

**A SZULFÁTRÁGYÁZÁS HATÁSA AZ ŐSZI BÚZA  
KÉMIAI ÖSSZETÉTELÉRE ÉS BELTARTALMI  
ÉRTÉKMÉRŐ TULAJDONSÁGaira**

**DOKTORI (PhD) ÉRTEKEZÉS  
TÉZISEI**

***KALOCSAI RENÁTÓ***

**MOSONMAGYARÓVÁR**

2003

**NYUGAT-MAGYARORSZÁGI EGYETEM  
MEZŐGAZDASÁG- ÉS ÉLELMISZERTUDOMÁNYI KAR  
MOSONMAGYARÓVÁR  
NÖVÉNYTERMESZTÉSI INTÉZET**

*Precíziós növénytermesztési módszerek  
doktori program*

Programvezető:

**Dr. Kuroli Géza**

MTA doktora

*Mikroszervezetek a talaj-növény rendszerben  
alprogram*

Alprogramvezető:

**Dr. Ördög Vince**

egyetemi tanár, a biológiai tudomány kandidátusa

Témavezető:

**Dr.habil. Schmidt Rezső**

egyetemi tanár, a mezőgazdasági tudomány kandidátusa

A SZULFÁTRÁGYÁZÁS HATÁSA AZ ŐSZI BÚZA KÉMIAI ÖSSZETÉTELÉRE  
ÉS BELTARTALMI ÉRTÉKMÉRŐ TULAJDONSÁGAIRA

DOKTORI ÉRTEKEZÉS TÉZISEI

***KALOCSAI RENÁTÓ***

Mosonmagyaróvár

2003

## 1. A MUNKA ELŐZMÉNYEI, CÉLKITŰZÉSEK

A kén, a negyedik esszenciális makroelem mindaddig a mezőgazdasági kutatás elhanyagolt eleme volt. A környezetvédelem erősödése és a világ kénkibocsátásának csökkenése azonban napjainkra számos mezőgazdasági területen felveti a kén esetleges pótlásának szükségességét.

A kérdés aktualitását felismerve tenyészedényes talajérleléses- és kispárcellás szántóföldi szulfátrágyázásos kísérleteket állítottunk be a kén talajban történő mikrobiológiai átalakulásának, valamint az őszi búza szulfátrágyázásra adott válaszának megismerésére meszes Duna öntéstalajon.

Kísérleteink során a következő kérdésekre kerestük a választ:

- Milyen hatással van a szulfátrágyázás az őszi búza összetételére, minőségi mutatóinak alakulására meszes Duna öntéstalajon
- Van-e jelentősége a régió hasonló klimatikus és edafikus tulajdonságokkal rendelkező területein a szulfátrágyázásnak
- Adaptálhatók-e az eddigi hazai és külföldi kísérleti eredmények a hazai viszonyokra
- Milyen összefüggések figyelhetők meg a hazai termőterületen termesztett búzafajták S tartalma, N:S aránya és kémiai összetétele-, illetve minőségi tulajdonságai között
- Hogyan befolyásolja az N, P, K műtrágyázás, valamint a *Thiobacillus sp.* talajoltás az elemi kén talajbeli oxidációját a meszes Duna öntéstalajon
- Alkalmazható-e az elemi kén, valamint a baktériumos talajoltás termesztett növényeink esetleges kénhiányának pótlására

## 2. ANYAG ÉS MÓDSZER

### 2.1. Az elemi kén átalakulásának vizsgálata tenyészedényes talajérleléses kísérletben

Az elemi kén talajbeli oxidációjának vizsgálata céljából hat, egyenként 5 kezeléssel és 3 ismétléssel tenyészedényes talajérleléses sorozatot állítottunk be a Nyugat-Magyarországi Egyetem Földműveléstani Tanszékén Mosonmagyaróváron.

A talajérleléses kísérletek során a növekvő elemi kén dózisok (0,1; 1,0; 2,5; 5,0 és 10 g tenyészedeny<sup>-1</sup>, azaz 50, 500, 1250, 2500 és 5000 kg ha<sup>-1</sup>) talajbeli oxidációját mértük.

A 84 napos, temperált körülmények között folytatott tenyészedeny-kísérletben a természetes talaj, valamint a redukált kénvegyületek oxidációjára képes *Thiobacillus ferrooxidans* és *T. thiooxidans*-oltott talajok elemi kén oxidáló képességét értékeltük műtrágyázatlan, valamint N, P, K műtrágyázott körülmények mellett.

A kísérlethez használt meszes Duna öntéstalajt a komáromi székhelyű SOLUM Rt. B/4 számú táblájáról, annak felső 5-30 cm-es rétegéből vettük. A mintavételezésre 1999. októberében került sor, az alapművelést megelőzően.

A közepes nitrogén, igen jó foszfor, valamint igen gyenge kálium ellátottságú talajt két részre osztottuk (A és B). Az első rész (A) N, P, K műtrágyázásban nem részesült, a másikat (B) a vonatkozó talajvizsgálati eredmények, valamint a MÉM-NAK műtrágyázási irányelvei alapján az őszi búza alá számított N, P, K műtrágyaadaggal kezeltük.

Ezek után a csoportokat további 3-3 részre osztottuk.

Csoportonként az egyik rész (*N*) semmiféle további kezelésben nem részesült, a másikat (*F*) a *T. ferrooxidans* (DSM No. 583), a harmadikat (*T*) a szintén acidofil *T. thiooxidans* (ATCC 8085) törzs milliliterenként  $1,5 \times 10^8$  telepképző egységet tartalmazó oltóanyagával inokuláltuk. Az oltáshoz használt törzsek a DSMZ törzsgyűjteményéből származtak. Az adott mennyiségek bemérése *DENSIMAT Biomérieux* bakteriális denzitásmérő segítségével történt. A tenyészedényekben a baktériumadagolás után  $10 \text{ CFG g}^{-1}$  száraz talaj értékek alakultak ki.

A 2000. február 24-én indított kísérlet során a talajokat termosztátban a maximális vízkapacitás 60%-án, napi vízpótlás mellett inkubáltuk.

A hőmérsékletet  $22,8 \pm 0,5^\circ\text{C}$  értéken tartottuk, mely gyakorlatilag hazai szántóterületeink felső 10 centiméteres rétegében mérhető maximális hőmérsékletének felel meg.

Az inkubációs periódus elteltével meghatároztuk a talajok  $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ ,  $\text{pH}_{\text{KCl}}$  értékeit, valamint  $\text{SO}_4^{2-}$  koncentrációit.

## **2.2. A szulfátrágyázás hatása az őszi búza kémiai összetételére és értékmérő tulajdonságaira**

A szántóföldi kisparcellás szulfátrágyázásos kísérlet keretében az őszi búza kémiai összetételét, valamint a sütőipari minőségének változását vizsgáltuk.

A 3 éves kísérlet során 7 kezelés 4 ismétlésének segítségével ( $\text{NH}_4\text{NO}_3 + \text{MAP} + \text{K}_2\text{SO}_4$ ;  $\text{NH}_4\text{NO}_3 + \text{MAP} + \text{KCl}$ ;  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + \text{MAP} + \text{K}_2\text{SO}_4$ ;  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + \text{MAP} + \text{KCl}$ ;  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2 + \text{MAP} + \text{K}_2\text{SO}_4$ ;  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2 + \text{MAP} + \text{KCl}$ , illetve kezeletlen kontroll) 3 blokkon belül (Zn-szacharóz komplex bokrosodáskor és virágzáskor történt állománykezelés mellett, illetve

anélkül) a különböző szulfáttartalmú műtrágyák hatását vizsgáltuk a talaj-, valamint a tesztnövény összetételének, illetve minőségi paramétereinek alakulására.

Az 1999. őszén indított 3 éves kísérlet során alkalmazott N, P, K dózisok nagysága a talajvizsgálati eredmények alapján a *MÉM-NAK* műtrágyázási irányelvei alapján került meghatározásra. Az így kapott talajvizsgálati eredmények alapján a közepes nitrogén, igen jó foszfor, valamint gyenge kálium ellátottságú parcellákat  $191 \text{ kg ha}^{-1}$  N,  $80 \text{ kg ha}^{-1}$   $\text{P}_2\text{O}_5$  és  $75 \text{ kg ha}^{-1}$   $\text{K}_2\text{O}$  hatóanyag mennyiségnek megfelelő műtrágyaadagokkal kezeltük.

A  $\text{P}_2\text{O}_5$ , valamint  $\text{K}_2\text{O}$  formák teljes mennyisége, valamint a számított N hatóanyag 42%-a ( $80 \text{ kg ha}^{-1}$ ,  $0,16 \text{ kg parcella}^{-1}$ ) az őszi alaptrágyázással került kijuttatásra. A fennmaradó N mennyiségét ( $111 \text{ kg ha}^{-1}$ ,  $0,22 \text{ kg parcella}^{-1}$ ) tavasszal, fejtrágyázás formájában juttattuk ki a parcellákra 50-50%-ban megosztva a bokrosodás-, illetve a szárbaindulás kezdetén.

### **2.2.1. Termesztett fajták, talajművelés és növényvédelem**

Az első két évben (1999-2000) a korai érésű *GK-Csörnőc*, a harmadik évben a középerésű *Mv-Emma* szerepelt a kísérletben.

A vetés az első évben október 7-én, a második évben október 15-én, a harmadik évben október 2-án történt  $6,2$  millió csíra  $\text{ha}^{-1}$ -ral. A vetésmélység  $5 \text{ cm}$  volt.

A kísérlet növénytermesztési rendszere megegyezett a *SOLUM Rt.* technológiájával.

A gyomirtás az első évben *Mecomorn*, 2001-ben *Granstar*, 2002-ben *Mecaphar* szerek  $2 \text{ l ha}^{-1}$  dóziséval tavaszi posztemergens kezelés formájában került elvégzésre.

Gombabetegségek (*kalászfuzáriózis, lisztharmat*) ellen *Tilt Premium, Alert-S*, valamint *Eminent 125 SL* fungicidekkel történt helikopteres állománykezelés.

Inszezticides kezelésre a kísérlet 3 éves időtartama alatt nem került sor.

A betakarítást 2000-ben június 26-án, 2001-ben június 27-én, 2002-ben június 30-án végeztük.

### **2.2.2. Talaj- és növényvizsgálatok**

A vizsgálati periódus során a talaj-, a növény-, valamint a termés kémiai összetételét-, illetve minőségi paramétereit határoztuk meg.

Talajmintavételezésre évente két alkalommal került sor. Kora tavasszal közvetlenül az első tavaszi fejtrágyázás előtt, majd az aratást követő napon mintáztuk meg parcelláink termőrétégeinek felső, művelt rétegét.

A növénymintavételre szintén két alkalommal került sor a vegetációs periódus során. Az őszi búza különböző kezelésekre hatására bekövetkező tápelem felvételének nyomán követése céljából először bokrosodáskor a teljes föld feletti zöldtömeget, másodszer a tejesérés időszakában a még zöld zászlós leveleket mintáztuk meg.

A termés minőségi paramétereinek meghatározása céljából az egyes parcellákon mintaterületeket tűztünk ki és a területen a termést betakarítottuk.

Az endospermium liszt összes kéntartalmának meghatározása mellett a minták fontosabb sütőipari értékmérő tulajdonságait a Pannon Gabona Rt győri laboratóriumában vizsgáltuk.

### 2.3. A statisztikai értékelés során alkalmazott módszerek

Az egyes kezelések során kapott eredményeket, az azok közötti összefüggéseket Excel 7.0 for Windows és Statistica for Windows 4.5 számítógépes szoftverek alkalmazásával, variancia-, valamint regresszióanalízis segítségével értékeltük.

## 3. EREDMÉNYEK ÉS KÖVETKEZTETÉSEK

### 3.1. A talajérléles kísérletek értékelése

A vizsgálatok során megállapítottuk, hogy a talajba adagolt elemi kén hatására a talaj oldható  $\text{SO}_4^{2-}$  tartalma minden esetben nőtt az elemi kén adagolásban nem részesült kontroll értékeihez képest.

A kísérlet során alkalmazott baktériumos talajoltás erőteljesen növelte az elemi kén oxidációs rátáját, amely a mért pH értékek 0,1%-os szignifikáns csökkenésében is megnyilvánult. Az alkalmazott két baktériumfaj közül az acidofilebb *T. thiooxidans* törzssel végzett talajoltás bizonyult a hatásosabbnak. A növekvő elemi kén dózisok serkentették a mikrobiális S oxidációt, mely a talajok  $\text{SO}_4^{2-}$  tartalmának változásában is megnyilvánult.

Az N, P, K műtrágyázás minden esetben az elemi kén oxidációjának szignifikáns emelkedését eredményezte. A 0,1 %-os szignifikancia szinten érvényesülő összefüggések azonban a talaj pH értékeinek alakulásával nem mutattak szoros kapcsolatot. Az összefüggés hátterében számos fizikokémiai folyamat állhat, melyek feltárására további kísérletek beállítása indokolt.

Az elvégzett vizsgálatok alapul szolgálhatnak a baktériumos talajoltással egybekötött elemi kéntrágyázást is alkalmazó talajjavításos-, (bio)remediációs eljárások esetleges továbbfejlesztéséhez.



### 3.2. A szántóföldi szulfátrágyázásos kísérletek értékelése

A bokrosodáskor, valamint az aratáskor vett talajminták felvehető szulfát tartalmában az egyes kezeléseknek tulajdonítható kapcsolatot nem találtunk.

A növényvizsgálati eredmények alapján megállapítottuk, hogy a vizsgált terület kénellátottsága elegendő termesztett növényeink kénigényének fedezésére.

A bokrosodáskor vett növéyminták S tartalmában az alkalmazott műtrágyák hatására igazolható különbségeket egyik csoport esetében sem találtunk.

A kontroll-, valamint a műtrágyázott kezelések S tartalmát összehasonlítva ugyanakkor megállapítottuk, hogy a növények S felvétele a műtrágyázás hatására nőtt.

A minták nyers fehérje, valamint S tartalma közötti erőteljes pozitív korreláció egyértelműen mutatta kén fehérjeszintézisben betöltött alapvető szerepét.

A zászlós levél vizsgálatok során a legmagasabb növényi S tartalmakat az  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ -os kezeléseknél mértük. A növényi szövetek nyers fehérje tartalmában ugyanakkor az egyes műtrágyázott kezelések között igazolható különbségeket nem találtunk.

A két érték közötti korrelációt tekintve megállapítottuk, hogy a legmagasabb nyers fehérje tartalom a zászlós levél 0,24%-os S tartalmánál adódott. Egyben ennél a S koncentrációnál kaptuk a legjobb lisztminőséget is.

A liszt egyéb értékmérő tulajdonságait tekintve az egyes műtrágyázott kezelések között statisztikailag igazolható különbségek nem adódtak.

A 2001. évi lisztvizsgálatok során a legjobb sütőipari minőséget 21:1 N:S arány esetében mértük, mely a vonatkozó irodalmi adatoknál (17:1) tágabb arány esetében adódott.

A vizsgálati eredmények alapján megállapítottuk, hogy az adott körülmények között az őszi búza minőségének alakulására legnagyobb hatása a növény N tartalmának volt.

#### 4. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

1. Talajérleléses kísérlettel bizonyítottuk a vizsgálatba vont meszes Duna öntéstalaj mikrobapopulációjának elemi kén oxidáló képességét.
2. Bizonyítottuk az acidofil *Thiobacillus sp.* talajoltás alkalmazhatóságát meszes, bázikus pH értékekkel jellemezhető talajokon. Ezzel bizonyítást nyert a leginkább csak a savanyú talajokon, vagy vizekben elfogadott és figyelembe vett *Thiobacillus*-ok kulcsfontosságú szerepe a meszes, bázikus talajkörülmények között is.
3. Megállapítottuk, hogy a vizsgálatba vont meszes Duna öntéstalajon a kén-SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> átalakulást leginkább a *T. thiooxidans* baktériumtörzs serkentette.
4. Szántóföldi kisparcellás szulfátrágyázásos kísérleteink során megállapítottuk, hogy a terület kénellátottsága elegendő az őszi búza kénigényének biztosításához.
5. Megállapítást nyert, hogy a növények S felvétele (S tartalma) az N, P, K műtrágyázás hatására nőtt.

6. Igazoltuk a szerves anyag alapvető fontosságát a növényi S-felvételben
7. Kimutattuk, hogy a zászlós levél nyersfehérje tartalma annak 0,24 (0,20-0,26) %-os S tartalmánál, illetve a bokrosodáskor vett növényminták 0,32 (0,30-0,35) %-os S tartalmánál éri el maximumát. Magasabb S tartalmak esetén a kísérlet során a nyers fehérje tartalmak csökkenése volt megfigyelhető.
8. Az eredmények alapján a lisztminták N:S aránya az irodalmi (17:1) adatoktól eltérően tágabb arányúnak, azaz 20-21:1-nek adódott.
9. A vizsgálati eredmények alapján a legmagasabb sütőipari értékszámot, valamint fehérjetartalmat az irodalmi adatoktól eltérően a N:S=21:1 aránynál kaptuk.
10. Megállapítást nyert, hogy a liszt legnagyobb nedves siker tartalma a zászlós levél 0,24 %-os S tartalmánál alakul ki.

## 5. AZ ÉRTEKEZÉS TÉMAKÖRÉHEZ KAPCSOLÓDÓ PUBLIKÁCIÓK

### 5.1. Lektorált folyóiratban megjelent cikkek

- Kalocsai, R. – Schmidt, R. – Szakál, P. – Kerekes, G. (2000): A kén – a környezetszennyező esszenciális makroelem. Acta Agronomica Óváriensis 42:2, 261-286.*
- R. Schmidt – P. Szakál – R. Kalocsai – G. Kerekes – D. Beke (2000): The effect of copper-tetramine-hydroxide on the yield of winter wheat. Acta Agronomica Óváriensis. 42:2, 241-251.*

- Kalocsai, R.** – Schmidt, R. – Szakál, P. – Leitner, M. – Beke, D. (2001): Mosonmagyaróvár környéki házikertek talajvizsgálati eredményei és a termények beltartalma. Acta Agronomica Óváriensis 43:1, 15-28.
- Kalocsai, R.** – Földes, T. – Schmidt, R. – Szakál, P. (2002): Az elemi kén talajbeli oxidációjának vizsgálata. Acta Agronomica Óváriensis. 44:1,19-28.
- R. Schmidt,- M. Barkóczy,- P. Szakál ,- **R. Kalocsai** (2002): The Impact of Copper Tetramine Hydroxide Treatments on Wheat Yield. Agrokémia és Talajtan 51:1-2,193-200.
- Kalocsai, R.** – Schmidt, R. (2002): Az elemi kén, valamint a baktériumos (*Thiobacillus sp*) talajoltás hatása a talaj kémhatására és felvehető  $\text{SO}_4^{2-}$ -tartalmára. Acta Agronomica Óváriensis 44:1, 3-18.
- Kalocsai, R.** – Földes, T. – Schmidt, R. – Szakál, P. (2003): A műtrágyázás és az elemi kén adagolás hatása a talaj kémhatására és felvehető  $\text{SO}_4^{2-}$  tartalmára. Talajtan és Agrokémia / megjelenés alatt
- Kalocsai, R.** - Schmidt, R. - Földes, T. - Szakál, P. (2003): A talaj kénformái, kéntrágyázás (szemle) Növénytermelés / megjelenés alatt

## 5.2. Előadások, posztterek, proceedingek

- Schmidt, R. – Szakál, P. – **Kalocsai, R.** – Kajdi, F. – Szakál, T. (2000): Hulladékból kinyert cink-komplex felhasználása talajok cinkpótlására és hatása a burgonya hozamára. Analytical and environmental conference. Mosonmagyaróvár, 2000. október 26-27. p. 81-88.
- Schmidt, R. – Szakál, P. – **Kalocsai, R.** – Lesny, J. – Tölgyessy, J. – Vegh, D. (2000): Transformation of copper and zinc containing residues into potential trace element nutrients of plants. Analytical and environmental conference. Mosonmagyaróvár, 2000. október 26-27. p. 114-119.
- Kerekes, G. - **Kalocsai, R.** (2000): Veszélyes hulladékokból visszanyert fémionokat tartalmazó anyagok hatásának vizsgálata kalászfuzáriózist okozó gombafajokkal szemben. VI. Ifjúsági Tudományos Fórum

Veszprémi Egyetem Georgikon Mezőgazdaságtudományi Kar Keszthely.  
2000. március 29.

*Schmidt, R. - Szakál, P. – Kalocsai, R.* (2001): Másodlagos nyersanyagok növényi tápanyagként történő felhasználása a mezőgazdaságban. MTA Növénytermesztési Bizottság, II. Növénytermesztési Tudományos Nap „Integrációs feladatok a hazai növénytermesztésben” Budapest, 2001. p. 138-144.

*Leitner, M. – Debreczeni, B-né – Schmidt, R. – Szakál, P. – Kalocsai, R.* (2001): Hulladékból kinyert különböző típusú réz-komplexek felhasználása a tavaszi árpa termesztésében. Siófok, XV. Országos Környezetvédelmi Konferencia 2001. szeptember 11-13. p. 272-277.

*Schmidt, R. – Szakál, P. – Kalocsai, R.* (2002): A talaj savanyodása és kedvezőtlen hatása a búza minőségére. Analitikai- és Környezetvédelmi Konferencia. Keszthely. 2002. 04. 11. p.11.

*Schmidt, R. – Kalocsai, R. – Tóásó, Gy. – Szakál, P.* (2002): Mikroelemek szerepe és felhasználhatóságuk a növénytermesztésben. Magyar Tudomány Napja. Kémiai Intézet Tudományos Ülése. 2002. november 7.

*Kalocsai, R. – Földes, T. – Schmidt, R. – Szakál, P.* (2002): Az elemi kén és a baktériumos talajoltás hatása a talaj kémhatására. Veszprémi Egyetem Georgikon Mezőgazdaságtudományi Kar Keszthely. VIII. Ifjúsági Tudományos Fórum 2002. márc.28.

*P. Szakál – R. Schmidt – R. Kalocsai* (2003): The effect of N solution and copper and zinc treatments on the yield and quality of winter wheat. II. Alps-Adria Scientific Workshop Trogir (Croatia) 3-8 March 2003. proc. p. 164-168.

### 5.3. Népszerűsítő közlemények

*Szakál, P. – Schmidt, R. – Kalocsai, R.* (2002): A réz és cinktrágyázás jelentősége a cukorrépa termesztésben. Cukorrépa XX. Évf. 2002/2. p. 9-11.

#### 5.4. Könyvrészlet

*Birkás, M. – Gyuricza, Cs. – Percze, A. – Schmidt, R. – **Kalocsai, R.** – Ujj, A. (2002): Szántóföldi talajhasználati praktikum (szerk. Gyuricza Csaba) Egyetemi jegyzet /ISBN 963 9483 00 1/ V. fejezet (*Schmidt Rezső - **Kalocsai Renátó***) Tápanyag-gazdálkodás, termesztett növényeink trágyaigényének meghatározása p. 159-174.*