

**Szent István Egyetem**

**AZ ÓSZI ÁRPA NÖVÉNYTÁPLÁLÁSÁNAK FEJLESZTÉSE  
CSERNOZJOM RÉTI TALAJON**

**Surányi Szilvia**

**Gödöllő**

**2019**

## **A doktori iskola**

**megnevezése:** Növénytudományi Doktori Iskola

**tudományága:** Növénytermesztési és kertészeti tudományok

**vezetője: Prof. Dr. Helyes Lajos**

egyetemi tanár, MTA doktora

Szent István Egyetem

Mezőgazdasági- és Környezettudományi Kar

Kertészeti Intézet

**témavezetők: Prof. Dr. habil. Izsáki Zoltán C.Sc**

professor emeritus, mezőgazdasági tudományok kandidátusa

Szent István Egyetem

Agrár- és Gazdaságtudományi Kar, Tessedik Campus

Agrártudományi és Vidékfejlesztési Intézet

**Prof. Dr. Jolánkai Márton D.Sc**

professor emeritus, MTA doktora

Szent István Egyetem

Mezőgazdasági- és Környezettudományi Kar

Növénytermesztési Intézet

---

Az iskolavezető  
jóváhagyása

---

A témavezető jóváhagyása

## 1. A MUNKA ELŐZMÉNYEI, KITŰZÖTT CÉLOK

A fenntartható mezőgazdasági fejlődés új kihívásai igénylik a trágyázási szaktanácsadási rendszerek elemeinek fejlesztését (Németh és Jolánkai 2002, Jolánkai 2003). A fejlesztés fontos területe az egyes szántóföldi termőhelyi kategóriákba tartozó talajtípusok tápelem-szolgáltatásának vizsgálata, tápelem-ellátottsági határértékeinek pontosítása, növénykísérletekkel való kalibrálása (Kádár 1992, Csathó et al. 1998, Várallyay és Németh 1999, Németh et al. 2002, Izsáki 2008).

Az őszi árpa trágyázásával foglalkozó hazai szakirodalom meglehetősen szerény, illetve nem tekinthető naprakész információnak. A külföldi szakirodalmat illetően is kevés a fellelhető források száma, illetve a külföldi kutatási eredmények csak részben vehetők át, adaptálhatók hazai körülményekre az eltérő termőhelyi feltételek miatt. Kádár (2000) a mai termesztési körülmények és fajták nyomán az őszi árpát, az őszi búzához hasonlóan nitrogén (N) -igényesnek minősíti. Az őszi árpa tápanyagellátásának legkritikusabb eleme a N-trágyázás. A N-trágyaszükséglet meghatározásához általában a talajok N-ellátottságát a humusztartalom alapján vesszük figyelembe. Az őszi árpa N-trágyázási szaktanácsadás fejlesztésének fontos része a talaj ásványi N-tartalom meghatározására ( $N_{\min}$  módszer) alapozott fejtrágyázás, kiegészítve azt diagnosztikai célú növényanalízissel (Elek és Kádár 1980, Németh 2002, Izsáki és K. Németh 2007). A növényvizsgálati eredmények alapján határértékekre hazai viszonyaink között Kádár (1988, 1992) tett javaslatot. A növényanalízist azért is jó az ásványi-N vizsgálatokhoz kapcsolódva elvégezni, mert tájékoztatást ad a növények tápelem-ellátottságáról, valamint a tápelemarányok számítása révén a tápláltság kiegyensúlyozottságáról is (Németh 2002).

A N mellett szükséges a talaj foszfor (P)-ellátottságának megítélése, különösen azért is, mert Csathó (2002) a hazai szabadföldi P-trágyázási tartamkísérletek adatbázisát feldolgozva P-igényes növények csoportjába sorolta a pillangósok és a gyök gumósok mellett a gabonaféléket is. Ezen megállapítást Kádár (2012) is megerősíti, továbbá kiemeli, hogy a jó P-szolgáltatás biztosítéka a talaj P-ral való feltöltöttsége, kielégítő ellátottsága.

A gabonafélék kevésbé igényesek a K-ra, mint a kapásnövények (Lásztity 1989, Kádár 1992, Csathó 1997). Hazai körülmények között Kádár (2000a) karbonátos vályog csernozjom talajon a 120-140 mg/kg AL- $K_2O$ -tartalmat elégségesnek tartja az őszi árpa K-igénykielégítéséhez, továbbá Kádár (2012) vizsgálatai azt is kimutatták, hogy az átlagosnál kötöttebb talajon a kalászosok különösebben nem reagálnak a K-trágyázásra.

A klímaváltozás magyarországi tapasztalatai szerint számolnunk kell a hőmérséklet növekedésével és a csökkenő csapadékkal (Gaál és Horváth

2006, Bartholy et al. 2007), ami az árpatermesztés felértékelődését eredményezheti.

### **1.1. A kutatómunka célkitűzése**

Kutatási tevékenységem az őszi árpa trágyázási szaktanácsadási rendszerének fejlesztését alapozó kutatás.

Tudományos kutatásom céljai az alábbi témakörökre terjedtek ki:

- Szarvason beállított műtrágyázási tartamkísérletben vizsgálni a 4-4 N-, P- és K-ellátottsági szintek hatását az őszi árpa terméshozamára, termékkomponenseire és egyes gazdasági értékmérő tulajdonságaira.
- N-tápláltság becslése klorofill tartalom (SPAD-érték) meghatározásával bokrosodás kezdetén és végén, a kielégítő N-ellátottság határértékének megállapítása SPAD-értékekkel.
- Az őszi árpa tavaszi N-trágyaigényének meghatározása a talaj  $N_{\min}$  készlete alapján.
- Diagnosztikai célú növényanalízissel az őszi árpa tápelem-ellátottsági határértékeinek meghatározása és pontosítása.
- A növényanalízist alkalmazó trágyázási szaktanácsadás fejlesztése, gyakorlati útmutatás a levéltrágyázáshoz.

## 2. ANYAG ÉS MÓDSZER

### 2.1. A kísérlet kezelései és elrendezése

A műtrágyázási tartamkísérletet 1989-ben állították be, a Szent István Egyetem Gazdasági, Agrár- és Egészségtudományi Kar Kísérleti Telepén, Szarvason.

A műtrágyázási tartamkísérlet három tényezővel (N-, P- és K-trágyázás), tényezőnként négy-négy N-, P- és K-szinten lett kialakítva, teljes kombinációban ( $4^3$ ), azaz 64 kezeléssel, kétszeresen osztott parcellás elrendezésben, három ismétlésben. A három valódi ismétlésen belül a N-trágyázási kezelések 48, a P- trágyázási kezelések 16 belső ismétléssel szerepeltek.

A kísérlet tényezői és kezelései:

„A” tényezőként a K-trágyázás szerepelt az alábbi kezelésekkel:

$K_0$ = K-trágyázás nélkül,

$K_1$ = 300 kg/ha/év  $K_2O$  1989-1992 között, 100 kg/ha/év 1993-tól,

$K_2$ = 600 kg/ha  $K_2O$  1989-ben, 1000 kg/ha 1993-ban és 600 kg/ha 2001-ben,

$K_3$ = 1200 kg/ha  $K_2O$  1989-ben, 1500 kg/ha 1993-ban és 1200 kg/ha 2001-ben.

„B” tényezőként a P- trágyázás szerepelt az alábbi kezelésekkel:

$P_0$ = P- trágyázás nélkül,

$P_1$ = 100 kg/ha/év  $P_2O_5$ ,

$P_2$ = 500 kg/ha  $P_2O_5$  1989-ben, 1993-ban és 2001-ben,

$P_3$ =1000 kg/ha 1989-ben, 1993-ban és 2001-ben.

Az időszakosan elvégezett nagyadagú  $K_2$  és  $K_3$  valamint a  $P_2$  és  $P_3$  feltöltő trágyázás célja az volt, hogy jól elkülöníthető ellátottsági szinteket alakítsanak ki a talajban a tápláltsági szituációk tanulmányozására és a talaj tápelem-ellátottsági határértékek megállapítására.

„C” tényezőként a N-trágyázás szerepelt az alábbi kezelésekkel:

$N_0$ = N trágyázás nélkül,

$N_1$ =80 kg N/ha/év (40 kg/ha alaptrágya + 40 kg/ha fejtrágya),

$N_2$ =160 kg N/ha/év (80 kg/ha alaptrágya + 80 kg/ha fejtrágya),

$N_3$ =240 kg N/ha/év (120 kg/ha alaptrágya + 120 kg/ha fejtrágya).

A N-t alap- és fejtrágyaként megosztva ammónium-nitrát (34%), míg a P-t szuperfoszfát (18%), a K-ot kálisó (40 vagy 60%) formájában alaptrágyaként juttattuk ki. A kísérletben évente 4 növény szerepelt kiterített vetésforgóban, 4 x 192 db parcellán, ahol a főparcellák területe 320 m<sup>2</sup>, az elsőrendű alparcellák területe 80 m<sup>2</sup> és a másodrendű alparcellák mérete 4 x 5=20 m<sup>2</sup> volt. Az őszi árpa előveteménye 2010-ben és 2011-ben fénymag (*Phalaris*

*canariensis L.*), 2012-ben pedig szója (*Glycine max L.*) volt. Fejtrágyázás egyszer történt, a bokrosodás végén, a növény-mintavételt követően. Az őszi árpa betakarítása teljesérésben történt parcellakombájnnal, június végén-július elején. Az alkalmazott fajta GK Stramm kétsoros őszi árpa volt, melyet a szegedi Gabonatermesztési Kutató Kht. bocsájtott rendelkezésünkre.

Dolgozatomban a 2010/11-2012/2013-as kísérleti éveket dolgoztam fel a tartamkísérlet 21-23. éveiben.

## 2.2. Talajadottságok

A kísérlet talaja mélyben karbonátos csernozjom réti talaj, amelynek a humuszos réteg vastagsága 85-100 cm; humusz% = 2,8-3,2;  $\text{pH}_{(\text{KCl})} = 5,0-5,2$ ; a  $\text{CaCO}_3\% = 0$ ; Arany-féle kötöttségi szám ( $K_A$ ) = 50; anyag% = 32 és a talajvíz átlagos mélysége 300-350 cm. A talaj tápanyagtartalmának ( $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$ ,  $\text{NO}_3^-$  - és  $\text{NO}_2^-$ -N) vizsgálatához talajmintákat vettünk a  $K_1$ -es főparcella elsődrendű alparcelláiból ( $P_0$ ,  $P_1$ ,  $P_2$ ,  $P_3$ ), illetve másodrendű alparcelláiból ( $N_0$ ,  $N_1$ ,  $N_2$ ,  $N_3$ ) minden év őszén 0-30 cm-es mélységig, valamint tavasszal – fejtrágyázás előtt – a talaj ásványi-N tartalmának ( $\text{NO}_3^-$  - és  $\text{NH}_4^+$ -N) meghatározásához 0-60 cm-es mélységig. A talaj  $\text{P}_2\text{O}_5$ - és  $\text{K}_2\text{O}$ -tartalom ammónium-laktát (AL) módszerrel, a  $\text{NO}_3^-$  - és  $\text{NO}_2^-$ -N-tartalom, valamint az ásványi N-tartalom ( $\text{NO}_3^-$  - és  $\text{NH}_4^+$ -N) 1 mol/l-es kálium-kloridos (KCl) kivonatból spektrofotometriás módszerrel lett meghatározva. Az egyes kísérleti évek K- és P-ellátottságát az előző év őszenek vizsgálati eredményeivel jellemezzük.

1. táblázat. A talaj K-, P- és N-ellátottsága trágyázási szintenként (Szarvas, 2010-2012 ősz)

Kezelés	Kísérleti év		
	2010	2011	2012
A szántott réteg (0-30 cm) AL- $\text{K}_2\text{O}$ ellátottsága (mg/kg)			
$K_0$	218	210	212
$K_1$	324	320	346
$K_2$	294	335	310
$K_3$	346	335	348
A szántott réteg (0-30 cm) AL- $\text{P}_2\text{O}_5$ ellátottsága (mg/kg)			
$P_0$	133	118	124
$P_1$	206	224	242
$P_2$	194	186	192
$P_3$	251	233	244
A szántott réteg (0-30 cm) N- $\text{NO}_3^-$ és $\text{NO}_2^-$ -tartalma (kg/ha)			
$N_0$	22	46	21
$N_1$	21	56	60
$N_2$	20	50	54
$N_3$	42	52	66

2. táblázat. A talaj ásványi N-tartalma ( $N_{\min}$ ) N-trágyázási kezelésenként a 0-60 cm-es talajrétegben N-fejtrágyázás előtt (Szarvas, 2011-2013 tavasz)

Kezelés jele	N-forma	N-tartalom a 0-60 cm-es talajrétegben (kg/ha)		
		2011	2012	2013
$N_0$	$\text{NO}_3^- - \text{N}$	36	59	28
	$\text{NH}_4^+ - \text{N}$	66	39	96
	$N_{\min}$	102	98	124
$N_1$	$\text{NO}_3^- - \text{N}$	41	47	76
	$\text{NH}_4^+ - \text{N}$	79	62	92
	$N_{\min}$	120	109	168
$N_2$	$\text{NO}_3^- - \text{N}$	39	53	58
	$\text{NH}_4^+ - \text{N}$	77	56	104
	$N_{\min}$	116	108	162
$N_3$	$\text{NO}_3^- - \text{N}$	67	56	78
	$\text{NH}_4^+ - \text{N}$	91	48	186
	$N_{\min}$	158	104	264

### 2.3. Időjárási viszonyok

A 2010/2011. vizsgálati évben mind a csapadék mennyisége (435 mm), mind az átlaghőmérséklet (8,2 °C) meghaladta a sokévi átlagot (362 mm, 7,5 °C). A legszárazabb kísérleti időszak a 2011/2012-es tenyészidőszak volt. A tenyészidőszakban 135 mm-rel hullott kevesebb csapadék, mint a sokévi átlag. Az átlaghőmérséklet a tenyészidőszakban 2,9 °C–kal volt magasabb, mint az 1901-1975. évi átlag. 2012/2013. évben hullott csapadék mennyisége a sokévi átlagnak megfelelően alakult, azonban eloszlása egyenetlen volt. Az átlaghőmérséklet alakulása a sokévi átlagtól csak kismértékben tért el (8,0 °C). A bokrosodás végén (március) hullott, nagy mennyiségű csapadék (99 mm) miatt hiúsult meg az őszi árpa bokrosodáskori tápelem-tartalmának meghatározásához a mintavétel.

### 2.4. A kísérlet agrotechnikája, mintavételezések, vizsgálatok

Az őszi árpa SPAD-érték mérését, a bokrosodáskori tápelem-tartalom meghatározását, a szalma- és kalászhosszt, kalászonkénti szemszámot, az ezerszemtömeget, a hektolitertömeg és a szemtermés tápelem tartalom meghatározását 16 kezelésből, a  $K_1$ -es főparcella elsőrendű alparcelláiból ( $P_0, P_1, P_2, P_3$ ), illetve másodrendű alparcelláiból ( $N_0, N_1, N_2, N_3$ ) végeztük:

$K_1P_0N_0$	$K_1P_1N_0$	$K_1P_2N_0$	$K_1P_3N_0$
$K_1P_0N_1$	$K_1P_1N_1$	$K_1P_2N_1$	$K_1P_3N_1$
$K_1P_0N_2$	$K_1P_1N_2$	$K_1P_2N_2$	$K_1P_3N_2$
$K_1P_0N_3$	$K_1P_1N_3$	$K_1P_2N_3$	$K_1P_3N_3$

Az őszi árpa terméshozamát 64 trágyakezelés szerint értékeltük.

A talajmintavételt (szeptember 27 – október 22) az alapműtrágya kiszórása előtt végeztük (október 10-22). A vetés 12 cm-es sortávolságra, 5 cm-es vetésmélységben, 5 millió csíra/ha vetőmagnormával (október 14, november 3 és október 10-én) történt. SPAD-értéket az őszi árpa bokrosodás kezdetén (november 24-december 3) és bokrosodás végén (március 3-24) mértük. A N-fejtrágya kiszórása előtt (március 31, 20 és április 10) talajmintavételt végeztünk a talajréteg (0-60 cm) ásványi-N tartalmának meghatározásához. A bokrosodáskori (Feekes skála 4-5) tápelem-tartalom meghatározásához parcellánként 2x1 folyóméterről vettünk növénymintát. A teljes földfeletti növényi részek szárított és ledarált mintáiból 2 kísérleti évben (2011-2012 tavasz) vizsgáltuk a következő tápelemeket: N, P, K, Na, Ca, Mg, Mn, Zn, Cu, B és Mo. A tápelem-tartalom vizsgálati adatok szárazanyagra vonatkoznak.

Kezelésként 2x1 fm-ről vett növénymintán mértük a szalmahosszt kalász nélkül, a kaláshosszt pedig a kalászcsúcsig. Az ezerszemtömeg meghatározását Pfeuffer Contador magszámlálóval, a hektolitertömeg meghatározását ¼ literes gabonaminőségi mérleggel végeztük.

## **2.5. Statisztikai értékelés**

A bokrosodáskori tápelem koncentráció elemzését, a szemtermés ásványi anyag tartalom vizsgálatát és a tápelem arányok értékelését egytényezős varianciaanalízissel az IBM SPSS statisztikai program 20-as verziójával végeztük.

A SPAD-érték, szalma-, kaláshossz, terméskomponensek valamint hektolitertömeg elemzését kéttényezős, míg a hozam elemzését háromtényezős varianciaanalízissel végeztük az IBM SPSS statisztikai program 20-as verziójával.

A kezelések közötti különbségek igazolására t-próbát alkalmaztunk. A kezeléscsoportok közötti legkisebb szignifikáns differencia (SzD) számítása 5%-os valószínűségi szinten, F-próbával történt.

A SPAD-érték és a hozam közötti összefüggés értékelését Sváb (1981) regresszióanalízis módszerével végeztük.



### 3. EREDMÉNYEK

#### 3.1. A N- és P-ellátottság hatása az őszi árpa SPAD-értékeire a bokrosodás kezdetén és végén

2010-2012 őszén mért klorofill tartalom alapján megállapítható, hogy a jó N-szolgáltató képességű csernozjom réti talajon a megfelelő N-tápláltságot jellemző SPAD-érték 39-47 közötti, amit a 40 kg/ha-os N-alaptrágyázás ( $N_1$ ) biztosított. Ennél nagyobb adagú N-alaptrágyázás a SPAD-értéket szignifikánsan tovább nem növelte (39,1-47,5).

A három vizsgálati évben többnyire az évente 100 kg/ha P-trágya ( $P_1$ ) kijuttatása esetén mértük a legmagasabb SPAD-értékeket (37,7-47,9), a talaj 206-242 mg/kg AL- $P_2O_5$ -tartalma mellett. A  $P_2$ - és  $P_3$ -kezelések a maximális SPAD-értékekhez képest többnyire csökkentették az árpa klorofill értékét (37,1-47,0). Szignifikáns P-hatást azonban egyik évben sem lehetett kimutatni az őszi árpa levél relatív klorofill tartalmában a bokrosodás kezdetén a talaj 118-251 mg/kg AL- $P_2O_5$  ellátottsági tartományában.

N-trágyázás nélkül ( $N_0$ ) kora tavasszal az őszi árpa bokrosodása végén a talaj 0-60 rétegének  $N_{\min}$  készlete 98-124 kg/ha volt a három kísérleti év alatt. A 40 kg/ha N-alaptrágyázás ( $N_1$ ) esetén, amikor a talaj  $N_{\min}$  tartalma 109-168 kg/ha volt az őszi árpa relatív klorofill tartalma jelentősen növekedett, a három év átlagában 46,4 SPAD-értékre. A 80 kg/ha N-alaptrágyázás ( $N_2$ ) csak kismértékű, de szignifikáns SPAD-érték emelkedést eredményezett (43,2-52,1). A túlzott N-alaptrágyázás (120 kg N/ha,  $N_3$ ) a levél relatív klorofill tartalmát érdemben nem befolyásolta (43,4-52,8).

A talaj művelt rétegének 118-251 mg/kg AL- $P_2O_5$  tartományában a P-ellátottság az őszi árpa levelének relatív klorofill tartalmát a bokrosodás fázisában szignifikánsan nem befolyásolta (40,7-51,0).

#### 3.2. A N- és P-ellátottság hatása az őszi árpa tápelem-koncentrációjára bokrosodás végén

A legmagasabb tápelem-koncentrációkat mind a makroelemek, mind a mikroelemek esetében túlnyomó részt a 240 kg/ha N-ellátás ( $N_3$ ) eredményezte, azonban a termésmaximumot mindhárom vizsgálati évben a 160 kg/ha N-ellátás ( $N_2$ ) használata mellett kaptuk.

A talaj 118-251 mg/kg AL- $P_2O_5$ -ellátottsági tartományában a talaj növekvő P-ellátottsága az őszi árpa bokrosodáskori tápelem-tartalmában a 2010/2011 tenyészévben csak a P-koncentráció növekedett szignifikáns mértékben, míg 2011/2012-ben a N, P, K, Ca, Mg, Cu és B estében tapasztaltunk megbízható koncentráció emelkedést.

A N-trágyázás az egyes tápelem arányokat szignifikáns mértékben nem befolyásolta bokrosodáskor. A művelt talajréteg AL- $P_2O_5$ -ellátottsága (118-

251 mg/kg) az őszi árpa bokrosodáskori N/Ca, N/Mg, N/Cu és P/Zn arányait alakította szignifikáns mértékben.

### 3.3. A N- és P-ellátottság hatása az őszi árpa termésjellemzőire

2011-2013 vizsgálati évek eredményei szerint megállapítható, hogy N-kezelés nélkül ( $N_0$ ) 38,1-55,3 cm között alakult az árpa szalmahossza, amikor a talajban tavasszal az  $N_{\min}$ -tartalom 98-124 kg/ha volt. Az emelkedő N-ellátottság ( $N_1$ ,  $N_2$ ) többnyire megbízható mértékben növelte a szalmahosszt az  $N_3$ -kezelésig, ahol a talaj ásványi N-tartalma 158, 104 és 264 kg/ha volt. A vizsgált évek szerint (2011-2013) az őszi árpa kielégítő szalmahossz eléréséhez elégséges volt a talaj természetes AL- $P_2O_5$ -szolgáltatása, a művelt talajréteg 118-133 mg/kg AL- $P_2O_5$ -ellátottsága. A talaj AL- $P_2O_5$ -készletének gyarapodása érdemben nem módosította vagy megbízható mértékben csökkentette az árpa szalmahosszát.

A legrövidebb kalászhozott 2011-2013 vizsgálati években N-trágya kijuttatása nélkül ( $N_0$ ) mértük, az évek átlagában 6,1 cm-t, amikor tavasszal a talaj 0-60 cm-es mélységében az ásványi N-tartalom 98-124 kg/ha között alakult. A három vizsgálati év közül csak 2011-ben tapasztaltuk a N-kezelések közötti megbízható kalászhozott növekedést  $N_3$ -kezelésig. 2012-ben a 160 kg/ha N-adag ( $N_2$ ) még megbízható mértékben növelte a kalászhozott, míg a 240 kg/ha N-adag ( $N_3$ ) tendenciális mértékben alakította az árpa kalászhozottját. 2013-ban a 160 és 240 kg/ha N-adag ( $N_2$ ,  $N_3$ ) tendenciális mértékben módosította a kalászhozott. A vizsgált évek eredményei szerint 2011-ben és 2012-ben a talaj természetes P-szolgáltatása ( $P_0$ ) biztosította az árpa számára szükséges AL- $P_2O_5$ -mennyiséget (133 és 118 kg/ha), míg 2013-ban a 100 kg/ha/év P-kezelés ( $P_1$ ) eredményezte a szignifikánsan leghosszabb kalászhozott (8,1 cm), a 0-30 cm-es talajréteg 242 mg/kg AL- $P_2O_5$ -tartalma mellett.

A vizsgált években (2011-2013) a legkevesebb szemszámot N-trágyázás nélkül ( $N_0$ ) kaptuk (13,6; 16,6; 19,0), amikor tavasszal a talaj 0-60 cm-es mélységében hasonló ellátottságú volt az ásványi N-tartalom (98-124 kg/ha). A 80 kg/ha N-trágyázás ( $N_1$ ) minden évben szignifikáns kalásonkénti szemszám növekedést eredményezett (16,4; 17,9; 19,9). Ennél nagyobb adagú N-ellátás csak 2011-ben járt együtt megbízható szemszám gyarapodással. A kísérleti eredmények azt igazolták, hogy 2011-ben és 2012-ben a talaj 118-251 mg/kg AL- $P_2O_5$  ellátottsági tartományában a kalásonkénti szemszám szinte változatlan volt, értéke 2011-ben 16,1-16,9 db, míg 2012-ben 17,6-18,1 db közé esett. Csak 2013-ban tapasztaltuk a jobb P-ellátottság (242 mg/kg AL- $P_2O_5$ ,  $P_1$ ) kalásonkénti szemszám növelő hatását (23,1 db) a kontrollhoz képest (20,1 db).

A N-trágyázás az őszi árpa ezerszemtömeg alakulását mind a három vizsgálati évben eltérően alakította. 2011-ben a  $N_2$ -kezelés (160 kg/ha), 2012-

ben a legalacsonyabb, N<sub>1</sub>-ellátás (80 kg/ha), míg 2013-ban N-trágyázás nélkül (N<sub>0</sub>) mértük a legmagasabb ezerszemtömeget, amikor a 0-60 cm-es talajréteg N<sub>min</sub>-tartalma tavasszal 109-124 kg/ha volt. A vizsgált évek eredményei szerint a talaj 118-251 mg/kg AL-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> intervallumában a P-ellátottság az ezerszemtömeg alakulását érdemben nem befolyásolta, az évjárat nagyobb mértékben hatott az őszi árpa ezerszemtömegére.

A három vizsgálati évből (2011-2013) két évben (2012, 2013) a N-trágyázás megbízható mértékben módosította az árpa hektolitertömegét. Többnyire a 160 kg/ha N-dózis (N<sub>2</sub>) eredményezte a magasabb hektolitertömeget 108-124 kg/ha ásványi N-tartalom mellett. A túlzott N-trágyázás rendszerint csökkentette az hektolitertömeget. 2010, 2011 és 2012 őszen a talaj művelt rétegében mért AL-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-ellátottságok eltérő mértékben módosították az árpa hektolitertömegét. 2012-ben a P-trágyázás tendenciális mértékben módosította a hektolitertömeget. 2011-ben a talaj AL-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-készletének változása megbízható mértékben csökkentette, míg 2013-ban P<sub>1</sub>-kezelés szignifikáns mértékben emelte a hektolitertömeget. A P<sub>2</sub>- és P<sub>3</sub>-kezelések alkalmazása érdemi változást nem eredményeztek a hektolitertömeg alakulásában.

### 3.4. A N-, P- és K-ellátottság hatása az őszi árpa szemtermés mennyiségére

#### 3.4.1. N-ellátottság főhatás

A vizsgált évek (2011-2013) eredményei szerint a legalacsonyabb árpahozamot N-trágyázás nélkül (N<sub>0</sub>) mértük (2,22-3,39 t/ha) (3. táblázat).

3. táblázat A N-ellátás hatása az őszi árpa szemtermés mennyiségére, P- és K-kezelések átlagában (t/ha)  
(Szarvas, 2011–2013)

Év	Szemtermés (t/ha)				SzD <sub>5%</sub>	Átlag	Relatív termés (%)
	N <sub>0</sub>	N <sub>1</sub>	N <sub>2</sub>	N <sub>3</sub>			
2011	2,22	3,33	3,77	3,58	0,15	3,23	59
2012	3,39	5,03	5,33	5,05	0,27	4,70	64
2013	2,77	4,29	4,48	4,34	0,18	3,97	62
Átlag	2,79	4,22	4,53	4,32	-	3,97	62

A N-trágyázás növekvő adagjai N<sub>2</sub>-ellátásig megbízható mértékben emelték az őszi árpa hozamát, míg a maximális N<sub>3</sub>-ellátás (240 kg/ha) többnyire szignifikáns mértékben csökkentette a termésmennyiséget.

#### 3.4.2. P-ellátottság főhatás

A vizsgált években a talaj természetes P-szolgáltatóképessége (P<sub>0</sub>) esetén a művelt talajréteg AL-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-ellátottsága 118-124 mg/kg között alakult, mely

ellátottságok az egyes években különböző terméshozamot eredményeztek, szám szerint 2,96, 4,50 és 3,83 t/ha-t (4. táblázat).

4. táblázat. A P-ellátás hatása az őszi árpa szemtermés mennyiségére, N- és K-kezelések átlagában (t/ha)  
(Szarvas, 2011–2013)

Év	Szemtermés (t/ha)				SzD <sub>5%</sub>	Átlag	Relatív termés (%)
	P <sub>0</sub>	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>3</sub>			
2011	2,96	3,33	3,30	3,32	0,23	3,23	89
2012	4,50	4,78	4,67	4,87	0,24	4,71	92
2013	3,83	3,94	3,94	4,26	0,25	3,99	90
Átlag	3,76	4,02	3,97	4,15	-	3,98	90

A vizsgált évek eredményei szerint a jobb P-ellátottság, a talaj művelt rétegének 186-244 mg/kg AL-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>- ellátottsága szignifikánsan nagyobb szemtermést eredményezett (3,33-4,78 t/ha).

### 3.4.3. K-ellátottság főhatás

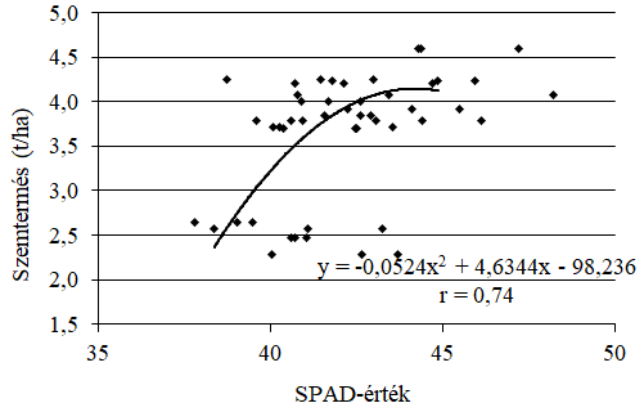
A három kísérleti év alapján megállapítható, hogy a 210-218 mg/kg AL-K<sub>2</sub>O (K<sub>0</sub>) ellátottsághoz képest egyes években a jobb K-ellátottság (320-348 mg/kg) a terméshozamot növelte (5. táblázat).

5. táblázat A K-ellátás hatása az őszi árpa szemtermés mennyiségre, N- és P-kezelések átlagában (t/ha)  
(Szarvas, 2011–2013)

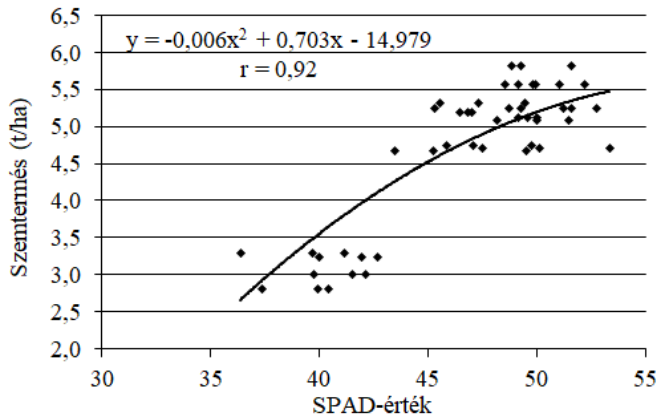
Év	Szemtermés (t/ha)				SzD <sub>5%</sub>	Átlag	Relatív termés (%)
	K <sub>0</sub>	K <sub>1</sub>	K <sub>2</sub>	K <sub>3</sub>			
2011	3,07	3,62	3,26	2,95	0,24	3,23	85
2012	4,62	4,66	4,72	4,79	NS	4,70	96
2013	3,74	4,29	3,97	3,96	0,17	3,99	87
Átlag	3,81	4,19	3,98	3,90	-	3,97	89

### 3.5. Összefüggés az őszi árpa bokrosodás végén mért SPAD-értéke és a szemtermés mennyisége között

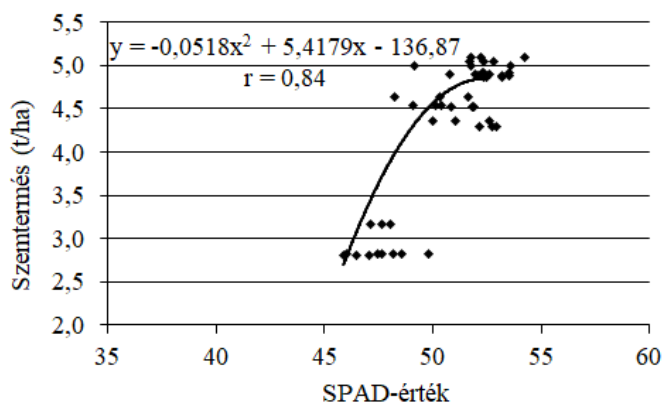
Az 1-3. ábrák az őszi árpa szemtermése és a bokrosodás végén mért SPAD-értéke közötti kapcsolatot mutatják be 2011-2013-ban. Az összefüggéseket vizsgálva megállapítható, hogy a relatív klorofill tartalom emelkedésével növekedett a terméshozam is. A SPAD-értéket és a hozamot jellemző polinom trendvonal szoros ( $r=0,74$ ;  $0,84$ ) illetve igen szoros ( $r=0,92$ ) kapcsolatot mutatott. A vizsgált évek eredményei szerint őszi árpa bokrosodás végén mért SPAD-értéke, N-tápláltsága kielégítőnek tekinthető, amennyiben a SPAD-érték 43-52 közötti, melyhez 4,0-6,0 t/ha terméshozam tartozott.



1.ábra. Összefüggés az őszi árpa bokrosodás végén mért SPAD-értéke és a szemtermés mennyisége között (Szarvas, 2011)



2.ábra. Összefüggés az őszi árpa bokrosodás végén mért SPAD-értéke és a szemtermés mennyisége között (Szarvas, 2012)

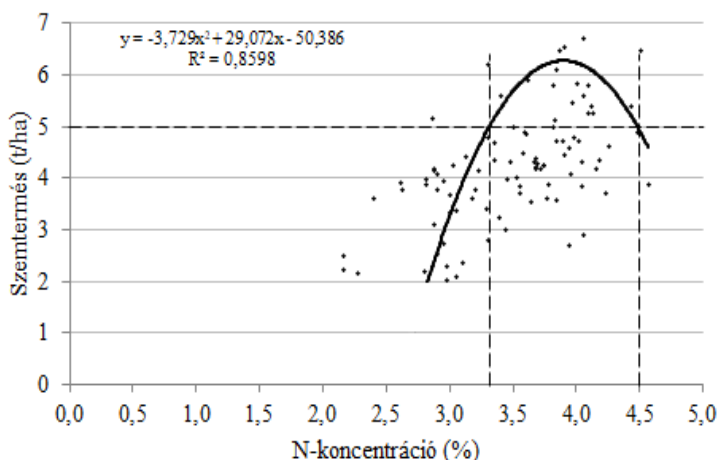


3.ábra. Összefüggés az őszi árpa bokrosodás végén mért SPAD-értéke és a szemtermés mennyisége között (Szarvas, 2013)

### 3.6. Összefüggés az őszi árpa bokrosodás végén mért tápelem-koncentráció és a szemtermés mennyisége között

Összefüggésvizsgálat alapján határoztuk meg a kielégítő N-koncentráció értékét a következőképpen: a szemtermést és a levél N-koncentráció értékeit koordináta rendszerben grafikusán ábrázoltuk és a pontthalmazt burkoló görbével határoltuk. A burkoló görbe mentén elhelyezkedő értékek azt az esetet reprezentálják, amikor a termést befolyásoló tényezők optimumban vannak és a hozamot csak a N-koncentráció befolyásolja. Az őszi árpa bokrosodása végén a levél N-koncentrációja és a szemtermés közötti összefüggés alapján a kielégítő N-ellátottság határértékét a termésmaximum 90%-ára határoztuk meg, ami 5,0 t/ha feletti termésszinten 3,30-4,50% volt (4. ábra).

Az egyéb makroelemek (P, K, Ca, Mg és Na) és mikroelemek (Mn, Zn, Cu, B, Mo) esetében a kielégítő ellátottsági határértékét úgy határoztuk meg, hogy grafikusán ábrázoltuk a levél N-koncentrációhoz tartozó P-, K-, Na-, Ca- Mg-, Mn-, Zn-, Cu, B, és Mo-koncentrációkat, majd meghatároztuk – az ábrán lehatároltuk – a 3,30-4,50 N-koncentrációhoz tartozó egyes makro- és mikroelemek koncentrációit, amelyek a termésmaximum legalább 90%-os szintjének megfeleltek.



4. ábra. Összefüggés a bokrosodás végén mért N-koncentráció és a szemtermés mennyisége között  
(Szarvas, 2011-2012)

Ezek alapján kielégítőnek tartjuk az őszi árpa bokrosodáskori tápelem koncentrációját, amennyiben a N: 3,30-4,50%; P 0,20-0,40%; K 3,30-4,60%; Ca 0,40-0,70%; Mg 0,15-0,30%; Na 0,10-0,30%; Mn 60-75 mg/kg; Zn 20-35 mg/kg; Cu 5-9 mg/kg; B 3,50-5,00 mg/kg; Mo 0,15-0,30 mg/kg között alakul.

### 3.7. A N- és P-ellátottság hatása az őszi árpa szemtermés tápelem-tartalmára

A vizsgált években (2011-2013) a N-trágyázás az őszi árpa szemtermés N- és Mg-koncentrációjára volt megbízható hatással. A vizsgált tápelemek esetében a magasabb koncentrációkat többnyire a maximális, 240 kg/ha (N<sub>3</sub>) N-ellátás eredményezte, amikor a tavasszal mért ásványi N-tartalom 158, 104 illetve 264 kg/ha volt.

A P-trágyázás megbízható mértékben alakította a Mg-, Mn-, Zn-, Cu- és Mo-koncentrációját, amikor a művelt talajréteg AL-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-ellátottsága 186-244 mg/kg között alakult.

Az őszi árpa szemtermés tápelem arányaira a N-trágyázás szignifikáns mértékben változtatta a N/P, a N/Ca, a N/Mg és a N/Cu arányokat, míg a talaj AL-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-ellátottsága csupán a N/Cu arányra volt megbízható hatással 2012-ben.

### 3.8. Új és újszerű tudományos eredmények

1. A 2,8-3,2% humusztartalmú csernozjom réti talajon az őszi árpa bokrosodása kezdetén az elfogadható SPAD-érték (39-48) 40 kg/ha N-alaptrágyázással ( $N_1$ ) biztosítható, míg a bokrosodás végén 80 kg/ha ( $N_2$ ) alaptrágya szükséges a kielégítő SPAD-érték (43-52) eléréséhez. A SPAD-érték alakulására a talaj P-ellátottsága 118-251 mg/kg AL- $P_2O_5$  tartományban nem volt megbízható hatással, azonban a legmagasabb relatív klorofill tartalmat a művelt talajréteg 206-242 mg/kg AL- $P_2O_5$ -ellátottsága eredményezte.

2. A talaj 320-324 mg/kg AL- $K_2O$  és 118-251 mg/kg AL- $P_2O_5$ -ellátottságánál az őszi árpa bokrosodáskori fenofázisában a kielégítő tápláltság a következő tápelem-koncentrációkkal jellemezhető: N 3,30-4,50 %; P 0,20-0,40%; K 3,30-4,60%; Ca 0,40-0,70%; Mg 0,15-0,30%; Na 0,10-0,30%; Mn 60-75 mg/kg; Zn 20-35 mg/kg; Cu 5-9 mg/kg; B 3,50-5,00 mg/kg; Mo 0,15-0,30 mg/kg. Az általunk meghatározott határértékek részben megerősítik a korábbi szakirodalmi értékeket, részben újszerűek, mert N-, Zn-, Cu-, Ca-, Na- és B-koncentrációk esetében szűkebb, míg a K-koncentráció esetében kissé tágabb koncentráció intervallumot határoztunk meg. A Mn-koncentráció mennyiségét a szakirodalom meglehetősen tág intervallumban határozta meg, mely értéktartományt szűkítettük a kísérletünk során.

3. A N-trágyázás 160 kg/ha N-ellátásig ( $N_2$ ) megbízható mértékben növelte az őszi árpa hozamát (3,77-5,33 t/ha), amikor tavasszal a 0-60 cm-es talajrétegben az ásványi N-tartalom 116, 108 illetve 162 kg/ha volt. A 240 kg/ha N-ellátás a 2,8-3,2% humusztartalmú talajon többnyire szignifikáns mértékben csökkentette a termésmennyiséget a maximális hozamhoz képest (3,58-4,34 t/ha).

4. P-trágyázás nélkül ( $P_0$ ) csernozjom réti talajon a művelt talajréteg 118-133 mg/kg AL- $P_2O_5$  ellátottságához képest a jobb P-ellátottság (186-244 mg/kg AL- $P_2O_5$ ) szignifikánsan nagyobb szemtermést eredményezett (3,33-4,78 t/ha).

5. Csernozjom réti talajtípuson a kontroll parcellák 210-218 mg/kg AL- $K_2O$ -ellátottsága ( $K_0$ ) mellett a K-trágyázás  $K_1$ -ellátottságig (320-346 mg/kg AL- $K_2O$ ) megbízható mértékben növelte az őszi árpa termésmennyiségét.

6. A N-trágyázás a tápelem arányokat szignifikánsan nem befolyásolta a bokrosodás végén, míg a művelt talajréteg AL- $P_2O_5$ -ellátottsága (118-251 mg/kg) a N/Ca, a N/Mg, a N/Cu és a P/Zn arányokat alakította megbízható mértékben. A szemtermés esetében a N-trágyázás – többnyire magasabb szintjei (160, 240 kg/ha) – szignifikáns mértékben változtatta a N/P, a N/Ca, a N/Mg és a N/Cu arányokat, míg a talaj AL- $P_2O_5$ -ellátottsága csupán a N/Cu arányra volt megbízható hatással.



## 4. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK

### *SPAD-érték*

Az őszi árpa bokrosodásának kezdeti fenofázisában (Feekes 2-3) a SPAD-érték – a P-kezelések átlagában - 37,8; 34,3; 46,7 volt, amikor N-trágyázás előtt ősszel talaj 0-30 cm-es mélységében a  $\text{NO}_3^-$ -N-tartalom 22, 46 és 21 kg/ha volt. Megfelelő N-tápláltságot jellemző SPAD-érték 39-47 között javasolható, amely 40 kg/ha-os N-alaptrágyázással biztosítható csernozjom réti talajtípuson.

A SPAD-érték bokrosodás végén (Feekes 5-6) a kontrollhoz ( $\text{N}_0$ ) képest – 40,6; 40,3, 47,5 – megbízhatóan emelkedett 80 kg/ha N-alaptrágyázás ( $\text{N}_2$ ) alkalmazásáig. A kielégítő SPAD-érték ebben a fenofázisban 43-52 között javasolható, amely 80 kg/ha N-alaptrágyázással ( $\text{N}_2$ ) biztosítható, amikor a 0-60 cm talajrétegben az ásványi N-tartalom a vizsgált évek tavaszán 108-162 kg/ha volt. A túlzott N-alaptrágyázás (120 kg N/ha,  $\text{N}_3$ ) a levél relatív klorofill tartalmát érdemben nem befolyásolta.

A talaj AL- $\text{P}_2\text{O}_5$ -tartalma az őszi árpa bokrosodása kezdetén és végén mért SPAD-értékre nem volt megbízható hatással. A magasabb relatív klorofill tartalmat a művelt talajréteg 206-251 mg/kg AL- $\text{P}_2\text{O}_5$ -ellátottsága eredményezte.

### *Bokrosodáskori tápelem tartalom*

A N-trágyázás nélküli ( $\text{N}_0$ ) kezeléshez képest 2010/2011-ben a növekvő adagú N-trágyázás szignifikánsan emelte a tápelem-koncentrációt a N, a K, a Ca és a Mn esetében. A N-trágyázás az árpalevél P, Mg, Na, Zn és Mo koncentrációját csak tendencia jelleggel növelte. A B esetében mindkét vizsgálati évben (2011 és 2012 tavasz) kifejezett volt a N/B antagonizmus, az emelkedő N-trágyázás tendenciális mértékű B-koncentráció csökkenést idézett elő. A 2011/2012. kísérleti évben N-trágyázás megbízható növekedést csak a N, a Mn és a Zn tápelemek esetében idézett elő a N-trágyázás nélküli ( $\text{N}_0$ ) kontrollhoz viszonyítva. A K, Ca, Na és Cu elemek koncentrációja csak tendencia jelleggel növekedett. A legmagasabb tápelem-koncentrációkat mind a makroelemek, mind a mikroelemek esetében túlnyomó részt a 240 kg/ha N-ellátás ( $\text{N}_3$ ) eredményezte.

A talaj P-ellátottsága az őszi árpa bokrosodáskori tápelemtartalmában a 2010/2011-es tenyészévben csak a P-koncentrációt növelte szignifikáns mértékben, míg 2011/2012-ben a N, P, Mg és B elemek mellett a K-, Ca- és Cu-koncentrációk is, annak ellenére, hogy ezen elemekre az antagonizmus jellemző a P-ral szemben. Megbízható koncentráció gyarapodást a művelt talajréteg 186-233 mg/kg AL- $\text{P}_2\text{O}_5$ -ellátottsága mellett mértük.

Az őszi árpa bokrosodáskori fejlődési fázisában a levél N-koncentrációja és a szemtermés közötti összefüggés alapján a kielégítő N-ellátottsági

határértékeit a termésmaximum 90%-ára határoztuk meg, ami 5,0 t/ha feletti termésszinten 3,30-4,50 N%. Az egyéb makroelemek (P, K, Ca, Mg és Na) és mikroelemek (Mn, Zn, Cu, B, Mo) esetében kielégítő tápláltság a következő tápelem-koncentrációkkal jellemezhető: P 0,20-0,40%; K 3,30-4,60%; Ca 0,40-0,70%; Mg 0,15-0,30%; Na 0,10-0,30%; Mn 60-75 mg/kg; Zn 20-35 mg/kg; Cu 5-9 mg/kg; B 3,50-5,00 mg/kg; Mo 0,15-0,30 mg/kg. Az általunk meghatározott határértékek részben megerősítik a korábbi szakirodalmi értékeket (Elek és Kádár 1980, Reuter és Robinson 1997, Sanchez 2007), részben újszerűek, mert N-, Zn-, Cu, Ca-, Na- és B-koncentrációk esetében szűkebb, míg a K-koncentráció esetében kissé tágabb koncentráció intervallumot határoztunk meg. A Mn-koncentráció mennyiségét a szakirodalom meglehetősen tág intervallumban határozta meg, mely értéktartományt szűkítettük a kísérletünk során.

### *Bokrosodáskori tápelem arány*

A N-trágyázás az árpa bokrosodáskori tápelem arányaira nem volt megbízható hatással egyik évben sem. Azonban a művelt talajréteg P-készletének változása (186-251 mg/kg AL-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) a kontrollhoz képest (118-133 mg/kg AL-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) az őszi árpa bokrosodáskori N/Ca és N/Mg (2012) arányát megbízható mértékben csökkentette. A N/Cu arány (2011) szűkebb lett, amennyiben 200 mg/kg-nál magasabb volt a művelt talajréteg AL-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-ellátottsága. A P/Zn arány (2011) a kontrollhoz képest (169) tendenciális mértékben (174, 183) tágult - a Zn-koncentráció csökkent a P-hoz képest - a művelt talajréteg 206 és 196 mg/kg AL-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-tartalma esetén, a 251 mg/kg AL-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-tartalom hatására pedig már szignifikáns mértékű P/Zn arány tágulás jelentkezett.

### *Szemtermés tápelem tartalma*

A vizsgált években (2011-2013) a N-trágyázás az őszi árpa szemtermés N és Mg koncentrációjára volt megbízható hatással. A vizsgált tápelemek esetében a magasabb koncentrációkat többnyire a maximális, 240 kg/ha (N<sub>3</sub>) N-ellátás eredményezte.

A P-trágyázás megbízható mértékben alakította a szemtermés Mg, Mn és Mo koncentrációját az egyes kísérleti években, amikor művelt talajréteg AL-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-készlete 186-244 mg/kg között alakult. A kontrollhoz képest (118-133 mg/kg AL-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) a talaj P-készletének emelkedése (186-251 mg/kg) rendszerint (2012) megbízható mértékben csökkentette a Zn és Cu tartalmat, a P/Zn és P/Cu antagonizmus miatt.

Az őszi árpa szemtermés tápelem arányaira a N-ellátás megbízható hatással a N/P, N/Ca, N/Mg és N/Cu arányok esetében volt, míg a talaj AL-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-tartalma (118-251 mg/kg) a tápelem arányokat a 2012. évi N/Cu kivételével nem befolyásolta megbízható mértékben.

## *Termés jellemzők*

A vizsgálataink szerint az emelkedő N-ellátottság (80, 160, 240 kg/ha) többnyire megbízható mértékben növelte az őszi árpa szalmahosszt N<sub>3</sub>-kezelésig (51,8-75,8), ahol tavasszal a talaj 0-60 cm-es mélységében az ásványi N-tartalom 158, 104 és 264 kg/ha volt. A vizsgált évek szerint (2011-2013) a talaj P-készletének változása szignifikáns mértékben nem emelte az árpa szalmahosszát. Az őszi árpa kielégítő szalmahossz eléréséhez elégséges volt a talaj természetes AL-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-szolgáltatása (118-133 mg/kg AL-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>).

A kísérleti évek eredményei szerint a 80 kg/ha N-dózis (N<sub>1</sub>) minden évben szignifikáns kaláshossz növekedést eredményezett (6,2-7,7 cm), az ennél nagyobb adagú N-ellátottság csak 2011-ben járt együtt megbízható kaláshossz gyarapodással (6,6 és 7,0 cm). 2012-ben a 160 kg/ha N-adag (N<sub>2</sub>) még megbízható mértékben növelte a kaláshosszt, míg a 240 kg/ha N-dózis (N<sub>3</sub>) tendenciális mértékben alakította a kaláshosszt. 2013-ban a 160 és 240 kg/ha N-adag (N<sub>2</sub>, N<sub>3</sub>) tendenciális mértékben módosította a kaláshosszt. Az őszi árpa kaláshossza P-trágyázás nélkül (P<sub>0</sub>) a művelt talajréteg 133 és 118 mg/kg AL-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-tartalma mellett 6,4 és 6,8 cm volt 2011-ben és 2012-ben, mely kaláshossz érdemben nem változott a talaj P-készletének gyarapodás hatására (6,2-7,0 cm). Ellenben 2013-ban a P-trágyázás megbízható hatását tapasztaltuk a kaláshossz alakulására a művelt talajréteg 242 mg/kg AL-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-tartalma mellett (8,1 cm).

A vizsgált évek eredményei szerint a 80 kg/ha N-trágyázás (N<sub>1</sub>) minden évben szignifikáns kalásonkénti szemszám növekedést eredményezett (16,4-19,9 db), az ennél nagyobb adagú N-ellátottság csak 2011-ben járt együtt megbízható szemszám gyarapodással (17,5 és 18,2 db). A kísérleti eredményeink szerint a talaj 133 és 118 mg/kg AL-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-készlete 16,9 és 17,6 db kalásonkénti szemszám elérését eredményezte, az ennél magasabb P-készlet (186-251 mg/kg AL-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) érdemben nem módosította e terméskomponenst (16,1-18,1 db). Azonban 2013-ban a P-trágyázás megbízható hatását tapasztaltuk a kalásonkénti szemszám gyarapodására a talaj 242 mg/kg AL-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-tartalmánál (23,1 db).

A N-trágyázás az őszi árpa ezerszemtömeg alakulását mind a három vizsgálati évben eltérően alakította. 2011-ben a N<sub>2</sub>-kezelés (160 kg/ha), 2012-ben a legalacsonyabb N<sub>1</sub>-ellátás (80 kg/ha), míg 2013-ban N-trágyázás nélkül (N<sub>0</sub>) mértük a legmagasabb ezerszemtömeget, amikor a 0-60 cm-es talajréteg N<sub>min</sub>-tartalma tavasszal 109-124 kg/ha volt. Az emelkedő N-trágyázás többnyire megbízható mértékben csökkentette az árpa ezerszemtömegét. A N-trágyázás negatív hatását ezerszemtömeg alakulására más szerzők is megerősítették (Munir 2002, Slamka et al. 2008, Cai et al. 2012, Berhanu et al. 2013). Draskovits (2013) szerint a P-ellátás a gabonanövények esetében a szemtömegét javítja, mely állítás vizsgálatunk során nem volt kimutatható, az évjárat nagyobb mértékben hatott az őszi árpa ezerszemtömegére.

A kísérleti években a magasabb hektolitertömegeket eltérő N-ellátás mellett kaptuk - N<sub>2</sub>, N<sub>0</sub> – a tavasszal mért 108-124 kg/ha ásványi N-tartalom mellett. A túlzott N-trágyázás rendszerint csökkentette az árpa hektolitertömegét. 2010, 2011 és 2012 őszen a talaj művelt rétegében mért AL-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-ellátottságok eltérő mértékben módosították az árpa hektolitertömegét. 2011-ben a kontroll (133 mg/kg AL-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) esetében mértük a legmagasabb hektolitertömeget (73,4 kg), amely megbízható mértékben csökkent (71,8-72,2 kg) a talaj P-készlet emelkedés hatására (194-251 mg/kg AL-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>). Azonban 2013-ban a talaj P-készletének gyarapodása szignifikáns mértékben emelte a hektolitertömeget kontrollhoz képest, míg 2012-ben a művelt talajréteg P-készlete nem volt hatással a hektolitertömeg alakulására.

### *Szemtermés mennyisége*

A növekvő dózisú N-trágyázás az őszi árpa termésmennyiségét megbízhatóan emelte és a legmagasabb termés hozamot a 160 kg/ha N-ellátás (N<sub>2</sub>) eredményezte, amikor tavasszal a 0-60 cm-es talajrétegben az N<sub>min</sub>-tartalom 109-162 kg/ha között alakult. A maximális N-ellátás (240 kg/ha) mind a három vizsgálati évben termésdepressziót okozva termés csökkenést eredményezett. A 2,8-3,2% humusztartalmú csernozjom réti talajon 40 kg N-alaptrágyázás és 80 kg/ha fejtrágyázás javasolható.

A P-főhatás vizsgálata során azt tapasztaltuk, hogy a kontrollhoz képest (118-133 mg/kg AL-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) a megbízható szemtermés gyarapodást a művelt talajréteg 206-242 mg/kg AL-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-tartalma eredményezte. Ezt figyelembe véve csernozjom réti talajon a talaj 200-250 mg/kg AL-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ellátottságánál még az őszi árpa P-trágyázása javasolható.

A K-főhatás elemzése során az a megállapítás tehető, hogy csernozjom réti talajon K-műtrágya kijuttatása nélkül 3,07-3,74 t/ha volt a szemtermés, amikor a talaj AL-K<sub>2</sub>O-ellátottsága 210-218 mg/kg volt. Egyes években a talaj emelkedő AL-K<sub>2</sub>O-tartalma megbízható mértékű hozamgyarapodást eredményezett. Ezen a kötött, agyagos-vályog csernozjom réti talajon 300-350 mg/kg AL-K<sub>2</sub>O-ellátottságnál a K-trágyázás egyes években még termés hozam növelő hatású lehet.

A termés hozam szempontjából legkedvezőbb bokrosodáskori tápelem arányok a következőkkel jellemezhető:

N/P 8,5-13,3	P/Mg 1,3-2,3	K/Cu 5973-6006	Ca/Mg 2,6
N/Ca 6,8-7,6	P/Zn 98-184	K/Mg 17,2-19,2	
N/Mg 17,8-19,4		K/Na 17,5-17,8	
N/Cu 5429-6751			

Az őszi árpa számára a N-trágyázás kielégítő, amennyiben a szalmahossz 51,3-71,4 cm, kalász hossz 6,6-7,5 cm, kalásonkénti szemszám 17,5-20,1 db, ezerszemtömeg 40,8-46,6 g, a hektolitertömeg pedig 65,0-72,7 kg.

A talaj AL-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-tartalma az őszi árpa bokrosodása kezdetén és végén mért SPAD-értékre nem volt szignifikáns hatással, míg megbízható bokrosodáskori tápelemkoncentráció gyarapodást a művelt talajréteg 186-233 mg/kg AL-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-ellátottsága, a szemtermés esetében pedig 186-244 mg/kg AL-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> eredményezett. Az őszi árpa számára elégségesnek bizonyult a művel talajréteg 118-133 mg/kg AL-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-ellátottsága a szalmahossz, kalász hossz valamint a kalásonkénti szemszám esetében, míg az ezerszemtömeget és a hektolitertömeget a talaj P-készlete eltérő mértékben módosította. Vizsgálataink szerint kedvező terméshozam eléréséhez az őszi árpa P-trágyázása a művelt talajréteg 200-250 mg/kg AL-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ellátottsági szintjéig javasolható.

Csernozjom réti talajon az őszi árpa számára kedvező, amennyiben a 0-30 cm-es talajréteg AL-K<sub>2</sub>O-tartalma 320-346 mg/kg.

## 5. PUBLIKÁCIÓK

### 5.1. Az értekezés témaköréhez kapcsolódó tudományos publikációk

#### Impact Factoros cikk

**Surányi Sz.** – Izsáki Z. (2018): Plant analysis application for environmentally friendly fertilization of winter barley (*Hordeum vulgare L.*). Applied Ecology and Environmental Research 16 (4): 5213-5226.

#### Lektorált magyar nyelvű folyóirat cikkek

**Surányi Sz.** – Izsáki Z. (2018): A P-trágyázás hatása az őszi árpa (*Hordeum vulgare L.*) bokrosodáskori tápelem-koncentrációjára tartamkísérletben. Növénytermelés 67(1):31-48.

**Surányi Sz.** – Izsáki Z. (2016): A N-trágyázás hatása az őszi árpa (*Hordeum vulgare L.*) bokrosodáskori tápelem-koncentrációjára tartamkísérletben. Növénytermelés 64(4):85-102.

#### Lektorált idegen nyelvű folyóirat cikkek

**Surányi Sz.** - Izsáki Z. (2016): The impact of N and P supply on the performance of yield components of winter barley (*Hordeum vulgare L.*). Columella Journal of Agricultural and Environmental Sciences, 3(1):47-52.

**Surányi Sz.** – Izsáki Z. (2016): Effect of N, P and K fertilisers and their interactions in a long-term experiment on winter barley (*Hordeum vulgare L.*). Acta Agraria Debreceniensis 70. Agrártudományi Közlemények. 87-92.

#### Konferencia közlemények idegen nyelven

**Surányi Sz.** – Izsáki Z. (2016): Development of winter barley's yield components at different N and P supply, Növénytermelés 65. Suppl. 35-38 pp.

**Surányi Sz.** – Izsáki Z. (2013): Effect of nitrogen and phosphorus supplies of the soil on the nutritional status of winter barley. Növénytermelés 62. Suppl. 151-154 pp.

**Surányi Sz.** – Izsáki Z. (2012): Effect of water supply on the NO<sub>3</sub>-N turnover in longterm mineral fertilisation experiment. Növénytermelés 61. Suppl. 211-214 pp.

Izsáki Z. – **Surányi Sz.** (2011): Grain yield quality of winter barley (*Hordeum vulgare L.*) as affected by nitrogen fertilisation. Növénytermelés 60. Suppl. 81-84 pp.

## Konferencia közlemények magyar nyelven

**Surányi Sz., Izsáki Z.** (2012): Az N-trágyázás hatása az őszi árpa (*Hordeum vulgare L.*) terméskomponenseire, I. Talajtani, Vízgazdálkodási és Növénytermesztési Tudományos Nap, Debrecen, 99-102 pp.

**Surányi Sz., Izsáki Z.** (2011): Az őszi árpa (*Hordeum vulgare L.*) N-ellátottságának ellenőrzése a levél klorofill-tartalmának ellenőrzés alapján, LII. Georgikon Napok, Keszthely.

### Angol nyelvű előadás

**Surányi Sz., Izsáki Z.** (2013): Effect of nitrogen and phosphorus supplies of the soil on the nutritional status of winter barley. 12. Alps Adria Scientific Workshop, Opatija, Doberdò and Venezia – Croatia and Italy, Március 18-23.

**Surányi Sz., Izsáki Z.** (2012): Effect of water supply on the NO<sub>3</sub>-N turnover in longterm mineral fertilisation experiment, 11. Alps Adria Scientific Workshop, Smolenice, Slovakia, Március 26-31.

## 5.2. Egyéb értékelhető cikkek

Futó Z., Bencze G., Holes A., **Surányi Sz.**, Papp Z. (2016): Korszerű növénytáplálás növénytermesztésben. A magyar gazdaság és társadalom a 21. század globalizálódó világában. Nemzetközi Tudományos Konferencia, Békéscsaba. 148-157.pp.

**Surányi Sz., Futó Z.** (2016): Az őszi búza termésmennyiségét befolyásoló nitrapyrin hatóanyag korrelációs vizsgálata. VX. Nemzetközi Tudományos Napok, Nemzetközi Tudományos Konferencia, Gyöngyös 1425-1431 pp

Futó Z., Bencze G., **Surányi Sz.** (2015): Fungicidek hatása az őszi búza (*Triticum aestivum L.*) termésére és minőségi paramétereire. Tudomány és innováció a lokális és globális fejlődésért, Nemzetközi Tudományos Konferencia, Békéscsaba. 32-38 pp.

**Surányi Sz., Futó Z., Bencze G.** (2015): A nitrapyrin hatása a talaj nitrogén- tartalmának hasznosulására. Tudomány és innováció a lokális és globális fejlődésért, Nemzetközi Tudományos Konferencia, Békéscsaba, 288-293 pp.

Tarnawa Á., Sallai A., Pósa B., Klupács H., **Surányi Sz.** (2012): Evaluation of climatic factors influenceing yield stability using long term statistical database. Növénytermelés 61. Suppl. 385-388 pp

Pósa B., Sallai An., Fekete Á., **Surányi Sz.**, Kulin B. Gy. (2012):.: Examinations on chinese silver grass (*Miscanthus sinensis*) rhizomes with different qualities small plot experiment Növénytermelés 61. Suppl.199-202 pp.

**Surányi Sz.:** (2010): A feledésbemerülő pillangósok, mint a környezeti terhelés csökkentői. XII. Nemzetközi Tudományos Napok, Károly Róbert Főiskola, Gyöngyös, 1098-1105 pp.

Hidvégi Sz., Kassai K.M., Ambrus A., **Surányi Sz.**, Hajdú E. (2008): Production Site impacts on Soybean Quality Performance. Cereal Research Communications. 36. Suppl. 1527-1530 pp.