

Az őszi búza NPK mű- és szerves trágyázásának vizsgálata tartamkísérletekben, gabona vetésforgóban

KISMÁNYOKY TAMÁS

Pannon Egyetem, Georgikon Mezőgazdaságtudományi Kar, Keszthely

Összefoglalás

Talaj- és növényvizsgálatokkal, továbbá egzakt szabadföldi kisparcellás kísérletek terméseredményeivel és biomassza mérésével járultunk hozzá az eddigiek során a hazai és nemzetközi irodalmakban leírtakhoz, hangsúlyozva azt, hogy az eredményeink első sorban a nyugat-dunántúli barna erdőtalajokon járulhatnak hozzá a növénytermesztési technológiák fejlesztéséhez, a talajtermékenység fenntartásához és fokozásához.

- A számításokból tápanyagmérlegeket, fajlagos értékeket és más paramétereket készítettünk, amelyből számos következtetés vonható le.
- A kombinációk, kezelések átlagában az NPK fajlagos arányok a szemtermésben 2,3-0,5-0,4 mg/kg-ra becsülhetők, a szalmatermések NPK aránya 0,4-0,1-1,3 mg/kg volt. A kísérletek tápanyagmérlege azt mutatja, hogy a legnagyobb terméseket a N mérlegegyensúly közelében határozhatjuk meg, a talaj természetes ásványi N szolgáltató képessége 30-40 kg/ha értékre becsülhető. A pozitív P mérleg miatt a P jelentősen feldúsult a talajban (300-700 mg/kg AL-P₂O₅), a gyakorlatban ilyen értékeknél a P műtrágyázás szüneteltethető. A N műtrágyázás agronómiai hatékonysága 40-70% volt.
- Fel kell hívni a figyelmet a talajok C tartalmának, illetve humusztartalmának megőrzésére és fokozására, amely a fenntartható mezőgazdasági fejlődés záloga. Ugyanakkor az ezzel kapcsolatos túlzott elvárásoktól tartózkodni kell (CO₂ termelés, sink hatás, a CO₂ lekötése a körforgalomból) (Körschens 2008).
- A talaj multifunkcionális tulajdonságokat tartalmazó érték, amely talajfizikai és agrokémiai, továbbá szerves anyag és víztároló szerepet működtető rendszer nagy értéket hordoz (Várallyay 2007).

- Dolgozatunkban és publikációinkban az egyes kísérleti eredményeken keresztül újabb információkat adunk az optimálisnak tűnő N, P, K műtrágyázás gyakorlatához, a kemizáláshoz, a vízmegőrző és talajvédő talajművelés rendszeréhez, a különböző szerves trágyák fontosságát hangsúlyozva a műtrágyázás mellett. Az eredmények felhasználhatók a vetésváltási rendszerek tervezéséhez, a CO₂ körforgalommal és bio-energetikával kapcsolatos kutatásokban is.

Kulcsszavak: szántóföldi tartamkísérletek, búza műtrágyázás, talajvizsgálatok, tápanyagmérlegek, tápanyag indexek

Examination of NPK fertilisation and organic manuring of winter wheat in long-term experiments and cereal crop rotation

T. KISMÁNYOKY

University of Pannonia, Georgikon Faculty of Agriculture, Keszthely

Summary

We contributed to the Hungarian and international research experiences by soil and crop analyses, the yield results of accurate small-plot field experiments and biomass measurements, emphasizes that our examinations would primarily be useful for the development of crop production technologies on Western Transdanubian brown forest soil and to maintain and improve soil fertility.

- From the plant and soil analysis we calculated nutrient-balances, specific values and other indexes of which many conclusions can be drawn.
- The average of the combinations the NPK specific values and rations were 2.3–0.5–0.4 mg kg⁻¹ in the grain, in the straws it is estimated 0.4–0.1–1.3 mg kg⁻¹. The nutrient balances show that the highest yield was earned at the or near the N balance equilibrant. The natural soil fertility regarding the N supply was 30–40 kg ha⁻¹. The long-term positive P balance resulted a significant storage of AL-P₂O₅ (300–700 mg kg⁻¹) in the soil, and at such value in the practice the P fertilization can be suspended. The agronomic efficiency of fertilization was 40–70%.
- We want to direct attention of the C and humus content of soil-layers and to preserve the soil organic matter existing now, as it is the key to sustainable development. In

- spite of that fact it is important to abstain from the exaggerated expectations (CO₂ production, CO₂ sink-source, integrating CO₂ from the cycle) (Körschens 2008).
- Fertile soil is a value with multifunctional features. This system manages soil physical, agrochemical, organic matter and water storage tasks (Várallyay 2007).
 - In all our publication hopefully we give new informations concerning optimal N, P, K fertilization, chemical treatments, the system of water storage and soil protection manuring and the crop production practice in our field experiments. The results can be used in the planning of crop rotation and in research concerning CO₂ recycling and bioenergy

Key words: field experiments, wheat fertilisation, manuring, soil analysis, nutrient balance, indexes

Bevezetés és irodalmi áttekintés

A búza tápanyagfelvételének és trágyázásának vizsgálatával számos kiváló kutatónk foglalkozott a régi és az új korokban egyaránt. A tápanyag és kiváltképpen a N a gabonafélék fejlődésében – mint Liebig óta tudjuk – mind mennyiségi, mind pedig minőségi szempontból fontos. Bocz (1996), Debreczeniné és Ragasits (1996), Harmati (1982) és mások szerint országosan a búza tápanyag-ellátása túlnyomórészt (80–90%-ban) a műtrágyázással valósul meg. A búza trágyázását az ország különböző talajain és tájegységein az OMTK kísérletek bázisán figyelhetjük meg leginkább Debreczeni és Debreczeniné (1960–1989) kutatásaiban, ugyanakkor a vitán felül álló tudományos műhelyek (Szeged, Debrecen, Gödöllő, Martonvásár) eredményei is rendelkezésre állnak (Jolánkai 1993 a, b). A fajlagos műtrágya értékek és a trágyázási szaktanácsadás területén nagyon komoly és felkészült tudós társadalom dolgozik a Magyar Tudományos Akadémia Agrokémiai és Talajtani Kutatóintézet (MTA TAKI) és más egyetemi, tanszéki műhelyekben Pepó (1995). E tekintetben Kádár (1979, 1992, 1997), Németh (2001), Sarkadi (1995), Csató és munkatársai által kidolgozott trágyázási javaslatok hitelessége és tudományos értéke vitán felüli. Martonvásári tartamkísérletekben Győrffy és Berzsenyi által beállított, és napjainkban Árendás *et al.* (2004) – a keszthelyihez hasonló – feldolgozások és biometriai elképzelések valósultak meg. Kismányoky (1998) szerint azonos P és K ellátás mellett a növekvő N adagok és a 150 kg/ha N-hatóanyag növelte megbízhatóan a búza szemtermését és minőségét. Körschens (2008) szerint a humusztartal-

mat növelni kell, a fenntartható mezőgazdaság keretein belül. A talaj korlátozott erőforrás és az emberiség egyik legnagyobb értéke *Várallyay* (2007). A hatékonysági mutatót *Anumula et al.* (1997) módszere alapján számoltuk. Figyelembe véve a téma széleskörű voltát, részletes irodalmi hivatkozások feldolgozása a teljesség igénye nélkül e dolgozat terjedelmét meghaladná.

Anyag és módszer

A címben szereplő célkitűzések megvalósításának alapját a Pannon Egyetem Georgikon Karának (Keszthely) kísérleti telepén már évtizedek óta folyó szántóföldi kisparcellás kísérletek képezték.

A kísérletek tényezői és ezek kombinációi – a kumulatív hatást is figyelembe véve – viszonylagos pontossággal írják le a jelenségeket, a következők csak szignifikáns eredményeket tartalmaznak. A feldolgozott anyag azokat a fontosabb tápelemekkel kapcsolatos kísérleti eredményeket tartalmazza, amelyek még nem, vagy csak előadásokon váltak publikussá. A kísérletek kivitelezését, feldolgozását és kiértékelését a 2005–2006 és 2007. években végeztük el.

A kísérleteket nyugat-magyarországi talaj és klimatikus viszonyok között folytattuk le Ramann-féle barna erdőtalajon (Eutric Cambisol). Az altalajvíz szintje általában 3 m mélységű. A térség mérsékelt csapadékmennyiséggel és enyhe hőmérsékleti kondíciókkal jellemezhető (*1.táblázat*). Az évi csapadék összeg 683 mm, az éves átlagos hőmérséklet 10,5 °C (1901–2000). Az évek többségében martonvásári fajtákat vetettünk.

Talajfizikai tulajdonságok:

- térfogattömeg: 1,53 g cm⁻³
- frakciók: <0,2µm 26,8%; 6,3–2,0µm 10,8%; 20–6,3µm 10,8%; 63–205µm 51,6%
- kation kicserélő kapacitás: 139 mval/kg

Agrokémiai paraméterek: (természetes állapotú)

- Corg 0,812%; H% 1,2–1,8%; pH 7,1; P₂O₅ 22 mg/kg; K₂O 57 mg/kg; MgO 90 mg/kg

A kísérletek elrendezése és kezelések

1. Kéttényezős sávos elrendezésű, 3 ismétléses randomizált kísérlet, parcellaméret (6×8 m) bruttó 48 m², parcella szám: 135. (IOSDV)

1. táblázat. *Meteorológiai adatok*

Évek (1)	Csapadék eltérés 100 éves átlagtól, mm (2)	Hőmérséklet eltérés 100 éves átlagtól, °C (2)
2001–2005 átlag (4)	–84,0	+0,14
2006	–102,5	+0,36
2007	+28,9	+1,11

Table 1. Meteorological data. (1) Years, (2) Deviation from the 100 years average (mm), (3) Temperature deviation from the 100 years average (°C), (4) Average of 2001–2005.

Tényezők: - szerves és műtrágyák (A)

a1 (I) NPK

a2 (II) NPK+35 t/ha istállótrágya

a3 (III) NPK+szalma, szár, zöldtrágya + N kiegészítés

- N műtrágya adagok (B)

N_0 – N_4 , P_2O_5 : 100 kg/ha, K_2O : 100 kg/ha (2. táblázat)

2. táblázat. *Tápanyagellátási kezelések*

	Kukorica (1)	Őszi búza (2)	Őszi árpa (3)
N_0	–	–	–
N_1	70	50	40
N_2	140	100 (50+50)	80
N_3	210	150 (50+50+50)	120 (80+40)
N_4	280	200 (100+50+50)	160 (80+40+40)

Table 2. Nutrition treatments (1) Maize, (2) Winter wheat, (3) Winter barley.

Vetésforgó: kukorica – őszi búza – őszi árpa

Istállótrágya: kukorica alá szántva 35 t/ha a vetésforgóban

Zöldtrágya: olajretek – alávetések, őszi árpa tarlójába

Szalma: a III-as blokkban az ott termelt melléktermék szecskázva leszántva (1 kg N/100 kg szalma SZA kiegészítéssel)

B: Nitrogén

A laboratóriumi vizsgálatokat minden esetben (fő- és melléktermékek, talaj) a Fejér Megyei Mezőgazdasági Szakigazgatási Hivatal Növény és Talajvédelmi

Igazgatóság Talajvédelmi laboratóriuma végezte, egységes szabványok szerint (3. táblázat). 2005–2007 pályázati időszakban 673 db talaj- és növényvizsgálatot végeztettünk el.

N indexek:

$$N \text{ harvest index (HI\%)}_N = \frac{\text{a szemtermés N tartalma}}{\text{a szem és szalma (összes biomassza) N tartalma}} * 100$$

$$NUE \text{ (kg}^{-1} \text{ szem abszorbeált N)} = \frac{\text{szemtermés (kg/ha)}}{N \text{ abszorbeált éréskor (kg/ha)}}$$

N hatékonyság

$$AE \text{ (Agronómiai hatékonyság)} = \frac{N \text{ műtrágyázott kezelések szemtermése (kg/ha)}}{\text{kontroll parcellában felvett szemtermés (kg/ha)}}$$

$$\text{(kg szemtermés}^{-1} \text{ az adott N mt)} = \frac{\text{kontroll parcellában felvett szemtermés (kg/ha)}}{\text{az adott N műtrágya mennyiség (kg/ha)}}$$

AREN

$$\text{Összes N felvétel kg/ha} = \frac{N \text{ felvétel a kezelésekben kg/ha}}{\text{az adott N műtrágyából}}$$

$$= \frac{N \text{ felvétel a kontroll parcellában (kg/ha)}}{\text{az adott N műtrágya kezelések (kg/ha)}}$$

Eredmények és értékelés

Termések – szerves és műtrágyázás

A növekvő N adagok hatását másodfokú egyenlettel értékeltük a különböző szerves anyag bázisán (M=műtrágya, I=istállótrágya, SZ=szalma trágya, Z=zöldtrágya). Az őszi búza termése az évek átlagában és a tápanyagellátás függvényében 2–6 t/ha között változott. Szerves anyag nélkül (I) az átlagos termésszint szignifikánsan alacsonyabb volt, a (II–III) másik monokultúrákhoz képest, ahol szerves trágyák is beszántásra kerültek (1–2. ábra). Az abszolút N₀ parcella (2 évtized) termett átlagosan 2 t/ha búza szemtermést, ami a talaj természetes tápanyagellátó képességére utal, míg szerves trágyák használata esetén az N₀ kezelés 1000 kg/ha több termést adott. A szerves trágyák pozitív hatása minden N műtrágya szinten szignifikáns volt a csak NPK kombinációkhoz képest.

3. táblázat. Talaj tápanyagvizsgálati módszerek, eszközök, mérési bizonytalanság

Vizsgálat neve (1)	Módszer (2)	Készülék (3)	Bizonytalanság (4)
pH (KCl)	MSZ-08-0206-2; 1978	Digitális pH-mérő, Radelkis OP-300, Sentron (9)	0,05
Kötöttség (KA) (5)	MSZ-08-0205; 1978	Kötöttség keverőgép, LR 40 (10)	1-3
Összes só (6)	MSZ-08-0206-2; 1978	Konduktométer, RadelkisOK-102/1 (11)	5-7,5 rel. %
CaCO ₃	MSZ-08-0206-2; 1978	Kalciméter LABOR MIM (12)	5-7,5 rel. %
Humusz (7)	MSZ-08-0452; 1980	Spectronic Genesys 5	2,5-7,5 rel. %
P ₂ O ₅	MSZ 20135; 1999	ICP Thermo Jarrell Ash ICAP 61E	2,5-5,0 rel. %
K ₂ O	MSZ 20135; 1999	ICP Thermo Jarrell Ash ICAP 61E	2,5-5,0 rel. %
Na	MSZ 20135; 1999	ICP Thermo Jarrell Ash ICAP 61E	4,7-5,0 rel. %
Összes N (8)	FIA 13:1991	FIAstar, TECATOR	5-10,0 rel. %
Mg	MSZ 20135:1999	ICP Thermo Jarrell Ash ICAP 61E	2,5-5,0 rel. %

Table 3. Methods of laboratory analysis, limiting values. (1) Name of the method, (2) Method, (3) Device, (4) Uncertainty, (5) Soil fractions (KA) (6) Salt content, (7) Humus, (8) Total N, (9) Digital pH measurement device, Radelkis OP-300, Sentron, (10) Soil fraction mixing machine, LR 40, (11) Conductometer, RadelkisOK-102/11, (12) Calcimeter, LABOR MIM.

A biomassa produkció (szem és szalma egyaránt) a 150 kg/ha N adagnál volt a legnagyobb, az N₃ szerves és műtrágya kezelésnél kaptuk a maximális termést. A 4-6. táblázat tartalmaz néhány paramétert a N trágyázással kapcsolatosan (abszolút DM-re számítva) konkretizálva az 1-2. ábrák jelleggörbéit. A harvest index 1/1 szárazanyagban volt számítva. A N tartalom a szemben 2,38 mg/kg, a szalma esetében ez 0,477 mg/kg volt a kombinációk átlagában. A felvett N 80%-a a szemben, 20%-a a szalmában (gyökérben) kumulálódott, bár a N műtrágyaadagok nagyságától függően ez kismértékben változott. A

maximális biomassza produkció 100–150 kg/ha kezelésben termett, ahol a N mérleg kisebb mértékben pozitív ill. egyensúlyi állapotban volt. Az N0 parcellák kivont N értékeiből következtethetünk a talaj természetes N szolgáltató képességére, amely búzánál ezen éveken 37 kg/ha N hatóanyag volt, az istállótrágya másodévi utóhatása mintegy 30 kg/ha N-re tehető, a szalma+szár+zöldtrágya a N kiegészítéssel 27 kg/ha-t jelentett, tehát közel az istállótrágya hatást érte el (4. táblázat).

1. ábra. Őszi búza szemtermés, 8 rotáció (86% sza. t/ha)

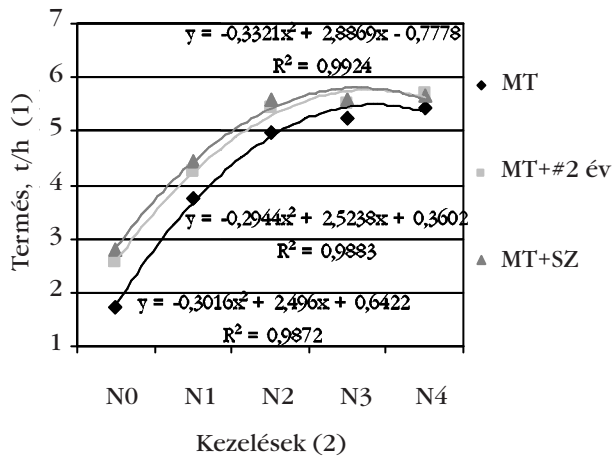


Figure 1. Wheat grain yield, 8 rotations (86% D.M. t ha⁻¹).
(1) Yield (t h⁻¹), (2) Treatments.

A N tápanyag harvest indexe (HIN%) mutatja, hogy az abszorbeált N 80%-a a szemtermésben található, csak 20–30% a melléktermésekben. Ezt a NUE (Nitrogen Utilization Efficiency) index mutatja. A szemtermés tömeg 30–40 kg/ha N-t a talajból, 10–30 kg/ha N-t pedig a műtrágyából vette fel. A szerves C (Corg) értékek mutatják, hogy több évtizedes szervesztrágyával kismértékben (0,100–0,200) – abszolút értékben – a talaj szervesanyag készlete növelhető, de az elvárásoktól elmarad. Ezt az állítást igazolják a humusz t/ha adatai is, amely szerint 10–20 t/ha mennyiség nagyságban növelhető a humusz tömege a 25 cm-es rétegben. Az adott N műtrágya visszanyerése a kontrollhoz képest 40–70% volt. A Corg tartalom (%) és a H% tartalom, továbbá a szántott réteg humusz tömege (t/ha) növekedett a szervesztrágyák kijuttatásával, a N műtrágya szerepe ebben kisebb jelentőségű volt (5. táblázat)

2. ábra. Őszi búza szalmatermés, 8 rotáció (88% szá. t/ha)

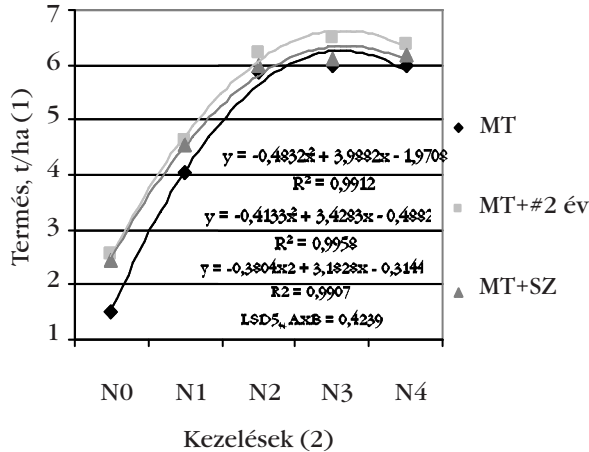


Figure 2. Wheat straw yield, 8 rotations (88% D.M. tha^{-1}).
 (1) Yield (t h^{-1}), (2) Treatments.

Az $\text{AL-P}_2\text{O}_5$ növekedést a talajban az istállótrágyázás jelentősen növelte, feltehetően a rendszeres pozitív P mérleg kumulatív hatásáról van szó a 23 év során. Figyelemre méltó, hogy a rendszeresen szalma-szár leszántása ellenére a K_2O tartalom a talajban több év után sem növekedett számottevően. A P mérleg minden kezelésben pozitív, ugyanakkor a K mérleg a N szintekkel és a termések nagyságával párhuzamosan csökken. Ez értékes támpontot ad a tájegység kálium tápanyagellátására nézve is (6. táblázat).

Következtetések és javaslatok

A keszthelyi barna erdőtalaj termékenysége több évtizedes tartamkísérletek eredményei szerint PK-0 kombinációkban 1,5 t/ha, más vizsgálatok alapján az NPK-kontroll esetében 1,0 t/ha, a vetésforgóban a csak NPK kombinációkban a legnagyobb biomassa produkcióhoz 100–150 kg/ha N volt, a legeredményesebb évjáráttól függően (5–7 t/ha). Az istállótrágya 2. évi utóhatása 37 kg/ha volt, ami a csak PK-0 kezelésekhez képest 1 t/ha termésmnövekedést eredményezett, az elővetemény szárleszántása (az egész forgóban 25 év alatt) N kiegészítéssel hasonló volt, mint az istállótrágya hatása (2,2–2,4 t/ha). A szem/szalma aránya a harvest index 1/1-nek bizonyult az évek átlagában (1–2. ábra, 4. táblázat).

4. táblázat. A búza termése és N trágyázási indexei (2005–2007) 8.VF

	Szem DM t/ha (1)	Szalma DM t/ha (2)	Szem N mg/kg (3)	Szalma N mg/kg (4)
N ₀ I.	1,478	1,334	2,17	0,333
N ₂	4,291	5,170	2,05	0,347
N ₄	4,680	5,265	2,72	0,428
N ₀ II.	2,202	2,236	2,28	0,540
N ₂	4,681	5,485	2,32	0,386
N ₄	4,902	5,595	2,56	0,509
N ₀ III.	2,415	2,155	2,33	0,361
N ₂	4,792	5,256	2,36	0,451
N ₄	4,868	5,448	2,68	0,615
SzD _{5%}	0,4023	0,3645	0,1439	0,1122
	Szem kivont N kg/ha (5)	Szalma kivont N kg/ha (6)	Összesen kivont N kg/ha (7)	N mérleg (műtrágya) N kg/ha (8)
N ₀ I.	32,07	5,00	37,07	-37,07
N ₂	87,06	20,38	108,34	+8,34
N ₄	127,29	25,61	152,90	+47,10
N ₀ II.	50,20	11,18	61,38	-61,38
N ₂	108,59	21,17	129,76	+29,76
N ₄	125,49	28,48	153,97	+46,03
N ₀ III.	56,27	7,78	64,05	-64,05
N ₂	113,09	23,70	136,79	+36,79
N ₄	130,46	33,50	163,96	+36,04
SzD _{5%}	-	-	-	-

Table 4. The yields of wheat, N indexes (2005–2007) 8. crop rotation. (1) Grain dry matter t ha⁻¹, (2) Straw dry matter t ha⁻¹, (3) Grain N mg kg⁻¹, (4) Straw N mg kg⁻¹, (5) N taken up by the grain N kg ha⁻¹, (6) N taken up by the straw N kg ha⁻¹, (7) Total N uptake N kg ha⁻¹, (8) N balance (fertiliser) N kg ha⁻¹.

A szemtermés fajlagos NPK értékei: a N tápanyag 2,0–2,5 mg/kg, a szalma esetében 0,3–0,6 mg/kg volt, a növekvő N adagokkal, illetve felvett N mennyiségével növekvő tendencia szerint (4. táblázat). A szemtermés P tartalma 0,5 mg/kg értékeket mutatott meglehetősen stabilan, a növekvő terméseredményekről és a felvett P₂O₅ hatóanyagtól függetlenül a szalmatermésben 0,1–0,2 mg/kg értékeket mértünk (7. táblázat).

5. táblázat. N tápanyag indexek

	HI _N	NUE	AE	AREN
N ₀ I.	86,5	48,78	–	–
N ₂	81,7	29,76	28,13	0,7127
N ₄	87,8	30,60	16,01	0,5791
N ₀ II.	81,8	35,87	–	–
N ₂	83,7	36,07	16,53	0,6838
N ₄	81,5	29,89	13,50	0,4629
N ₀ III.	86,5	33,64	–	–
N ₂	82,7	35,03	23,77	0,7274
N ₄	79,6	29,69	12,26	0,4995

Table 5. N nutrient indexes.

6. táblázat. A talaj C_{org}, P₂O₅, K₂O tartalma (25 cm) 8. rotáció

	C _{org} %	H %	Total N m/m%	H t/ha	AL-K ₂ O mg/kg	AL-P ₂ O ₅ mg/kg
N ₀ I.	1,105	1,906	0,126	71,47	243	361
N ₂	1,156	1,993	0,117	74,73	198	394
N ₄	1,146	1,976	0,120	74,10	209	320
N ₀ II.	1,389	2,386	0,159	89,47	463	660
N ₂	1,389	2,400	0,167	90,00	332	713
N ₄	1,305	2,246	0,158	84,22	357	749
N ₀ III.	1,334	2,300	0,140	86,25	260	331
N ₂	1,276	2,200	0,131	82,50	247	331
N ₄	1,235	2,313	0,138	86,73	170	275

Table 6. C_{org}, P₂O₅, K₂O content of soil (25 cm layer) 8. rotations.

A K fajlagos értékei szemtermésben 0,4 mg/kg volt, a szalmatermés 1,0–1,5 mg/kg K₂O értékeket mutatott (8. táblázat). A szemtermésben – a kombinációk átlagában – az NPK fajlagos aránya 2,3–0,5–0,4 mg/kg-ra becsülhetőek. A szalmatermések NPK aránya 0,4–0,1–1,3 mg/kg volt.

A búza kísérlet N mérlege azt mutatja, hogy a legnagyobb terméseket a N egyensúly közelében határozhatjuk meg, az istállótrágya 2. évi utóhatása 24,3 kg/ha, a szalma leszántás hatása N többletrágyázással 27 kg/ha volt. A P₂O₅-re számolt mérlegállapot – a kezelésektől viszonylag függetlenül – mindvégig pozitív volt, az N₀ kezeléseknél a P₂O₅ felvétel 20–30 kg/ha értékkel többet mutattak.

7. táblázat. A búza termékek és P trágyázási indexek (2005–2007) 8.VF búza tarló

	Szem DM t/ha (1)	Szalma DM t/ha (2)	Szem P ₂ O ₅ mg/kg (3)	Szalma P ₂ O ₅ mg/kg (4)
N ₀ I.	1,478	1,334	0,544	0,193
N ₂	4,291	5,170	0,488	0,158
N ₄	4,680	5,265	0,523	0,123
N ₀ II.	2,202	2,236	0,517	0,212
N ₂	4,681	5,485	0,512	0,169
N ₄	4,902	5,595	0,494	0,153
N ₀ III.	2,415	2,155	0,537	0,179
N ₂	4,797	5,256	0,508	0,163
N ₄	4,868	5,448	0,505	0,156
SzD _{5%}	0,4023	0,3645	0,045	0,0278
	Szem kivont P ₂ O ₅ kg/ha (5)	Szalma kivont P ₂ O ₅ kg/ha (6)	Összesen kivont P ₂ O ₅ kg/ha (7)	P mérleg (műtrágya) P ₂ O ₅ kg/ha (8)
N ₀ I.	8,18	2,57	10,75	+89,25
N ₂	20,94	8,17	29,11	+70,89
N ₄	24,50	6,44	30,94	+69,06
N ₀ II.	11,38	4,74	16,12	+83,88
N ₂	23,96	9,27	33,23	+66,72
N ₄	24,20	8,56	32,76	+67,24
N ₀ III.	12,96	3,86	16,82	+83,18
N ₂	24,36	8,56	32,96	+67,04
N ₄	26,77	8,50	35,27	+64,73
SzD _{5%}	–	–	–	–

Table 7. Yield of wheat t/ha and P indexes. (1) Grain dry matter t ha⁻¹, (2) Straw dry matter t ha⁻¹, (3) Grain P₂O₅ mg kg⁻¹, (4) Straw P₂O₅ mg kg⁻¹, (5) P₂O₅ taken up by the grain kg ha⁻¹, (6) P₂O₅ taken up by the straw kg ha⁻¹, (7) Total P₂O₅ uptake kg ha⁻¹, (8) P₂O₅ balance (fertilizer) kg ha⁻¹.

A K mérlegek a termésszintek és az N adagok növekedésével parallel csökkentek, sőt a szerves anyaggal jól ellátott kezelésekből a minimum tartományba kerültek. A talajvizsgálatok szerint az NPK változatban a C_{org}% értékek a N adagokkal és a terméssel együtt kismértékben növekedtek (1,0–1,56%).

Az istállótrágyázott szakaszban és a szalmaleszántás hatására az egész blokk

8. táblázat. A búza termése és K trágyázási indexei (2005–2007) 8.VF búza tarló

	Szem DM t/ha (1)	Szalma DM t/ha (2)	Szem K ₂ O mg/kg (3)	Szalma K ₂ O mg/kg (4)
N ₀ I.	1,478	1,334	0,424	1,193
N ₂	4,291	5,170	0,401	1,081
N ₄	4,680	5,265	0,409	1,435
N ₀ II.	2,202	2,236	0,388	1,326
N ₂	4,681	5,485	0,416	1,353
N ₄	4,902	5,595	0,382	1,563
N ₀ III.	2,415	2,155	0,436	1,243
N ₂	4,797	5,252	0,415	1,260
N ₄	4,868	5,448	0,394	1,566
SzD _{5%}	0,4023	0,3645	0,0450	0,0278
	Szem kivont K ₂ O kg/ha (5)	Szalma kivont K ₂ O kg/ha (6)	Összesen kivont K ₂ O kg/ha (7)	K mérleg (műtrágya) K ₂ O kg/ha (8)
N ₀ I.	6,27	15,91	22,18	+77,82
N ₂	17,20	55,28	72,48	+27,52
N ₄	19,40	75,55	94,95	+5,05
N ₀ II.	7,83	29,65	37,48	+62,52
N ₂	19,38	74,21	93,59	+6,41
N ₄	18,72	87,44	106,16	-6,16
N ₀ III.	10,52	26,78	37,30	+62,70
N ₂	19,90	66,18	86,08	+13,92
N ₄	19,17	85,31	104,48	-4,48
SzD _{5%}	–	–	–	–

Table 8. Yield of wheat t ha⁻¹ and K indexes. (1) Grain dry matter, t ha⁻¹ (2) Straw dry matter t ha⁻¹, (3) Grain K₂O mg kg⁻¹, (4) Straw K₂O mg kg⁻¹, (5) K₂O taken up by the grain kg ha⁻¹, (6) K₂O taken up by the straw kg ha⁻¹, (7) Total K₂O uptake kg ha⁻¹, (8) K₂O balance (fertilizer) kg ha⁻¹.

C_{org}% értéke magasabb volt, mint a csak NPK-nál, azonban az N adagokkal együtt ez sem növekedett tovább, tehát mintegy a szervesanyag nagyobb mértékű növekedése limitált. A pozitív P₂O₅ mérleg miatt a P jelentősen feldúsult a talajban, a gyakorlatban ilyen értékeknél a P műtrágyázás szüneteltethető, a K₂O eredmények hasonlóan, ugyanakkor, ami nehezen magyarázható: a szal-

ma leszántásos blokkban a K növekedés jelentéktelen volt (6. táblázat). A NUE (N felhasználás hatékonysága) a szemben mintegy 30–40% volt, a N műtrágyázás agronómiai hatékonysága 40–70%.

Az eredményekből néhány nagyobb kérdésre is választ kapunk, a szervesanyag növelése meddig fokozható a talajban, a CO₂ növekedés vagy csökkenés mennyiben szabályozható? (Source-sink) a talaj C_{org} értékei mutatják, hogy nagymennyiségű C jelenlétében sem fokozható túlzottan a talaj humusz tartalma, ami a talajtípus és ökológiai körülményeket illeti, tehát a talaj CO₂ tartalma sem tudja kumulálni végtelenségig a felesleges CO₂-t, feltételezhetően tájegységenként és talajtípusonként ennek behatárolt határértékei vannak (erdőtálat 0,8–1,5%). Az eredmények jelentősebb mértékű fokozása csak műtrágyázással, elsősorban N trágyázással érhető el, ahol a N műtrágya-hatóanyag a termést 80–90%-ban meghatározza.

Köszönetnyilvánítás

A kísérleteket és laborfeldolgozást többnyire vagy teljesen az OTKA T 046845 sz. pályázata finanszírozta.

IRODALOM

- Anumula Venkata Ramanjaneyulu, Yashbir Singh Shivay, Gajendra Giri:* 2007. Partitioning of photosynthates, N and P in mustard as influenced by nutrient management in fodder sorghum (*Sorghum Bicolor* L.) – mustard (*Brassica Juneca* L.) cropping sequence. Archives of Agronomy and Soil Science. October 2007. 53. 5: 553–565.
- Árendás T.–Csathó P.–Németh T.:* 2004. Tápanyagellátás a minőségorientált búzatermesztésben. [In: Bedő Z. (szerk.) A jó minőségű keményszemű búza nemesítése és termesztése.] Martonvásár-Nádudvar-Szeged. 73–101.
- Bocz E.:* 1996. Búza tápanyagellátás. [In: Bocz E. (szerk.) Szántóföldi növénytermesztés.] Mezőgazda Kiadó. Budapest. 252–263.
- Debreczeni B-né–Ragasits I.:* 1996. A búza optimális tápanyagellátása eltérő talaj és ökológiai viszonyok között. Agroforum. 7. 11: 8–10.
- Harmati I.:* 1982. A búza fajtaspecifikus műtrágyázása. MÉM-NAK. Budapest.
- Jolánkai M.:* 1993. Az őszi búzafajták és a víz hasznosítása. Kandidátusi értekezés. Martonvásár. 158.
- Jolánkai M.:* 1993. A búzatermesztés és meghatározó tényezői. Tézisek a mezőgazdaságtudományi doktori fokozat elnyeréséhez. Martonvásár.

- Kádár I.*: 1997. Talajaink tápanyaggazdálkodása az ezredfordulón. Növénytermelés. 46. 1: 73–84.
- Kádár I.–Lásztity B.*: 1979. Az őszi búza tápanyagfelvételének tanulmányozása szabadföldi kísérletben. Agrokémia és Talajtan. 28: 3–4.
- Kádár I.*: 1992. A növénytráplálás alapelvei és módszerei. MTA-TAKI. Budapest. Akaprint. 400.
- Kismányoky T.*: 1998. A különböző szerves trágyák és a műtrágyázás hatása a gabonák termésére tartamkísérletekben. Növénytermelés. 47. 3: 313–326.
- Körschens, M.*: 2008. Humusgehalte von Ackerbücher unter Berücksichtigung der Konservierenden Bodenbearbeitung. [In: Bodenbearbeitung-Systeme im Langjährigen Vergleich. I.L. Univ. Giessen.] Landesbetrieb Landwirtschaft. Hessen. 24–33.
- Németh T.*: 2001. Talajaink szervesanyag tartalma és N forgalma. MTA-TAKI Könyvkiadványa. 1991. 380.
- Pepó P.*: 1995. Újabb adatok az őszi búza fajtaspecifikus tápanyagellátáshoz. DATE Tud. Közleményei. Debrecen. 32: 125–142.
- Sarkadi J.*: 1975. A műtrágya igény becslésének módszerei. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest. 250.
- Várallyay Gy.*: 2007. A fenntartható talajhasználat új kihívásai egy korszerű földminősítési rendszerrel szemben. [In: Tóth T.–Tóth G. (szerk.) Földminősítés és földértékelés.] Keszthely-Budapest. 75–83.

A szerző levelezési címe – Address of the author:

Dr. Kismányoky Tamás

Pannon Egyetem Georgikon Mezőgazdaságtudományi Kar

Keszthely

Deák Ferenc u. 16.

H-8360