

## Növényi szenzorok alkalmazásának gyakorlati tapasztalatai a precíziós kukoricatermesztésben

**Széles Adrienn<sup>1\*</sup>, Horváth Éva<sup>1</sup>, Rátonyi Tamás<sup>1</sup>, Nagy János<sup>1</sup>, Harsányi Endre<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Debreceni Egyetem, MÉK, Földhasznosítási, Műszaki és Területfejlesztési Intézet,

\*E-mail: [szelesa@agr.unideb.hu](mailto:szelesa@agr.unideb.hu)

**Absztrakt** – Ez a cikk a SPAD-mérések és nitrogéntartalom közötti kapcsolat tanulmányozására összpontosított, hogy meghatározza a precíziós kukoricatermesztésben javasolt N-műtrágya-mennyiséget és annak kellő időben történő kijuttatását, hozzájárulva az N-műtrágya hatékonyságának növeléséhez, a termés előrejelzéséhez és a trágyázási szaktanácsadói tevékenységhez.

Vizsgálatainkat a Debreceni Egyetem Kísérleti Telepén, mészelepédes csernozjom talajon, kisparcellás kísérletben, csapadékos (2016) és átlagosnak tekinthető (2017) évjáratban, az Armagnac (FAO 490) és a Renfor (FAO 320) hibridek alkalmazásával végeztük. A műtrágyázás nélküli kezelés mellett, a tavaszi alaptrágyaként kijuttatott 60 és 120 kg N/ha dózist kétszeri fejtrágyázás követte V6 és V12 fenofázisban, mennyisége +30 és +30 kg N/ha volt.

A növekvő alap- és fejtrágyázás SPAD-érték, és termésnövelő hatása bizonyított, mértéke azonban évenként és hibridenként változott.

A műtrágyázás szignifikáns hatása a SPAD-értékre a V6 fenofázisban csapadékos évben volt kimutatható. A legnagyobb SPAD-értéket az Armagnac hibridnél a V12120 kezelés ( $P < 0,05$ ), a Renfor hibridnél a V6150 kezelés ( $P < 0,05$ ) biztosította. A V12 fenofázisban a hibridek SPAD-értékét az évjárat nem befolyásolta, azonban eltérő tápanyag-szinteken alakult ki a legnagyobb SPAD-érték. A hosszabb tenyészidejű Armagnac hibridnél a magasabb (V12180), a rövidebb tenyészidejű hibridnél az alacsonyabb (A60) tápanyag-kezelés bizonyult hatékonynak. Az R1 fenofázisban jól látható volt az évjárat és a tápanyag-kezelés eltérő hatása.

A fenológiai fázisok előrehaladtával 0,1 %-os szignifikancia szint mellett növekedtek a SPAD-értékek, és a SPAD-értékek és a termés közötti kapcsolat is erősödött.

A 60 kg N/ha alap+V6 fenofázisban +30 kg N/ha (V690) fejtrágyázás kijuttatásával hatékonyabb felvételt és jobb hasznosulást értünk el csapadékos évben mindkét hibridnél. Átlagosnak tekinthető évjáratban a fejtrágyázás eredményességében a hibridek között eltérés volt. Az Armagnac hibrid esetében a fejtrágyázás nem okozott megbízható többletermést, eredményesnek a 120 kg N/ha alapkezelés bizonyult. A Renfor hibridnél 120 kg N/ha alapidózisra kijuttatott korai fejtrágyázás (V6150) volt kedvezőbb.

Jól ellátott kisméretű referencia területeken mért SPAD-értékek alapján, V6 fenofázisban meghatározható a kukorica fejtrágya igénye, a kijuttatás után ellenőrizhető a hatás.

**Kulcsszavak:** SPAD-érték, alap- és fejtrágyázás, termés, szaktanácsadás

## 1. Bevezetés

A műtrágya-felhasználás fontos szerepet tölt be a kukoricatermesztés hozamának növelésében (PEPÓ, 2017). Különösen a nitrogén műtrágya kulcsfontosságú elem (EVENSON és GOLLIN, 2003; IZSÁKI, 2015; SZÉLES et al., 2018), és egyben az egyik legdrágább inputanyag. Fontos a növény igényéhez alakítani az N-mennyiséget, ugyanis a megfelelő mennyiségű tavaszi alap- és fejtrágyázás alkalmazása csökkenti a nitrogén veszteséget, növeli a nitrogén ellátás hatékonyságát (ARREGUI, 2008), javítja a tápanyagellátás gazdaságosságát, a termés nagyságát, egybe vetve a termelés hatékonyságát (TÓTH, 2002; MUTHUKUMAR et al., 2007). A túlzott vagy szakszerűtlen N-mennyiség használata komoly problémát jelent a levegő- (SNYDER et al., 2009) és a víz (QUEMADA, 2013) szennyezésében.

A talaj- és növényelemzés alapján az N-mennyiség hagyományos módszerekkel mérhetőek, azonban ezek az eljárások költség- és időigényesek. Az optikai tulajdonságokon alapuló gyors és roncsolásmentes módszerek alternatív megoldásként rendelkezésre állnak, és megbízható becslést adnak a növény állapotáról (PADILLA, 2018). Döntő jelentőségű a mintavételi hely meghatározása levélen és a mintavételi időpont a kukorica N-ellátottságának pontosabb meghatározásához (GABRIEL et al., 2019).

## 2. Anyag és módszer

Vizsgálatainkat a Debreceni Egyetem Kísérleti Telepén, alföldi mészlepedékes csernozjom talajon beállított osztott sávos (split-strip-plot) elrendezésű, kisparcellás szántóföldi tartamkísérletben végeztük. A főparcellákon a hibridek, osztó parcellákon az öntözési változatok (öntözött, nem öntözött), valamint az osztó-osztóparcellákon a műtrágyadózisok szerepelnek. Jelen dolgozatban az értékelést két eltérő évjáratban (2016. és 2017.), természetes csapadékellettséggel, az Armagnac (FAO 490) és a Renfor (FAO 320) hibridek alkalmazásával végeztük.

A kísérletben műtrágyázás nélküli (kontroll) kezelés mellett a tavaszi alaptrágyaként kijuttatott 60 és 120 kg N/ha dózist V6 és V12 fenofázisban további +30 és +30 kg N/ha követte. A betakarított szemtermést 14%-os nedvességtartalomra korrigálva adtuk meg.

A kísérletben a kukoricalevél relatív klorofill koncentrációját SPAD-502 (Minolta, Japán) típusú hordozható klorofill mérőműszerrel mértük. A méréseket V6, V12 és R1 fenológiai szakaszokban végeztük.

A SPAD-érték alapján a fejtrágya-adag számítását 60 és 120 kg N/ha alaptrágya-dózisú referencia területet alkalmazva VÁNYINÉ SZÉLES (2008) által leírt módszer alapján végeztük:

$$100 \cdot \frac{\text{Ref-T}}{\text{Ref}} \cdot 6 \text{ (kg N ha}^{-1}\text{)}$$

$$100 \cdot \frac{\text{Ref-T}}{\text{Ref}} \cdot 9 \text{ (kg N ha}^{-1}\text{)}$$

*ahol: Ref: a referencia területen mért SPAD érték, T: a trágyázandó táblán mért SPAD érték*

Az időjárást a kísérleti területen elhelyezett automata időjárás állomás által mért adatok alapján értékeltük. Az értékeket az 1981–2010 időszak átlagához viszonyítottuk (NAGY, 2019). 2016 tenyészidőszaka csapadékban (450 mm) gazdag volt, 104 mm-rel haladta meg az átlagos összeget (346 mm). A középhőmérséklete 17,7°C volt, amely csupán néhány tizedfokkal (-0,2°C) tért a sokéves átlagtól. 2017. év tenyészidőszak csapadékmennyisége (347 mm) és középhőmérséklet az (17,6°C) átlagnak megfelelően alakult.

A függő változó (SPAD érték, termés) és a termesztési tényező (műtrágya) közötti kapcsolatot általános lineáris modellel (GLM) értékeltük. A termés és a középértékeinek összehasonlítását Duncan-teszttel végeztük. A kiértékelést az SPSS for Windows 21.0 statisztikai programcsomaggal végeztük.

### 3. Eredmények

A növekvő alap- és fejtrágyázás szignifikáns hatása a levelek relatív klorofill-koncentrációjára, V6 fenológiai szakaszban csapadékos (2016) évben volt kimutatható. A szignifikánsan igazolt legnagyobb SPAD-értéket Armagnac hibridnél a V12120 kezelés (51,8 SPAD;  $P < 0,05$ ), a Renfor hibridnél a V6150 kezelés (52,8;  $P < 0,05$ ) biztosította. A V12 fenofázisban az Armagnac hibrid esetében mindkét évben a V12180 kezelés (55,1 SPAD;  $P < 0,05$ , ill. 53,3 SPAD;  $P < 0,05$ ), a Renfor hibridnél az A60 kezelés (50,8 SPAD;  $P < 0,05$ , ill. 45,6 SPAD;  $P < 0,05$ ) bizonyult hatékonynak. Az R1 növekedési szakaszban az Armagnac hibridnél 2016. évben a V12120 (59,4 SPAD;  $P < 0,05$ ), 2017. évben V690 (55,3 SPAD;  $P < 0,05$ ), míg a Renfor hibridnél 2016-ban az A60 (57,3 SPAD;  $P < 0,05$ ) és 2017-ben a V6150 (57,9 SPAD;  $P < 0,05$ ) kezelés eredményezte a statisztikailag igazolt legnagyobb SPAD-értéket. Az eredmények igazolták, hogy egy műtrágyaszint felett a kijuttatott többlet már nem hasznosul.

A kukorica levelek relatív klorofill-koncentrációja és a termés között a V6 fenológiai szakaszában sem a száraz, sem a csapadékos évben, illetve egyik hibridnél sem volt statisztikailag igazolható kapcsolat. A V12 fenofázisban 2016. évben az Armagnac hibridnél ( $P < 0,001$ ) szoros ( $r = 0,783$ ), a Renfor hibridnél ( $P < 0,05$ ) közepes (0,583) volt a korreláció. A mért relatív klorofill-koncentráció az Armagnac hibridnél 53,7%-ban, a Renfor hibridnél 34,0%-ban befolyásolták a kukorica hozamát. Az R1 fenológiai fázisban mindkét évben és mindkét hibridnél 0,1%-os szignifikancia mellett a SPAD-érték és a termés között szoros volt az összefüggés. 2017. évben a relatív klorofill-koncentráció nagyobb mértékben (Armagnac: 72,1%; Fornad: 87,4%) volt befolyásoló tényező a termés alakulására, mint 2016. évben (Armagnac: 48,8%; Fornad: 44,4%).

Az Armagnac hibrid termésselőnye a Renfor hibriddel szemben a csapadékban gazdag 2016. évben két kezelés kivételével – A60 és V12180 – szignifikánsan megmutatkozott. A legnagyobb termésselőny a V12120 (6,750 t/ha;  $P < 0,001$ ) kezelés alkalmazásával volt elérhető. Az átlagos évjáratban (2017) a két hibrid között szignifikáns eltérés három kezelésben (A120, V12120, V12180 kg N/ha) volt kimutatható. A legjelentősebb termésselőnye az Armagnac hibridnek az A120 (2,529 t/ha;  $P < 0,05$ ) kezelésben volt.

Két év átlagában, a V6 fenofázisban a kontroll parcellákon 27 kg N/ha műtrágyára lenne szükséges az A60 alaptrágya referencia szint eléréséhez. Az A120 alaptrágya referencia szinthez képest a kontroll parcellákra 39 kg N/ha, és az A60 alaptrágyázott parcellára további 12 kg N/ha fejtrágyát kellene kijuttatni.

V12 fenofázisban az A60 alaptrágya referencia szinthez viszonyítva a kontroll parcellák fejtrágya igénye 60 kg N/ha-ra növekedett, amely 33 kg N/ha-ral több mint a V6 szakaszban. Az A120 referencia területet alkalmazva megfigyelhető volt fejtrágya igény jelentős növekedése.

### Köszönetnyilvánítás

A tanulmány alapjául szolgáló kutatást az Innovációs és Technológiai Minisztérium által meghirdetett Felsőoktatási Intézményi Kiválósági Program NKFIH-1150-6/2019 számon támogatta, a Debreceni Egyetem 4. tématerületi programja keretében, valamint az EFOP-3.6.3-VEKOP-16-2017-00008 számú projekt.

## Irodalomjegyzék

Arregui, L.M. – Quemada, M. (2008): *Strategies to improve nitrogen-use efficiency in winter cereal crops under rainfed Mediterranean conditions*. *Agron. J.*, 100: (2) 277–284.

Evenson, R.E. – Gollin, D. (2003): *Assessing the impact of the green revolution, 1960 to 2000*. *Science*, 300: 758–762.

Gabriel, J.L. – Quemada M. –Alonso-Ayuso, M. – Lizaso, J.I. – Martín-Lammerding, D. (2019): *Predicting N status in maize with clip sensors: Choosing sensor, leaf sampling point, and timing*. *Sensors*, 19: (8) 3881.

Izsáki, Z. (2015): *A szarvasi műtrágyázási tartamkísérletek eredményei I. 1990–2010. Kukorica, cukorrépa, zab, olajlen és silócirok tápanyagellátása*. *Agroinform Kiadó és Nyomda Kft., Budapest*.  
Muthukumar, V.B. – Velayudham, K. – Thavaprakash, N. (2007): *Plant growth regulators and split application of nitrogen improves the quality parameters and green cob yield of baby corn (Zea mays L.)*. *J. Agron.*, 6: (1) 208–211.

Nagy J. (2019): *Komplex talajhasználati, víz- és tápanyag-gazdálkodási tartamkísérletek 1983-tól a Debreceni Egyetemen*. *Növénytermelés*, 68: (3) 5–28.

Padilla, F.M. – Gallardo, M. – Peña-Fleitas, M.T. – De Souza, R. Thompson, R.B. (2018): *Proximal optical sensors for nitrogen management of vegetable crops: A review*. *Sensors*, 18: 2083–2105.  
Pepó, P. (2017): *Role of agrotechnical elements in sustainable wheat and maize production*. *Columella J. Agric. Environ.*, 4: 59–64.

Quemada, M. – Baranski, M. – de Lange, M.N.J. – Vallejo, A. – Cooper, J.M. (2013): *Meta-analysis of strategies to control nitrate leaching in irrigated agricultural systems and their effects on crop yield*. *Agric. Ecosyst. Environ.*, 174: 1–10.

Snyder, C.S. – Bruulsema, T.W. – Jensen, T.L. – Fixen, P.E. (2009): *Review of greenhouse gas emissions from crop production systems and fertilizer management effects*. *Agric. Ecosyst. Environ.*, 133: 247–266.

Széles, A. – Horváth É. – Vad A. – Harsányi, E. (2018): *The impact of environmental factors on the protein content and yield of maize grain at different nutrient supply levels*. *Emir. J. Food and Agricult.*, 30: (9) 764–777.

Tóth, Z. (2002): *A fejtrágyázás jelentősége*. *Agro Napló*, 6: (3) 55–56.

Ványiné Széles, A. (2008): *SPAD-érték és a kukorica (Zea mays L.) termésmennyisége közötti összefüggés elemzése különböző tápanyag és vízellátottsági szinten*. *Doktori (PhD) értekezés*. Debrecen.