

A műtrágyázás és a csapadék változékonyságának hatása a kukorica ökofiziológiájára és produkciójára

Széles Adrienn – Nagy János

Debreceni Egyetem Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar,
Földhasznosítási, Műszaki és Területfejlesztési Intézet, Debrecen
szelesa@agr.unideb.hu

ÖSSZEFOGLALÁS

*Jelen tanulmány célja az volt, hogy elemezzük a kukorica (*Zea mays L.*) az R1 növekedési szakaszában jelentkező kedvezőtlen (száraz és csapadékos) időjárás és ennek következményei okozta problémákat, ezek kezelését és a hozamcsökkenés megelőzésének lehetőségét agrotechnikai tényezőkkel (műtrágyázás, öntözés), valamint azt, hogy az R1 növekedési szakaszban mért Chl-tartalom megbízható előrejelzést ad-e a hektáronkénti termésre.*

A vizsgálatokat mérsékelt meleg és száraz termesztési körzetben a Debreceni Egyetem Agrártudományi Központ Látóképi Kísérleti Telepén, mészlepedékes csernozjom talajon, 2007 és 2008 években végeztük. A szántóföldi kísérletben hat különböző N dózist (0,30,60,90,120,150 kg/ha) alkalmaztunk nem öntözött és öntözött változatban.

Az eredmények azt mutatták, hogy a Chl-tartalom és a termés között igazolható az erős pozitív korreláció mind nem öntözött ($P < 0,001$; $R = 0,777$), mind öntözött ($P < 0,001$; $R = 0,801$) változatban. Az évenként elvégzett összefüggés-vizsgálatok eredményei azonban bizonyították, hogy az időjárási tényezők jelentős mértékben befolyásolják az összefüggések erősségét, de a kapcsolat minden esetben pozitív.

A kukoricalevelek Chl tartalma az R1 növekedési szakaszban megbízható előrejelzést biztosított a hektáronkénti termésre. Öntözött változatban az összefüggés minden esetben szorosabb, mint a nem öntözött változatban.

Kulcsszavak: klorofill-tartalom, nitrogén, öntözés, genotípus

SUMMARY

*The aim of this study was to analyse the problems caused by the unfavourable (dry and wet) weather and its consequences in the R1 growth stage of maize (*Zea mays L.*), as well as their management and the alternatives of preventing yield reduction by using agrotechnical measures (fertilisation, irrigation), also, we wanted to examine whether the Chl content measured in the R1 growth phase provides reliable prediction of yield per hectare.*

The examinations were carried out in a moderately warm and dry production area at the Látóképi Experiment Site of the University of Debrecen, Centre for Agricultural Sciences on calcareous chernozem soil in 2007 and 2008. Six different N doses (0,30,60,90,120,150 kg ha⁻¹) were used in the irrigated and non-irrigated treatments of the field experiment.

The results showed that there is a significant strong positive correlation between Chl content and yield both in the non-irrigated ($P < 0,001$, $R = 0,777$) and the irrigated ($P < 0,001$, $R = 0,801$) treatment. The results of the correlation analyses performed yearly showed that weather factors significantly influence the strength of correlations, but these correlations are always positive.

The Chl content of maize leaves provided a reliable prediction of yield per hectare in the R1 growth stage. In the irrigated treatment, the correlation is always closer than in the non-irrigated treatment.

Keywords: chlorophyll content, nitrogen, irrigation, genotype

BEVEZETÉS

A kukorica ma Magyarország meghatározó szántóföldi növénye. Hazánkban a vetésterülete viszonylag állandó, 1,2–1,3 millió ha között változik. Az összes betakarított termés 4 és 9 millió t/év között ingadozik. 2004-ben 8,3 millió tonna, 2007-ben 4,0 millió tonna volt (Nagy, 2008).

A termések csökkenésében az aszályos évek közrejátszanak. Az éves átlagos csapadék mennyisége 550–600 mm. A globális felmelegedés miatt gyakori egy éven belül az árvíz, a belvíz és az aszály. Hazánkban jelenleg közel 500 ezer hektár mezőgazdaságilag művelt területet lehetne öntözni, csakhogy ennek nagy része jórészt gazdasági okok miatt kihasználatlan. Több év átlagában az öntözésre berendezett területeink 3–10%-án vetünk csak kukoricát. Még aszályok idején is csak a vetésterület néhány százalékára tehető az öntözött terület. A vízellátástól függő terméshozamok elkerü-

lése érdekében elengedhetetlenül szükséges, hogy a termelők sokkal nagyobb területen öntözzék a fontosabb termesztett növényeket, így a kukoricát is.

A vegetatív növekedés alatti kedvezőtlen vízellátottság ugyanis csökkenti a szár- és levélsejtek növekedését, melynek következtében csökken a növénymagasság és a levélfelület (Lauer, 2003). A címerhányás alatti aszály hatására a termésűzés 40–50% is lehet (Claassen és Shaw, 1970; Ványiné és Nagy, 2012). A címerhányás és a virágzás alatt fellépő vízhiány csökkenti a soronkénti szemek számát. A megporzás utáni szárazság pedig az adott szem tömegét és ez jelentős hozamcsökkenést okoz (Shaw, 1977). A szemtelítődés időszakában szignifikáns hatása van a hőmérsékletnek és a vízellátottságnak (Ying, 2000). A szemtelítődés során fellépő szárazság általában kisebb szemek kifejlődésében mutatkozik meg (Smith et al., 2004). Kedvezőtlen vízellátottság hatására csökken a szárazanyag-felhalmozódás sebessége és időtartama

(Berzsenyi és Lap, 2003; Andrade et al., 2005). Westgate és Garnt (1989) rámutatott arra, hogy egy rövidebb vízhiányos időszak is lényeges csökkenést okozott a szemek víztartalmában.

A hozamok emelkedéséhez nélkülözhetetlen az intenzív növénytáplálás. Az optimális trágyaadag megállapítása azonban az egyik legnehezebb feladat. Egyrészt számolni kell a talaj tápanyag-gazdálkodásával és tápanyagmegkötő-képességével, másrészt figyelembe kell venni a természetett hibrid tápanyaghasznosító képességét és műtrágyareakcióját (Széll et al., 2005; D'Haene et al., 2007; Izsáki, 2009; Nagy, 2011; Dobos et al., 2012). A három makroelem (NPK) közül – a legtöbb talajon – a nitrogéntrágyázás a legjelentősebb termésmenvelő műtrágya (Shaahan et al., 1999; Nagy, 2012), valamint kulcsfontosságú szerepet játszik a növény számos élettani folyamatában. A növekvő N adagok hatására emelkedik a fotoszintézis aktivitása, nő a levélterület (LAI) és a levélfelület (LAD) tartóssága (Earl és Tollenaar, 1997; Tóth et al., 2002; Hegyi és Berzy, 2009; Ványiné et al., 2012).

Célkitűzéseink: a./ meghatározni a műtrágyázás, az öntözés és a genotípus hatását és kölcsönhatását Chl-tartalom és termésére; b./ megállapítani, hogy az R1 növekedési szakaszban mért Chl-tartalom a kukorica levélében megbízható előrejelzést ad-e a termésre.

ANYAG ÉS MÓDSZER

Kísérleti helyszín: Vizsgálatainkat a Debreceni Egyetem Agrártudományi Központ Látóképi Kísérleti Telepén, mérsékelt meleg és száraz termesztési körzetben löszön kialakult, mély humuszos rétegű közepkötött alföldi mészlepedékes csernozjom talajon beállított többletgyezős, négyismétléses, sávos elrendezésű kispárcellás szántóföldi kísérletben végeztük nem öntözött és öntözött változatban, a 2007-es és 2008-as évek tenyészidőszakában.

Talaj: A talaj átlagos pHKCl 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 szén-savas mésztartalom a talaj felső 80 cm-ében 0% körül van (mészhiányos), de 100 cm-től a 12% (közepesen meszes). A szervesanyag-tartalom a talaj felső 20 cm-es rétegében 2,3%, a 120 cm-es mélységében nem haladja meg az 1,00%-ot. A talaj kálium ellátottsága jó, P-ellátottsága közepes.

A szántóföldi kísérletben hat műtrágya-kezelést (0, 30, 60, 90, 120, 150 kg N/ha) alkalmaztunk mindkét évben. A műtrágya (ammónium-nitrát) teljes mennyiségét tavasszal, 1 hónappal a vetés előtt juttattuk ki. Az őszi szántás és a tavaszi magágy-előkészítés után a vetést 2007-ben április 24-én, 2008-ban április 22-én végeztük. A növényszámot 70 ezer növény/ha-ra állítottuk be. A vizsgálatba két eltérő genotípusú, azonos FAO 310-es éréscsoportba tartozó hibridet (Debreceni 377 és az Mv 277) vontunk be. A tenyészidőszakban kijuttatott öntözővíz mennyisége 2007-ben 4 alkalommal összesen 110 mm (április 27-én 25 mm, május 16-án és június 10-én 30–30 mm, valamint június 26-án 25 mm) volt. 2008-ban 1 alkalommal (május 11-én) összesen 25 mm öntözővizet juttattunk ki. Az öntözést

Valmont típusú lineár öntözőberendezéssel végeztük. Az elővetemény kukorica volt. A kukoricát mindkét évben október 8-án takarítottuk be. A betakarított szemtermést 14%-os nedvességtartalommal adtuk meg.

A teljes tenyészidőszakra vonatkoztatott hőösszeg az alábbi képlet alapján került kiszámításra:

$$\text{Heat Unit} = \sum_{i=1}^n \frac{(T_{\max} - T_{\min})}{2} - T_{\text{bázis}}$$

ahol

T_{\max} = a napi maximális hőmérséklet [°C],

T_{\min} = a napi minimális hőmérséklet [°C],

$T_{\text{bázis}}$ = 10 °C.

Számos módszer (Penman, 1948; Thornthwaite, 1948; Szász, 1977) teszi lehetővé a potenciális evapotranspiráció (PET) megállapítását, ezek közül a Szász (1977) módszere lett alkalmazva, amely nagy pontosságú becslést biztosít.

$$\text{PET} = \beta[0,0095(T-21)^2(1-R)^{2/3}f(v)]$$

ahol

PET = potenciális evapotranspiráció (mm/nap),

T = a napi középhőmérséklet (°C),

R = a relatív páratartalom,

f(v): a szélesség hatásfüggvénye,

β: az oázis hatás kifejezésére szolgáló tényező.

Az oázis hatás a környezet és a párolgó víz hányadosa.

Időjárás: A 2007. év és a 2008. év vegetációs időszakának a hőmérsékleti és csapadékviszonyai merőben ellentétesen alakultak (1. ábra). Az effektív hőösszeg értéke 2007-ben 158 °C-kal, a csapadék mennyisége 200 mm-rel volt kevesebb, mint 2008-ban. A csapadék és a PET érték közötti különbség 2007-ben -367 mm, míg 2008-ban -96 mm volt. 2007 tenyészidőszakában az időjárás hűvösebb és szárazabb volt, mint 2008-ban.

1. ábra: A havi csapadékmennyiség és a hőmérséklet alakulása a tenyészidőszakban (Debrecen, 2007–2008)

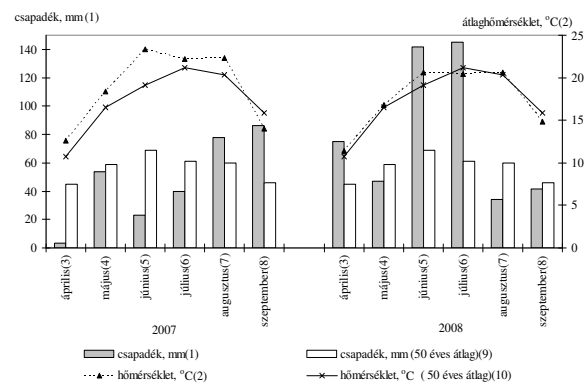


Figure 1. Monthly average of air temperature and rainfall over the 2009 to 2010 crop seasons

Rainfall (mm)(1), Air temperature (°C)(2), April(3), May(4), June(5), July(6), August(7), September(8), Rainfall – 50 years average (mm)(9), Air temperature – 50 years average (°C)(10)

A növényi klorofill (SPAD-érték) hasznos mérési tényező, mert szoros kapcsolatban áll a növények nitrogéntartalmával (Auernhammer, 2001; Berzsényi és Lap, 2005). A kísérletben a kukoricalevél relatív klorofill koncentrációját – az irodalmi hivatkozások értelmében – a SPAD-502 (Minolta, Japán) típusú hordozható klorofill mérőműszerrel mértük a kukorica R1 fejlődési szakaszában (Ritchie et al., 1997). A CMR méréseket Costa et al. (2001) útmutatása alapján, minden növény csónél lévő levelén végeztük, műtrágya kezelésenként húsz növényen.

Statisztikai értékelés: A függő változó (Chl-tartalom, termés) és a termesztési tényezők (műtrágya, öntözés, genotípus) közötti kapcsolatot általános lineáris modellel (GLM) értékeltük. A Chl-tartalom és a termés középértékeinek összehasonlítását Duncan-tesztel végeztük.

A Chl-tartalom és a termés közötti kapcsolatot lineáris függvényel értékeltük.

A lineáris függvény alakja az alábbi volt:

$$y = b_0 + b_1 \text{Chl}$$

ahol

y= termés (t/ha),

b₀= állandó,

b₁= a lineáris tag együtthatója.

A függvényeket regresszió-analízissel, az eltérésnégyzetösszeg minimalizálásával illesztettük. A függvények illeszkedésének jóságát az R-értékkel és a Hiba MS nagyságával adtuk meg. A kiértékelést az SPSS for Windows 13.0 statisztikai programcsomaggal végeztük.

EREDMÉNYEK

Eredményeink igazolták, hogy a vizsgálatba vont hibrideknél mind a nem öntözött, mind az öntözött változatban – mind a két évben – a műtrágya dózis növelésével nőtt a Chl-tartalom (1. táblázat).

A Duncan-féle teszttel 5%-os szignifikancia szint mellett 2007-ben nem öntözött változatban megállapítható, hogy a legnagyobb Chl-tartalom eléréséhez a Debreceni 377 hibridnél a 90 kg N/ha dózis (47,7), Mv 277 hibridnél a 30 kg N/ha dózis (49,1) elegendőnek bizonyult. Öntözött változatban 2007-ben mindkét hibridnél 120 kg N/ha dózis volt szükséges a legnagyobb Chl-tartalom eléréséhez (Debreceni 377: 54,2; Mv 277: 57,1). Az Mv 277 hibrid Chl-tartalma – a műtrágyakezelés átlagában – nagyobb volt nem öntözött változatban (49,6; P<0,01) és öntözött változatban is (56,1; P<0,01) mint a Debreceni 377 hibrid Chl-tartalma. Az öntözés a Debreceni 377 hibrid Chl-tartalmát 60 kg N/ha dózistól (P<0,05) növelte szignifikánsan, míg az Mv 277 hibridnél a 120 kg N/ha kezelésben volt szignifikáns (P<0,05) hatással (1. táblázat).

1. táblázat

A műtrágyázás és az öntözés hatása a kukoricalevél Chl-tartalmára (SPAD-érték) (Debrecen, 2007–2008)

Hibridek(1)		2007					
		Nem műtrágyázott(4)	30	60	90	120	150
Debreceni 377	Nem öntözött(2)	39,94±2,23a A	43,08±0,82ab A	45,97±1,13bc A	47,74±0,26c A	46,74±1,53c A	47,05±0,87bc A
	Öntözött(3)	39,60±0,56a A	44,82±0,68b A	49,97±0,93c B	52,19±0,53d B	54,16±0,40e B	54,99±0,56e B
Mv 277	Nem öntözött(2)	43,24±1,49a A	49,07±1,30b A	50,73±1,51b A	49,15±2,01b A	52,50±1,60b A	52,80±1,96b A
	Öntözött(3)	41,25±0,33a A	48,01±0,44b A	49,79±1,25b A	54,14±1,50c A	57,05±0,60cd B	58,10±1,19d A
		2008					
Debreceni 377	Nem öntözött(2)	45,44±0,82a A	51,43±1,78b A	55,52±1,25c A	56,75±0,36c A	56,88±0,46c A	57,49±0,64c A
	Öntözött(3)	37,54±0,88a B	43,17±1,11b B	46,30±0,76bc B	48,48±0,80c B	52,71±1,40d B	54,65±2,17d B
Mv 277	Nem öntözött(2)	45,82±1,66a A	50,56±2,89a A	56,35±1,46b A	59,81±1,40bc A	61,84±0,47c A	61,99±0,65c A
	Öntözött(3)	34,91±1,22a B	40,55±0,82b B	50,17±1,90c B	52,51±2,64cd B	55,84±1,01de B	54,48±1,55e A

Megjegyzés: az adott sorban más kisbetűvel jelzett értékek szignifikáns differenciát mutatnak az ugyanazon vízellátottsági körülmények között alkalmazott különböző műtrágyakezelésekhez képest egy adott évben (P<0,05). Az adott oszlopban más nagybetűvel jelzett értékek szignifikáns differenciát mutatnak az ugyanazon műtrágyaellátottsági körülmények közötti különböző vízellátottsághoz képest egy adott évben (P<0,05).

Table 1: Effects of fertilizer treatments and water supply on Chl-content of maize leaves (SPAD values) (Debrecen, 2007 and 2008)

Hybrids(1), Non-irrigated(2), Irrigated(3), Non-fertiliser(4), Note: values followed by different lowercase letters within a row are significantly different from different fertiliser treatments under the same water condition within a year (P < 0.05). Values followed by different capital letters within a column are significantly different from different water supply under the same fertilizer treatment within a year (P < 0.05).

2008. évben a Duncan-féle teszt eredménye azt mutatta, hogy nem öntözött változatban a legnagyobb Chl-tartalmat az Debreceni 377 hibridnél a 60 kg N/ha dózis (55,5), Mv 277 hibridnél a 90 kg N/ha dózis mellett érték el (59,8) (1. táblázat). Öntözött változatban mindkét hibridnél 2007. évhez hasonlóan 120 kg N/ha dózis volt szükséges a legnagyobb Chl-tartalom eléréséhez (Debreceni 377: 52,7; Mv 277: 55,8). A kezelések átlagában nem öntözött változatban a Debreceni 377 hibrid Chl-tartalma (53,9; $P < 0,05$), az öntözött változatban az Mv 277 hibridé volt nagyobb (48,8), a különbség azonban nem volt szignifikáns. Az öntözés mindkét hibridnél – kivétel Mv 277 hibrid 150 kg N/ha kezelés – minden műtrágyakezelésben szignifikánsan csökkentette a Chl-tartalmat (1. táblázat).

A kukorica hibridek termése 2007 évben – nem öntözött változatban – a Debreceni 377 hibridnél 90 kg N/ha dózis (5,8 t/ha), míg az Mv 277 hibridnél 60 kg N/ha dózis kijuttatásáig (5,3 t/ha) lineárisan emelkedett, ezt követően azonban a további műtrágya mennyiség növelése mindkét hibridnél terméssuppressziót okozott. Számos kutató igazolta, hogy az öntözés növeli a műtrágyázás hatékonyságát (Pandey et al., 2000; Farre és Faci, 2009). Öntözött kezelésben – ami egy magasabb termésszintet jelent – az öntözés \times műtrágyázás pozitív kölcsönhatása miatt a gazdaságos műtrágyaadagok is nagyobbak, mint öntözés nélkül (Yamada et al., 1972; Silega és Zakharijev, 1981). Vizsgálataink is igazolták a hazai és külföldi kutatók eredményeit. Öntözött változatban mindkét hibridnél statisztikailag 4 jól elkülöníthető csoportot képeztünk a műtrágya-kezelések közötti megbízható különbség kimutatására. A Debreceni 377 hibridnél a 120 kg N/ha, míg az Mv 277 hibridnél a 90 kg N/ha dózis volt elegendő a statisztikailag igazolható legnagyobb termés eléréséhez. A két hibrid termésmennyisége között a műtrágyakezelés átlagában szignifikáns különbség egyik öntözési változatban sem volt. Az öntözés mind a Debreceni 377 hibrid mind az Mv 277 hibridnél – a nem műtrágyázott kezelés kivételével – minden tápanyagszinten szignifikánsan növelte a termést (2. ábra).

2. ábra: Műtrágyázás hatása különböző genotípusú kukoricahibridek Chl-tartalmára R1 növekedési szakaszban (Debrecen, 2007)

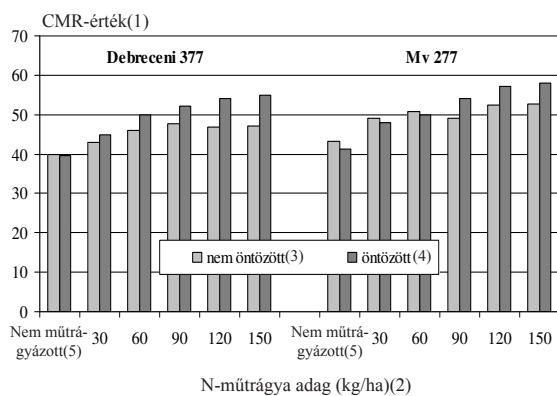


Figure 2. Effect of different N treatments on the Chl-content of maize leaves in the R1 phase (2007)
CMR-value(1), N-fertiliser treatments (kg ha^{-1})(2), Non-irrigated(3), Irrigated(4), Non-fertiliser(5)

Duncan-teszt 2008-ban kimutatta, hogy míg nem öntözött változatban mindkét hibridnél elegendő volt a 60 kg N/ha műtrágya mennyiség kijuttatása a statisztikailag igazolható legnagyobb termés eléréséhez, addig öntözött változatban a Debreceni 377 hibridnél 120 kg N/ha, míg az Mv 277 hibridnél 60 kg N/ha dózis volt szükséges a maximális terméshez (3. ábra). 2007 év terméseredményéhez hasonlóan ebben az évben sem volt a hat műtrágyakezelés átlagában a hibridek között megbízható különbség egyik öntözési változatban sem.

Az öntözés termésbefolyásoló hatása a – műtrágyakezelések átlagában – mindkét vizsgálatba vont hibridnél negatív hatással bírt (Debreceni 377: -1,07 t/ha, Mv 277 hibrid: -2,00 t/ha), a Debreceni 377 hibridnél a megbízhatóság 5%, az Mv 277 hibridnél 1%.

Elvégeztük a Chl-tartalom és a termés közötti elemzést. 2007 évben nem öntözött változatban a változók között (a Chl-tartalom és a termés) statisztikailag megbízható ($P < 0,001$), pozitív közepes erősségű kapcsolat ($R = 0,587$) volt, az öntözés hatására a változók közötti összefüggés – a hibridek átlagában – nagyon szorosra ($R = 0,918$) vált. Montemurro et al. (2006) eredményeihez hasonlóan rámutattunk, hogy változók között szoros a korreláció és az összefüggés lineáris. 2008-ban a hibridek átlagában már nem öntözött változatban is szoros volt a két változó közötti kapcsolat ($R = 0,831$), ami öntözött változatban még szorosabbá ($R = 0,854$) vált. Nem öntözött változatban a Chl-tartalom 69,1%-ban, öntözött változatban 73%-ban befolyásolta a termés alakulását. Az évek átlagában mind a nem öntözött, mind az öntözött változatban statisztikailag igazolható ($P < 0,001$) közepes pozitív kapcsolat volt a Chl-tartalom és a termés mennyisége között. A kapcsolat igen szoros ($R = 0,777$, $R = 0,801$) volt. A Debreceni 377 hibridnél a két változó között mind 2007-ben mind 2008-ban mindkét öntözési változatban szoros ($P < 0,001$) összefüggés volt. Az Mv 277 hibridnél nem öntözött változatban közepes 2007-ben $R = 0,599$, 2008-ban $R = 0,587$, öntözött változatban a kapcsolat mindkét évben szorosabb ($R = 0,921$; $R = 0,684$) volt.

3. ábra: Műtrágyázás hatása különböző genotípusú kukoricahibridek Chl-tartalmára R1 növekedési szakaszban (Debrecen, 2008)

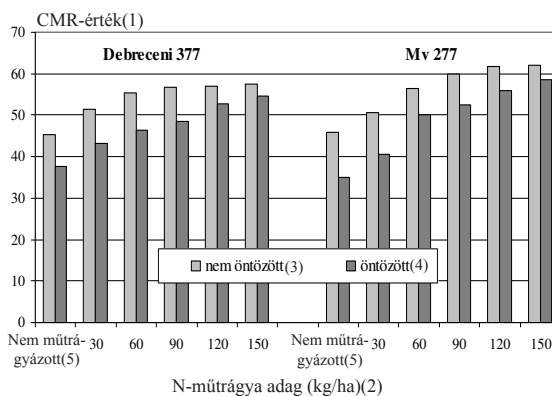


Figure 3. Effect of different N treatments on the Chl-content of maize leaves in the R1 phase (2008)
CMR-value(1), N-fertiliser treatments (kg ha^{-1})(2), Non-irrigated(3), Irrigated(4), Non-fertiliser(5)

KÖVETKEZTETÉS

Az időjárás szerepét vizsgálva megállapítható, hogy 2007 és 2008 év abiotikus tényezői alapvetően befolyásolták a kukorica tápelem felvételét, a Chl-tartalmát és a termését.

A szárazság stressz hatására (2007) 14,1%-kal alacsonyabb volt a Chl-tartalom mint a csapadékos évben (2008). Aszályos évben a Chl-tartalom a hibrid aszályérzékenységétől függően változik. A vizsgált hibridek között a Chl-tartalom tekintetében, mind kedvezőtlen ($P < 0,001$), mind kedvező ($P < 0,05$) vízellátottságú viszonyok között megbízható különbségek voltak. 2007-ben a Debreceni 377 hibridnek 10,0%-kal ($P < 0,001$) volt alacsonyabb a Chl-tartalma mint az Mv 277 hibridnek.

A nitrogén műtrágyázás a vizsgált hibrideknél mindkét évben javította a Chl-tartalmat ($P < 0,001$), azonban a szárazság stressz (2007) hatására az optimális mennyiségű tápanyag jelenléte a talajban nem biztosította a nagyobb Chl-tartalom elérését, mivel a vízhiány miatt a növény a tápanyagot nem tudta kellő mértékben hasznosítani.

A kedvezőtlen vízellátottságnak köszönhetően 2007-ben a hatóanyagok nehezebben hatoltak be a növényekbe, az öntözés hatására a Chl-tartalom szignifi-

kánsan nem változott. Kedvezőbb évjáratban (2008) az öntözés 9,8%-kal csökkentette ($P < 0,001$) a Chl-tartalmat.

A fő termésveszteséget 2007-ben a kukorica vegetatív növekedés időszakában és a virágzás időszakában fellépő vízhiány és aszály okozta.

A kutatás eredményei rávilágítanak arra is, hogy egyes években (2008) öntözés hatására is előfordulhat terméscsökkenés, ami felhívja a figyelmet arra, hogy az egyes tényezők legkedvezőbb kölcsönhatását, a tápanyag- és vízellátás harmonikus összhangját egyszerre kell biztosítani, azaz az öntözés hatását csak megfelelő mennyiségű tápanyag kijuttatásával lehet kiaknázni.

Az R1 növekedési szakaszban mért Chl-tartalom a termés alakulására öntözés nélküli változatban közepes (2007), szoros (2008), öntözött változatban mindkét évben szoros előrejelzést ad, ami Wang et al. (2008) és Pandey és Singh (2010) szerint megkönnyíti a magas hozamú genotípusok kiválasztását.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A publikáció elkészítését az FP7-REGPOT-2010-1 UD_AGR_REPO és a Debreceni Egyetem belső kutatási pályázataprojekt támogatta.

IRODALOM

- Andrade, F. H.–Sadras, V. O.–Vega, C. R. C.–Echarte, L. (2005): Physiological determinants of crop growth and yield in maize, sunflower and soybean: their application to crop management, modeling and breeding. *J. Crop Improv.* 14: 51–101.
- Auernhammer, H. (2001): Precision farming – The environmental challenge. *Comput Electron Agr.* 30. 1–3: 31–43.
- Berzsenyi, Z.–Lap, D. Q. (2003): A N-műtrágyázás hatása a kukorica- (*Zea mays* L.) hibridek szemtermésére és N-műtrágya-reakciójára tartamkísérletben. *Növénytermelés.* 52. 3–4: 389–407.
- 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.
- Claassen, M. M.–Shaw, R. H. (1970): Water deficit effects on corn II. – Grain components. *Agron. J.* 62: 652–655.
- 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.
- D'Haene, K.–Magyar, M.–De Neve, A.–Pálmai, O.–Nagy, J.–Németh, T.–Hofman, G. (2007): Nitrogen and phosphorus balances of Hungarian farms. *Eur. J. Agron.* 26. 3: 224–234.
- Dobos, A.–Vig, R.–Nagy, J.–Kovács, K. (2012): Evaluation of the correlation between weather parameters and the normalized difference vegetation index (NDVI) determined with a field measurement method. *Időjárás.* 116. 1: 65–75.
- Earl, H. J.–Tollenaar, M. (1997): Maize leaf absorptance of photosynthetically active radiation and its estimation using a chlorophyll meter. *Crop Sci.* 37: 436–440.
- Farre, I.–Faci, J. M. (2009): Deficit irrigation in maize for reducing agricultural water use in a Mediterranean environment. *Agr. Water Manag.* 96: 383–394.
- Hegyi, Zs.–Berzy, T. (2009): Effect of abiotic stress factors on the yield quantity and quality of maize hybrids. *Cereal Res. Commun.* 37: 233–236.
- Izsáki, Z. (2009): Effect of nitrogen supply on nutritional of maize. *Comm. Soil Sci. Plant Anal.* 40: 960–973.
- Lauer, J. (2003): What happens within the corn plant when drought occurs. University of Wisconsin Extension. <http://www.uwex.edu/ces/ag/issues/drought2003/corneweffect.html>
- Montemurro, F.–Maiorana, M.–Ferri, D.–Convertini, G. (2006): Nitrogen indicators, uptake and utilization efficiency in a maize and barley rotation cropped at different levels and sources of N fertilization. *Field Crop Res.* 99: 114–124.
- Nagy, J. (2008): Maize production. Akadémiai Kiadó. Budapest.
- Nagy, J. (2011): The effect of soil pH and precipitation variability during the growing season on maize hybrid grain yield in a 17 year long-term experiment. *Journal of Hydrology and Hydromechanics.* 59. 1: 60–67.
- Nagy, J. (2012): The effect of fertilization and precipitation on the yield of maize (*Zea mays* L.) in a long-term experiment. *Időjárás.* 116. 1: 39–52.
- Pandey, R. K.–Maranville, J. W.–Admou, A. (2000): Deficit irrigation and nitrogen effects on maize in a Sahelian environment. I. Grain yield and yield components. *Agr. Water Manag.* 46: 1–13.
- Pandey, R. M.–Singh, R. (2010): Genetic studies for biochemical and quantitative characters in grain amaranth (*Amaranthus hypochondriacus* L.). *Plant Omics.* 3. 4: 129–134.
- Penman, H. L. (1948): Natural evaporation from open water, bare soil and grass. *Proc. R. Soc. Lond.* 193: 120–145.
- Ritchie, S. W.–Hanway, J. J.–Benson, G. O. (1997): How a corn plant develops. Spec. Rep. No. 48. Iowa State University of Science and Technology Cooperative Extension Service. Ames. Iowa. USA
- Shaahan, M. M.–El-Sayad, A. A.–Abou El-Nour, E. A. A. (1999): Predicting nitrogen, magnesium and iron nutritional status in some perennial crops using a portable chlorophyll meter. *Scientia Horticulturae.* 82: 39–348.

- Shaw, R. H. (1977): Climatic requirement. [In: Sprague G. F. (ed.) Agronomy Monograph – Corn and corn improvement.] ASA, CSSA, and SSSA. Madison. WI. USA. No. 18.
- Silega, K. H. M.–Zakhariev, T. (1981): The water-yield relationship under various water supply conditions of maize for grain. *Rasteniev`dni Nauki*. 18. 5: 103–111.
- Smith, W. C.–Betrán, J.–Runge, E. C. A. (2004): 'Corn: origin, history, technology, and production'. Hoboken, NJ: John Wiley.
- Szász G. (1977): Formulae of Calculating Evapotranspiration and their Application in the Practice of Hungary. I.C.I.D., International Round Table Conf. on „Evapotranspiration”. Question. 3: 1–13.
- Szél, E.–Szél, S.–Kálmán, L. (2005): New maize hybrids from Szeged and their specific production technology. *Acta Agronomica Hungarica*. 53. 2: 143–152.
- Thomthwaite, C. W. (1948): An approach toward a rational classification of climate. *Geogr. Rev.* 38: 5–94.
- Tóth, V. R.–Mészáros, I.–Veres, Sz.–Nagy, J. (2002) Effects of the available nitrogen on the photosynthetic activity and xanthophyll cycle pool of maize in field. *J. Plant Physiol.* 159. 6: 627–634.
- Ványiné Széles, A.–Megyes, A.–Nagy, J. (2012): 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: 381–390.
- Wang, F. H.–Wang, G. X.–Lia, X. Y.–Huang, J. L.–Zhen, J. K. (2008): Heredity, physiology and mapping of a chlorophyll content gene of rice (*Oryza sativa* L.). *J. Plant Physiol.* 165: 324–330.
- Westgate, M. E.–Grant, D. L. T. (1989): Water deficits and reproduction in maize responses of the reproductive tissues to water deficits at anthesis and mid-gain fill. *Plant Physiol.* 91: 862–867.
- Yamada, R.–Andre, J. S.–Hoover, R. M. (1972): Effects of irrigation and fertilizer on Inia 66. wheat yields, protein and bushel weights. *Calif. Agr.* 6: 9–10.
- Ying, J. (2000): Response of maize leaf photosynthesis to low temperature during grain-filling period. *Field Crop Res.* 68: 87–96.