



OptRx™ szenzor alkalmazásával meghatározott nitrogénfejtárgya-adagok hatása az őszi búza nedvessikér-tartalmára

MOGYORÓSI BARBARA¹ – SCHMIDT REZSŐ¹ –
GERGELY ISTVÁN¹ – SCHMIDT PÉTER²

¹ Nyugat-magyarországi Egyetem
Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar
Mosonmagyaróvár

² Nyugat-magyarországi Egyetem
Erdőmérnöki Kar
Sopron

ÖSSZEFOGLALÁS

Kísérletünkben az őszi búza nitrogéntáplálásának javítását tűztük ki célul. Vizsgálataink során egy új, szenzoros technika alkalmazásával a N-fejtárgyázás adagját, a búza tápanyag-ellátottságához igazítottuk. A differenciált műtrágyázás tervezéséhez OptRx™, GPS-szel összekapcsolt szenzort alkalmaztunk. A területről vegetációs térképet készítettünk, melynek segítségével meghatároztuk a tábla egyes részein a növényzet tápanyag-ellátottságát. A 30 ha-os területen hozzávetőlegesen 1/3 arányban oszlottak meg a jó, közepes és gyenge ellátottságot mutató részek. Ennek megfelelően a legmagasabb ellátottságú terület 50 kg/ha, a közepes ellátottságot mutató terület 200 kg/ha, míg a legalacsonyabb ellátottságot mutató terület 300 kg/ha kezelésben részesült. A műtrágya kijuttatása az ellátottsági térkép alapján történt precíziós műtrágyaszórával.

A növényanalízis értékei szerint a levelekből mért összes nitrogéntartalom alakulása összhangban volt az OptRx™ szenzor által meghatározott NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) értékekkel, köztük szoros regressziós összefüggés volt tapasztalható. A levelekben mért összes nitrogéntartalom közel normál, míg az OptRx™ szenzor által meghatározott NDVI értékek kissé szórt eloszlást mutattak. Az alacsony ellátottságú területek NDVI értéke átlagosan 0,23–0,28 között változott, míg a magas ellátottságot mutató területeken ugyanez az érték 0,31–0,36 között alakult. A levélmintákban mért összes N-tartalom az alacsony ellátottságot mutató területeken átlagosan 3,9 m/m% volt a szárazanyagban, míg a magas ellátottságot mutató területeken 4,7 m/m%.

A differenciált műtrágyázást követően az NDVI értékek elemzése alapján elmondható, hogy a kezdetben gyenge ellátottságú területek aránya csökkent, míg a legmagasabb ellátottságot mutató területek aránya közel azonos volt a kiindulási értékkel.

A legalacsonyabb kezelésben (50 kg/ha) részesült területről mért nedvessikér-tartalom átlagosan 31,2%, a közepes ellátottságot mutató területről gyűjtött búzaminták nedvessikér-tartalma 36,1%, míg a legmagasabb kezelésben (300 kg/ha) részesült területről mért nedvessikér-tartalom átlagosan 37,5% volt. Összességében elmondható, hogy a kezelések között szignifikáns hatás igazolható. Kísérletünkben szignifikáns negatív korreláció volt kimutatható az NDVI index és a búza nedvessikér-tartalma között, amely azonban visszavezethető a differenciált trágyázás hatására is. Mindez rámutat arra, hogy ezen összefüggések tisztázása után a szenzorvezérelt fejtrágyázás hatékony eszköz lehet a különböző tápanyag-ellátottságú táblarészek trágyázási stratégiájának kialakítása tekintetében.

Kulcsszavak: OptRx™ szenzor, NDVI érték, differenciált műtrágyázás, nedves siker.

BEVEZETÉS ÉS IRODALMI ÁTTEKINTÉS

Az eredményes növénytermesztés egyik alapvető feltétele a termőhelyi viszonyokhoz és a növény igényeihez alkalmazkodó okszerű tápanyagellátás. Kísérletünkben az őszi búza differenciált N-táplálását tűztük ki célul. A precíziós növénytermelés egyik és legfontosabb célja, hogy a növény igényét a legteljesebb mértékben kielégítsük az adott körülmények között. Ezért van nagy jelentősége a differenciált tápanyag-utánpótlásnak. A jelenlegi körülmények között „a talaj trágyázása” helyett a növény adott évi tápelemigényeinek harmonikus ellátását kell célul kitűzni (Csathó *et al.* 2007). Amikor a növények termesztését befolyásoló tényezőkről beszélünk, számolnunk kell a tér- és időbeni változékonysággal, heterogenitással. A fenntartható mezőgazdasági fejlődés a tápanyag-utánpótlás oldaláról is kihívást jelent, hiszen a mechanikus trágyázási gyakorlatról át kell térni egy dinamikusra, melynek alapelemei: (a) az egyedi tápelemszükséglet kielégítése helyett a rendelkezésre álló tápelemforrások optimális kihasználása, (b) a statikus tápelemmétről a tápelem körforgalom figyelembe vételével a növények tápelemfelvételi dinamikájához igazodás, (c) a trágyázás tartamhatásának fokozottabb figyelembe vétele, (d) a trágyázás nemkívánt mellékhatásainak elkerülése, (e) a stresszhatások – szárazság, só, szennyeződések – elleni védekezés, (f) a talajtermékenység fenntartása és szükség szerinti javítása (Németh 2002).

A szenzorok alkalmazása alapvetően új helyzetet teremt a tápanyagellátásban. Akár online, akár offline alkalmazzuk őket, gyorsabb beavatkozásra teremtenek lehetőséget, mintha csak a hagyományos talajtápanyag vizsgálati módszerekre támaszkodnánk. Ebben az esetben ugyanis köt bennünket a talajvizsgálatok meghatározott rendszere, a lehetséges mintavételek száma korlátozott és a talajvizsgálati költségek is tetemesek. Ezzel szemben a szenzorokkal tetszőleges felbontásban tudjuk pásztázni a területet, gyakorlatilag korlátlan számú mintavétel válik lehetővé, amelynek eredményeképpen a rendelkezésre álló technikától függően, akár azonnal (online), vagy időben később (offline) beavatkozhatunk. A precíziós mezőgazdaság egyik legígéretesebb alkalmazása lehet a differenciált N-trágyázás, mellyel optimalizálható a nitrogénfelhasználás határfoka és csökkenthető a kedvezőtlen környezeti hatások (Zillmann *et al.* 2006). A mezőgazdasági termelés során

az egyik legfontosabb művelet a trágyázás alkalmazása (Tekin 2010). Az eredmények azt mutatják, hogy a precíziós trágyázás hozamfényezője 1,08–1,23%-kal csökkent, és a talajtermékenység változékonyságát alapul véve a precíziós műtrágyázással 9,82% műtrágyát takaríthatunk meg, szemben azokkal a gazdákkal, akik egyöntetűen trágyáznak (Guo *et al.* 2010).

Az optimális tápanyagigény a minőség és mennyiség szempontjából, a többlettápanyag kijuttatás már inkább a minőségi mutatók javulását eredményezi (Árendás *et al.* 2008). Minőség tekintetében az őszi búza esetében egyértelműen a nitrogéntrágyázás szerepét kell hangsúlyozni (Ragasits 1992). A makroelemek közül fontos szerepe van a búza fejlődéséhez igazított, megfelelő mennyiségű N-trágyának. Az őszi búza egyes fenológiai szakaszainak tápanyagigénye rendkívül eltérő. Tápanyagfelvételének ideje a tenyészidőnél rövidebb, a kaláshányásig gyakorlatilag befejeződik. A fiatalkori növekedés szakaszában, keléstől bokrosodásig legnagyobb az őszi búza érzékenysége a tápanyagok iránt. Tápanyagfelvételének ugrásszerű indulása bokrosodásának középső időszakára tehető (Kalocsai *et al.* 2004). A kis adagok alapvetően a búza mennyiségére, a 100 kg ha⁻¹-nál nagyobb N-dózisok már a minőségi tulajdonságokra is pozitív hatással vannak (Árendás *et al.* 2001). A talajok N-forgalmát, a NO₃-N felhalmozódását és kimosódását számos tényező befolyásolja, úgymint a N-trágyázás gyakorlata, a növények N-felvétele, a talajok N-szolgáltatása, az ökológiai adottságok, az agrotechnika, a gazdálkodási és talajhasználati módok (Jung 1972, Németh 1996, Kirchmann *et al.* 2002). Cél a jelenlegi helyzetben a gazdaságosság és a hatékonyság növelése, így léphetünk majd előrébb a további igényeket (környezetvédelem, jobb minőségű élelmiszerek stb.) is kielégítő gazdálkodási rendszer megteremtésének irányába.

Vizsgálataink során az új nitrogénszenzoros technika alkalmazásával a kijuttatott tápanyagmennyiséget az őszi búza tápanyag-ellátottságához igazítottuk. A szenzor a növényállomány kutatására alkalmazható eszköz, mely precíziós méréseket tesz lehetővé és adatokat szolgáltat a növényzet NDVI értékeiről. A távérzékelést alapul véve a vegetációs indexet széles körben alkalmazzák a növények növekedésvizsgálatára, valamint hozambecslésre. A vegetációs indexeken belül az NDVI index az, melyet a legszélesebb körben alkalmaznak a növényzet fejlődésének tanulmányozására és folyamatos ellenőrzésére. A normalizált vegetációs index (NDVI) világszerte a legelterjedtebb vegetációs index, melyet a levélfelület, a zöld biomassza-felület mennyiségének, a klorofilltartalomnak, növényi szövet víztartalmának meghatározására alkalmaznak (Tucker 1979, Cihlar *et al.* 1991, Sellers *et al.* 1992, Goward *et al.* 1994).

Az őszi búza esetében ez az érték 0,2–0,8 között változik. A kutatók úgy találták, hogy az NDVI felső határa hozzávetőlegesen 0,8, az aktív, zöldnövényzet NDVI értéke 0,2–0,8, míg a stresszhatás (hó, talaj által okozott) alatt lévő növényzeté 0,2 (Ren *et al.* 2008). Song *et al.* (2009) szerint a búza esetében erős pozitív korreláció mutatkozik a hozammal, és erős negatív korreláció a búzaszem fehérje- és nedvessikér-tartalmával. Ezek az adatok más mezőgazdasági vonatkozásokkal együtt használhatók, melyek jelzik az alapvető tápanyagreakciót, az állomány állapotát, potenciális hozamot, a stressz, kórokozók és kártevők okozta hatások mennyiségét (URL¹).

ANYAG ÉS MÓDSZER

Kísérletünket a Farkas Mezőgazdasági Kft. területein, Zimányban végeztük 2010-ben. A vizsgálatokat megelőzően a területen talajvizsgálatokat végeztünk, amelyek a talaj pH értékére, humusztartalmára, a talaj kötöttségére, nitrát-, nitrit-, kálium- és foszforellátottságára irányultak (1. táblázat).

1. táblázat Talajvizsgálati eredmények

Table 1. Soil analyses results

Vizsgált paraméterek (1)			
pH	6,77	Összes só % (4)	0,02
Kötöttség (2)	42	Mg mgkg ⁻¹	210,2
Humusztartalom % (3)	1,89	Mn mgkg ⁻¹	200
NO ₃ , NO ₂ N	3,79	Na mgkg ⁻¹	14,2
P ₂ O ₅ mgkg ⁻¹	221,3	Zn mgkg ⁻¹	1,4
K ₂ O mgkg ⁻¹	198,9	Cu mgkg ⁻¹	3,81
CaCO ₃ %	3,68	SO ₄ -S mgkg ⁻¹	15,02

(1) Parameters measured, (2) Plasticity index, (3) Humus content, (4) Salt content

A kísérleti tábla talaja a vizsgálati eredmények alapján humusztartalom tekintetében gyenge–közepesnek mondható, foszforellátottságát tekintve igen jónak, míg a káliumellátottságot nézve jónak minősíthető. Mikroelemek tekintetében a kísérleti terület erősen cinkhiányosnak bizonyult.

Az őszi alaptrágyázást követően a tavaszi fejtrágya kijuttatására a búza bokrosodásával egyidejűleg került sor. A tavaszi fejtrágyázást megelőzően a területről vegetációs térképet készítettünk és meghatároztuk az NDVI index értékét. A differenciált műtrágyázás tervezéséhez a méréseket OptRx™, GPS-szel összekapcsolt szenzor segítségével végeztük. A vegetációs index, NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) egy dimenziómentes mérőszám, amely egy adott terület vegetációs aktivitását fejezi ki. A távérzékelésben széles körben alkalmazzák a növényzet fejlődésének vizsgálatára, valamint a LAI becslésére (Wulder *et al.* 1998, Xiao *et al.* 2005, Ganguly *et al.* 2008). Értékét a növényzet által a közeli infravörös (NIR) és a látható vörös (RED) sugárzási tartományban visszavert intenzitások különbségének és összegének hányadosa szolgáltatja (URL²).

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}$$

A szenzor a növényzet által a közeli infravörös és a látható vörös sugárzási tartományban visszavert fény értékekből számítja ki ezt az értéket, ami nagyon szoros összefüggésben van a növények tápanyag-ellátottsági állapotával. A tavaszi fejtrágyázás során a kapott értéket felhasználva az AgLeader kijuttatás vezérlővel felszerelt műtrágyaszórók folyamatosan pontosan annyi nitrogénműtrágyát szórnak ki, amennyire az adott pillanatban szüksége van a növénynek. Az új, nitrogénszenzoros technika alkalmazásával az előbbieket szerint, a

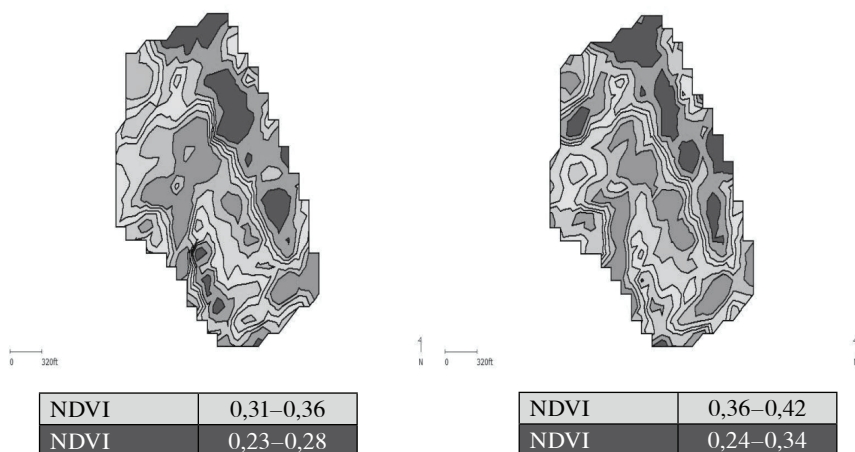
N-fejtárgyázás adagját, a búza tápanyag-ellátottságához igazítottuk. A 30 ha-os területen 1/3 arányban oszlottak meg a jó, közepes és gyenge ellátottságot mutató részek. Ennek megfelelően mindhárom területrészen 10–10 mintavételi pontot jelöltünk ki, melyek helyét GPS-szel rögzítettük és az adott pontokról levélmintákat gyűjtöttünk. Növényanalízis során a levélmintákból összes-N meghatározást végeztünk, melyek eredményét a későbbiekben összevetettük az OptRx™ szenzor által meghatározott NDVI értékekkel. A legmagasabb ellátottságot mutató terület 50 kg/ha, a közepes ellátottságot mutató terület 200 kg/ha, míg a legalacsonyabb ellátottságot mutató terület 300 kg/ha kezelésben részesült. A műtrágya kijuttatása az ellátottsági térkép alapján precíziós műtrágyaszóróval történt. A differenciált műtrágyázást követően a területről vegetációs térképet készítettünk. A betakarítást követően laboratóriumban vizsgáltuk a búza fontosabb minőségi paramétereit, különös tekintettel a nedvessikér-tartalomra.

A sikértartalmat az MSZ 6369/5-87 szabvány előírásai alapján határoztuk meg. A kísérlet eredményeinek kiértékelését Excel, Statistica, valamint az AgLeader Technology SMS programjának segítségével végeztük. A csoportok összehasonlítását és a középértékek szignifikanciavizsgálatát varianciaanalízissel (ANOVA) végeztük. A csoportok homogenitásának vizsgálatához Bartlett-próbát használtunk.

EREDMÉNYEK ÉS KÖVETKEZTETÉSEK

Az OptRx™ szenzor által készített vegetációs térkép eredményei

A kísérleti területen a műtrágyázást megelőzően az első felvétel alapján a 31 ha-os területen közel 1/3-os arányban oszlottak meg a különböző ellátottságú részek (*1. ábra*).

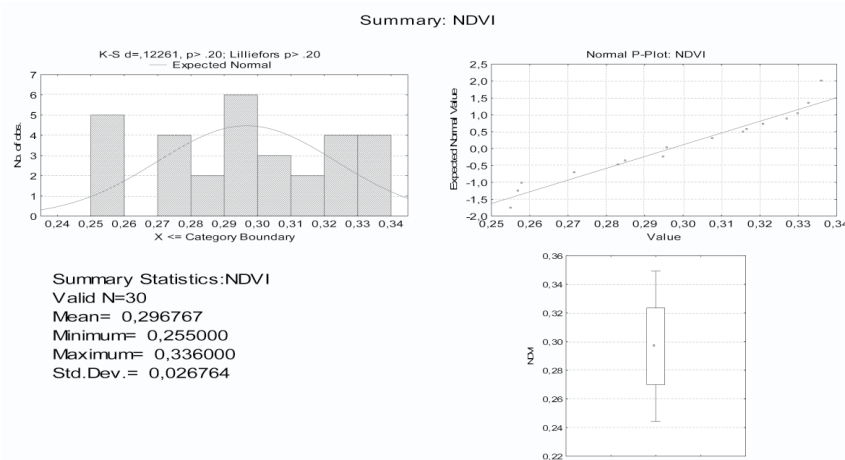


1. ábra Vegetációs térkép a differenciált műtrágyázást megelőzően, valamint az azt követő időpontban

Figure 1. Vegetation map taken before and after the differentiated fertilisation

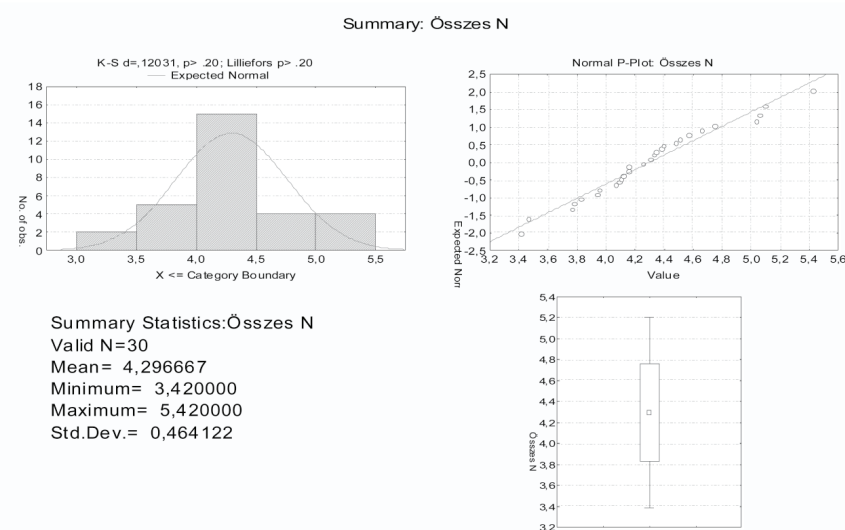
Az alacsony ellátottságot mutató terület 9,7 ha volt, melyen 0,23–0,28 közti NDVI értéket mértünk, a 10,61 ha közepes ellátottságot mutató területen 0,28–0,31, míg a 10,72 ha magas ellátottságot mutató területeken 0,31–0,36 közötti értékeket mértünk.

A differenciált műtrágyázást követően az alacsony ellátottságot mutató területeken mért NDVI érték átlagosan 0,24–0,34 közötti értéket mutatott, míg a magas ellátottságot mutató területeken ugyanez az érték 0,36–0,42 között változott.



2. ábra NDVI értékek összesített statisztikai jellemzői

Figure 2. Basic statistics of the NDVI values



3. ábra Az összes nitrogéntartalom alakulásának statisztikai jellemzői

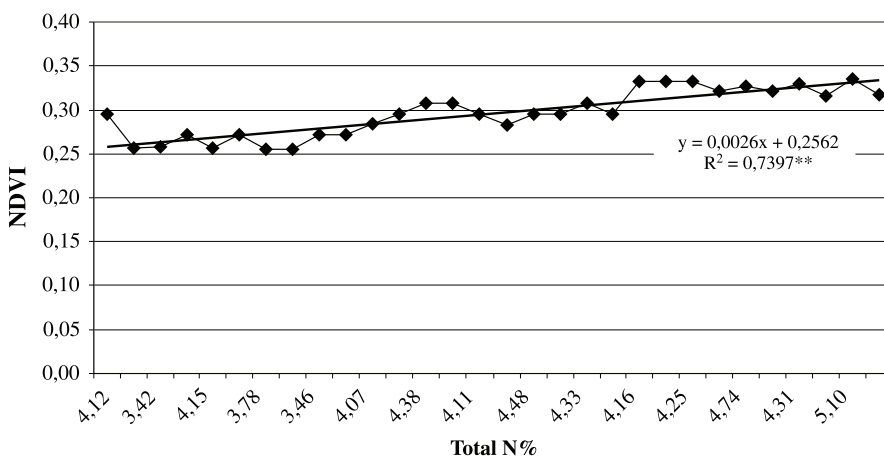
Figure 3. Basic statistics of the total nitrogen content

A területen 30 mintavételi pontot jelöltünk meg, melyekről levélmintákat gyűjtöttünk. A növényanalízis során a levélmintákból elvégeztük az összes nitrogéntartalom meghatározását, mely összhangban volt az OptRx™ szenzor által meghatározott NDVI értékekkel. A levélmintákban mért összes nitrogéntartalom az alacsony ellátottságot mutató területeken átlagosan 3,9 m/m% volt a szárazanyagban, ezzel szemben a magas ellátottságot mutató területről gyűjtött levélmintában ugyanez az érték 4,7 m/m% volt.

A 30 mintavételi ponton mért NDVI értékek (2. ábra) kis szórást mutatnak, a minimum és maximum értékek 0,25–0,34 között változtak.

Míg az NDVI értékek gyakorisági eloszlása kissé kiegyenlített volt, addig az összes N értékei szabályos normál eloszlást mutattak (3. ábra).

A két adatsor között regressziós összefüggés-vizsgálatot végeztünk, amelynek eredménye alapján megállapítottuk, hogy az összes nitrogéntartalom, valamint az NDVI index értékek között szoros és szignifikáns regressziós összefüggés tapasztalható (4. ábra).



4. ábra Összes nitrogéntartalom, valamint az NDVI értékek közti regressziós összefüggés

Figure 4. Relationship between the NDVI values and the total nitrogen content

A nedvessikér-vizsgálatok eredményei

Az értékelés során meghatároztuk a kísérleti területről begyűjtött búzaminták főbb beltartalmi paramétereit, amelyek közül jelen cikkünkben a nedves sikerre vonatkozó eredményeket értékeljük. A nedves sikerre vonatkozó mérési adatok főbb statisztikai jellemzőit a 2. táblázat mutatja be.

A begyűjtött minták nedvessikér-tartalmának átlaga 35%, minimum értéke 25,4% míg a maximum értéke 40,75% volt.

A kísérleti tábla heterogenitásából adódóan a különböző ellátottságot mutató területek differenciált kezelésben részesültek, melyek hatását a búza nedvessikér-tartalmára az 5. ábra mutatja be. Jól látható, hogy az alacsony ellátottságot mutató területekről gyűjtött búzaminták nedves siker tartalma 37,5%, jóval meghaladta a közepes 36,05%, valamint a magas ellátottságú területről gyűjtött minták értékét, mely átlagosan 31,22% volt.

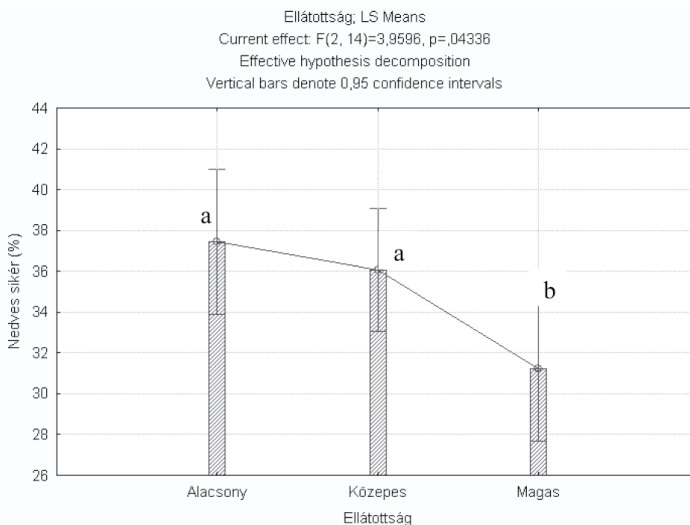
2. táblázat A nedvessikér-tartalom értékeinek főbb statisztikai jellemzői

Table 2. Basic statistic values of the wet gluten content

	Adatok száma (1)	Átlag (2)	Konfidencia intervallum alsó határ 95% (3)	Konfidencia intervallum felső határ 95% (4)	Min. (5)	Max. (6)	Szórás (7)
Nedves sikér (%) (8)	17	35,0412	32,8071	37,2753	25,4000	40,7500	4,34519

(1) Valid n, (2) Mean, (3) Conf. int. lower limit, (4) Conf. int. upper limit, (5) Min., (6) Max., (7) Std. dev., (8) Wet gluten %

A varianciaanalízis szignifikancia vizsgálatának eredményét az 5. ábrán jelöltük. Az azonos betűvel (a, a) jelölt átlagok nem különböznek egymástól szignifikánsan. Ha a csoport-átlagokat páronként vizsgáljuk, elmondható hogy az 1 és 3 csoport esetében a csoportok átlagának különbsége 6,23%, mely meghaladja a két csoport összehasonlítására vonatkozó SzD5% értékét (5,04%), ebből következően a két csoport átlaga szignifikánsan különbözik egymástól. Hasonlóan a 2 és a 3 csoport átlagának a különbsége 4,83%, meghaladja a két csoportra vonatkozó SzD5% értéket, a 4,66%-ot, így tehát ezek a csoportátlagok is szignifikánsan különböznek egymástól.



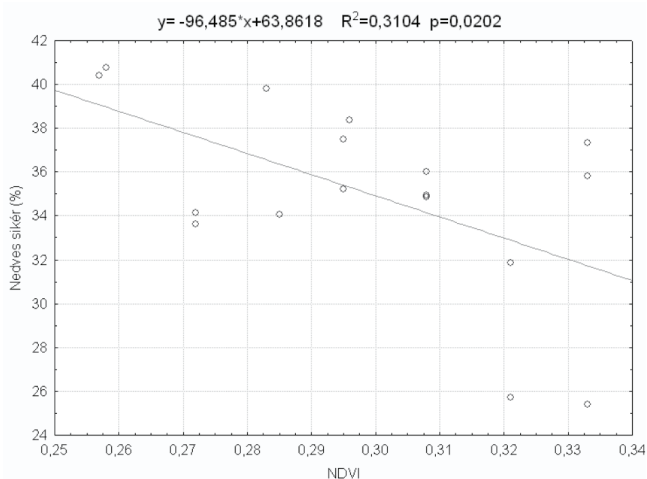
5. ábra A búza nedvessikér-tartalma az NDVI index által jelzett tápanyag-ellátottsági szinteken

Figure 5. The wet gluten content of wheat at the nutrient supply levels indicated by the NDVI index

Az NDVI indexre és a sikértartalomra vonatkozó eredményeink összhangban vannak, több az irodalomban olvasható megállapítással, pl. Song (2009), amely szerint a fehérje-

és a sikértartalom negatív korrelációban volt az NDVI index értékével. Esetünkben azt is figyelembe kell venni, hogy az eredendően legjobb ellátottságú, tehát legmagasabb NDVI értéket mutató területek kapták a legkevesebb fejrágját, míg a legalacsonyabb NDVI érték esetében adtuk a legtöbbet. Ez látszólag arra utal, hogy az eredetileg gyenge területeken adott nagyobb mennyiségű műtrágya teljes mértékben kompenzálta a kezdetben rosszabb tápanyag-ellátottságot. Ezek az összefüggések a többi paraméter, illetve a hozamtérkép együttes vizsgálatával még további ellenőrzésre szorulnak.

Az értékelés során elvégeztük az NDVI index értékek és a nedvessikér-tartalom összefüggésének regressziós vizsgálatát. A statisztikai elemzés szerint az összefüggés ugyan nem volt szoros, de szignifikánsnak bizonyult, megerősítve ilyen módon az előző pontban bizonyítottakat, illetve az irodalomban megfogalmazott eredményeket (6. ábra).



6. ábra Összefüggés a nedves siker és az NDVI értékek között

Figure 6. Relationship between the wet gluten content and the NDVI values

KÖVETKEZTETÉSEK

Vizsgálatainkból az alábbi következtetések vonhatók le.

A differenciált műtrágyázást követően az NDVI értékek alapján a kezdetben gyenge ellátottságot mutató területek aránya csökkent, míg a legmagasabb ellátottságot mutató területek aránya közel azonos volt a kiindulási értékkel.

Az NDVI értékek kissé szórtak, míg a levelekből mért összes nitrogéntartalom értékek szabályos normál eloszlást mutattak.

Az összes nitrogéntartalom alakulása összhangban volt az OptRx™ szenzor által meghatározott NDVI értékekkel, köztük szoros szignifikáns regressziós összefüggés volt igazolható. A nedvessikér-tartalom az eredetileg alacsony ellátottságot mutató területen adta a legmagasabb értéket (37,5%), szemben a magas ellátottságot mutató területtel, ahol ez az érték 31,22% volt. A varianciaanalízis szignifikáns különbséget igazolt az alacsony és a magas,

valamint a közepes és a magas ellátottságú területeken mért sikértartalom értékek között. A differenciált műtrágyázás hatásaként megállapítható, hogy erős negatív korreláció volt a búza nedvessíkértartalma, valamint az NDVI index között.

Ezek az összefüggések összhangban vannak az irodalomban leírtakkal és úgy tűnik, hogy a pótlólagosan kiadott nitrogén fejtrágya hatását bizonyítják. A termés, a beltartalmi paraméterek és az NDVI értékek összefüggésrendszerét tovább kell elemezni, annak érdekében, hogy felállítható legyen egy olyan összefüggésrendszer, amely jól használható a búza, illetve más növények precíziós tápanyagellátása során.

Application of OptRx™ sensor for controlling the n-top dressing of wheat. The relationship between top dressing and gluten content

BARBARA MOGYORÓSI¹ – REZSŐ SCHMIDT¹ – ISTVÁN GERGELY¹ – PÉTER SCHMIDT²

¹ University of West Hungary
Faculty of Agricultural and Food Sciences
Mosonmagyaróvár

² University of West Hungary
Faculty of Forestry
Sopron

SUMMARY

The aim of our experiments was the improvement of nitrogen nutrition of wheat. By using a new sensor technique the dose of nitrogen top dressing was adjusted to the nutritional level of the plants indicated by the NDVI index. The NDVI index was measured by OptRx™ sensor which was connected to a GPS equipment. In the first phase we made the vegetation map of the field and determined the nutritional level of plants. In the approximately 30 ha area the distribution of the parts considered to be "well", "medium" and "poorly" supplied were about 1/3 respectively. According to this we applied 50, 200 and 300 kg ha⁻¹ nitrogen fertiliser on the well, medium and poorly supplied areas respectively. The spreading of the fertiliser was done by a precision spreader according to the vegetation map.

In the vegetation period we took plant samples from the field. The plant analysis indicated that there was a strong and significant positive relationship between the total nitrogen content and the NDVI index values. The NDVI values were between 0.23–0.28 in the low supplied areas and between 0.31–0.36 in the well supplied areas. The total N-content of the plant samples was 3.9 m/m% in the poorly supplied areas and 4.7 m/m% in the well supplied areas.

After the differentiated nitrogen top dressing studying the NDVI values we could establish that the proportion of the poorly supplied areas decreased, while the amount of the well supplied areas were about the same as the initial value.

The wet gluten content of the wheat harvested from the area received the lowest N-dose (50 kg ha⁻¹) was 31.2% on average, while that of wheat harvested from the parts received the highest dose (300 kg ha⁻¹) was 37.5%. Generally speaking we can say that there were significant relationships between the treatments. In the experiment there was a significant negative correlation between the NDVI index and the wet gluten content of wheat, but this could be attributed to the effects of the differentiated fertilisation. All these underline that after clarifying these relationships the sensor controlled method could be an efficient tool of top dressing technologies.

Keywords: OptRx™ sensor, NDVI index, differentiated top dressing, wet gluten.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Vizsgálatainkat a Farkas Kft. Zimány és az Agromatic Automatizálási Kft. támogatásával végeztük, amelyért ezúton is köszönetünket fejezzük ki. Köszönetünket fejezzük ki továbbá a TÁMOP 4.2.1/B programnak a munkánkhoz nyújtott támogatásért.

We express our special thanks to the Farkas Ltd. Zimány, to Agromatic Automation Ltd. and to the TÁMOP 4.2.1/B project for supporting our work.

IRODALOMJEGYZÉK

- Árendás T. – Csathó P. – Németh T. (2001): Tápanyagellátás a minőségorientált búzatermesztésben. In: Bedő Z. (szerk.): A jó minőségű keményszemű búza nemesítése és termesztése.
- Árendás T. – Németh T. – Radimsky L. – Bedő Z. (2008): Applicability of the N min method as a function of the year, based on the results of wheat experiments. *Cereal Research Communications* **36.**, 207–210.
- Cihlar, J. – St-Laurent, L. – Dyer, J. A. (1991): Relation between the normalized difference vegetation index and ecological variables. *Remote Sensing of Environment* **35.**, 279–298.
- Csathó P. – Árendás T. – Fodor N. – Németh T. (2007): A legfejlettebb hazai trágyázási szaktanácsadási rendszerek tesztelése szabadföldi kísérletekben. *Agrokémia és Talajtan* **56.**, (1) 173–187.
- Ganguly, S. – Samanta, A. – Schull, M. A. – Shabanov, N. V. – Milesi, C. – Nemani, R. – Knyazikhin, Y. – Mineni, R. B. (2008): Generating vegetation leaf area index Earth system data record from multiple sensors. Part 2: implementation, analysis and validation. *Remote Sensing of Environment* **112.**, 4318–4332.
- Goward, S. N. – Haemmerich, K. F. – Waring, R. H. (1994): Visible-near infrared spectral reflectance of landscape components in western Oregon. *Remote Sensing of Environment* **47.**, 190–203.
- Guo, J. – Chen, L. – Wang, X. – Chen, T. – Ma, W. – Meng, Z. – Fu, W. (2010): The effect of precision variable fertilization on wheat based on prescription map. *Sensor Letters* **8.**, (1) 173–177.
- Jung J. (1972): Factors determining the leaching of nitrogen from soil, including some aspects of maintenance of water quality. *Plant Foods for Human Nutrition* **21.**, 343–366.
- Kalocsai R. – Schmidt R. – Szakál P. (2004): A fejtárgyázás hatása az őszi búza minőségére. *Agro Napló VIII. évf. 2004/3.*, 14–18.
- Kirchmann, H. – Johnston, A. E. J. – Bergström, L. F. (2002): Possibilities for reducing nitrate leaching from agricultural land. *AMBIO: J. of the Human Environ* **31.**, 404–408.
- Németh T. (1996): Talajaink szervesanyag-tartalma. MTK Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézete, Budapest.
- Németh T. (2002): Talajaink nitrogén-tartalma és a nitrogén trágyázás. *Acta Agrária. Debreceni Egyetem.*

- Ragasits I.* (1992): A nitrogén- és foszfor-műtrágyázás hatása a búza minőségére. *Növénytermelés* **41.**, (1) 59–65.
- Ren, J. – Chen, Z. – Zhou, Q. – Tang, H.* (2008): Regional yield estimation for winter wheat with MODIS-NDVI data in Shandong, China. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* **10.**, 403–413.
- Sellers, P. J. – Berry, J. A. – Collatz, G. J. – Field, C. B. – Hall, F. G.* (1992): Canopy reflectance, photosynthesis and transpiration. III. A re-analysis using improved leaf models and a new canopy integration scheme. *Remote Sensing of Environment* **42.**, 1–30.
- Song, X. – Wang, J. – Huang, W. – Yan, G. – Chang, H.* (2009): Monitoring spatial varianc African Journal of Agricultural Research **5.**, (8) 647–652.
- Tucker, C. J.* (1979): Red and photographic infrared linear combinations for monitoing vegetation. *Remote Sensing of Environment* **8.**, 127–150.
- Wulder, M. A. – LeDrew, E. F. – Franklin, S. E. – Lavigne, M. B.* (1998): Aerial image texture information in the estimation of northern deciduous and mixed wood forest leaf area index (LAI). *Remote Sensing of Environment* **64.**, 64–76.
- Xiao, X. – Boles, S. – Liu, J. – Zhuang, D. – Frokling, S. – Li, C. – Salas, W. – Moore III, B.* (2005): Mapping paddy rice agriculture in southern China using multi-temporal MODIS images. *Remote Sensing of Environment* **95.**, 480–492.
- Zillmann, E. – Graeff, S. – Link, J. – Batchelor, W. D. – Claupein, W.* (2006): Assessment of cereal nitrogen requirements derived by on-the-go sensors on heterogeneous soils. *Agronomy Journal* **98.**, (3) 682–690.
- URL¹: <http://trl.trimble.com>
URL²: <http://earthobservatory.nasa.gov/Library/MeasuringVegetation/>

A szerzők levélcíme – Address of the authors:

MOGYORÓSI Barbara
Nyugat-magyarországi Egyetem
Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar
H-9200 Mosonmagyaróvár, Vár 2.
E-mail: mogyibarbi@gmail.com