

Különböző éréscsoportba tartozó kukorica hibridek klorofill-tartalmának vizsgálata eltérő N-műtrágyaadagok mellett

Ragán Péter

Debreceni Egyetem Agrár- és Gazdálkodástudományok Centruma, Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar, Földhasznosítási, Műszaki és Területfejlesztési Intézet, Debrecen
ragan@agr.unideb.hu

ÖSSZEFOGLALÁS

A nitrogén trágyázás kritikus pontja a kukoricatermesztésnek. Szántóföldi kísérletbe öt eltérő érésidőjű hibridet vontunk be, három kezelést (különböző kijuttatási időpontok) és három alap nitrogén-műtrágya dózist (0, 60, 120 kg/ha N) alkalmazunk. A kukorica V6 növekedési szakaszban a 2. és 3. kezelés mindegyik műtrágyaszintje a kontroll parcellák kivételével az alap műtrágya dózisokon túl 30 kg N/ha hatóanyagot kapott, majd a V12 fenofázisban a 3. kezelésben további 30 kg N/ha műtrágyaadagot juttattunk ki. A végső műtrágyaszint a 2. kezelésben 0, 90 és 150 kg N/ha, míg a 3. kezelésben 0, 120 és 180 kg N/ha volt. Az alapműtrágya (ammónium-nitrát) teljes mennyiségét tavasszal, 1 hónappal a vetés előtt juttattuk ki.

A kukoricalevelek relatív klorofill koncentrációját Minolta SPAD-502-es készülékkel mértük. A méréseket a kukorica 6 leveles (V6), növekedési szakaszában végeztük, minden parcella 2. sorából, a 6., 7. és 8. növény legfiatalabb kifejlett levelét mértük.

A kukorica V6 fenofázisában mért SPAD-értékekben jelentős különbségek voltak mind a hibridek ($p < 0,001$), mind a műtrágya kezelése között ($p < 0,05$). A regresszió-analízis a SPAD-értékek és nitrogén-műtrágyázás között összefüggést nem mutatott ki.

A statisztikailag igazolt legnagyobb SPAD-értéket, és termést a 120 N kg/ha dózis kijuttatásával értük el. A termésre elvégzett regresszió-analízis eredményeként megállapítható, hogy az 1. és 2. kezelésben a műtrágyázás és a termés korrelációja közepesen szoros ($r = 0,439$; $r = 0,480$), a 3. kezelésben szoros ($r = 0,513$) volt. A SPAD-érték és termés között a 2. kezelésben volt a legszorosabb összefüggés ($r = 0,639$), SPAD-érték 40,9%-ban befolyásolta a termés ($p < 0,001$) alakulását.

Kulcsszavak: kukorica, SPAD, nitrogén-műtrágyázás, termés

SUMMARY

Nitrogen fertilisation is a critical point of maize production. Five hybrids of different maturity dates were examined in a field experiment, three treatments (different application dates) and three basic fertiliser doses (0, 60, 120 kg ha⁻¹ N) were used. At the 6-leaf-stage of maize, each fertilisation level of the 2nd and 3rd treatment was given 30 kg N ha⁻¹ fertiliser active ingredient in addition to the basic fertiliser doses with the exception of the control plots and further 30 kg N ha⁻¹ fertiliser was applied at the 12-leaf-stage. The final fertiliser doses were 0, 90 and 150 kg N ha⁻¹ in the second treatment and 0, 120 and 180 kg N ha⁻¹ in the 3rd treatment. The whole amount of the basic fertiliser (ammonium nitrate) was applied in the spring, one month before sowing.

The relative chlorophyll content of the maize leaves was measured, with a Minolta SPAD-502 measurement device. The measurements were carried out at the 6-leaf growth stage (V6) of maize on the youngest fully developed leaf of the 6th, 7th and 8th plants from the second row of each plot.

There were significant differences in the SPAD-readings measured at the V6 phenophase of maize between the hybrids ($p < 0,001$) and the fertiliser treatments ($p < 0,05$). The regression analysis did not show any correlation between the SPAD-values and fertilisation.

The highest significant SPAD-reading and yield were obtained by applying 120 kg ha⁻¹ N. As a result of the regression analysis performed on yield, it can be concluded that the correlation between fertilisation and yield in the 1st and 2nd treatment was moderately close ($r = 0,439$, $r = 0,480$) and it was close in the 3rd treatment ($r = 0,513$). The correlation between the SPAD-readings and yield was the closest in the 2nd treatment ($r = 0,639$), while the SPAD-value had a 40.9% influence on yield ($p < 0,001$).

Keywords: Zea mays L., SPAD, nitrogen-fertilization, yield

BEVEZETÉS

Az intenzív trágyázás nélkülözhetetlen a növekvő hozamok biztosításához. Számos nemzetközi és hazai kutatás szerint a N trágya felhasználása hatással van a növényi produkcióra (Manuel et al., 2000; Ványiné és Nagy, 2012; Ványiné et al., 2011, 2012b). Az optimális műtrágyaadag megállapítása nagyon sok tényezőtől függ, a legnagyobb befolyásoló tényező a víz- és a tápanyagellátás mértéke (Al-Kaisi és Yin, 2003; Gehl et al., 2005; Huzsvai és Ványiné, 2009; Ványiné et al., 2012a). A talaj nedvességtartalmának emelkedése növeli a nitrogén (N) trágya hozzájárulását a terméshez, különösen magas N adagok mellett (Burman et al., 1962; Martin et al., 1982).

A klorofill nélkülözhetetlen a fény kötött kémiai energiává alakításában, közvetlenül hat a növényi növekedésre és a terméshozamra (Jin et al., 2012.). Filella et al. (1995) és Moran et al. (2000) szerint a klorofill tartalom mérése indirekt módon tájékoztat a növény nitrogén tartalmáról.

A hagyományos módszerek a levél klorofill meghatározására idő- és költségigényesek (Argenta et al., 2001; Godoy, 2002). A hordozható (Minolta, 1989) műszer azonnal meghatározza a levél SPAD-értéket a pigment által abszorbált fény alapján, ami arányos a klorofill-tartalommal. Ezáltal azonnal és roncsolás mentesen meghatározható a SPAD-értékek (Furlani Júnior et al., 1996; Malavolta et al., 1997; Berzsényi és Lap, 2005; Ványiné, 2010).

ANYAG ÉS MÓDSZER

Kísérleti hely leírása

A méréseket a Debreceni Egyetem Agrár- és Gazdálkodástudományok Centruma Látóképi Kísérleti Telepén (47° 33' É, 21° 26' K, 111 m), mérsékelt meleg és száraz természeti körzetben, mély humuszos réteggű közepkötött alföldi mészlepedékes csernozjom talajon végeztük 2012-ben. A kísérlet kétszeresen osztott parcellás (split-split-plot) elrendezésű, kétismétléses. A főparcellákon az öntözési változatok (öntözött, nem öntözött), az osztóparcellákon a műtrágya-dózisok és a hibridek szerepelnek. Jelen dolgozatban a terjedelem miatt az öntözetlen parcellák eredményeit vizsgáltam.

Időjárás

A kísérleti területen elhelyezett automata időjárás állomás által mért és rögzített – a levegő és a talaj hőmérséklet (°C), a levegő relatív páratartalma (%), a szélsősebesség (m/s), a beérkező sugárzás (W/m²), a csapadék mennyiség (mm) – adatok alapján értékeltük az időjárást (1. ábra). A 100 éves átlag (OMSZ, 2012) csapadék a tenyészidőszakban 334,8 mm, ehhez képest 2012-ben 263,79 mm csapadék hullott, azaz 71 mm-rel kevesebb, mint a 100 éves átlag. A havi átlaghőmérsékletek is magasabbak voltak, mint a korábban említett 100 éves időszak átlaga.

1. ábra: Havi átlaghőmérséklet és csapadék alakulása a 100 éves átlaghoz képest (Debrecen, 2012)

Forrás: OMSZ (2012), DE AGTC Látókép (2012) adatok alapján saját szerkesztés

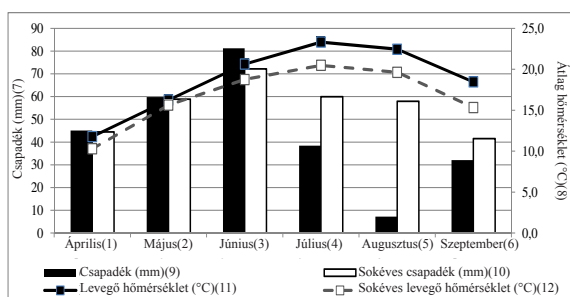


Figure 1: Monthly mean temperature and precipitation in comparison with the 100-year average (Debrecen, 2012).

April(1), May(2) June(3), July(4), August(5), September(6), Rainfall(7), Air temperature(8), Rainfall(9), Rainfall 100 Years average(10), Air temperature(11), Air temperature 100-year average(12), Source: own edition from OMSZ (2012) and DE AGTC Látókép (2012)

Talaj

A talaj átlagos pH_{KCl} értéke 6,6 (gyengén savanyú kémhatású), ami a növények tápanyagfelvétele szempontjából optimális. A talaj felső (20 cm) rétegében az Arany-féle kötöttségi szám 39, a vízben oldható sók (anionok és kationok) összes mennyisége 0,04%, amely kis sótartalmat jelent. A szénsavas mésztartalom a talaj felső 80 cm-ében 0% körül van (mészhiányos), de 100 cm-től a 12% (közepesen meszes). A szerves-

anyag-tartalom a talaj felső 20 cm-es rétegében 2,3%, a 120 cm-es mélységében nem haladja meg az 1,0%-ot. A talaj kálium ellátottsága jó, P-ellátottsága közepes (Ványiné et al., 2011, 2012a).

Kísérlet részletei

A kísérletben öt eltérő érésidejű hibridet vontunk be. A kísérletben, három alpműtrágya dózist (0, 60, 120 kg/ha N), három kezelésében (különböző kijuttatási időpontok) alkalmazunk. A kukorica V6 növekedési szakaszában a 2. és 3. kezelés mindegyik műtrágyaszintjére – a kontroll parcellák kivételével – az alpműtrágya dózisokon túl 30 kg/N/ha hatóanyag, majd a V12 fenofázisban a 3. kezelésben további 30 kg/N/ha műtrágyaadag került kijuttatásra. A végső műtrágyaszint a 2. kezelésben 0, 90 és 150 kg/N/ha, míg a 3. kezelésben 0, 120 és 180 kg/N/ha volt (1. táblázat). Az alpműtrágya (ammónium-nitrát) teljes mennyiségét tavasszal, 1 hónappal a vetés előtt juttattuk ki. Az őszi szántás és a tavaszi magágy-előkészítés után a vetést 2012-ben április 18-án végeztük. A növényszámot 73 ezer növény/ha-ra állítottuk be. Az elővetemény kukorica volt. A betakarított szemtermést 14%-os nedves-ségtartalommal adtuk meg.

Több hazai és külföldi kutatóhoz hasonlóan a kukoricalevelek relatív klorofill koncentrációját Minolta SPAD-502-es készülékkel mértük (Yadava, 1986; Piekielek és Fox, 1992; Schepers et al., 1992; Feil et al., 1997; Auernhammer, 2001; Berzsenyi és Lap, 2005; Ványiné és Nagy, 2012). A kukorica állomány V6 növekedési szakaszában minden parcella 2. sorból a 6., 7. és 8. növényt vizsgáltuk és a méréseket a legfiatalabb kifejlett leveleken végeztük (Costa et al., 2001). A parcellák körvonalait GPS segítségével felvételeztük és Quantum GIS 1.7.4., (Quantum GIS Development Team), valamint ennek az OpenLayers Plugin modulja segítségével készítettük el a klorofill (SPAD), illetve a termésterképet (2–3. ábra).

Statisztikai analízis

A kezeléseknél a kukorica klorofill-tartalmára és a termésre gyakorolt hatásának kimutatására általános lineáris modellt (GLM) alkalmaztunk (Huzsvai, 2008). A kezelés középértékek összehasonlításához meghatároztuk az 5%-os szignifikáns differenciát (SzD_{5%}). A többszörös összehasonlítás során a konfidencia intervallumokat Duncan módszerrel korrigáltuk az elsőfajú hiba halmozódásának elkerülése céljából. A kukorica-levelek klorofill (SPAD) és a termés közötti összefüggések meghatározásához másodfokú, illetve lineáris regresszióanalízist alkalmaztunk. A kiértékelést az SPSS for Windows 14.0 statisztikai programcsomaggal végeztük.

EREDMÉNYEK

A varianciaanalízis alapján megállapítható, hogy a V6 növekedési szakaszban mért SPAD-értékekben az 1. és 2. kezelésben a hibridek (p<0,01; p<0,001) és a műtrágya-kezelések (p<0,05) szignifikánsan különböztek, nitrogén-műtrágyázás és a hibridek kölcsönhatása nem volt szignifikánsan megbízható.

A kijuttatott műtrágya kezelésként és vegetációs periódusonként

Kezelések(1)	Alap nitrogén műtrágya (kg/ha)(2)			V6 nitrogén műtrágya (kg/ha)(3)			V12 nitrogén műtrágya (kg/ha)(4)		
I.	0	60	120	0	60	120	0	60	120
II.	0	60	120	0	90	150	0	90	150
III.	0	60	120	0	90	150	0	120	180

Table 1: Applied fertilizer broken down to treatment and vegetation period

Treatments(1) Basic nitrogen fertilizer (kg ha⁻¹)(2), V6 nitrogen fertilizer (kg ha⁻¹)(3), V12 nitrogen fertilizer (kg ha⁻¹)(4)

2. ábra: A kukorica V6 növekedési szakaszában mért SPAD-értékek térbeli eloszlása (Debrecen, 2012)

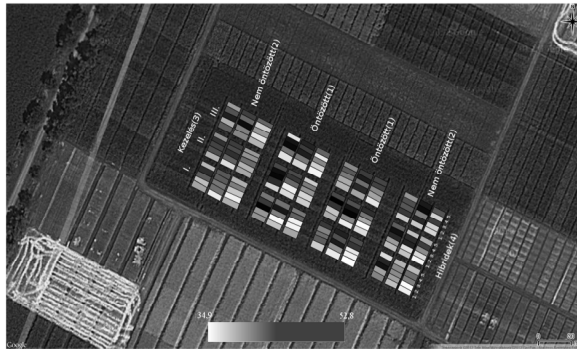


Figure 2: Spatial distribution of the SPAD-readings obtained at the V6 growth stage of maize (Debrecen, 2012).

Irrigated(1), Non irrigated(2), Treatments(3), Hybrids(4)

3. ábra: A kukorica termésének térbeli eloszlása (Debrecen, 2012)

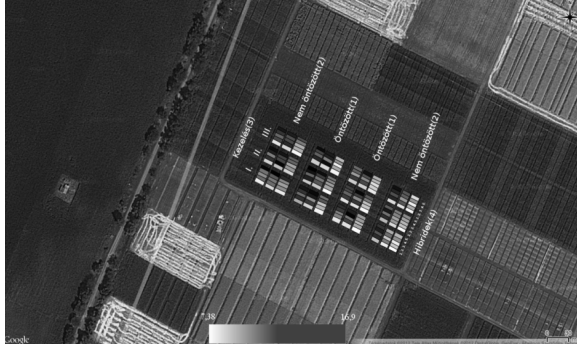


Figure 3: Spatial distribution of maize yield (Debrecen, 2012).

Irrigated(1), Non irrigated(2), Treatments(3), Hybrids(4)

A 3. kezelésben a tényezők szignifikánsan nem befolyásolták a klorofill koncentrációt (2. táblázat). A termés alakulását mindhárom kezelésben a hibridek befolyásolták a legnagyobb mértékben ($p < 0,001$). A nitrogén-műtrágyakezelések ($p < 0,001$) hatása is jelentős volt, azonban a nitrogén-műtrágyázás és hibrid kölcsönhatás egyik kezelésben sem volt szignifikáns.

Duncan teszt alapján a V6 növekedési szakaszban a statisztikailag is igazolható legnagyobb SPAD-értéket a 120 N kg/ha dózis kijuttatásával érték el. Termés szempontjából az 1. és 3. kezelésben a kontroll és 120 kg/ha dózis között, a 2. kezelésben kontroll és 150 kg/ha dózis között volt szignifikáns különbség.

Regresszióanalízist végeztünk a SPAD-értékek és nitrogén-műtrágyázás közötti összefüggés kimutatására. A két tényező között a V6 növekedési szakaszban nem volt statisztikailag igazolható összefüggés. A termésre elvégzett regresszióanalízis eredményeként megállapítható, hogy az 1. kezelésben a nitrogén-műtrágyázás és a termés közepesen szoros ($r = 0,439$) korrelációban volt, a nitrogén-műtrágyázás 19,3%-ban befolyásolta a termést alakulását. A 2. kezelésben az összefüggés közepesen szoros ($r = 0,480$) volt, a nitrogén-műtrágyázás befolyásoló hatása a termésre 23,1%. A 3. kezelésben volt a két tényező között a legszorosabb összefüggés ($r = 0,513$).

A termés és a SPAD-értékek kölcsönhatására is végeztünk regresszióanalízist, melynek eredményeként megállapítható, hogy az 1. kezelésben közepesen ($r = 0,423$) szoros a korreláció a termés és a SPAD-értékek között, valamint 17,9% befolyásolta a SPAD-érték a termést ($p < 0,05$). A 2. kezelésben szoros ($r = 0,639$) korrelációt mutattunk ki a SPAD-értékek és a termés között. Ebben a kezelésben 40,9%-ban befolyásolta a SPAD-érték a termést ($p < 0,001$). A 3. kezelésben a két tényező kölcsönhatása nem volt szignifikáns.

A V6 fenofázisban mért SPAD-érték általános lineáris modell eredménye

	1. kezelés(1)		2. kezelés(2)		3. kezelés(3)	
	df	MS	df	MS	df	MS
Nitrogén-műtrágyázás (A)(4)	2	18,793*	2	14,258*	2	20,626 ^{ns}
Hibrid (B)(5)	4	20,281**	4	29,737***	4	23,828 ^{ns}
Műtrágya x Hibrid (A x B)(6)	8	3,016 ^{ns}	8	1,603 ^{ns}	8	7,372 ^{ns}

Megjegyzés: NS nem szignifikáns, * szignifikáns $P = 0,05$; **szignifikáns $P = 0,01$; ***szignifikáns $P = 0,001$

Table 2: Result of the general linear model of the SPAD-reading obtained at the V6 phenophase

Treatment 1(1), Treatment 2(2), Treatment 3(3), Nitrogen-fertilizer(4), Hybrid(5), Nitrogen-fertilizer x Hybrid(6), Note: NS not significant, *significant at $P = 0.05$, **significant at $P = 0.01$, ***significant at $P = 0.001$

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A publikáció elkészítését a Kutatási és Technológiai Alap OM-00210/2008 és a TÁMOP 4.2.2./B-10/1-2010-0024 számú projektek támogatták.

A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.

IRODALOM

- Al-Kaisi, M. M.–Yin, X. (2003): Effects of nitrogen rate, irrigation rate, and plant population on corn yield and water use efficiency. *Agron. J.* 95: 1475–1482.
- Argenta, G.–Silva, P. R. F.–Bortolini, C. G.–Forsthofer, E. L.–Strieder, M. L. (2001): Relationship of reading with the chlorophyll content of chlorophyll and extractable nitrogen in maize leaf. *Rev. Bras. Fisiol. Veg.* 13: 158–167.
- Auernhammer, H. (2001): Precision farming – the environmental challenge. *Comput. Electron. Agric.* 30. 1–3: 31–43.
- Berzsenyi, Z.–Lap, D. Q. (2005): Effect of sowing date, nitrogen fertilization and plant density on the dynamics of dry matter accumulation and yield formation of maize (*Zea mays* L.) hybrids. *Cereal Res. Commun.* 33. 1: 85–88.
- Burman, R. D.–Painter, L. I.–Patridge, J. R. (1962): Irrigation and Nitrogen Fertilization of Field Corn in Northwest Wyoming. *Agric. Exp. Stn. Bull.* 389. Univ. of Wyoming. Laramie.
- Costa, C.–Dwyer, L. M.–Dutilleul, P.–Stewart, D. W.–Ma, B. L.–Smith, D. L. (2001): Inter-relationships of applied nitrogen, SPAD, and yield of leafy and non-leafy maize genotypes. *J. Plant Nutr.* 24: 1173–1194.
- Feil, B.–Garibay, S. V.–Ammon, H. U.–Stamp, P. (1997): Maize production in a grass mulch system – seasonal patterns of indicators of the nitrogen status of maize. *Eur. J. Agronomy.* 7: 171–179.
- Filella, I.–Serrano, L.–Serra, J.–Peñuelas, J. (1995): Evaluating wheat nitrogen status with canopy reflectance indices and discriminant analysis. *Crop Sci.* 35: 1400–1405.
- Furlani, Júnior, E.–Nakagawa, J.–Bulhões, L. J.–Moreira, J. A. A.–Grassi, F. H. (1996): Correlation between chlorophyll readings and levels of nitrogen applied in bean. *Bragantia.* 55: 171–175.
- Gehl, R. J.–Schmidt, J. P.–Maddux, L. D.–Gordon, W. B. (2005): Corn yield response to nitrogen rate and timing in sandy irrigated soils. *Agron. J.* 97: 1230–1238.
- Godoy, L. J. G. (2002): Management of Nitrogen Top Dressing on Maize (*Zea mays* L.) in Sandy Soil Based on the Relative Chlorophyll Content, vol. 94 Dissertação (Mestrado em Agronomia/Agricultura) – Universidade Estadual Paulista. Botucatu.
- Huzsvai, L. (2008): Planning and evaluation of experiments with SPSS. 8th Hungarian Conference on Biometry and Biomathematics. Budapest. 1st–2nd July.
- Huzsvai, L.–Ványiné Széles, A. (2009): Water stress. In which cases does irrigation reduce the yield of maize? *Cereal Res. Commun.* 37: 45–48.
- Jin, X. L.–Wang, K. R.–Xiao, C. H.–Diao, W. Y.–Wang, F. Y.–Chen, B.–Li, S. K. (2012): Comparison of two methods for estimation of leaf total chlorophyll content using remote sensing in wheat. *Field Crops Res.* 135: 24–29.
- Malavolta, E.–Vitti, G. C.–Oliveira, S. A. (1997): Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações, 2 ed. Potafos. Piracicaba. 319.
- Manuel, M. T.–Naboa, V.–Alcáde, C.–Arai, S. (2000): Field response of groundnut and maize to fertilization and soil physico-chemical properties in different classes of Philippine soils. *Commun. Soil Sci. Plant. Anal.* 31. 11–14: 2291–2299.
- Martin, D. L.–Watts, D. G.–Mielke, L. N.–Frank, K. D.–Eisenhauer, D. E. (1982): Evaluation of nitrogen and irrigation management for corn production using water high in nitrate. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 64: 365–370.
- Minolta Camera Co. Ltd. (1989): Manual for Chlorophyll Meter SPAD 502. Minolta Radiometric Instruments Div. Osaka. 22.
- Moran, J. A.–Mitchell, A. K.–Goodmanson, G.–Stockburger, K. A. (2000): Differentiation among effects of nitrogen fertilization treatments on conifer seedlings by foliar reflectance: a comparison of methods. *Tree Physiol.* 20: 1113–1120.
- OMSZ (2012): Országos Meteorológiai Szolgálat. www.met.hu
- Piekielek, W. P.–Fox, R. H. (1992): Use of chlorophyll meter to predict sidedress nitrogen requirements for maize. *Agron. J.* 84: 59–65.
- Quantum GIS Development Team (2012): Quantum GIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project. <http://qgis.osgeo.org>
- Schepers, J. S.–Francism D. D.–Vigil, M. F.–Below, F. E. (1992): Comparison of corn leaf nitrogen concentration and chlorophyll meter readings. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 23. 17–20: 2173–2187.
- Ványiné Széles, A. (2010): Evaluation of the level of N supply in maize hybrids at different nutritional levels. *Acta Agronomica Hungarica.* 58: 89–94.
- Ványiné Széles, A.–Megyes, A.–Nagy, J. (2011): Effect of N fertilisation on the chlorophyll content and grain yield of maize in different crop years. *Növénytermelés.* 60. 2: 161–164.
- Ványiné Széles, A.–Megyes, A.–Nagy, J. (2012a): Irrigation and nitrogen effects on the leaf chlorophyll content and grain yield of maize in different crop years. *Agricultural Water Management.* 107: 133–144.
- Ványiné Széles, A.–Nagy, J. (2012): Effect of nutrition and water supply on the yield and grain protein content of maize hybrids. *Australian Journal of Crop Science.* 6. 3: 381–290.
- Ványiné Széles, A.–Tóth, B.–Nagy, J. (2012b): Effect of nitrogen doses on the chlorophyll concentration, yield and protein content of different genotype maize hybrids in Hungary. *African Journal of Agricultural Research.* 7. 16: 2546–2552.
- Yadava, U. L. (1986): A rapid and non-destructive method to determine chlorophyll in intact leaves. *Hort Science.* 21. 6: 1449–1450.