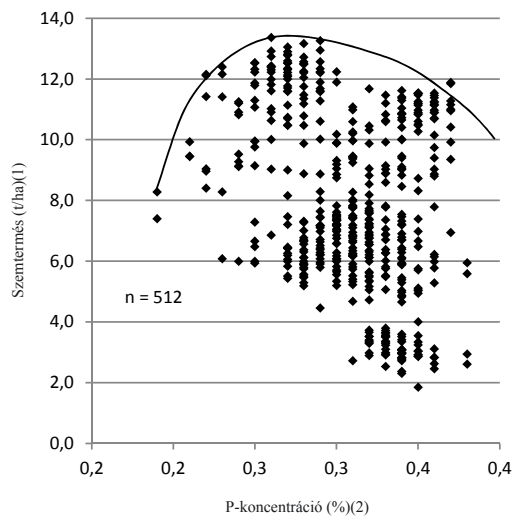


Figure 3: Correlation between the P concentration of maize leaves and grain yield (Szarvas, 2001–2008, at the beginning of tasseling) Grain yield ($t\ ha^{-1}$)(1), P concentration (%) (2)

K-ellátottság

A kísérlet beállításakor 1989-ben a talaj művelt rétegének AL-K₂O-tartalma 322 mg/kg volt, ami K-trágyázás nélkül a tizenhatodik kísérleti év őszére 199 mg/kg

szintre esett le. A fokozatos K-kiürülési trend 2001-ig – az évjáratok befolyásoló hatása mellett is – egyértelműen érvényesült, azonban 2002 és 2008 között a talaj K-ellátottságában egyértelmű változás már nem volt kimutatható, mert az AL-oldható K_2O -tartalom 200 és 235 mg/kg között változott.

A K_1 kezelésben 1993 óta évente 100 kg/ha K_2O hatóanyagot juttattunk ki, és a talaj K-ellátottsága a 400 mg/kg szintről 320–345 mg/kg AL- K_2O -ra csökkent le. A K-ellátottság csökkenő tendenciáját részben az magyarázza, hogy kísérletünkben a melléktermést (szár+levélzet) nem dolgoztuk be a talajba, és a 100 kg/ha-os K-trágyázás nem fedezte a terméssel kivont K-mennyiségét.

A 2001-ben végzett feltöltő jellegű K-trágyázást követően a talaj K-ellátottsága a K_2 -es kezelés szintjén 300–395 mg/kg, míg a K_3 -as kezelésben 340–465 mg/kg AL- K_2O között változott. E kezelésekből a K-lekötődés nem AL-oldható frakciókba jelentősebb volt, és a létrehozott K-ellátottsági szintek fenntartó trágyázás nélkül gyorsan sülyedtek.

A kukorica címerhányás kezdetekori K-tápláltságát nyolc kísérleti évben vizsgáltuk, melynek adatait a 4. táblázat tartalmazza.

4. táblázat

A K-ellátottság hatása a kukoricalevél K-koncentrációjára (%) (Szarvas, 2001–2008, címerhányás kezdete)

Év(1)	K-kezelések(2)				SzD _{5%} (3)	Átlag(4)
	K_0	K_1	K_2	K_3		
2001	1,92	2,05	2,16	2,12	0,06	2,06
2002	2,11	2,56	2,61	2,61	0,13	2,47
2003	1,70	1,92	1,80	1,76	0,12	1,79
2004	1,77	1,97	1,96	1,97	0,07	1,92
2005	1,65	1,82	1,82	1,85	0,07	1,78
2006	1,95	2,33	2,18	2,25	0,12	2,17
2007	2,28	2,45	2,57	2,56	0,06	2,46
2008	1,83	2,16	2,27	2,38	0,09	2,16
Átlag(4)	1,90	2,15	2,17	2,18	-	2,10

Table 4: The effect of the K supply levels on the K concentration of maize leaf (%) (Szarvas, 2001–2008, at the beginning of tasseling) Year(1), P concentration (%) (2), LSD_{5%}(3), Mean(4), Not significant(5)

K-trágyázás nélkül a levél K-tartalma 1,65 és 2,28% között változott, átlagértéke 1,90% volt. Az évenkénti 100 kg/ha adagú K-trágyázás (K_1) a levél K-koncentrációját minden évben szignifikánsan növelte és a K-tápláltság intervalluma 1,82–2,56% közé esett, átlagértéke 2,15% volt. A feltöltő adagú K-trágyázás (K_2 , K_3) az évek többségében érdemben nem befolyásolta a K-koncentrációt a K_1 kezeléshez képest.

A kukorica K-tápláltsági határértékének meghatározásához vizsgáltuk a kukoricalevél K-koncentrációja és a szemtermés közötti összefüggést. A címerhányás kezdetén a kukoricalevél K-koncentrációja és a szemtermés közötti összefüggés alapján a kielégítő K-ellátottsági határérték a maximális, szemtermés 95%-os szintjén 1,6–2,4%, míg a 10–14 t/ha hozamszinten közel azonos, 1,5–2,6% K-koncentráció (3. ábra).

3. ábra: Kapcsolat a kukoricalevél K-koncentrációja és a szemtermés között (Szarvas, 2001–2008, címerhányás kezdete)

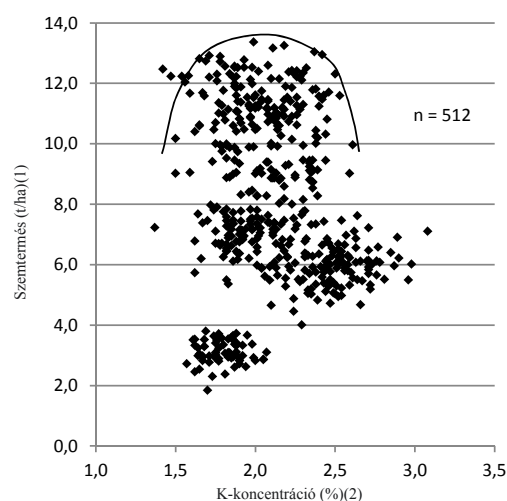


Figure 3: Correlation between the K concentration of maize leaves and grain yield (Szarvas, 2001–2008, at the beginning of tasseling) Grain yield (t ha⁻¹)(1), K concentration (%) (2)

IRODALOM

- Bergmann, W.–Neubert, P. (1976): Pflanzendiagnose und Pflanzenanalyse. VEB Gustav Fisher Verlag. Jena. Germany.
- Chapman, H. D. (1967): Plant analysis values suggestive of nutrient status of selected crops. [In: Dinauer, R. C. (ed.) Soil testing and plant analysis, part II: Plant analysis.] Madison. Wisc. SSSA. 77–92.
- Izsáki, Z. (2004): Evaluation of grain quality of maize at different nutrient supply levels. [In: Jacobsen, S. E.–Jensen, C. R.–Portier, J. R. (eds.) Proceedings of the VIII ESA Congress: European Agriculture in a global context.] Copenhagen. Denmark. KVL. 521–522.
- Izsáki, Z. (2009): Effect of nitrogen supply on nutritional status of maize. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 40: 960–973.
- Izsáki, Z. (2010): Nutritional status of maize (*Zea mays* L.) in early development stage. Növénytermelés. 59: 445–448.
- 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. (1992): A növénytáplálás alapelvei és módszere. Magyar Tudományos Akadémia Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézete. Budapest.
- Kádár I.–Elek É. (1980): Állókéltűk és szántóföldi növények mintavételi módszere. MÉM NAK. Budapest.
- Plénet, D.–Cruz, P. (1997): Maize and sorghum. [In: Lemaire, G. (ed.) Diagnosis of the nitrogen status in crops.] Springer Verlag. Heidelberg. Germany. 93–106.
- Reuter, D. J.–Robinson, J. B. (1997): Plant analysis: An interpretation manual. CSIRO. Collingwood. Australia.