

Szenzorok alkalmazása a precíziós növénytermesztésben

Schmidt Rezső – Mogyorósi Barbara – Gergely István

Nyugat-magyarországi Egyetem Mezőgazdaság- és Élelmiszer-tudományi Kar, Mosonmagyaróvár
schmidtr@mtk.nyme.hu

ÖSSZEFOGLALÁS

A növénytermesztés eredményességének egyik alapvető feltétele a termőhelyi viszonyokhoz és a növény igényeihez alkalmazkodó okszerű tápanyagellátás. A búza trágyázásának elsősorban N-ellátásának legnagyobb problémáját egyrészt az jelenti, hogy az optimum intervalluma lényegesen szűkebb más növényekkel összehasonlítva, ebből kifolyólag sokkal könnyebb alul- vagy túltrágyázni a növényt. Erre jelenthet megoldást a precíziós gazdálkodás, mely figyelembe veszi a termőhely térbeli heterogenitását. A szenzorok alkalmazása alapvetően új helyzetet teremthet a tápanyagellátásban. Akár online, akár offline alkalmazzuk őket, gyorsabb beavatkozásra teremtenek lehetőséget, mintha csak a hagyományos talaj-tápanyag vizsgálati módszerekre támaszkodnánk. A nitrogéntrágyázás dózis-szükségletének és időpontjának precíz meghatározását környezetvédelmi és gazdasági szempontok is indokoltá teszik. A növények nitrogénellátottságára következtethetünk a levek klorofill tartalmából, ugyanis a klorofill mennyisége szoros összefüggésben áll a levelek nitrogéntartalmával. 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.

Kulcsszavak: NDVI érték, precíziós tápanyag utánpótlás, OptRx™ szenzor

SUMMARY

Proper plant nutrition that takes into consideration both the requirements of plants and ecological conditions is one of the most important precondition of successful plant production. An important element of the N-fertilization of wheat is that the optimum zone of nitrogen supply is significantly narrower than that of other plant species, therefore it can easily happen that we apply higher or lower nitrogen doses than the optimal one. A possible solution to this problem can be precision agriculture. Applying the methods of precision agriculture we can take into consideration the heterogeneity of fields. By applying precision methods either online or offline we can intervene faster than if we would rely only on regular soil and plant analysis procedures. The determination of the doses of nitrogen and the timing of application are influenced also environmental and economic aspects. The chlorophyll content of the leaves indicates the nitrogen status of plants, since there is a relationship between the nitrogen content and the amount of chlorophyll in the leaves. According to plant analysis results there was a strong and significant relationship between the values of the NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) and the total nitrogen content measured in the leaves.

Keywords: NDVI index, precision fertilization OptRx™ sensor

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 gazdálkodás valamennyi növénytermesztési input (műtrágya, növényvédőszer, vetőmag stb.) helyspecifikus szabályozását teszi lehetővé a veszteség csökkentése, a nyereség növelése és a környezet minőségének megőrzése céljából (Morgan és Ess, 1997). A jelenlegi körülmények között „a talaj trágyázása” helyett a növény adott évi tápelem igényeinek harmonikus ellátása biztosítását kell célul kitűzni (Csathó et al., 2007). Amikor a növények természetét befolyásoló tényezőkről beszélünk, számolnunk kell a tér- és időbeni változékonysággal, heterogenitással. A felhasználandó műtrágya mennyisége a növény igénye és a talaj tápanyag ellátottsága alapján kerül kiszámításra. A nagy táblarészek esetében viszont heterogén a tápanyag-tartalom eloszlása, ami ahhoz vezet, hogy adott helyen magasabb, máshol pedig alacsonyabb a kijuttatott műtrágyaadag a ténylegesen szükségesnél. Ezért van nagy jelentősége a differenciált tápanyag-utánpótlásnak.

A szenzorok alkalmazása alapvetően új helyzetet teremt a tápanyagellátásban. Akár online, akár offline alkalmazzuk őket, gyorsabb beavatkozásra teremtenek lehetőséget, mintha csak a hagyományos talaj-tápanyag 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 nitrogén felhasználás 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 hozam tényezője 1,08–1,23%-kal csökkent, és a talaj termékenység változékonyságát alapul véve a precíziós műtrágyázással 9,82% műtrágyát takaríthatunk meg, szemben azokkal a gazdákkal, akik egyöntetűen trágyáznak (Guo et al., 2010).

A búza tápanyagigényes, a tápanyagokra jól reagáló kultúra. A búza trágyázásának elsősorban N-ellátásának legnagyobb problémáját egyrészt az jelenti, hogy az optimum intervalluma lényegesen szűkebb más növényekkel összehasonlítva, ebből kifolyólag sokkal könnyebb alul- vagy túltrágyázni a növényt. Az opti-

mális tápanyagigény a minőség és mennyiség szempontjából, a többlet tápanyag kijuttatás már inkább a minőségi mutatók javulását eredményezi (Árendás et al., 2008). A makro elemek közül fontos szerepe van a búza fejlődéséhez igazított, megfelelő mennyiségű N-trágyának. 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 az irányába.

Vizsgálataink során az új nitrogén szenzoros 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 növekedés vizsgálatára valamint hozambecslésre (Groten, 1993; Sharma et al., 2000). A gyakorlatban két leggyakrabban alkalmazott index a SPAD érték (Soil Plant Analysis Development) és az NDVI (Normalized Difference Vegetation Index).

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 klorofiltartalomnak, növényi szövet víztartalmának meghatározására alkalmaznak (Tucker, 1979; Cihlar et al., 1991; Sellers et al., 1992; Goward et al., 1994). A vegetációs index, NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) egy dimenziómentes mérőszám, amely egy adott terület vegetációs aktivitását fejezi ki. Értékét a növényzet által a közeli infravörös (NIR) és a látható vörös (RED) sugárzási tartományban visszavert intenzitások különbségének és összegének hányadosa szolgáltatja. Ha NIR-el jelöljük a közeli infravörös sávban érzékelt értékeket és RED-el a vörös sáv értékeit akkor az NDVI képlete a következőképpen alakul:

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

Az ily módon számított értékek -1 és +1 között változnak. A vízfelület, a felhők és a hó negatív értékeket fognak mutatni, a csupasz talaj, szikla és a mesterséges felszínnek 0 körüli értékeket, míg a növényzet pozitív értékeket.

A növények nitrogénellátottságára következtethetünk a levek klorofill tartalmából, ugyanis a klorofill mennyisége szoros összefüggésben áll a levelek nitrogéntartalmával ami abból adódik, hogy a nitrogén strukturális eleme a klorofill-molekulának. Ebből kifolyólag a klorofill mennyisége indirekt módon mérhető a klorofill molekulák fényelnyelésén alapuló gyors, optikai módszerekkel, melynek eredményeként olyan indexek képezhetők, melyek alkalmasak a klorofill tartal-

om és a nitrogénellátottság becslésére. Az NDVI korrelál a területet takaró növényzet fajlagos klorofill tartalmával. Egy adott terület növényekkel való borítottságának meghatározása, vagy a vegetációs stádium megállapítása a különböző hullámhossz-tartományokban visszaverődő fényintenzitások mérését igényli. A vegetációs index egy olyan számított érték amely kifejezi a növényzet fotoszintézis termését, vagyis a termelt klorofill mennyiséggel van összefüggésben.

A kutatók úgy találták, hogy az NDVI felső határa hozzávetőlegesen 0,8, az aktív, zöld növényzet NDVI értéke 0,2–0,8, míg a stressz hatás (hó, talaj által okozott) alatt lévő növényzeté 0,2 (Ren et al., 2008; Song, 2009).

Az őszi búza esetében ez az érték 0,2–0,8 között változik. Az NDVI felső határa hozzávetőlegesen 0,8, az aktív, zöld növényzet NDVI értéke 0,2–0,8, míg a stressz hatás (hó, talaj által okozott) alatt lévő növényzeté 0,2. A búza esetében erős pozitív korreláció mutatkozik a hozammal, és erős negatív korreláció a búzaszem fehérje- és nedves siker tartalmával. Ezek az adatok más mezőgazdasági vonatkozásokkal együtt használhatók, melyek jelzik az alapvető tápanyag reakciót, az állomány állapotát, potenciális hozamot, a stressz, kórokozók és kártevők okozta hatások mennyiségét.

ANYAG ÉS MÓDSZER

Kísérletünk a Farkas Kft. egy 15 ha-os területén került beállításra 2012 tavaszán Zimányban. A vizsgálatokat megelőzően a területről készült talajvizsgálati eredményeket az 1. táblázat mutatja be.

1. táblázat

A kísérleti terület talajának vizsgálati eredményei

Vizsgált paraméterek(1)
pH: 6,41
Kötöttség(2): 43
Humusztartalom (%) (3): 1,84
NO ₃ -NO ₂ -N: 9
P ₂ O ₅ ppm: 179
K ₂ O ppm: 159
Összes só(4): <0,02
Mg ppm: 174
Mn ppm: 196
Na ppm: 15
Zn ppm: 0,8
Cu ppm: 3,5
SO ₄ -S ppm: 12,7

Table 1: Soil analysis results of the experimental area

Parameters measured(1), Plasticity index(2), Humus content (%) (3), Total salt(4)

A kísérleti tábla talaja a vizsgálati eredmények alapján humusztartalom tekintetében gyenge-közepesnek mondható, foszfor ellátottságát tekintve jónak, míg kálium ellátottságra nézve közepesnek ítéltető. Mikroelemek tekintetében a kísérleti terület erősen cinkhiányosnak bizonyult.

A tavaszi fejtrágyázást megelőzően a területről vegetációs térképet készítettünk, melynek segítségével meghatároztuk a tábla egyes részeinek tápanyag-ellátottságát. A differenciált műtrágyázás tervezéséhez a mé-

réseket OptRx™, GPS sel összekapcsolt szenzor segítségével végeztük. Ezt követően a szenzor által kapott ellátottsági térkép alapján három kategóriát jelöltünk meg (alacsony, közepes és magas ellátottságot mutató területet.)

A területet kettéosztottuk ennek megfelelően jelöltünk ki egy kontroll területet, míg a terület másik fele a kísérleti területet jelentette. Az ellátottsági térkép alapján, a kísérleti területen 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 differenciáltan. A kontroll terület a 200 kg/ha fejtárgyát egységesen kapta meg. A műtrágya kijuttatása az ellátottsági térkép alapján precíziós műtrágyaszóróval történt.

Ennek megfelelően mindkét területrészen mintavételi pontokat jelöltünk ki, melyek helyét GPS-szel rögzítettük, és az adott pontokról levélmintákat szedtünk.

A két területről összesen 60 db levélmintát gyűjtöttünk. A levélmintákat a begyűjtést követően szárítókamrában 4 napig 40 °C-on szárítottuk. A levélmintákból laboratóriumban meghatároztuk az összes nitrogéntartalmat. Az eredmények alapján regressziós összefüggést határoztunk meg az NDVI érték és az összes nitrogéntartalom között.

EREDMÉNYEK ÉS KÖVETKEZTETÉSEK

A 15 hektáros területen a begyűjtött levélmintákból mért összes nitrogén tartalom alakulását mutatjuk be az OptRx™ szenzor által mért NDVI érték kategóriák szerinti bontásban (1. ábra).

1. ábra: Összes nitrogén tartalom átlagos alakulása a területen

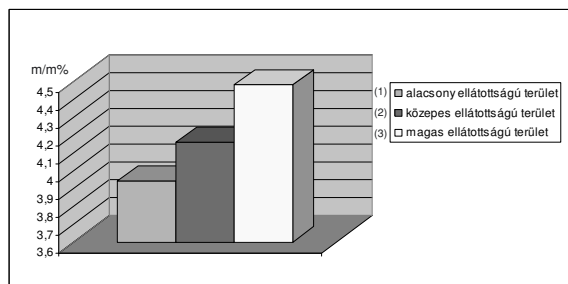


Figure 1: The average values of the total nitrogen content in the experimental area

Low supply area(1), Medium supply area(2), High supply area(3)

Az ábra alapján elmondható, hogy az egész területre vetített NDVI értékek szoros összefüggést mutattak a levelekből mért összes nitrogén tartalommal. Az alacsony ellátottságú területeken az összes nitrogén tartalom 3,94 m/m% , a közepes ellátottságú területeken 4,16m/m% míg a szenzor által mért adatok alapján a magas ellátottságot mutató területen mért összes nitrogén tartalom átlagosan 4,48m/m% volt a szárazanyagban.

A kontroll területen mért adatok alapján (2. ábra) elmondható, hogy a szenzor által mért NDVI értékek alapján következtetni lehet a levelekből mért nitrogéntartalomra, valamint a köztük lévő szoros összefüggésre. Az alacsony ellátottságot mutató részeken 3,75 m/m%

a közepes ellátottságú részeken 4,13 m/m%, míg a magas ellátottságot mutató területeken gyűjtött levélminták összes nitrogén tartalma átlagosan 4,55 m/m% volt.

2. ábra: Kontroll területen mért összes nitrogéntartalom alakulása

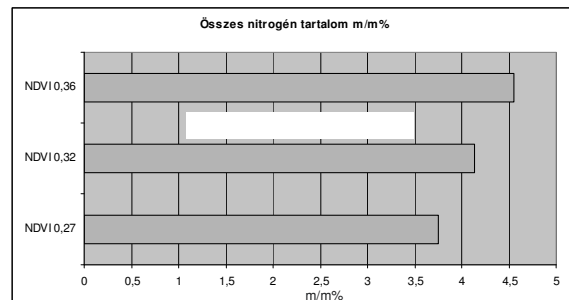


Figure 2: Total N-content in the control area

A kísérleti területen hasonlóan a kontroll, valamint az egész táblára vonatkozó vizsgálatokból arra lehet következtetni, hogy a szenzor által mért NDVI értékek jól tükrözik a terület heterogenitását, valamint az ebből következő beltartalmi különbségeket, vizsgálatunk esetében az összes nitrogén tartalom alakulását (3. ábra).

3. ábra: Kísérleti területen mért NDVI értékek és az összes nitrogéntartalom alakulása

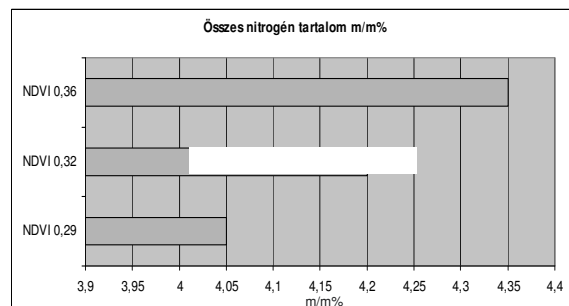


Figure 3: The NDVI values and the total N-content on the experimental area

Az alacsony ellátottságú területéről gyűjtött levélminták átlagos összes nitrogén tartalma 4,05 m/m%, a közepes ellátottságú területen ugyanez az érték 4,2m/m% volt, míg a magas ellátottságot mutató területen mért összes nitrogén tartalom 4,35m/m%. A területrészekhez tartozó NDVI értékek is mutatták a terület heterogenitását. Az NDVI értéke 0,29–0,36 között alakult az alacsony, közepes és a magas ellátottságú területeken.

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

Következtetések

- A műholdakról származó adatok alkalmazhatók nagyterületű vegetációtérképezésre, de nem csak a növénytűrséget lehet vele nyomon követni, hanem az egészségi állapotot is, mert ha valamilyen

stressz hatás éri a növényeket (szárazság, tápanyaghiány stb.), akkor az anyagcsere intenzitásuk, valamint az azoktól függő spektrális tulajdonságaik is megváltoznak. Ez a változás sokszor kihat a levelek „színére”, ami a vegetációs index értékében is megjelenik.

- Az alacsony ellátottságú területek NDVI indexe 0,27, a közepes ellátottságú területeken mért érték 0,327, míg a magas ellátottságú területen mért NDVI értéke 0,36 volt, amely jól tükrözi a növényzet fejlettségi állapotát és következtetni és összhangban van az összes nitrogén tartalom alakulásával.
- Az összes nitrogéntartalom alakulása összhangban volt az OptRxTM szenzor által meghatározott NDVI értékekkel, köztük szoros szignifikáns regressziós összefüggés volt igazolható.
- 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 tápanyag-ellátása során.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Ezúton mondunk köszönetet Farkas László okl. agrárközgazdásznak, hogy zímányi gazdaságában rendelkezésünkre bocsátotta térinformatikai eszközeit, erő és munkagégeit, valamint a kísérletekhez szükséges területeket.

Köszönetet mondunk a TÁMOP-4.2.1/B-09/1/KONV-2010-0006 programnak a támogatásért.

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

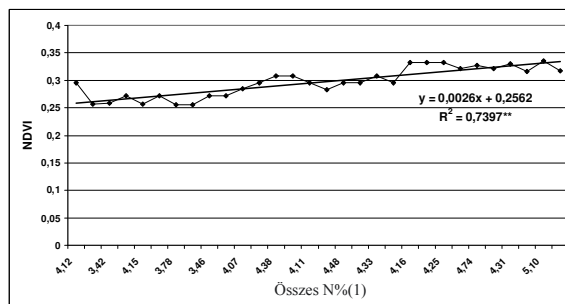


Figure 4: Relationship between the NDVI values and the total nitrogen content
Total N%(1)

IRODALOM

- 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 Res. Commun.* 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.
- Goward, S. N.–Haemrich, K. F.–Waring, R. H. (1994): Visible-near infrared spectral reflectance of landscape components in western Oregon. *Remote Sensing of Environment*. 47: 190–203.
- Groten, S. M. E. (1993): NDVI – crop monitoring and early yield assessment of Burkina Faso. *Int. J. Remote Sensing*. 14: 1495–1515.
- 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.
- 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.
- Morgan, M.–Ess, D. (1997): *The Precision Farming Guide for Agriculturist*. John Deere & Co. 2–3.
- Németh T. (1996): *Talajaink szervesanyag-tartalma*. MTK Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézete. Budapest.
- 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 Geo-information*. 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.
- Sharma, P. K.–Chaurasia, R.–Mahey, R. K. (2000): Wheat production forecasts using remote sensing and other techniques-experience of Punjab State. *Indian J. Agric. Econ.* 55. 2: 68–80.
- Song, X.–Wang, J.–Huang, W.–Yan, G.–Chang, H. (2009): Monitoring spatial variance of winter wheat growth and grain quality under variable-rate fertilization conditions by remote sensing data. *Nongye Gongcheng Xuebao/Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*. 25. 9: 155–162.
- Tekin, A. B. (2010): Variable rate fertilizer application in Turkish wheat agriculture: Economic assessment. *African Journal of Agricultural Research*. 5. 8: 647–652.
- 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.