

DOKTORI (PhD) ÉRTEKEZÉS

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**

Készítette:

KALOCSAI RENÁTÓ

Mosonmagyaróvár
2003

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

A szerző a kén talajban történő mikrobiológiai átalakulásának, valamint az őszi búza szulfátrágyázásra adott válaszánaak megismerésére tenyészedenyes talajérleléses- és kispárcellás szántóföldi szulfátrágyázásos kísérleteket állított be meszes Duna öntéstalajon.

A talajérleléses kísérlet során a növekvő elemi kén dózisosok (0,1; 1,0; 2,5; 5,0; és 10 tenyészedeny⁻¹, azaz 50, 500, 1250, 2500 és 5000 kg ha⁻¹) talajbeli oxidációját mérte.

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

Az inkubációs periódus elteltével meghatározta a talajok pH_{H2O}, pH_{KCl} értékeit, valamint SO₄²⁻ koncentrációit.

Az elvégzett talajérleléses kísérlet alapján megállapítja, hogy a meszes Duna öntéstalaj elemi kén oxidáló képessége az oxidáció számára optimális környezeti feltételek esetében elegendő lehet természetett növényeink kénigényének fedezésére.

Vizsgálataival bizonyítja az elemi kén oxidálására képes acidofil *Thiobacillus ferrooxidans*-szal, valamint *Thiobacillus thiooxidans*-szal történő talajoltás meszes, bázikus talajokon való eredményes alkalmazhatóságát.

A szántóföldi kispárcellás szulfátrágyázásos kísérlet során a szerző a tesztnövényként alkalmazott őszi búza kémiai összetételének, valamint sütőipari minőségének szulfátrágyázásra adott válaszát vizsgálta.

A 3 éves kísérletben 7 kezelés 4 ismétlésének segítségével ($NH_4NO_3+MAP+K_2SO_4$; $NH_4NO_3+MAP+KCl$; $(NH_4)_2SO_4+MAP+K_2SO_4$; $(NH_4)_2SO_4+MAP+KCl$; $CO(NH_2)_2+MAP+K_2SO_4$; $CO(NH_2)_2+MAP+KCl$, illetve kezeletlen kontroll) 3 blokkon belül (Zn-szacharóz komplex bokrosodáskor és virágzáskor történt állománykezelés mellett, illetve anélkül) a különböző szulfáttartalmú műtrágyák hatását vizsgálta a talaj-, valamint a tesztnövény kémiai összetételének, illetve minőségi paramétereinek alakulására.

A kapott eredmények közötti összefüggéseket varianciaanalízis, valamint korrelációs számítás segítségével értékelte.

Az elvégzett vizsgálatok eredményei alapján a szerző megállapítja, hogy a vizsgálatba vont terület kénellátottsága elegendő volt az őszi búza kénigényének fedezésére, mely az N, P, K műtrágyázás hatására növekedett.

A talajminták oldható szulfát-, valamint az N, P, K műtrágyázott kezelések növénymintáinak S tartalma között az egyes kezeléseknél tulajdonítható igazolható különbséget nem talált.

A zászlós levél vizsgálatok során a legmagasabb növényi S tartalmakat az $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ kezeléseknél kapta. A zászlós levél minták nyers fehérje tartalmában ugyanakkor igazolható különbségeket nem talált.

A két érték közötti korrelációt vizsgálva megállapítja, hogy a legmagasabb nyers fehérje tartalom a növény 0,24%-os S tartalmánál adódott. Egyben ennél a S koncentrációnál kapta a legjobb lisztminőséget is.

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

Vizsgálatai alapján a szerző megállapítja, hogy a legnagyobb nedves siker tartalom a zászlós levél nyers fehérje tartalmának maximumánál, annak 0,24%-os S tartalmánál, illetve a bokrosodó növény 0,32%-os S tartalmánál várható.

THE EFFECT OF SULPHATE FERTILIZATION ON THE CHEMICAL COMPOSITION AND THE QUALITY PARAMETERS OF WINTER WHEAT (ABSTRACT)

The author launched incubation and sulphur fertilization experiments in order to study microbiological sulphur transformation in the soil and the reaction of winter wheat to sulphate fertilisation on a calcareous Danube alluvial soil. The bacterial soil incubation increased the oxidation rate of the soil to a great extent, which was displayed by the decreasing pH values. This effect was significant at 0.1 % probability level. Among the two bacterium species used in the experiment the *T. thiooxidans* was more effective. The N, P, K fertilisation increased the oxidation of elemental sulphur significantly in every case. In the field experiment the reaction of winter wheat to sulphate fertilization was studied. Studying the sulphur content of flag leaves the author could measure the highest values in the case of the $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ treatments. Regarding the correlation between the two values it was found that the highest raw protein value was measured at the 0.24 % sulphur content of the flag leaf. The same sulphur concentration gave the best baking quality. During the 2001 flour quality studies the best baking quality was detected at 20.1:1 N:S ratio, that is considerably higher than that of can be found in the literature (17:1).

Key words: soil, sulphur, oxidation, fertilization, winter wheat, baking quality

TARTALOM

	Oldal
BEVEZETÉS	1.
CÉLKITŰZÉSEK	3.
1. IRODALMI ÁTTEKINTÉS	
1.1. A kén és élettani jelentősége	5.
1.2. A globális kénanyagforgalom és változásai	8.
1.3. A talaj kénforgalma	12.
1.3.1. A talajok kénellátottsága	14.
1.3.2. Kénformák a talajban	15.
1.3.2.1. A szerves formában kötött kén	15.
1.3.2.2. A szervesen kötött kénformák mineralizációja	17.
1.3.2.3. A szervesen kötött kénformák	19.
1.3.3. A kéntrágyázás hatása a talajra	21.
1.4. A mikroszervezetek szerepe a kénforgalomban	24.
1.4.1. A kénforgalomra ható mikrobiális oltóanyagok alkalmazásai	25.
1.4.1.1. Talajjavítás, (bio)remediáció	33.
1.5. Magyarország talajainak kénellátottsága	34.
1.6. A növények kénanyagcseréje	36.
1.7. A kén szerepe az őszi búza minőségi és mennyiségi paramétereinek alakulásában	40.
1.7.1. A kénhiány és tünetei	43.
1.7.2. A kéntrágyázás hatása az őszi búza minőségére	45.
2. ANYAG ÉS MÓDSZER	
2.1. Tenyészedényes talajérleléses kísérletek	48.
2.2. Szabadföldi kisparcellás kísérletek	51.
2.2.1. A termőhely és az alkalmazott kezelések	51.
2.2.2. Termesztett fajták, talajművelés és növényvédelem	53.
2.2.3. Talaj- és növényvizsgálatok	54.
2.3. A statisztikai értékelés során alkalmazott módszerek	55.
3. EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK	
3.1. Tenyészedényes talajérleléses kísérletek	
3.1.1. A Thiobacillus-ok hatása műtrágyázatlan talajban	56.
3.1.1.1. A talajok pH értékeinek alakulása	56.
3.1.1.2. A talajok szulfát tartalmának alakulása	58.
3.1.2. A Thiobacillus-ok hatása műtrágyázott talajban	61.
3.1.2.1. A talajok pH értékeinek alakulása	61.
3.1.2.2. A talajok szulfát tartalmának alakulása	63.

3.1.3.	<i>A műtrágyázás kénoxidációra kifejtett hatásának összehasonlító értékelése</i>	66.
3.1.3.1.	<i>A műtrágyázás hatása a talajok pH_{H_2O} értékeire</i>	66.
3.1.3.2.	<i>A műtrágyázás hatása a talajok pH_{KCl} értékeire</i>	67.
3.1.3.3.	<i>A műtrágyázás hatása a talajok szulfát tartalmára</i>	68.
3.1.4.	<i>A tenyészedényes talajérleléses kísérletek összefoglalása</i>	69.
3.2.	Szabadföldi kisparcellás kísérletek	73.
3.2.1.	<i>A talajvizsgálati eredmények alakulása</i>	73.
3.2.1.1.	<i>A bokrosodáskor vett talajminták eredményei</i>	73.
3.2.1.2.	<i>Az aratáskor vett talajminták eredményei</i>	77.
3.2.2.	<i>A növényvizsgálati eredmények alakulása bokrosodáskor</i>	81.
3.2.2.1.	<i>A 2000. évre vonatkozó értékelés</i>	81.
3.2.2.2.	<i>A 2001. évre vonatkozó értékelés</i>	86.
3.2.2.3.	<i>A 2002. évre vonatkozó értékelés</i>	88.
3.2.2.4.	<i>A 2000-2002. évekre vonatkozó eredmények összefoglaló értékelése</i>	90.
3.2.3.	<i>A zászlós levél vizsgálati eredmények alakulása</i>	97.
3.2.3.1.	<i>A 2000. évre vonatkozó értékelés</i>	97.
3.2.3.2.	<i>A 2001. évre vonatkozó értékelés</i>	102.
3.2.3.3.	<i>A 2002. évre vonatkozó értékelés</i>	105.
3.2.3.4.	<i>A 2000-2002. évekre vonatkozó eredmények összefoglaló értékelése</i>	108.
3.2.4.	<i>A kezelések hatása az őszi búzaliszt sütőipari tulajdonságaira</i>	115.
3.2.4.1.	<i>A 2000. év lisztvizsgálati eredményei</i>	115.
3.2.4.2.	<i>A 2001. év lisztvizsgálati eredményei</i>	120.
3.2.4.3.	<i>A 2000-2001. évek összefoglaló értékelése</i>	131.
3.2.5.	<i>A szabadföldi kísérletek összefoglalása</i>	136.
4.	KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK	145.
5.	ÖSSZEFOGLALÁS	147.
6.	ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK	153.
7.	KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS	155.
8.	FELHASZNÁLT IRODALOM	156.
MELLÉKLET		

BEVEZETÉS

A kén, a három filozófiai esszencia egyike. A napot, a szenvedélyt, az állandóság és a változás örök dialektikáját, az őserőt és a szerelmet jelképező elem (1. ábra). Mind a növényi, mind az állati szervezet számára alapvető tápanyag. A kéntartalmú aminosavak építőeleme, a peptidek, a fehérjék és a lipidek alkotórésze. Esszenciális tápelem, mely közvetlenül, vagy közvetve számos növényi és állati életfunkcióban szerepet játszik (Buzás 1983, Jansson 1994, Zhao et al. 1995, Tölgyesi 1990).



1. ábra: Kén, - a három filozófiai esszencia egyike (Junius 1979)
Figure 1. Sulfur as one of the three philosophical essentials (Junius 1979)

A kén esetleges visszapótlására a mezőgazdasági gyakorlat mindeddig viszonylag kisebb figyelmet fordított. Tette ezt annak ellenére, hogy a növények számára rendelkezésre álló kén mennyisége számos mezőgazdasági területen csökken. Ez maga után vonhatja természetett növényeink mennyiségi és minőségi paramétereinek romlását.

A tendencia okai között első helyen a kísérősó-mentes műtrágyák használata (Bohn et al. 1985, Tiwari et al. 1995), valamint a környezetvédelem hatására csökkenő antropogén kénkibocsátás említhető meg (Gibbs 1991, Radalieu 1995, Zhao et al. 1995, Reynolds et al. 1999, Varga 2001).

Ugyancsak az esetleges kéntrágyázás szükségességét erősíti az olyan nagyobb termőképességű, kedvezőbb kvalitatív mutatókkal rendelkező növényfajták, hibridek termesztésbe vonása (*őszi káposztarepce, őszi búza*), amelyeknek makroelemekkel (így a kénnel) szemben támasztott igényei is nagyobbak (*Hensier és Ninphinus 1985, Loch 1993*), valamint a megnövekedett N, P, K ellátás is, ami mezőgazdasági növényeink termésszintjének növelése mellett azok S tartalmának emelkedéséhez is vezet (*Lásztity 1991, Lásztity és Csathó 1995, Győri és Mars 2001*).

Fent részletezett összefüggéseknél fogva, hogy megfelelő hozamokat és minőséget legyünk képesek biztosítani, bizonyos esetekben kéntrágyázásra lehet szükség.

Az okszerűen alkalmazott kéntrágyázás Európa számos területén így egyre nagyobb jelentőséggel bír és mindennapi gyakorlattá válik (*Schnug és Pissarek 1984, Schnug 1988, Withers et al. 1997, Haneklaus és Schnug 1992, Schnug et al. 1993, Haglund és Hansen 2000, Hagel 2000*).

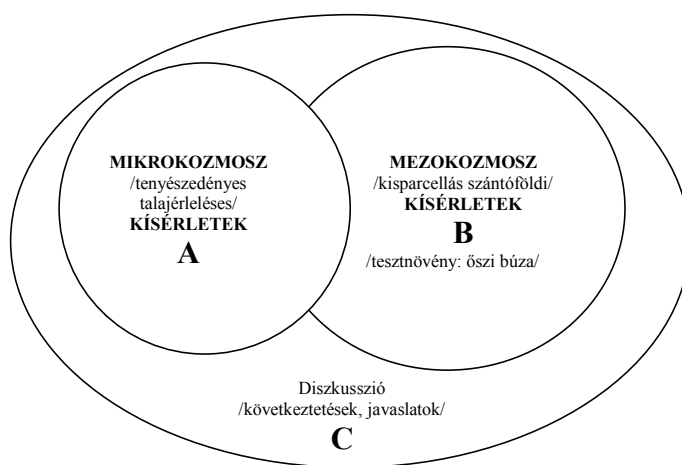
A közvetlen növénytáplálási vonatkozásokon túl a kéntrágyázás letéteményese lehet a bázikus talajok (és szikesek) javításának (*Groudeva et al. 1984, Slaton et al. 1997, Slaton et al. 1998a, 1998b*) és alapját képezheti egyes nehézfém szennyezett talajok (fito)remediációjának is (*Southarm és Beveridge 1992, Tichy et al. 1997, Maini et al. 2000*).

A probléma aktualitását felismerve számos kutatás foglalkozik a tendenciák modellezésével, azok mezőgazdasági kihatásával, a kén növénytáplálási jelentőségével.

A felsorolt változások Magyarország mezőgazdaságára is hatással lehetnek, mely felveti a kénrel foglalkozó kutatások szükségességét (*Kalocsai et al. 2000*).

CÉLKITŰZÉSEK

Munkánkat, melyet a Nyugat-Magyarországi Egyetem Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar Növénytermesztési Intézetének Földműveléstani Tanszékén indítottunk Mosonmagyaróvárott, három irányban végeztük: (2. ábra).



2. ábra: A kísérletek felépítése
Figure 2.: The structure of the experiments

A tenyészedényes talajérleléses kísérletek során (A) a talajba adagolt elemi kén oxidációját mértük N, P, K műtrágyázás, valamint baktériumos (*Thiobacillus sp.*) talajoltás mellett.

A szántóföldi kisparcellás kísérlet keretében (B) az őszi búza (*Triticum aestivum L.*) kémiai összetételének, valamint a termés mennyiségi és minőségi paramétereinek szulfátrágyázásra adott válaszát vizsgáltuk a régióban jellegzetesnek mondható meszes Duna öntéstalajon.

Előzetes elképzelésünk alapján, amennyiben a szántóföldi szulfátrágyázásos kísérleteink pozitív eredményt adnak, az elvégzett talajérleléses kísérletek eredményei alapján mód nyílhat az elemi kénnel történő tápanyag-visszapótlásra.

Ez számos aspektusból is kedvező lehet: Egyfelől így tudjuk a legkisebb tömeggel a legnagyobb hatóanyag mennyiséget a talajba juttatni, másfelől ezen „retard” hatású anyag alkalmazásával a kilúgzásos veszteségek jelentősen csökkenthetők.

Kísérleteink során a következő kérdésekre kerestük a választ:

- Milyen hatással van a szulfátrágyázás az őszi búza összetételére és 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 az adott kísérleti elrendezésre és más hazai rendszerekre
- Milyen összefüggések figyelhetők meg a hazai termőterületeken 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

Vizsgálataink mellett alapvető célunk volt a kén globális- és talajbeli körforgalmának, növénytáplálási szerepének bemutatása, a témában fellelhető tudományos munkák tömör összefoglalása.

1. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

1.1. A KÉN ÉS ÉLETTANI JELENTŐSÉGE

A kénről és vegyületeiről (SO₂, SO₃, H₂S) jobbra csak mint az egyik legfőbb környezetszennyező anyagról van információnk.

A századunkban ugrásszerűen fellendült, főleg ipari tevékenységnek betudható immissziójuk káros hatásaként közismertek növényeink nekrózissal, esetenként teljes pusztulással járó „akut”-, valamint a hatás külső jelei nélkül a termelési teljesítmény csökkenésében megnyilvánuló „krónikus” megbetegedései (*Kisser et al.* 1962, valamint *Wentzel* 1967 in *Dassler* 1976).

A csapadékkal kénessav és kénsav formájában aláhulló szennyezés (*savas eső*) alapvető változásokat indukál talajainkban is.

Amellett, hogy a bázikus talajrészecskékkel nehezen oldható szulfátokat képez és ezáltal csökkenti a növények számára hozzáférhető tartalék tápanyag mennyiségét, a talaj pH-t savas irányba tolja el, mely hátrányosan befolyásolja a talaj fizikokémiai és biológiai rendszerének kiegyensúlyozott működését.

A pH csökkenés következtében a Cu, Zn, B, Mn, valamint egy bizonyos szintig az Fe akár toxikus szintet meghaladó felvehetősége nő, velük párhuzamban viszont csökken a növények számára hozzáférhető N, P, K, Ca, Mg és Mo mennyisége, mely összefüggést mutat a kilúgozásos folyamatok erősödésével (*Stefanovits* 1977, *Kaiser* 1996).

Az elszegényedő elemkészlet mellett a pH csökkenés hatására gátoltá válik egyes talajlakó baktériumok működése, illetve szaporodása (*rothasztó baktériumok, Azotobacter fajok, gümőbaktériumok stb...*). Ez a gombák részarányának viszonylagos növekedése mellett is kisebb biológiai aktivitással, szervesanyag-mineralizációval, nitrifikációval, cellulózbontással és nitrogénkötéssel járhat együtt, csökkentve ezáltal a talajok termékenységét (*Stefanovits* 1977).

A kén az élő szervezetek számára azonban nélkülözhetetlen.

A kéntartalmú aminosavak építőeleme, a peptidek, fehérjék és lipidek alkotórésze. Aktivizál bizonyos fehérjebontó enzimeket, pl. papinázokat (papin, brometin és ficin) és alkotóeleme a koenzim-A-nak és a glutationnak.

A biotin (H-vitamin), mely növekedésszabályozó hatású, szintén tartalmaz kén.

A diszulfidkötés egyik meghatározója a protoplazma szerkezetének, a szulfhidrilcsoportok mennyisége pedig a növények fagytűrő képességét befolyásolja (*Buzás 1983, Naren és Virupaksha 1990, Karamanos és Janzen 1991, Jansson 1994, Schnug 1997*).

Adekvát mennyiségben növeli a zöldtömeget, serkenti a növények vegetatív növekedését, növeli a klorofilltartalmat, javítja az emészthetőséget, valamint a takarmány ízletességét.

Gabonaféléknél a megfelelően alkalmazott kéntrágyázás javítja a sütőipari értékmérők alakulását, összefügg a cereáliák, hüvelyesek, valamint termesztett olajnövényeink minőségi paramétereinek alakulásával (*Kline et al. 1989, Warman és Sampson 1994*).

A kén fokozza az egyes trágyaanyagok hatékonyságát, növeli a növények károsítókkal és kórokozókkal szembeni ellenállását, azok biotikus és abiotikus stressz ellenálló képességét, így csökkenti a növényvédelem költségeit (*Pedersen 1990, Schnug et al. 1995, Sutherland et al. 1995, Wale és Oxely 1992, Walker és Booth 1994, Harms 1998*) és javítja a termésbiztonságot (*Haneklaus et al. 2001*). Fungicid hatásánál fogva eredményesen alkalmazzák termesztett növényeink gombakártevőkkel szembeni védelmére is.

Szűkíti a növényi szövetek N:S arányát, ezáltal azok nitrát-, amid- és hidrogén-rodanid tartalmát (*Zhao et al. 1995, Messic és Ceccotti 1994*).

Elégtelen S ellátás esetén elsősorban a növények fehérje-anyagcseréje károsodik (*Mengel 1976*).

Kénhiány esetén megemelkedik az oldható N-vegyületek mennyisége beleértve a nitráttartalmat is, ezzel szemben csökken a fehérje- és a

klorofilltartalom (*Schropp és Arenz 1940*) *Ergle és Eaton 1951*, *Cupina és Saric 1967*).

A kénhiány következtében csökken a növények tápanyag-, így nitrogénfelvétele is, mely növeli a nitrát talajvízbe történő kimosódásának nagyságát (*Schnug 1993*, *Schnug et al. 1993*).

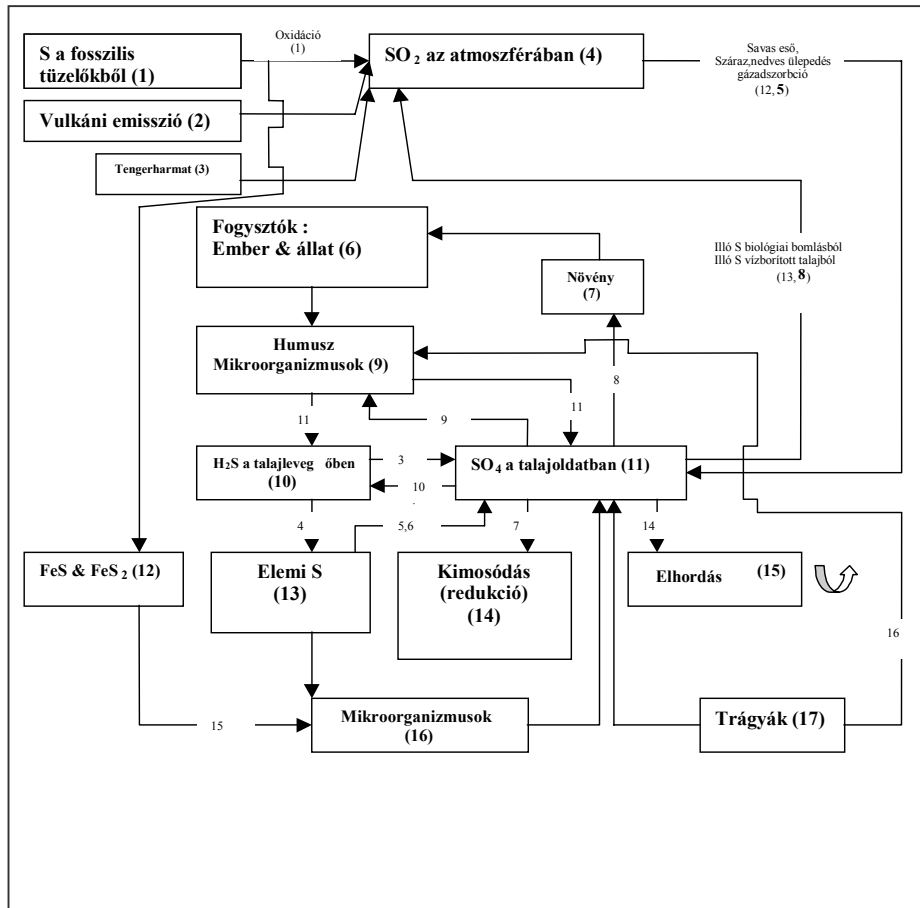
A kén az ember és valamennyi állatfaj táplálkozásában is kulcsfontosságú. A kén tartalmú aminosavak és néhány létfontosságú vegyület, mint a kondritinkénsav, a taurin, a glutation, inzulin stb. állandó összetevője. A keratinfehérjék (szőr, gyapjú, toll, szaru) ellenállókéességüket, szilárdságukat nagy cisztintartalmuknak köszönhetik (*Kakuk és Schmidt 1988*).

A kérődzők a proteinszintézisben a szulfátok, szulfidok és kisebb mértékben az elemi kén hasznosítására is képesek, a nem kérődzők takarmányaiban viszont metioninnak kell lennie. Amerikai kutatók kénhiányos takarmányon tartott szarvasmarháknál fokozatos étvágycsökkenést, testtömeg csökkenést, a nitrogénanyagcsere zavarát és a tejtermelés csökkenését is megfigyelték (*Brydl et al. 1987*).

A kén közvetlen nutritív értéket ad, valamint közvetett módon növeli az egyéb tápelemek (N, P) hatékonyságát, ezáltal javítja a termésbiztonságot (*Kanwar és Mudahar 1986*).

1.2. A GLOBÁLIS KÉNANYAGFORGALOM ÉS VÁLTOZÁSAI

A kénnek a bioszféra anyagkörforgalmában központi szerepe van. A nitrogén körforgalmával ellentétben azonban a kén ciklusában (3. ábra) az atmoszférikus fázis csak kevésbé domborodik ki.



3. ábra: A globális kénanyagforgalom Granat, Rodhe és Hallberg (1976), valamint Hekstra (1996) alapján Kalocsai et al. (2000)

Fig. 3.: The sulphur cycle (Granat, Rodhe and Hallberg 1976, Hekstra 1996 in Kalocsai et al. 2000)

(1) S from fossil fuels, (2) volcanic emission, (3) sea spray, (4) SO₂ in the atmosphere, (5) acid rain, wet and dry deposition, gaseous adsorption, (6) consumers: human and animal, (7) plant, (8) volatile sulphur from biological decay and from water logged soil, (9) humus micro-organisms, (10) H₂S in soil air, (11) SO₄²⁻ in soil solution, (12) FeS and FeS₂, (13) elemental S, (14) leaching, reduction, (15) river runoff, (16) microorganisms, (17) manures

A nitrogénhez hasonlóan a S is különböző oxidációs állapotban, számos vegyület komponenseként vándorol. Redukált formájában vegyértéke S^{2-} (H_2S), míg legoxidáltabb formájában S^{6+} (H_2SO_4).

Az elmúlt évtizedekben számos kutatás foglalkozott a globális kénemisszió meghatározásával, melynek fő forrásai a vulkanikus tevékenység, a biológiai bomlás, valamint az antropogén kénemisszió.

A természetes úton (biológiai bomlás, vulkanikus tevékenység) a légkörbe kerülő S mennyiségét *Eriksson* (1960) 267 Tg év^{-1} , *Junge* (1963) 230 Tg év^{-1} , *Robinson és Robbins* (1970) 98 Tg év^{-1} , *Kellog et al.* (1972) 89 Tg év^{-1} , *Friend* (1973) 106 Tg év^{-1} mennyiségben határozta meg. Egyedül a vulkanikus tevékenységet tekintve az évente légkörbe jutó kénvegyületek mennyiségét *Cadle* (1975) 3,75 Tg év^{-1} -re, *Steiber és Jepsen* (1973) 3,5 Tg év^{-1} nagyságúra tartja. Mindez annyit jelent, hogy a szulfát, kén-dioxid és a kén-hidrogén koncentrációja az ipari és egyéb emberi szennyezéstől mentes légkörben külön-külön 1 ng-nál kevesebbtől 5 ng l^{-1} között ingadozik *Campbell* (1977).

A folyók által szállított kénmennyiséget tekintve azt *Steiber és Jepsen* (1973), *Kellog et al.* (1972) 4, illetve 5 Tg év^{-1} -ben állapította meg.

Mivel a tengerekben a kén mennyisége meghaladja az édesvizek mintegy 3-30 mg liter $^{-1}$ -es koncentrációját (egyres helyeken 2700 mg l^{-1} -t is mértek) nem hanyagolható el az innen tengeri permet formájában szárazulatainkra jutó 4 Tg év^{-1} kén mennyisége (*Garrels és Mackensie's* 1971) sem.

Az iparosodással egyidejűleg fokozódott a fosszilis tüzelőanyagok felhasználása, vele együtt nőtt az ipari, valamint a közlekedésből származó kénemisszió (az égésük során keletkező emisszióról tájékoztat az *1. táblázat*).

Az antropogén tevékenységnek betudható éves kéndioxid kibocsátást *Klamann* (1970) 150 millió tonnára teszi, ami évi 75-80 millió tonna S mennyiséget jelent. Eredményeit alátámasztják *Friend* (1973) mérései is.

Hewitt és Davidson (1991) ezt a tételt tartja arányaiban a legnagyobb kontinentális területeinken.

1. táblázat : Fosszilis tüzelőanyagok égésekor keletkező emisszió Jándy (1976) alapján, kiegészítve Ceansescu et al. (1980) %-ban megadott értékeivel¹

Table 1.: Emission values of fossile fuels (Jándy 1976, Ceansescu et al. 1980)

(1) type of fuel, (2) components of smoke, (3) carbohydrogen, (4) solid material, (5) coal, (6) oil, (7) light fuel oil, (8) middle fuel oil, (9) heavy fuel oil, (11) gasoline, (12) natural gas, (13) coal

Tüzelőanyag (1)	A füstgáz szennyező anyagai, g/m ³ füstgáz (2)					
	CO ₂	CO	(NO) _x	SO ₂	Szén hidrogén (3)	Szilárd anyag (4)
Szén (5)	200	50-300	0,5-1	1-3	1-10	0,1-1
Olaj (6)	200	0-70	0,5-1,5	0,5	0-10	0,01
Könnyű fűtőolaj (7)				0,74 ¹		
Közepes f.olaj (8)				3,82 ¹		
Nehéz f.olaj (9)				2,45 ¹		
DIESEL (10)				0,8 ¹		
Autóbenzinek (11)				0,099 ¹		
Földgáz (12)	100	0	0,1-0,5	0,05	0	0
Szén (13)				1,8 ¹		

A világ kénkibocsátásának 1990-es évekig tartó növekedése a környezetvédelem (*Clean Air Act* 1956 és 1968 és a *Long-Range Transoundary Pollution LRTBP*), valamint az egyéb, alternatív energiaforrások felhasználásának elterjedésével megtorpant (*NAPAP* 1996).

Az ipari szűrőberendezések, fejlettebb technológiák, valamint alacsonyabb kén tartalmú fűtőanyagok alkalmazásával a kénkibocsátás tendenciája megfordult (*Gibbs* 1991), *Radaliu* 1995, *Zhao et al.* 1995, *Blake-Kalff et al.* 1998, *Reynolds et al.* 1999, *Varga* 2001).

Az ezredfordulót követő évtizedekben a fosszilis energiahordozók felhasználásának csökkenésével is számolnunk kell, (hiszen készleteink is kimerülőben vannak) mely maga után vonja a kénemisszió globális mérvű további radikális csökkenését.

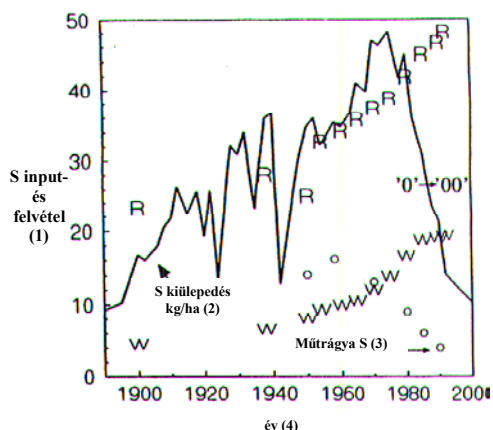
A biológiai illetve az egyéb, előzőekben részletezett hatásokra a légkörbe jutó kén a továbbiakban száraz és nedves ülepedéssel, savas eső formájában,

valamint kisebb mértékben gázadszorpció révén visszajut a földfelszínre. Az ipari területeken ez az éves kiülepedés mely legnagyobb arányban a csapadékkal hullik alá elérheti a 60-140, esetenként a 234 kg S ha⁻¹-t.

Afrika egyes szennyezetlen területein ugyanakkor ez az érték alig haladja meg az 1 kg ha⁻¹-os mennyiséget (Reisenauer 1975).

A csökkenő kénemisszió hatására a talajfelszínre érkező kén mennyisége napjainkra számos fejlett európai országban nem képes természetett növényeink (keresztes virágúak, gabonafélék) kénigényének fedezésére:

Németország egyes területein az atmoszférikus ülepedés az 1955-ös 80 kg ha⁻¹-ről 1985-re 20 kg ha⁻¹-ra, 1990-re mindössze 14 kg ha⁻¹-ra csökkent (Schnug és Holz 1987, Hagel et al. 1997), miközben a vizsgálatba vont repce, valamint őszi búza fajták kénigénye nőtt (Schnug et al. 1993). (4.ábra)



4. ábra: A német mezőgazdaság atmoszférikus és egyéb kén bevétele, valamint a repce (R) és az őszi búza (W) kénfelvételének alakulása a 20. században kg ha⁻¹ (Schnug et al. 1993)
 Figure 4.: Atmospheric and sulphur inputs into German agriculture and the sulphur uptake of oilseed rape (R) and winter wheat (W) in the 20th century kg ha⁻¹ (Schnug et al. 1993)
 (1) Sulphur input and uptake (kg ha⁻¹), (2) S-deposition, (3) Fertilizer-S, (4) year

Hasonló eredményekről számolnak be Palmer és Hawkesford (1999) Angliában; Kopacek et al. (2001) Bohémia erdeiben, és a Tátrában végzett vizsgálataikban; Moldan et al. (2001) Norvégiában, Svédországban és Finnországban; Darwinkel és Kusters (1998) Hollandiában; valamint Eriksen és

Mortensen (2000) Dániában, mezőgazdasági művelés alatt álló talajokon végzett kísérleteikben.

Az elkövetkező években talajaink kénellátottságának további csökkenése várható, mivel az EU környezetvédelmi szabályozása 2010-re 5-10 kg ha⁻¹-ban kívánja minimalizálni a talajfelszínre jutó éves nedves kiülepedést (Campbell és Smith 1996). A termésveszteség- és az esetleges minőségromlás elkerülése végett egyre kiterjedtebb területeken válhat indokolttá a kénpótlás.

1.3. A TALAJ KÉNFORGALMA

A talaj kénforgalmát tekintve (5.ábra) legfontosabb input S forrásként az öntözővíz és a talajvíz (Bloehm et al. 1998), a S tartalmú peszticidek és a műtrágyázás, a szerves trágyázás, valamint az antropogén és biológiai hatásra a légkörbe jutó és onnan száraz, illetve nedves ülepedéssel a talajra jutó kén jelölhető meg.

A műtrágyázással a talajba jutó átlagos éves kénmennyiséget Hekstra (1996) 0-60 kg ha⁻¹-ra tartja (2. táblázat). A tiszta, kísérő-só-mentes műtrágyák használatának bevezetésével (Bohn et al. 1985) azonban az automatikus kéntrágyázás gyakorlatilag megszűnik. Tiwari et al. (1995) trópusi hapludoll talajokkal végzett vizsgálatai alapján ez a talajok össz- és szerves S tartalmának mintegy 50%-os csökkenéséhez vezethet.

A talaj kéntartalmának veszteségei közül első helyen a SO₄²⁻ kimosódását kell megemlíteni. Anion természetű és legtöbb közönséges sójának oldhatósága miatt a szulfátok kilúgozásos veszteségei általában meglehetősen nagyok és különösen a laza talajoknál a nitrogénhez hasonló nagyságrendűek (Tisdale és Nelson 1966).

A talaj kéntartalmának kilúgozásos veszteségei legnagyobbak, ha az egyvegyértékű kationok (K⁺, Na⁺) vannak túlsúlyban; legkisebbek, ha a pH alacsony és számottevő mennyiségű kicserélhető Al és Fe van jelen.

A kimosódás átlagos éves mennyiségét Hekstra (1996) 30-70 kg S ha⁻¹-ra tartja. Mértékét a klíma, az évszak, a talaj fizikai-kémiai tulajdonságai, az időjárás (csapadékviszonyok) és az öntözés befolyásolják.

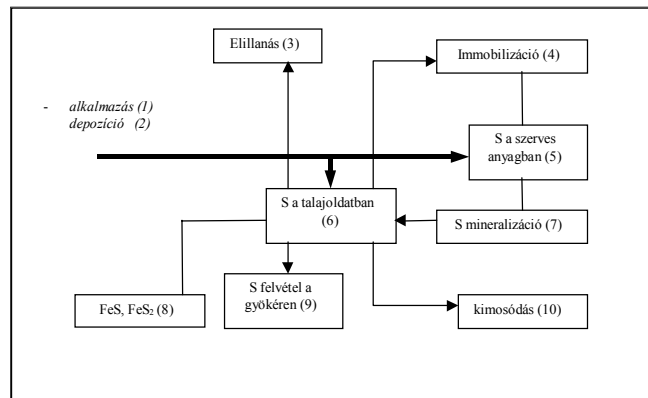
2. táblázat: A talaj kénmérlege (kg ha⁻¹év⁻¹) (Kalocsai et al. 2000)

Table 2.: The sulphur balance of soils (kg ha⁻¹year⁻¹) (Kalocsai et al. 2000)

(1) input, (2) output, (3) acid rain, (4) mineral fertilizers, (5) organic manure, (6) other /irrigation water, soil water/, (7) total, (8) leaching, (9) volatilisation, (10) uptake by crops, (11) other, (12) total

BEVÉTEL (1)		KIADÁS (2)	
Savas eső (3)	1-200	Kimosódás (8)	0,9-150
Ásványi trágyák (4)	0-60	Elillanás (9)	p.m.
Szerves trágyák (5)	0-15	Növényi felvétel (10)	5-90
Egyéb /talajvíz, öntözővíz/ (6)	0-50	Egyéb (11)	0-50
ÖSSZESEN (7)	1-325	ÖSSZESEN (12)	0,9-290

Nem hanyagolható el az erózió által a felszín exponált területeiről elhordott kénmennyiség sem, melyet Győri (1984) $65 \text{ kg S ha}^{-1} \text{ év}^{-1}$ mennyiségben határoz meg.



5. ábra A talaj kénanyagforgalma Hekstra (1996) alapján (Kalocsai et al. 2000)

Figure 5. The sulphur cycle in soils (Hekstra, 1996 in Kalocsai et al. 2000)

(1) application, (2) deposition, (3) volatilization, (4) immobilization

(5) S in organic matter, (6) S in soil solution, (7) S mineralization

(8) FeS and FeS₂, (9) S uptake by roots, (10) leaching,

A mocsári területeken, a folyók torkolati szakaszainál az anaerob körülmények következtében a SO_4^{2-} ionok elektron akceptorként funkcionálnak és H_2S -t formálnak. Ilyen körülmények között az Fe^{3+} redukált Fe^{2+} formái is megjelennek és a H_2S -nel reakcióba lépve FeS , FeS_2 kialakulásával kell számolnunk, mely közben eltömődött szintek képződése is lehetséges a talajban (Scheffer és Welte 1955, Merino és Garcia-Rodeja 1996).

1.3.1. A talajok kénellátottsága

Míg egyes mezőgazdasági területeken az input kén fedezi, sőt meg is haladja természetett növényeink kénigényét (Motowicka-Terelak 1998, Lacatusu et al. 1998), addig számos területen hiányával kell számolnunk.

Ausztrália egyes területein a szulfátrágyázásnak évtizedek óta nagy jelentőséget tulajdonítanak (McLachlan és Marco 1968).

Európa egyes területein sem újkeletű a kén alultápláltság problematikája (Cooke 1969, Saalbach 1968, Bundy és Andrasky 1990).

Murphy (1998) Írországban végzett vizsgálatait alapján felhívja a figyelmet a vizsgált talajok mintegy 30 %-ának nem megfelelő kénellátottságára. A több mint 100 szántóföldi próba alapján megállapítja, hogy a legelőkön mintegy $25\text{-}50 \text{ kg ha}^{-1}$ kén alkalmazása lenne indokolt.

Schmidt (1990) hazai gyepterületeken végzett vizsgálatai alapján a kénhiány leküzdésére az ammónium-szulfát műtrágyát javasolja. Figyelmeztet, hogy a növekvő N adagokkal a növényzet S tartalma csökken. Vizsgálatait alátámasztják *Yeates* (1984), *Cole* (1985), valamint *Jones et al.* (1971) eredményei is.

Haneklaus és *Schnug* (1992) különböző németországi termőhelyeken a búza kéntartalmát és sütőipari minőségét mérte. Vizsgálataik során megállapítják, hogy a N:S arány a vidéki területeken 17:1- nál tágabb, ezáltal azok kénhiányt mutatnak. Ezzel összefüggésben *Schnug et al.* (1993) felhívják a figyelmet arra, hogy Németországban a búzák 12 %-a volt kénhiányos a szem kéntartalma, és 45 %-a a szem N:S aránya alapján, mely utóbbi a N és S ellátás diszharmóniájára utal.

Hasonló tendenciákról számolnak be repcénél (*Brassica napus L.*) *Schnug* és *Pissarek* (1982), *Schnug* (1988), *Haneklaus et al.* (1994) is.

A növénytáplálási vonatkozások mellett mindenképpen említést érdemel, hogy termesztett növényeink, így az őszi búza N:S aránya is meglehetősen állandó, általában 15-18:1.

A megállapítást alátámasztják *Mechteld et al.* (1999) hidropóniás kultúrában nevelt búzanövényekkel végzett kísérletei is. Ugyanezen arány a *Brassica* fajoknál 4-8:1 (*Győri et al.* 1996, *Haneklaus* és *Schnug* 2001, *Győri* és *Pulay* 2001). Az összefüggés következménye, hogy minden egyes kg S hiánya 4-15 kg N-nel csökkenti termesztett növényeink N- felvételét, mely az ökonómiai mutatókon túl felveti a környezetszennyezés veszélyét is (*Haneklaus* és *Schnug* 2001).

1.3.2. Kénformák a talajban

1.3.2.1. A szerves formában kötött kén

A talajban a kén szervesen és szerves formában egyaránt megtalálható. A két forma egymáshoz viszonyított aránya erősen változó: talajtípustól, mélységtől és gazdálkodási módtól függő (*Kanwar* és *Mudahar* 1986).

A talajok kéntartalmának jelentős része azonban szervesen kötött formában található. *Grunwaldt* (1969) vizsgálatai alapján ez kiteheti a talaj kéntartalmának 0,8-100 %- át.

A szerves kénformák a következők lehetnek: (1) észterekhez kötött szulfátok, (2) C-kötött, nem aminosav S, (3) aminosavak formájában C-kötött S (*Kanwar* és *Mudahar* 1986).

Az észterekhez kötött szulfátok képezik a talajok szerves kéntartalmának leglabilisabb frakcióját (*McLaren et al.* 1985, *Williams* 1975), valamint *Zardi* és *Bucher* (2001) alapján az összes kéntartalom mintegy 30-70%- át adják.

A frakció csak kötéseinek felbomlása után válhat a növények számára hozzáférhetővé. A folyamatot szulfatázok, szulfát-észter hidrolázok katalizálják (*Zardi és Bucher 2001*)

A szénhez kötött kénformák kémiai természetéről viszonylag kevés információval rendelkezünk, bár a frakció S-tartalmú aminosav (cisztiin, cisztein, metionin) tartalma mintegy 30 %-ra tehető (*Frenay et al. 1972*).

Ghani et al. (1991) vizsgálatai alapján ez a részleg a mineralizált kén legfontosabb forrása.

Következtetéseit alátámasztják *Zhou et al. (1999)* valamint *Park et al. (1988)* eredményei is.

A talaj C:N:S aránya átlagosan 135:10:1,25 körüli értékek vehető (*Williams 1967a, 1967b, Grunwaldt 1969, Brook 1979*).

Tágabb aránya figyelhető meg a savanyú, bázisokban szegény talajokon és szűkebb az arid területek talajainál, a meszes-, és a gyengébb vízellátottságú talajoknál. A megközelítőleg állandó viszony a kénnek talaj szervesanyag-képződésben és lebontásban betöltött fontosságát jelzi (*Tisdale és Nelson 1966*).

Ahhoz, hogy a növény a szerves kötésekben tárolt kénmennyiséget felvehesse, annak először mineralizálódnia kell. A mineralizáció során – melyben *Tan et al. (1994)* vizsgálatai alapján az egyes szerves S formák között annak intenzitását tekintve lényeges különbség nem található – az említett vegyületek a talajtani jellemzőktől, a mikroflóra összetételétől és aktivitásától függően először rövidebb szénláncú egységekre, majd szeretlen vegyületekre (köztük szulfátokra) bomlanak le, kénhidrogénné alakulnak (*Alexander 1961, Szegi 1979*) (2. ábra).

A talaj szerves kötésben található kénformáinak ily módon történő feltáródását *Sanchez (1976)* évi 1-10 %-ra, *Bromfield et al. (1982)* Nigériában végzett vizsgálatai alapján évi 2,0-2,3 %-ra, *Sjöquist (1994)*, valamint *Ericksen (1994)* évi 2 %-ra tartja.

Durva becsléssel ez a talaj felső 30 cm-es rétegében 5 % szervesanyag-tartalom mellett, ha 0,5% S tartalommal számolunk, évi 15 kg ha⁻¹-os feltáródást jelent, mely önmagában aligha lenne elég természetett növényeink kénigényének kielégítésére, melyet *Hekstra (1996)* évi 5-50 kg ha⁻¹-ra tart.

Győri (1984) vizsgálatai alapján a repce kénigénye 1,5 t ha⁻¹ szemterméssel és ugyanennyi mellékterméssel számolva meghaladja a 21 kg S ha⁻¹-os mennyiséget.

1.3.2.2. A szervesen kötött kénformák mineralizációja

McGill és Cole (1981) alapján a mineralizáció két úton: biológiailag és biokémiaiilag is lejátszódhat.

A biológiai mineralizáció során a mikroorganizmusok használják fel a szénhez kötött S-forrásokat és a folyamat melléktermékeként SO_4^{2-} keletkezik.

A biokémiai út akkor jön számításba, ha a szerves SO_4^{2-} -tartalom túl kevés a mikrobiológiai S igény kielégítéséhez. Ez állandó növényborítottság esetén nagyon gyakori jelenség lehet, melynek során a növények által termelt enzimek, valamint növényi stimulációra a mikrobák által termelt enzimek a talaj észterekhez kötött szulfát vegyületeit SO_4^{2-} -ionná hidrolizálják (Zhou et al. 1999).

A szerves kén mineralizációját befolyásoló legfontosabb tényezők: a hőmérséklet, a talajnedvesség, a szerves anyag kéntartalma, a növényzet - növényborítottság, a C:S (C:N) arány, a talaj levegőzöttsége, valamint a talaj pH és a mésztartalom.

Talajérleléses kísérleteik során Jaggi et al. (1999), három különböző pH-jú talaj szervesen kötött S mineralizációs tevékenységét vizsgálva megállapítják, hogy az átalakulás legkedvezőbb hőmérséklete $36\text{ }^\circ\text{C}$ volt, függetlenül a talaj kémhatásától.

A mikrobiális légzés, valamint a vizsgált talajok felvehető N és S tartalmának különböző hőmérsékleti értékeken (5-, 10-, 15-, 20-, $25\text{ }^\circ\text{C}$) végzett mérése során MacDonald et al. (1995) egyértelműen bizonyítja, hogy a mineralizáció a hőmérséklet emelkedésével –így a nyári hónapokban is (Dhamala és Mitschell 1995) – nő ($P=0,1$).

Chaudhry és Cornfield (1967) a mineralizáció számára optimális talajnedvességet a talajok víztartókéességének 60 %-ában határozza meg, mely gyakorlatilag a szántóföldi vízkapacitás értékének felel meg (Kittams 1963).

Stewart et al. (1966) felhívja a figyelmet, hogy a S mineralizációja csak akkor játszódik le, ha a talajba juttatott, vagy ott található szerves anyag (pl. szalma) S koncentrációja 0,15 % feletti. Az összefüggés háttérben a C:S arány áll.

Vizsgálataikat kiegészítik Wu et al. (1993) Angliában, valamint Eriksen et al. (1998) Dániában végzett szántóföldi kísérletei, melyek alapján a szerzők figyelmeztetnek, hogy alacsonyabb S ellátottságú talajokon a S hiányos és tág C:S arányú növények visszaforgatásával a talajbeli mikrobiális S immobilizáció fokozódik.

A mikrobiális S átlagos értékét Banerjee és Chapman (1996) egyébként mintegy $3\text{--}300\text{ }\mu\text{g g}^{-1}$ szárazanyag talajra teszi kihangsúlyozva, hogy e frakció nagysága talajtípusonként eltérő.

Chopra és Kanwar (1968) Haryanában (India) végzett kísérletei során megállapítják, hogy a meszezés hatására bekövetkező pH ($7,4\rightarrow 8,2$)

emelkedés következtében a szerves-S mineralizációja növekedett (5,6 %→7,7 %).

Du-Toit et al. (1995) dél-afrikai művelt és nem művelt talajokkal végzett kísérleteik során megállapítják, hogy a rendszeres talajművelés mintegy 30 %-kal növelte a talajbeli szerves-S mineralizációját.

1.3.2.3. A szerves kénformák

A talajban a kén szerves formában (1) a Na, K, Mg, Ca vízoldható szulfátjainak-, (2) az agyagásványok- és Al- és Fe-oxidok felületén adszorbeált szulfátok-, (3) a Ca, Ba, Fe és Al oldhatatlan szulfátjainak-, valamint (4) szulfidok és a S egyéb redukált formáiban (köztük elemi kén) lehet jelen.

Elemi ként jól szellőzött, felföldi talajokban gyakorlatilag nem találhatunk. Redukált formáit is főleg csak vízborításos, anaerob viszonyok között mérhetjük be nagyobb mennyiségben, ahol bakteriális redukció játszódik le és szulfidok képződnek.

Talajaink legfontosabb szulfátjai a gipsz és az anhidrit, legfontosabb szulfidjai a pirit és az FeS, mely utóbbi vegyületek optimális körülmények között azonban gyorsan szulfáttá oxidálódnak. *Ribeiro et al. (2001)* alapján a nagy adszorpciós kapacitású talajoknál ezen ásványi frakció biztosítja a növények számára felvehető kénmennyiséget.

Míg a humid régiók talajainak SO_4^{2-} koncentrációja a 10 mg kg^{-1} talaj értéket sem éri el, addig szárazabb környezetben (szántóföldi vízkapacitáshoz közeli értéken) mennyiségük meghaladhatja az 1000 mg kg^{-1} -os mennyiséget (*Bettany és Roberts 1985, Jansson 1994*).

Az eltérések a szerves anyag mineralizációjának, az oldható szulfátok kimosódásának, valamint a növényi kénfelvétel, a klíma, a talajtípus és az agrotechnika (talajművelés, öntözés-öntözővíz, műtrágyázás) különbségeiből adódnak.

A szabad szulfátok főleg kationokkal alkotott (Na^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+}) vízoldható sói, valamint a főleg amorf anorganikus Al^{3+} -mal kapcsolódó oldhatatlan szulfátok mellett - mely kiteheti egyes talajok összes kimutatható szulfáttartalmának mintegy 90%-át (*Bhatti et al. 1997*) – jelentős lehet az 1:1 agyagásványok, valamint az Al- és Fe-oxidok (oxihidrátok) felületén adszorbeált szulfátmennyiség is (*Patil et al. 1997, Autry et al. 1990*).

A szulfátionok kötődése a talajkolloidokhoz azonban meglehetősen gyenge (a liotróp sorban a foszfát után következik), így különösen laza talajokon könnyen kimosódhatnak.

A talajok SO_4^{2-} adszorpcióját a következő tényezők befolyásolják: (1) a talaj pH, (2) az agyagtartalom, (3) a Fe- és Al-oxidok mennyisége, (4) a

foszfát adagolás, és (5) a talaj szervesanyag tartalma, melynek csökkenésével az adszorpció is csökkenő tendenciát mutat (*Kamprath et al. 1956, Chao et al. 1962, Kaltrun 1996*).

Ensminger (1954), Kamprath et al. (1956), Nelson (1964), Zhang et al. (1996) és Patil et al. (1997) vizsgálatai alapján bizonyítást nyert, hogy a pH emelkedésével a talajok SO_4^{2-} adszorpciója csökken. Egy adott pH szinten azonban az agyagásványok felületén adszorbeált kationok is jelentősen befolyásolják a talajok SO_4^{2-} adszorpcióját. Az összefüggést *Chao et al. (1963)* vizsgálatai is alátámasztják, melyek során az agyagkolloidok szulfátion adszorpciója $\text{K}^+ \rightarrow \text{Ca}^{2+} \rightarrow \text{Al}^{3+}$ irányban nőtt.

Gyakorlati oldalról a talajok elterjedt meszezése a szerves kénvegyületek mineralizációjának serkentésén túl a szulfátok mozgását is segíti a javított talajzónában (*Adams és Rawajfih 1977*). Ez a növényi kénfelvétel hatékonyabb biztosítása mellett (*Elkins és Ensminger 1971*) a SO_4^{2-} kimosódási veszteségeinek további növekedéséhez is vezethet, különösen csapadékosabb évszakok esetén (*Bolan et al. 1988, Adetuni 1992*).

Az agyagtartalom és az agyagásványok típusa is alapvető meghatározója egy talaj szulfátion adszorpciójának. *Neller (1959)*, valamint *Chao et al. (1962)* eredményei is alátámasztják, hogy az agyagtartalom növekedésével a talajok SO_4^{2-} megkötő képessége nő.

A S visszatartás ily módon növekvő sorrendben a következő:
montmorillonit \rightarrow illit \rightarrow kaolinit.

Érdekes összefüggésre hívja fel a figyelmet *Bolan et al. (1993)* a talajok SO_4^{2-} adszorpciójának vizsgálata során: Fe- és Al- hidroxidok jelenlétében Ca^{2+} ionok hatására az általuk vizsgált talajok szulfátadszorpciója 12-szeresére nőtt.

Az összefüggés az ezen hidroxidok felületén adszorbeált Ca^{2+} következtében előállott növekvő pozitív töltéssel magyarázható. A szerzők figyelmeztetnek azonban, hogy (nagyobb) szervesanyag tartalmú talajokon a Ca^{2+} a szerves ligandumokkal vegyületet képezhet, mely ezáltal nem (vagy csak gyengén) képes pozitív helyek képzésére, így Ca^{2+} indukálta SO_4^{2-} megkötésre.

Metson és Blakemore (1978) vizsgálatai alapján a SO_4^{2-} adszorpció foszfátrágyázás hatására csökken, melynek eredményeként a talajoldat SO_4^{2-} ion koncentrációja megnő. Nagy adagú foszfátrágyázás hatására az adszorbeált szulfát ionokat a foszfát ionok lelökik adszorpció helyeikről, ezáltal növelve a talajok szabad szulfáttartalmát és csökkentve az adszorbeált szulfát mennyiségét (*Metson és Blakemore 1978*). Az összefüggést alátámasztják *Aylmore et al. (1967)* eredményei is, melyek

során a MAP (*mono-ammonium-foszfát*) műtrágyázás a víznél 20%-kal több szulfátot szabadított fel a talajból. Hasonló eredményre jutott *Elfattah et al.* (1991), *Hilal és Elfattah* (1987) tenyészedényes, valamint *Bolan et al.* (1988) talajérleléses vizsgálatainak során is.

1.3.3. A kéntrágyázás hatása a talajra

A különböző formában kijuttatott, valamint a talaj mikrobiológiai folyamatainak hatására a különböző kénformákból (köztük elemi S trágyázás) feltáródó szulfátmennyiségnek természetű növényeink esetleges kénigényének fedezésén túl alapvető befolyása van a talaj kémiai (szerves talajkondicionálókkal együtt alkalmazva fizikai) paramétereinek alakulására, ezáltal egyes makro- és mikroelemek feltáródási folyamataira is (*Falatah 1998*).

A talaj H^+ ion koncentrációjának növekedése következtében előálló pH csökkenés alapvetően módosítja az egyes makro- és mikroelemek, valamint a nehézfémek feltáródási folyamatait (6. ábra).

6. ábra A pH hatása a tápelemek felvehetőségére (Fülek 1999)

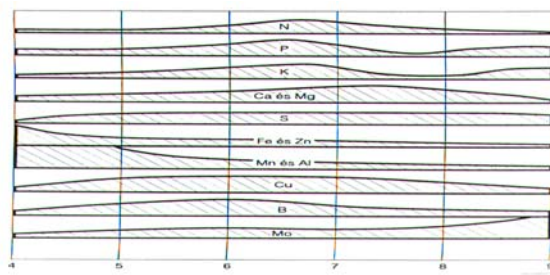


Figure 6. The effect of pH on the availability of nutrients (Fülek 1999)

Az elemi kén adagolás során bekövetkező pH csökkenés következtében az őszi búza Zn, Cu, Mn, valamint Fe tartalmának növekedéséről számolnak be karbonátos talajon végzett kísérleteikben *Wankhade et al.* 1989. Eredményeiket alátámasztják *Kaplan és Orman* (1998), *Falatah* (1998) és *Falih* (1996) vizsgálatainak is. Ez utóbbiban a szerző az Fe és Mn erőteljes koncentráció emelkedését mérte a pH, valamint a $CaCO_3$ tartalom csökkenése mellett.

Saláta tesztnövényvel végzett kísérleteik alapján *Lehoczky et al.* (1997a) ugyanakkor figyelmeztetnek arra, hogy a nehézfémekkel szennyezett savanyú talajokon a tesztnövény Cd felvétele jelentősen nő, ami megnöveli a talaj–növény–ember záplálékláncban a fémek esetleges egészségkárosító hatásának potenciális veszélyét. A káros hatás csökkentésére a szerzők meszeztést javasolnak (*Lehoczky et al.* 1997b)

A P felvehetőségének alakulását vizsgálva a pH csökkenésével az előzetesen elvártakhoz képest a S mobilizálódása következik be. Az összefüggést, melynek háttérében a foszfát- és szulfátionok agyagkolloidokon való kompetitív megkötődése, valamint a kénsav $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ -ből történő P-kioldó képessége áll (Otero et al. 1995) számos kutatási eredmény bizonyítja.

Kapoor és Mishra (1988), valamint Muchovej et al. (1989) talajérleléses kísérletei mellett Besharati és Rastin (1999) Iránban, meszes talajon végzett vizsgálatai is alátámasztják azon tényt, hogy az elemi S trágyázás *Thiobacillus* kezelés mellett egyenértékű lehet egy általános mennyiségű tripleszuperfoszfát (TSP) alkalmazással.

A kéntrágyázás hatását vizsgálva a talaj felvehető nitrogéntartalmára mindenképpen említést érdemel, hogy az aktív S oxidáció szakaszában, melynek egyértelmű következménye a talaj pH értékének csökkenése, a nitrifikáció gátolttá válik és így jelentős N immobilizációval számolhatunk (Wainwright et al. 1986). A folyamat következtében rövid távon a magas S- és mészadagok kijuttatása után nagyobb mennyiségű kiegészítő N műtrágyázás is szükséges (Gower et al. 1991).

Indokolt lehet továbbá egyes S és P hiányos területeken a kéntrágyázás következtében fellépő megnövekedett N és P igény kielégítése is, – annak a figyelembe vételével, hogy a túlzott foszforellátás Aukulah et al. 1990, valamint Murphy 1998 alapján csökkent SO_4^{2-} felvételhez vezet – mely részben ezen elemek és a kén között fennálló szinergista interakciók következménye (Rattan et al. 1995, Elfattah et al. 1991).

A lúgos talajok pH értékének csökkentésére, a semleges irányba történő eltolására (Groudeva et al. 1984), valamint talajjavításra is eredményesen alkalmazható a kéntrágyázás (Slaton et al. 1997), melynek pozitív hatása természetett növényeink termésmennyiségében is megmutatkozik (Slaton et al. 1998a, 1998b).

1.4. A MIKROSZERVEZETEK SZEREPE A KÉNFORGALOMBAN

A talaj kénforgalmában a talajmikrobiota központi jelentőségű.

Alapjaiban két nagy, mikróbák által katalizált reakciósor különböztethetünk el: a különböző redukáltsági fokú kénvegyületek oxidációját, valamint a redukciós folyamatokat.

A talajba jutott, juttatott, illetve az ott található kénvegyületeket a mineralizáció során kénhidrogénné alakítják a lebontó szervezetek (Szegei 1979). A talaj kénhidrogénje és egyéb redukáltsági fokú kénvegyületei szintén mikrobiológiai hatásra a növények számára felvehető szulfáttá oxidálódhatnak, melynek egy része a talajok adszorpciós komplexumához

kötődhet, illetve mélyebb rétegekbe mosódhat. Az átalakítás során a szulfátmennyiség bizonyos hányada a mikróbak testépítő folyamataihoz használódik fel.

Anaerob körülmények között az előző folyamatnak az ellentéte játszódik le. A kéntartalmú vegyületeket más mikróbaközösségek redukálják.

A kénformák mikrobiológiai átalakulásait (a kén mikrobiológiai körforgalmát) a 7. ábra mutatja be.

7. ábra A kén mikrobiológiai körforgalma (Kalocsai et al. 2000)

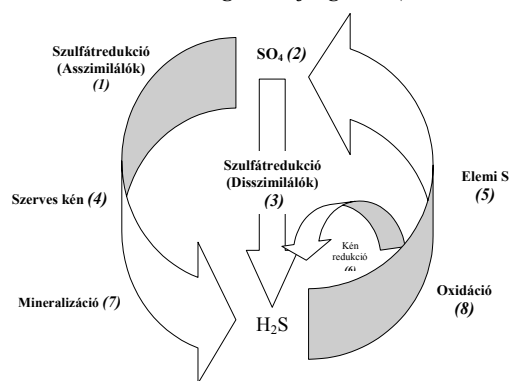


Figure 7. The microbial cycle of sulphur (Kalocsai et al. 2000)
 (1) sulphate reduction (assimilators), (2) SO_4^{2-} , (3) sulphate reduction (dissimilators), (4) organic S, (5) elemental S, (6) S reduction, (7) mineralization, (8) oxidation

A kénforgalomban szerepet játszó mikroorganizmusokat és az általuk katalizált reakciókat Kelly (1968, 1972, 1978), Trudinger (1969), Alexander (1961), valamint Szabó (1989) alapján Kalocsai et al. (2000) foglalják össze (3. táblázat).

1.4.1. A kénforgalomra ható mikrobiális oltóanyagok alkalmazásai

Annak ellenére, hogy heterotróf mikroorganizmusok is képesek redukált kénvegyületek oxidálására, és Lawrence és Germida (1991) által 35 Saskatsevan-i talajminta mikróbapopulációjának felmérése alapján a leggyakoribb oxidálók közé tartoznak, elsősorban az obligát, vagy fakultatív kemolitotróf és fototróf mikroorganizmusok tevékenysége jár együtt nagyobb mennyiségű anyagátalakítással.

Ez utóbbi baktériumok köre a *Thiobacillus*, *Thiomicrospira* génuszokra, valamint a *Beggiatoa* génusz egyes fajaira terjed ki, melyek többsége heterotróf, illetve mixotróf anyagcserét folytat (Güde et al. 1981). Evangelou és Zhank (1995) vizsgálatai alapján ezen fajok jelenléte kedvező körülmények mellett akár hatszorosára is gyorsíthatja a kéntartalmú

ásványok bomlását (Schlegel 1992). Az átalakulás fontosabb lépcsőit a 8. ábra mutatja be.

Az egyes fajok alkalmazása részben Brierley (1978), valamint Trudinger (1971) kutatási eredményeit is felhasználva igen sokoldalú (Kalocsai et al. 2000). A mikrobiológiai bányászat (Alexander et al. 1973, Brierley 1982, Colmer et al. 1950, Rastogi et al. 1984, MEND 1990, 1993, Balwant et al. 1995) mellett Milner (1999) kénbaktériumokat használ radioaktív anyagokkal szennyezett építmények megtisztítására is. Míg Rethmeier (1997) kutatásaiban galvániszapok réztartalmát vonják ki egy speciálisan erre a célra készített biofermentorban, Löffler (1998) a hulladékgumi kéntartalmát hasznosítja velük.

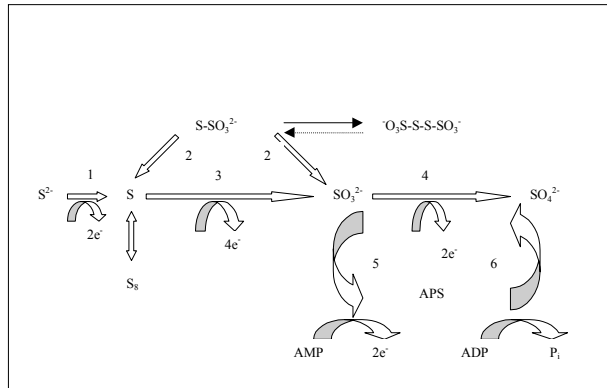
Talajainkban annak ellenére, hogy azok jelentősen különböznek kénoxidáló képességükben (Kittams 1963), főleg a *Thiobacillus thiooxidans*, *T. ferrooxidans* fajok (4. táblázat), valamint a *T. thioparus* és a *T. coproliticus* bírnak a legnagyobb jelentőséggel.

3. táblázat: A kén körforgalmában szerepet játszó mikroorganizmusok és az általuk katalizált reakciók (Kelly 1968, 1972, 1978, Trudinger 1969, Alexander 1961, valamint Szabó 1989 alapján Kalocsai et al. 2000).

Table 3.: Microorganisms taking part in sulphur transformation and the catalysed reactions (Kelly 1968, 1972, 1978, Trudinger 1969, Alexander 1961, and Szabó 1989 in Kalocsai et al. 2000).

(1) organism, (2) habitats, (3) reactions catalysed

Organizmus (1)	Előfordulás (2)	Katalizált reakciók (3)
<i>Desulfovibrio sp.</i> <i>Desulfotomaculum sp.</i>	Anaerob üledékek, mocsár és talaj	Szerves savak, alkohol és hidrogén oxidációja $8(H)+SO_4^{2-}=H_2S+2H_2O+2OH^-$ $6(H)+SO_4^{2-}=H_2S+H_2O+2OH^-$ $4CH_3.CO.COOH+H_2SO_4=H_2S+4CH_3COOH+4CO_2$ $2(H)+S_2O_3^{2-}=H_2S+SO_3^{2-}$ Politionát + x(H) → szulfid
<i>Desulfuomonas sp.</i>	Tengeri sár és <i>Chloropseudomonas</i> –szal kevert kultúrák	Acetát, alkohol, vagy piruvát oxidálása $2(H)+S^0=H_2S$
Fakultatív anaerobok (pl. tengeri baktériumok, <i>Salmonella</i> , <i>Proteus</i> , <i>Citrobacter</i>)	Változó: talaj, Víz, állati zsigerek	$2(H)+S_2O_6^{2-}=2S_2O_3^{2-}+2H^+$ tioszulfát+piruvát=szulfid+tioszulfát
Zöld fotoszintetizáló baktériumok	Világos anaerob sár és szulfid-gazdag vizek	$2H_2S+CO_2=(CH_2O)+H_2O+2S^0$
Vörös bibor fotoszintetizáló baktériumok (pl. <i>Chromatium</i>)	Mint fent; némely Aerob kénoxidálásra képes	Szulfid, kén, tioszulfát → szulfát
Bíbor fotoszintetizáló nem kén baktériumok (pl. <i>Rhodospseudomonas</i>)	Mint fent: Némely fakultatív anaerob	Szulfid → kén Szulfid → szulfát
<i>Thiobacillus ssp.</i> <i>Thiomicrospira ssp.</i> Valószínűleg egyéb litotróp fajok	Aerob vízben, vagy talajban : 5 fajuk képes a nitrátot anaerob úton redukálni	$H_2S+2O_2=H_2SO_4$ $Na_2S_2O_3+2O_2+H_2O=Na_2SO_4+H_2SO_4$ $Na_2S_4O_6+3,5O_2+3H_2O=Na_2SO_4+3H_2SO_4$ $5Na_2S_2O_3+4O_2+H_2O=5Na_2SO_4+H_2SO_4+4S$ $Na_2S_4O_6+Na_2CO_3+1/2O_2=2Na_2SO_4+2S+CO_2$ $5S+6KNO_3+2H_2O=K_2SO_4+4KHSO_4+3N_2$ $2FeS_2+7O_2+2H_2O=2FeSO_4+2H_2SO_4$ $2FeS_2+7,5O_2+H_2O=Fe_2(SO_4)_3+H_2SO_4$ $4Na_2S_2O_3+O_2+2H_2O=2Na_2S_4O_6+Na_2S_4O_6+4NaOH$
Számos heterotróf baktérium <i>Beggiatoa</i> ,	Talaj Számos tengeri bakterium Friss víz, rizsföld rétek	szulfid → kén + szulfát



8. ábra: A kénoxidáló baktériumok által katalizált reakciók fontosabb lépései Schlegel (1992) alapján. A reakcióban részt vevő enzimek: (1) szulfát-oxidáz, (2) rodanáz, (3) kén-oxidáz, (4) szulfit-oxidáz, (5) APS-reduktáz, (6) ADP-szulfuriláz
 Figure 8.: The major steps of the reactions catalysed by sulphur oxidising bacteria (Schegel 1992). Enzymes taking part in the reactions: (1) sulphate-oxidase, (2) rhodanase, (3) sulphur-oxidase, (4) sulphit-oxidase, (5) APS-reductase, (6) ADP-sulphurilase

A 0,5 µm vastag és 1-4 µm hosszú, Gram-negatív pálcikák magányosan (különálló sejtekként), párban, vagy láncokban fordulnak elő. Aerob, vagy fakultatív anaerob baktériumok *Fehér* (1954), melyek többsége egy poláris csillóval mozog. Talajból történő kitenyésztésük során a lemezen megjelenő telepeik aprók és színtelenek (*Szegi*, 1979).

Az említett baktériumokkal, azok talajbeli működésének tanulmányozásával *Meyer*, *Bechamp*, valamint *Jegunov* óta számos kutatás foglalkozik. Kísérletek folynak, különösen nehézfém szennyezett talajokon a kénbaktériumoknak fitoremediációs felhasználására is.

Alkalmazásukkal ugyanis bővíthető lenne napjainkban a környezetvédelmi kihívások miatt nem kellő mértékben alkalmazott mikrobiológiai oltóanyagok spektruma *Biró* (1998), *Biró és Pacsuta* (2002). Ezeken túlmenően hatásosabban megalapozható lehetne a fenntartható mezőgazdasági termelés is (*Biró* 1998, 2002). Kutatások folynak az elemi kénnek, mint trágyaanyagnak a karbonátos talajokon való felhasználásával is, amellyel a talajbiológiai aktivitás mikroba oltóanyagok nélkül is fokozható. Talajbeli oxidációjának lehetőségéből fakadóan ugyanis az elemi kén az az anyag mellyel a legkisebb tömeggel a legnagyobb hatóanyagmennyiséget tudjuk a talajokba juttatni. A kutatók a talajt oxidáló szervezetekkel beoltva, vagy anélkül vizsgálják az elemi kénnek, termesztett növényeink termésének kvalitatív és kvantitatív mutatóira gyakorolt hatását (*Kalocsai et al.* 2000).

4.táblázat A *Thiobacillus thiooxidans* és a *T. ferrooxidans* főbb paramétereit Szabó (1989), valamint *Roman és Brenner* (1973) alapján

Table 4. The major parameters of the bacteria *Thiobacillus thiooxidans* and *T. ferrooxidans* (Szabó 1989, Roman and Brenner 1973)

(1) organism, (2) habitats, (3) optimal temperature, (4) heat range of propagation, (5) optimal pH, (6) pH range

Faj (1)	Életforma (2)	Hőoptimum (3)	Szaporodási hőintervallum (4)	pH optimum (5)	pH intervallum (6)
<i>Thiobacillus thiooxidans</i>	Obligát aerob	28-30 °C	10-37 °C	2,0-3,5	0,6-5,0
<i>Thiobacillus ferrooxidans</i>	Fakultatív anaerob	15-20 °C	10-35 °C	1,5-5,8	1,4-6,0

Attia és Dosuky (1996) meszes homoktalajon végzett szántóföldi kísérlet keretében bizonyítja, hogy a szerves trágya, nitrogén és *Thiobacillus sp.*-vel oltott elemi kéntrágyázás hatására az őszi búza hozama és tápelemtartalma egyaránt nő. **Kabesh et al. (1989)** kukoricával, **Saber et al. (1989)** szójával végzett szántóföldi kísérletekben bizonyítja a *Thiobacillus*-szal végzett talajoltás, valamint az elemi kéntrágyázás kedvező hatását.

Hasonló eredményre vezettek **Shinde et al. (1996)** zöldségfélékkel végzett tenyészedényes kísérletei is.

Arkansasban **Slaton et al. (1998)** alkálikus homoktalajon rizszel (*Oryza sativa*) végzett vizsgálataiban a kéntrágyázás egyértelműen kedvező hatásairól számol be. A kísérletben a rizs termésmennyisége 7 %-kal növekedett, gombás fertőzésekkel szembeni ellenállósága a kezelés hatására nőtt.

A talajba juttatott elemi kén (és a különböző redukáltsági fokú kénvegyületek) mikrobiológiai oxidációját a következő faktorok befolyásolják: (1) a talaj mikrobaközössége, (2) a talaj pH és a mésztartalom, (3) a hőmérséklet, (4) a víztartalom, talajnedvesség, (5) a talaj szerkezete, szemcsemérete, (6) a talaj szervesanyag-készlete, (7) a műtrágyázás, foszfortrágyázás – tápanyagreakciók, (8) az alkalmazott kén szemcsemérete (finomsága), valamint (9) egyes peszticidek (pl. endoszulfán, fenitroton, benomil-karbofurán), melyek a baktériumokra kifejtett közvetlen hatásaik miatt a kén bakteriális oxidációjának egyértelmű inhibitorai (**Ray 1984, Bezbaruah és Saikia 1990**).

Az elemi kén oxidációs dinamikájának vizsgálata során már **Kittams (1963)** figyelmeztet, hogy még az azonos szöveti csoportba tartozó és azonos induló pH-val jellemezhető talajok is jelentősen különbözhetnek S-oxidáló képességükben. Kísérleteiben *Thiobacillusos* talajoltást alkalmazva minden esetben az oxidáció erősödését figyelte meg. Következtetéseit alátámasztják **Groudeva et al. (1984)** meszes talajok laboratóriumi vizsgálatai mellett, **Shinde et al. (1996), Lee et al. (1992)** Új Zéland talajain végzett kutatásai is.

Chapman (1990) Skócia mezőgazdaságilag művelt talajain végzett mikróbaszámlálásos vizsgálatai alapján - melyek során az acidofil *Thiobacillusok* közül *T. thiooxidans* nem, a *T. thioparus* viszont a vizsgált minták 84 %-ban találta meg - felhívja a figyelmet a heterotróf S oxidálók relatíve nagy egyedszámára, valamint arra, hogy elemi kén-adagolás hatására a neutrofil, valamint az acidofil *Thiobacillusok* egyedszáma is nő. Ezzel összefüggésben *Wainwright* és *More* (1982), valamint *Newell* és *Wainwright* (1987) különböző területek talajainak vizsgálata során megállapítják, hogy az atmoszférikus ülepedéssel szennyezett talajok kénoxidáló képessége és szulfát termelése is nagyobb. A kiülepedő S-szennyezés ugyanis indukálja a mikrobapopuláció magasabb egyedszámát, ami kihatással van a S-körforgalomra.

A talaj pH hatását vizsgálva a kén oxidációjára, az *Kittams* (1963) kutatásai alapján savas irányban nő. Megállapítását pontosítják *Lawrence* és *Germida* (1991) vizsgálatai is, melyek során a szerzők arra a megállapításra jutnak, hogy míg az autotróf kénbaktériumok egyedszáma és anyagcseréje a pH-val negatívan korrelál, addig a heterotróf S-, valamint tioszulfát oxidálóké – melyek egyes talajokon domináns populációként fordulhatnak elő - a pH növekedésével erőteljes pozitív összefüggést mutat.

Mint a legtöbb biológiai reakciónál, a mikrobiális kénoxidálásnál is megfigyelhető, hogy annak intenzitása a hőmérséklet emelkedésével nő (*Boswell et al.* 1992, *Blais et al.* 1993).

Kittams (1963) talajérleléses kísérleteiben 40 °C-ig az oxidáció erősödését figyelte meg. Gyakorlati szempontból, ha a talaj hőmérséklete 25 °C fölött van, számottevő elemi kén oxidálásával számolhatunk (*Tisdale* és *Nelson* 1966, *Bánhegyi et al.* 1980). Az összefüggés felveti a természetes oxidáció évszakfüggését is (*Backes et al.* 1993). Acidofil *Thiobacillusok* tiszta és kevert populációinak növekedési T_{max} határértékeit vizsgálva *Niemela et al.* (1994) azokat 36,1-43,6 °C-ban határozta meg.

A (talaj)nedvesség hatását az elemi kén oxidációjára *Kittams* (1963), *Janzen* és *Bettany* (1987), *Newell* és *Wainwright* (1987), *Shukla* és *Singh* (1992), valamint *Lan et al.* (2000) vizsgálták. Eredményeik alapján a legkedvezőbb értéknek a nedves, szántóföldi vízkapacitáshoz közeli nedvességtartomány jelölhető meg. Az ettől lényegesen eltérő értékek esetén mindenképpen az oxidáció intenzitásának csökkenését figyelhetjük meg, az lényegében gátoltá válik.

A talaj agronómiai szerkezetének szerepét vizsgálva *Lawrence* és *Germida* (1991) 35 db mezőgazdasági művelés alatt álló talaj S oxidáló mikrobapopulációjának felmérése során megállapítja, hogy a heterotróf

baktériumok egyedszáma az agyagtartalommal pozitívan-, míg az autotrófok egyedszáma negatívan korrelál. Ez utóbbiak, azaz az autotrófok egyedszáma és aktivitása ugyanakkor a vizsgált talajok homoktartalmával mutatott szignifikáns pozitív összefüggést. A kapcsolatot *Neilsen et al.* (1993) vizsgálatai is alátámasztják. Az agyagrészecskék, mint kolloid jellegű anyagok ugyanis megvédik a heterotróf mikrobákat a kiszáradástól és így tevékenységüket tovább kifejtethetik.

A talaj szervesanyag-készlete is hatással van a különböző redukáltsági fokú kénvegyületek, valamint az adagolt elemi kén oxidációjára. A növekvő szervesanyag-tartalom serkenti a mikrobiális növekedést, mely a S oxidáció emelkedéséhez vezet (*Cifuentes és Lindemann 1993, Li et al. 2000*).

A növényborítottság hatását vizsgálva az oxidációra *Lettl* (1984) elegyetlen lucfenyvesek, száraz termőhelyű füves lucosok, valamint hegyvidéki nyír-kőris erdőállományokban megállapítja, hogy a S-tioszulfát-, szulfid oxidálók egyedszáma és ebből kifolyólag a talajok oldható szulfát tartalma az említett irányban nő, ami közvetve a talajsavanyúság csökkenésével is kapcsolatba hozható.

A szennyvíziszapnak az elemi S oxidációjára kifejtett hatását vizsgálta kontrollált körülmények között *Cowell és Schoenau* (1995). Eredményeik alapján a szerzők felhívják a figyelmet a szennyvíziszap-kezelés erőteljes elemi kén oxidációt fokozó hatására, mely a hathetes inkubációs periódus alatt az adagolt elemi S >50 %-át érintette, szemben a kontroll mintegy 20 %-os értékeivel. A szennyvíziszapok mezőgazdasági területeken történő elhelyezésének a *Biró* (1999) által közölt mikrobiális diverzitáscsökkenés mellett azonban egyéb környezetvédelmi káros hatásai is lehetnek.

Sholeh et al. (1997) laboratóriumi vizsgálataiban felhívja a figyelmet, hogy a különböző tápelemek, - kiemelten a foszfor - kedvezően befolyásolja egyes *Thiobacillus* fajok (*T. ferrooxidans*) szaporodását, ezáltal az elemi kén oxidációját. Az általa felvetett összefüggéseket alátámasztják *Li et al.*

(2000) talajérleléses, valamint *Jedlowska és Noskovic* (1999) őszi búzával (*Kosutka*) végzett 3 éves tartamkísérleteinek eredményei is. Emelkedő N, P, K dózisok, S, valamint mésztrágyázás hatását vizsgálva a talaj szulfát-kén frakcióinak alakulására megállapítják, hogy a műtrágyázás növelte a talaj felvehető SO_4^{2-} tartalmát.

Lefroy et al. (1997) szántóföldi kísérletei alapján a P elemi S oxidációjára, valamint a tesztnövény (kukorica) gyökérnövekedésére kifejtett egyértelmű pozitív hatásáról számol be. *Sholeh et al.* (1997) laboratóriumi talajérleléses kísérlet keretében megállapítja, hogy 6 hét után az adagolt elemi kén legnagyobb hányadának oxidációja (16 %)

abban az esetben következett be, ha nem csupán a P, hanem az összes tápelem rendelkezésre állt.

Az alkalmazott kénpor finomsága (szemcsemérete) az exponált (fajlagos) felület nagyságán keresztül alapvető jelentőségű az átalakulás dinamikájában.

A részecskeméret és az oxidáció közötti erőteljes korrelációra *Attoe* (1964), *Lee et al.* (1988), *McKaskill* és *Blair* (1987), valamint *Gower et al.* (1991) vizsgálatai mellett számos más publikációban is található utalás.

Lee et al. (1992) Új Zéland talajainak *Thiobacillus*-sűrűségét vizsgálva megállapítja, hogy az alkalmazott elemi kén szemcsemérete, valamint a *Thiobacillus sp.* egyedszám között szoros negatív korreláció figyelhető meg. *Shukla* és *Singh* (1992) három különböző talaj pirit oxidációs képességét vizsgálva a pirit 4 szemcseméretével (0,8; 0,4; 0,27; és 0,16 mm) megállapítja, hogy a 90 napos érlelési periódus során a keletkezett SO_4^{2-} mennyiség a szemcseméret csökkenésével nőtt. Eredményeit alátámasztják *Lee et al.* (1988), valamint *Sholeh et al.* (1997), vizsgálatai is, melyek során az apróbb (150 μm) részecskénagyságú kén sokkal erőteljesebben oxidálódott mint a durvább (150-250 μm) szemcsemérettel jellemezhető forma. A jelenség a csökkent szemcseméret következtében jelentkező aktív felület növekedésével magyarázható.

Solberg et al. (1992) 12 éves tartamkísérletei alapján figyelmeztet, hogy mivel a talajok kén oxidációs rátájában komoly eltérések vannak, valamint a szulfát kimosódásának veszélye is fennáll, a szemcseméret megválasztásánál – esetleges különböző szemcseméretes kijuttatásánál – mindenképpen indokolt az adott talajok tulajdonságainak a figyelembe vétele.

1.4.1.1. Talajjavítás, (bio)remediáció

A lúgos talajok pH értékének csökkentésére, ezáltal annak semleges irányba történő eltolására (*Groudeva et al.* 1984), valamint talajjavításra is eredményesen alkalmazható a kéntrágyázás (*Slaton et al.* 1997). Az okszerűen alkalmazott kéntrágyázás az érintett területeken természetett növényeink termésmennyiségében is megmutatkozik (*Slaton et al.* 1998a, 1998b).

Az előzőekben említett összefüggések mellett a kéntrágyázás alapvető letéteményese lehet a nehézfémekkel szennyezett területek (bio)remediációjának is.

Southarm és *Beveridge* (1992) Quebec meddőhányóin elemi S és *Thiobacillusok* által katalizált reakciók vizsgálata során a nehézfémek elemi S kezelés hatására bekövetkező mobilizálódását figyelték meg.

Tichy et al. (1997) Cd- mal mesterségesen szennyezett talajokhoz rombos kénport, valamint mikrobiális elemi ként adagolva a Cd oldékonyságának növekedését mérték. *Sinapis alba cv. Jara* teszt növényrel végzett kísérleteikben megállapították, hogy a növény hajtásának Cd tartalma a zöldtömeg csökkenésével ugyan, de nőtt. Vizsgálataik alapján a Cd eltávolításának optimális pH- ját 5 – 5,5- ben határozták meg. A kezelés hatására bekövetkező zöldtömeg-csökkenés egyben alátámasztja *Ernst (2000)* vizsgálati eredményeit, melyek alapján a szerző megállapítja, hogy a kéntrágyázásnak a nehézfém-toleranciára hatása nincsen.

Maini et al. (2000) az elektrokinetika, valamint a S oxidáló baktériumok együttes alkalmazását vizsgálva Cu szennyezett talajok remediációjára megállapítja, hogy az említett baktériumok, valamint elemi S adagolása által elősavanyított talajból történő kivonás energiaigénye mintegy 66%-kal csökken a szimpla elektrokinetikus kivonáshoz képest.

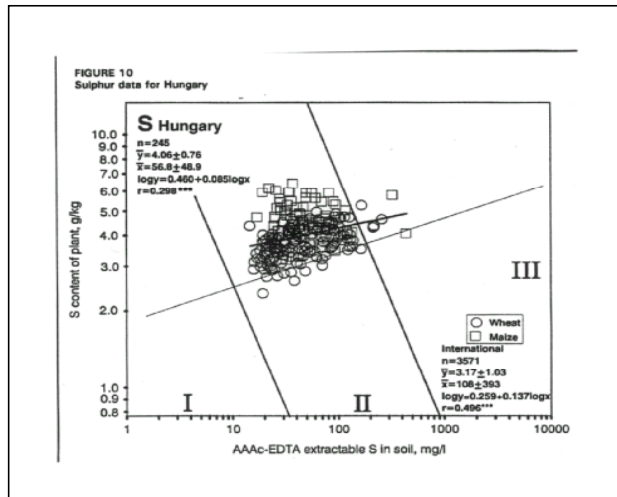
1.5. MAGYARORSZÁG TALAJAINAK KÉNELLÁTOTTSÁGA

A Magyarország kénforgalmával foglalkozó kutatások száma meglehetősen csekély. Talajaink kénellátottságának megítélésével *Szántó (1984)* mellett (aki hazánk legsürgetőbb tápanyaggazdálkodási kérdésének a kalcium visszapótlás megoldását tartotta és felhívta a figyelmet a kén problematikájára) átfogóan csak *Jansson (1995)* foglalkozott (*9. ábra*). Hazai termőterületekről az 1970- es évben gyűjtött 144 búza, valamint 106 kukorica növény és talaj laborvizsgálati eredményei alapján megállapítja, hogy a vizsgált növényminták kén tartalma nemzetközi összehasonlításban is előkelő helyet foglal el.

A talajvizsgálati eredményeket tekintve azok kén tartalma átlagosnak bizonyult Pest, Hajdu-Bihar, Győr-Moson-Sopron, Szabolcs-Szatmár megye, valamint Szolnok egyes területeit kivéve, ahol az értékek a vizsgálatba vont területek magas kénellátottságáról tanúskodtak.

Talajaink kedvező kénellátottsága többek között a foszfortrágyaként alkalmazott szuperfoszfát elterjedt használatával is magyarázható, amely S-tartalma miatt közvetlen, de a talaj savanyításával közvetett kedvező hatással is van a kénanyagcserére.

Az elmúlt évtizedben azonban műtrágya felhasználásunk jelentősen visszaesett, az gyakorlatilag csak a N visszapótlásra korlátozódik (*10. ábra*). Az 1991-1995-ig terjedő időszakban a műtrágyázással visszapótlott foszfor mennyisége mindössze 4 kg ha⁻¹ az 1986-1990-es 47 kg ha⁻¹ értékhez képest (*Kismányoky 2002*).

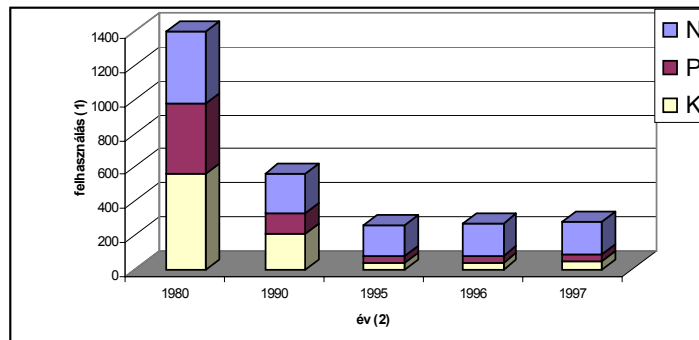


9. ábra: A magyarországi kénvizsgálati adatok Janssen (1995) alapján búza és kukorica termőterületeken (AAAc-EDTA)

I: gyengén ellátott, II: közepesen ellátott, III: jól ellátott

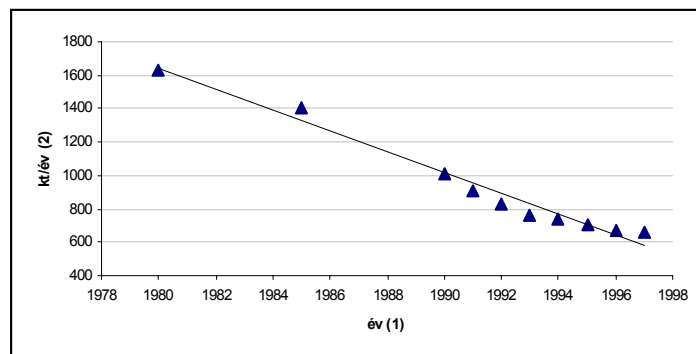
Figure 9.: The data of sulphur survey in Hungary (wheat and maize area)(Janssen 1995) AAAc-EDTA

I: poor, II: medium, III: high



10. ábra: Hazánk műtrágyafelhasználásának alakulása $(10^3 \text{ t hatóanyag } \text{év}^{-1})$ forrás: KSH
Figure 10.: The amount of fertilizer used in Hungary $(10^3 \text{ t year}^{-1})$ KSH
(1) consumption (2) year

A környezetvédelem, valamint energiaiparunk átalakulásának hatására (lakossági gázprogram, az erőművek kéntelenítése, a villamosenergia-rendszer fejlesztése) a kén-dioxid és szilárd anyag kibocsátásának 1980 óta jelentős és tartós csökkenése figyelhető meg (KöM KEVF 2000) (11. ábra).



11. ábra: A kén-dioxid kibocsátás alakulása Magyarországon ($10^3 t \text{ év}^{-1}$)(KöM KEVF 2000)

Figure 11.: The amount of SO₂ emission in Hungary ($10^3 t \text{ year}^{-1}$)(KöM KEVF 2000)
(1) year, (2) SO₂

Az előzőekben vázolt összefüggések alapján mezőgazdasági talajaink eddigi „automatikus” kéntrágyázása jelentősen csökkent, melynek nagy része, különösen laza talajokon kimosódhatott.

Az elmúlt mintegy 30 évben az ország talajainak kénállapotáról felmérések nem történtek, holott a fenti folyamatokat is figyelembe véve annak indokoltsága vitathatatlan lenne.

1.6. A NÖVÉNYEK KÉNANYAGCSERÉJE

A magasabb rendű növények rendszerint szulfát alakjában veszik fel a ként gyökereik segítségével a talajból.

A szulfát felvételében az ionkonkurencia (a szelenát kivételével, mely gátolja a szulfátfelvételt) nem játszik szerepet, az akropetális irányban jól mozog és eljut a fiatal levelekbe és merisztémákba is (*Leggett és Epstein 1956*). Bazipetális irányban gyakorlatilag nem szállítódik (*Szalai 1994*).

A növényi szervezetek kénautotrófiája –a nitrogénhez hasonlóan– szoros kapcsolatban van a szulfát redukciójával (*Pethő 1993*). Szerves vegyületekben a kén redukált formában található, ezért a gyökerek által felvett szulfátot első lépésben redukálni kell (*Schiff 1983* cit: *Szalai 1994*; *Wilson és Reuveny 1976* cit: *Taiz 1991*). Azok az enzimek, amelyek ezt a redukciót megvalósítják, a

levélsejtek kloroplasztjaiban lokalizáltak, vagy a gyökér kéregszöveiteinek protoplasztjaiban találhatóak (*Frankhauser és Brunold 1978 in Szalai 1993*). Jelen tudásunk alapján úgy látszik, hogy a szulfátredukáló képesség a növény minden szervére jellemző, de az egyes szervek között nagy különbségek vannak az aktivitás tekintetében.

Kisebb mennyiségű kén a növénybe a szennyezett légkörből a gázcsere nyílásokon keresztül SO_2 , valamint H_2S formájában is bekerülhet.

Faller (1968) meghatározott SO_2 koncentrációjú atmoszférában végzett kísérleteivel igazolta, hogy a növények hosszabb időn át is képesek kizárólag a sztómaikon keresztül felvett kénrel élni. A levélen keresztül felvett SO_2 a növényben redukálódik, S tartalmú szerves vegyületek szintéziséhez használódik fel.

A növényben a kén mind organikus, mind anorganikus alakban előfordul. A két frakció között meghatározott arány nincsen. A szerves kén inkább a növény S-tartalékának tekinthető.

A fokozott kénellátással tehát mindenek előtt a növény szerves S-tartalma nő, és csak kisebb mértékben a szervesen kötött kén mennyisége.

A növény szerves S szükséglete felett adagolt és felvett kénmennyiséget a növény szulfát alakban tárolja, amit szükség esetén redukálhat és beépíthet saját szerves anyagai közé.

A szerves molekulákban lévő kénmennyiséget a növény ismét szulfáttá tudja oxidálni, mely magyarázza az öregedése folyamán bekövetkező szerves kén mennyiség csökkenését, valamint a szerves S-tartalom emelkedését.

A szerves kén különböző módokon épülhet be a szerves anyagok közé :

- I. mint SH- csoport, vagy annak derivátuma
(azaz kén tartalmú aminosavak, peptidok és fehérjék)
- II. mint diszulfidcsoport ($\text{R}_1\text{-S-S-R}_2$)

(azaz liponsav, hagymaolaj- típusú vegyületek)

III. mint rodanid ($R-N=C=S$)

(pl. mustárolajok)

IV. mint heterociklususan beépült S

(azaz aneurin, biotin).

A növényi szervezetben előforduló S-vegyületek közül a mustár- vagy hagymaolaj-tartalmú növények kivételével mennyiségileg a cisztein és metionin a legszármottevőbb (Mengel 1976).

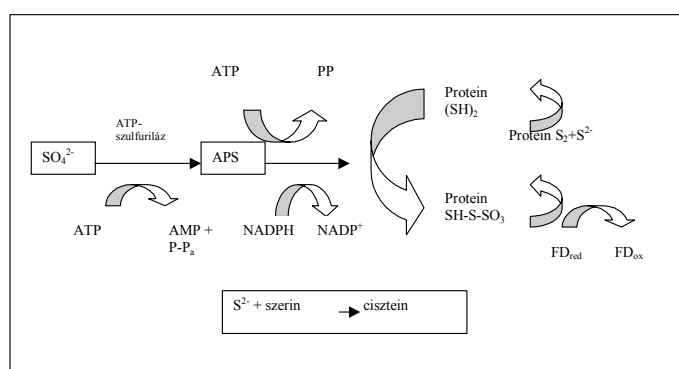
A szulfát redukcióját minden esetben meg kell előznie aktiválásának.

ATP segítségével a szulfátból ATP szulfuriláz közreműködésével pirofoszfát (PP) lehasadása közben aktivált foszfát (adenozin-foszfato-szulfát, APS) keletkezik. Ezen rövid életű vegyületet az APS kináz foszforilálja ATP felhasználásával foszforilált adenozin-foszfato-szulfáttá (PAPS), létrehozva ezáltal a kén aktivált formáit (Wilson and Reuveny 1976; Schiff 1983 cit: Taiz 1991). A PAPS közvetlenül asszimilálódik pl. foszfolipiddé, mely a ként szulfátészter formájában tartalmazza.

Ahhoz, hogy az aktivált szulfát részt vehessen az anabolikus folyamatokban, először redukálnia kell.

Az eddig még teljesen fel nem tárt folyamatnak két külön útját ismerjük. Az egyik út az oxigént fejlesztő, fotoszintetizáló algákra és a magasabbrendű zöld növényekre, a másik a nem-fotoszintetizáló, így oxigént nem fejlesztő (baktériumok, élesztők) szervezetekre, valamint az oxigént termelő kéalgákra jellemző (Szalai 1994). Ez utóbbinál a PAPS a donor, a redukciót egy specifikus PAPS-szulfo-transzferáz valósítja meg és APS a folyamatban nem vesz részt.

A magasabb rendű növények SO_4^{2-} - S^{2-} redukciós útjának fontosabb lépéseit a 12. ábra mutatja be:



12. ábra: Az SO_4^{2-} - S^{2-} redukciós út fontosabb lépéseinek vázlata Szalai (1994) alapján
Fig. 12: The major steps of SO_4^{2-} - S^{2-} reduction pathway (Szalay 1994)
(1) serine \rightarrow cysteine

A szulfátredukció során aktivált kén nem raktározódik a növényi sejtekben, hanem gyorsan, döntően kéntartalmú aminosavakká, ciszteinné és metioninná alakul. A cisztein képződése szulfidból és O-acetilszerinből történik bonyolult anyagcsereutakon keresztül az O-acetilszerin-szulfhidriláz enzim közreműködésével. Az O-acetilszerin a szerin és az acetyl-CoA- ból szerin-transzacetiláz katalizálása mellett játszódik le.

Az átalakulás során keletkezett cisztein és a cisztin, mint a másik kéntartalmú aminosav szoros kapcsolatban állnak egymással, hiszen két cisztein molekulából egy cisztin képződik.

A folyamat tulajdonképpen egy redoxrendszernek tekinthető, mely jelentős szereppel bír a növények kénanyagcseréjében.

A növényi szövetekben és szervekben a cisztein szabad állapotban sohasem fordul elő, az mindig valamely peptidbe beépülve található. Ezek közül legjelentősebb a GSH tripeptid, mely három aminosavból: a glutaminsavból, ciszteinből és a glikokollból áll és szerepe a légzési folyamatokban, az enzimek aktiválásában jelentős.

A kulcsfontosságú metionin képződésének, mely *Bersin* (1950) szerint a fehérjében található kén mennyiségének felét adja két anyagcsereútja lehetséges: a transzszulfuráció és a közvetlen szulfihidráció.

Magasabb rendű növényeinknél a transzszulfuráció az elsődleges útja a képződésének (*Wilson and Reuveny* 1976 cit: *Taiz* 1991).

Az egyéb kéntartalmú vegyületek sorában az aneurin és az α -biotin, a fokhagymaolaj, valamint a mustárolaj és a mustárolaj-glikozidok említendők meg.

1.7. A KÉN SZEREPE AZ ŐSZI BÚZA MINŐSÉGI ÉS MENNYISÉGI PARAMÉTEREINEK ALAKULÁSÁBAN

A kalászosgabona-termesztés, ezen belül a búzatermesztés a hazai mezőgazdaság egyik központi kérdése, annak húzóágazata. Vetésterülete mintegy 1,2 millió hektár, mely a várhatóan küszöbön álló EU tagságunkkal sem fog jelentős mértékben változni. A legfontosabb népelelmezési cikk, mely sajátos fehérjeösszetételéből adódó reológiai tulajdonságai alapján a kenyér sütésére teszi alkalmassá. Könnyen, olcsón és jól tárolható, termesztése teljes egészében gépesíthető (*Győri és Győriné 1998, Balla 2002*).

Annak érdekében azonban, hogy az EU tagjaként búza, illetve lisztexportőrként piaci pozícióikat képesek legyünk megtartani, sőt bővíteni, elengedhetetlen a minőséget meghatározó legfontosabb paraméterek, az egyes növényi tápelemek – köztük a kén szerepének ismerete is.

A kenyérbúza sütőipari minősége egy komplex tulajdonság, így számos tényező befolyása alatt áll (*Kajdi 2000 a,b,c*). Ezen tényezők egyike a liszt siker tartalma, mely szorosan korrelál a szem összes fehérjetartalmával (*Belitz és Grosch 1985*).

Számos fizikai tulajdonság, így a tészta nyújthatósága, a nyújtási ellenállás és a kenyértérfogat szoros összefüggést mutat a kén tartalommal. A siker frakció kén tartalmú anyagai (S tartalmú aminosavak és glutation) a felelősek a fehérjemolekulák közötti S-S kötések (diszulfid hidak) kialakításáért (*Byers és Bolton 1979, Kick 1985, Wall 1979*).

A S tartalmú összetevők koncentrációja és a búzaszem sütőipari minősége nem kizárólag genetikailag meghatározott, hanem a környezeti tényezők, mint a növény kénellátottsága is alapvetően befolyásolják (*Haneklaus és Schnug 1992*).

Alacsony kénellátottság következtében a szemben csökken a kén tartalmú összetevők részaránya, a fehérjék spektrumában eltolódások jelentkeznek a

magasabb molekulásúlyú peptidek felé (*Wrigley 1984b, Castle és Randall 1987*). A kénhiány következtében a fejlődő szemben a 8-10. napra megnő a HMW (high molecular weight) gluteninek részaránya, melyek a ω -gliadinhoz hasonlóan kisebb metionin és cisztein tartalmúak, így kénben szegények (*Wieser et al. 1991, Scropp és Wieser 1994*). A HMW-gluteninek között kiemelt helyet foglal el az x-glutenin, mely *Seilmeier et al. (1991)* vizsgálatai alapján alapvető a sütőipari technológia szempontjából.

Különböző búzafajták lisztjéből készített tészták extenzogramját vizsgálva a szerzők erős ($r=0,89$) korrelációt találtak az x-glutenin és a maximális nyújtási ellenállás között, mely viszont szintén erősen korrelál ($r=0,80$) a kenyértérfogattal (*Keiffer et al. 1981, Keiffer 1995*), így tájékoztatást ad a tészta gáztartóképeségéről (*Belitz és Grosch 1992*).

A búza kénhiánya következtében a nyújtási ellenállás nő, a nyújthatóság csökken (*Wrigley et al. 1984a*). A csökkenő cisztintartalom következtében a siker diszulfid kötése nem elegendőek a megfelelő rugalmasság biztosításához, a tészta szívóssá válik. A jelenség maga után vonja a sütőipari értékmérők romlását, a kenyértérfogat csökkenését (*Randall et al. 1981, Rasmussen et al. 1975, Moss et al. 1983, Schnug et al. 1993, Keck és Wieser 1995*).

Az összefüggéseket alátámasztják *Haneklaus et al. (1992)* vizsgálati eredményei is. A szerzők 23 német és 20 Angliából származó búzafajta kén- és összes fehérjetartalma, valamint a kenyértérfogat között kerestek kapcsolatot. Eredményeik alapján megállapítják, hogy a szem növekvő kén tartalma, valamint a fehérjetartalom és a kenyértérfogat között pozitív korreláció figyelhető meg.

Kísérleteikben a szem kén tartalmának 0,1 %-os emelkedése 1,6 % N, valamint 1,5 mg g⁻¹ S tartalom alatt az RMT és CBP tesztben a próbacipó térfogatának 40-50 ml-es növekedését eredményezte, mintegy 40 %-ban

meghatározva azt. Fenti értékek felett a vizsgált paraméterek hatása kevésbé érvényesült (*Haneklaus et al.* 1992).

A liszt sütőipari értékmérő tulajdonságai, valamint beltartalmi paraméterei között keresett összefüggést *Byers és Bolton* (1979), valamint *Byers et al.* (1987). Vizsgálatai során a szerzőkollektíva megállapítja, hogy a liszt 17:1-nél tágabb N:S aránya esetén a tészta nyújthatósága csökken, romlik a sütőipari minőség. Az általuk talált összefüggést alátámasztják *Haneklaus et al.*(1992), valamint *Bloem et al.* (1995) által elvégzett, Németország különböző területein termelt búzák lisztjének vizsgálati eredményei is.

Fenti eredményekkel összefüggésben *Schnug et al* (1993) felhívják a figyelmet, hogy amennyiben a liszt összes S tartalma nem éri el a 0,12 %-ot, az kénhiányosnak tekinthető, sütőipari minősége gyenge. Ezt kiegészítve eredményeik alapján *Stewart és Porter* (1969), valamint *Saalbach* (1972) figyelmeztetnek arra, hogy alacsonyabb N ellátás esetén a kritikus S tartalom is alacsonyabb szinten áll.

Megállapításaikat alátámasztják *Hagel et al.* (1998), valamint *Hagel* (2000) által a németországi Bentfeld, valamint Tödel kénhiány által veszélyeztetett, biodinamikus termesztés alatt álló területein végzett szulfátrágyázásos kísérletei is, melyek során a szerző megállapítja, hogy az adott területeken a búzatermesztés fő limitáló faktora nem a kén, hanem a nitrogén.

1.7.1. A kénhiány és tünetei

A kénforgalomban beálló változások alapvető hatást gyakorolnak a mezőgazdasági ökoszisztémák anyagforgalmára is.

Az 1980-as évektől folyamatosan csökkenő kénellátás, valamint a magasabb mennyiségi- és minőségi mutatókkal rendelkező – és ebből kifolyólag nagyobb kénigényű – fajták, hibridek termesztésbe vonása következményeként (4. ábra) egyre több mezőgazdasági területen diagnosztizálnak kénhiány tüneteket a

repce-, valamint az őszi búza állományokban (*Bergmann 1983, Schnug 1993, Schnug et al. 1993, Haneklaus és Schnug 1994, Schnug és Haneklaus 1994, 1995*).

Németország különböző termőhelyein mért őszi búza minták kén tartalmát és minőségét vizsgálva *Schnug et al. (1993)* megállapítják, hogy a szem kén tartalma alapján a búzaminták 12 %-a, N:S aránya alapján 45 %-a kénhiányt mutat.

McGrath et al. (1993) Angliában végzett hasonló vizsgálatai alapján szintén figyelmeztet, hogy a kén tartalom az elmúlt, mintegy 10 évben szignifikánsan csökkent.

A kén egyre több területen válik lényeges termést meghatározó környezeti tényezővé (*Bloem 1996*) és hiánya az őszi búzánál a minőségi paraméterek romlása mellett akár 30 %-os termés csökkenéshez is vezethet (*Bloehm et al. 1995*).

A gabonafélék kénhiányára jellemző tünetek legelőször a tábla lazább talajú részein jelentkeznek rendszertelen alakú, tónusukat vesztett, a nitrogén hiányára emlékeztető foltok formájában (*Bergmann 1993, Schnug és Haneklaus 1998*). Ezt követően aszálykárra utaló tünetek jelennek meg, majd a csökkent ellenállóképesség miatt gombás fertőzések (*Septoria sp.*) ütik fel fejüket az állományban, sötétebb színárnyalatot kölcsönözve a növényzetnek.

A szemmel látható tünetek mellett különösen a fiatal levelekben csökken a növény kloroplaszt tartalma (*Burke et al. 1986, Haq és Carlson 1993*). A kénhiány következtében csökken a hajtásszám *Rasmussen et al. (1977)*, valamint a kalászonkénti szemek száma (*Haneklaus et al. 1995*).

A kénhiány orvoslását nehezíti, hogy a sokszor csak a bokrosodás végén, a szárbainduláskor jelentkező tünetek könnyen összetéveszthetőek a N hiánnyal (*Rasmussen 1996, Zadoks et al 1974*) és N adagolás hatására további

intenzifikálódásuk figyelhető meg *Schnug és Haneklaus* (2000). Ezen túlmenően még jó diagnózis esetén sincsen már mód a szükséges szulfátmennyiség pótlására, hiszen a 2 nóduszos állapot után a kénhiány csak részben korrigálható (*Haneklaus et al.* 1995).

A pontos és időben történő diagnózis felállításához mindenképpen laboratóriumi vizsgálatok elvégzése javasolt.

A talajvizsgálati eredmények csupán pillanatfelvételt jelentenek. Mindezidáig nem sikerült olyan eljárást kidolgozni, melynek adatait megbízhatóan összefüggésbe lehetne hozni a növényvizsgálati eredményekkel (*Bloem et al.* 1995).

Hatásos megoldást az idejében elvégzett növényvizsgálatok adhatnak. *Schnug et al.* (2000) alapján amennyiben a bokrosodás kezdetekor a növény föld feletti részeinek összes kén tartalma nem éri el az $1,2 \text{ mg g}^{-1}$ értéket, akut kénhiányról beszélhetünk és a kéntrágyázás mindenképpen indokolt. A szerző, vizsgálatai alapján a maximális termés eléréséhez szükséges kénmennyiséget $3,2\text{-}4,0 \text{ mg g}^{-1}$ értékre tartja.

Ezen érték felett a kiegészítő kéntrágyázás már nem mutat szignifikáns termésmenvelő hatást.

Bloem et al. (1995) felhívja a figyelmet ugyanakkor a látens kénhiányra ($1,5\text{-}3,0 \text{ mg g}^{-1} \text{ S}$), mely záródott állományok esetében gyakori jelenség lehet. Az állomány hiánytüneteket nem mutat, de a termés kvantitatív és kvalitatív mutatói romlanak.

1.7.2. A kéntrágyázás hatása az őszi búza minőségére

A kéntrágyázás a világ, így Európa számos kénhiányos területén is eredményesen alkalmazott eljárás kalászos gabonáink mennyiségi és minőségi paramétereinek megőrzésére, illetve javítására.
***Slaton et al.* (1998) Arkansasban (USA) meszes öntéstalajon végzett kísérletében az elemi kéntrágyázás hatására a rizs zöldtömege szignifikánsan nőtt a kezeletlen kontroll értékeihez képest.**

Mahler és Maples (1987) Keo és Dundee öntéshordalék talajon, különböző, szulfáttartalmú műtrágyák $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, K_2SO_4 , CaSO_4 és az elemi kén adagolás hatását vizsgálták az őszi búza termésére. Kísérleteik alapján megállapítják, hogy a növények kén tartalma és a vele lineárisan korreláló szemtermés minden esetben nőtt a különböző trágyaféleségek alkalmazásával. A kezelések során a termés N:S aránya csökkent.

Az elvégzett varianciaanalízis alapján az ammónium-szulfát kezelés bizonyult eredményesebbnek.

Eredményeik és irodalmi adatok alapján a maximális terméshez szükséges S koncentrációt a növényi szövetekben 1050 mg kg^{-1} -ra, a N:S arányt 16,5:1-re tartják. Következtéseiket *Schnug et al. (2000)* németországi kísérleti adatai alapján tett megállapításaival összevetve megállapíthatjuk, hogy vizsgált növények kén tartalma nem érte el az $1,2 \text{ mg g}^{-1}$ határértéket így azok kénhiányosnak tekinthetők. Az eltérő eredmények hátterében feltehetőleg az állományok eltérő nitrogén ellátottsága állhat.

Mahler és Maples (1987) a szulfátrágyázásra legkedvezőbbnek a tavaszi- (március) időszakot, míg az elemi kén kijuttatásához az őszi negyedévet tartják. Így egyfelől csökkenthetők a téli évszak kimosódásos veszteségei, másfelől több idő áll rendelkezésre az elemi kén oxidációjához.

Pedersen et al. (1998) Dániában végzett szántóföldi kísérletek eredményeit összegezve megállapítják, hogy a gabonafélék a kijuttatott SO_4^{2-} -kén formákra 20-60 %-os pozitív termésválaszt adtak.

Legnagyobb termésnövekedést a lazább szerkezetű talajokon végzett trágyázásos kísérletek biztosították. Az eredmények alapján közepes kénhiány esetén az ajánlott szulfát-kén mennyiséget gabonaféléknél $10\text{-}30 \text{ kg ha}^{-1}$ mennyiségben határozták meg.

Withers et al. (1997) Őszi gabonafélék szerves kén trágyázásra adott válaszát vizsgálta 21 db, a kénhiány által potenciálisan veszélyeztetett területen 1993-1996 között. Páros pot elrendezésben K_2SO_4 , CaSO_4 , elemi kén, valamint a levéltrágyaként is alkalmazott $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ növekvő dózisainak hatását elemezték. A kísérletek alapján a szerzők megállapítják, hogy a trágyázás a hiánytüneteket mutató, általában csekély termőrétegű, vagy laza területeken volt eredményes. A kutatók az ezerszemtömeg szulfátrágyázás során bekövetkező mintegy 10%-os csökkenését írják le, mely a hajtásszám, valamint a kalászonkénti szemszám növekedésének a következménye.

Eredményeik alapján a S hiányt mutató területeken a gabonafélék alá $10\text{-}20 \text{ kg ha}^{-1}$ jó oldékonyságú szulfát tavaszi kijuttatását javasolják. Kísérleteik során a levéltrágyázásos S-kezelés a termés mennyiségére és annak minőségére hatással nem volt. Ez utóbbi megállapítást alátámasztják *Schnug et al. (1992,1993)* korábban elvégzett vizsgálatai is.

A fenti redmények élettani magyarázata a következő: A növény a levéltrágyából csupán egy relatív kis mennyiséget képes aktív anyagcseréjében felhasználni. A felesleges mennyiséget vakuólumába szállítja, ahonnan a sejt protoplazmájába való retranszlokálódás meglehetősen gyenge (*Bell et al. 1990, Clarkson et al. 1993*).

Fenti összefüggések alapján a levéltrágyázás a hiánytünetek relatív gyors eltüntetésére alkalmas ugyan, ám az így felvételre kerülő mennyiség nem képes fedezni a növény szükségleteit, következésképp a termésből készült liszt minősége gyenge marad (*Matthey et al. 1993*).

Az eredményeket *Schnug et al. (1992)* Schleswig-Holsteinben végzett kísérletei is alátámasztják. Kutatásai során a szerzőkollektíva a különböző fenológiai fázisokban (bokrosodás elején, szárbaindulás elején, valamint kalászhányáskor) és eltérő dózisban adagolt NH_4NO_3 , valamint $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ hatását vizsgálta az őszi búza termésére. Eredményeik alapján megállapítják, hogy 50 kg ha^{-1} szulfát-trágya talajba történő bedolgozása mintegy 50 ml-rel növeli a próbacipó sütőipari térfogatát. A kijuttatás optimális időpontját minél korábbra, de mindenképpen a 2 nóduszos állapot elérése előtti időszakra teszik (*Haneklaus et al. 1994*). A kijuttatandó hatóanyag optimális mennyiségét $20\text{-}40 \text{ kg ha}^{-1}$ S hatóanyagban határozzák meg (*Haneklaus 1994*).

2. ANYAG ÉS MÓDSZER

A Nyugat-Magyarországi Egyetem Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar Növénytermesztési Intézetének Földműveléstani Tanszékén indított kutatásaink során az őszi búza (*Triticum aestivum L.*) kémiai összetételének, valamint a termés minőségi paramétereinek szulfátrágyázásra adott válaszát vizsgáltuk szántóföldi kispárcellás kísérlet keretében a régióban jellegzetesnek mondható meszes Duna öntéstalajon.

Az 1999. őszén beállított kísérlettel párhuzamosan a parcellák termőrétegét reprezentáló talajjal laboratóriumi talajérleléses kísérleteket is folytattunk.

Ez utóbbi kutatások célja a talajba adagolt elemi kén oxidációjának vizsgálata volt N, P, K műtrágyázás, valamint baktériumos (*Thiobacillus sp.*) talajoltás mellett.

2.1. TENYÉSZEDÉNYES TALAJÉRLELÉSES KÍSÉRLETEK

Az elemi kén talajbeli oxidációjának vizsgálata céljából hat, egyenként 5 kezeléssel és 3 ismétléssel tenyészedényes talajérleléses sorozatot állítottunk be tanszékünkön.

A kísérlet során az elemi kén különböző dózisainak talajbeli oxidációját vizsgáltuk. Arra kerestük a választ, milyen hatással van az elemi kén talajbeli oxidációjára az *N, P, K* műtrágyázás, valamint az acidofil *Thiobacillus ferrooxidans*, illetve *T. thiooxidans* talajoltás. (Kalocsai et al. 2002 a,b,c).

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 alpművelést megelőzően.

A kísérletbe vont talaj a területen beállított szulfátrágyázásos tartamkísérlet parcelláinak átlagát képviselte és a szántóföldi trágyázásos kísérletek tápanyagvizsgálásának tervezését is ezen talajvizsgálat alapján végeztük.

A kísérletbe vont talaj vizsgálati eredményeit az 5. táblázat mutatja be, az analízisek során alkalmazott eljárások az 1.számú mellékletben találhatóak.

5. táblázat A kísérlet talajvizsgálati eredményeinek átlaga (MÉM-NAK egységes módszerei szerint)

Table 5. Soil analysis values of the experimental soil (MÉM-NAK)
(1) K_A , (2) $CaCO_3$, (3) humus, (4) total N, (5) nitrate (6) sulphate,
(7) AL-extractable..., (8) nKCl extractable Mg, (9) EDTA extractable...

pH		Arany féle kötöttség % (1)	Szén-savas mész % (2)	Humusz % (3)	Összes N % (4)	Nitrát $mg\ kg^{-1}$ (5)	Szulfát S $mg\ kg^{-1}$ (6)	AL-oldható $mg\ kg^{-1}$ (7)			nKCl oldható Mg $mg\ kg^{-1}$ (8)	EDTA-oldható $mg\ kg^{-1}$ (9)			
H ₂ O	KCl							P ₂ O ₅	K ₂ O	Na		Zn	Cu	Mn	Fe
7,9	7,4	37,2	4,4	2,5	0,2	37,9	13,22	176,8	92,9	13,1	65,3	1,2	2,6	53,6	24,3

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 (Buzás et al. 1979).

Az ily módon a talajba juttatott műtrágya-hatóanyagmennyiség megfelelt $191\ kg\ ha^{-1}$ nitrogénnek, $80\ kg\ ha^{-1}$ P₂O₅-nak, valamint $75\ kg\ ha^{-1}$ K₂O-nak.

Az egyes hatóanyagok a tenyészedényekbe a 300 cm³ térfogatú talajhoz NH₄NO₃, MAP (Mono-ammonium-foszfát), valamint KCl formájában, a 300 cm³-es PVC edények felülete alapján számított mennyiségben kerültek bemérésre 38, 16, valamint 15 mg hatóanyag tenyészedény⁻¹ adagban.

Ezek után a csoportokat további 3-3 részre osztottuk.

Csoportonként az egyik rész (N) semmiféle további kezelésben nem részesült, a másikat (F) a *Thiobacillus ferrooxidans* (DSM No. 583), a harmadikat (T) a szintén acidofil *T. thiooxidans* (ATCC 8085) törzs milliliterenként 1,5x10⁸ telepképző egységet tartalmazó oltóanyagával inokuláltuk. Az oltáshoz használt törzsek a DSMZ törzsgyűjteményéből származtak. (Fontosabb általános jellemzőiket a 28. oldalon a 4. táblázat mutatja be). Az adott mennyiségek bemérése DENSIMAT Biomérieux bakteriális denzitásmérő segítségével történt. A tenyészedényekben a baktériumadagolás után a 10 CFU g⁻¹ száraz talaj értékek alakultak ki.

A vizsgálatok során kéntrágyaként a kereskedelembe kapható 150 µm szemcseméretű ventilált kénport alkalmaztuk öt dózisban. Az alkalmazott mennyiségeket és az egyes kezeléseket a 6. táblázat mutatja be.

A talajokat ezután 300 cm³-es PVC edényekbe töltöttük tenyészedényenként 300 cm³ mennyiségben.

6. táblázat A kísérlet során alkalmazott kezelések

Table 6. The treatments used in the experiment

(1) applied elemental sulphur doses at all treatments, (2) control, (3) treatment, * = provokatív mennyiség (provocative dosis) (A) unfertilized soil (B) N,P,K fertilized soil (N) uninoculated soil, (F) *T. ferrooxidans* inoculated soil, (T) *T. thiooxidans* inoculated soil

alkalmazott elemi kén dózisek (1)			
	g tenyészedény ⁻¹ (g pot ⁻¹)	mg kg ⁻¹	kg ha ⁻¹
S0 (kontroll) (2)	-	-	-
S1	0,1	238	50
S2	1,0	2380	500
S3	2,5	5952	1250
S4*	5,0	11904	2500
S5*	10,0	23809	5000

kezelés (3)	Mütrágyázatlan (A)			N,P,K kezelt (B)		
	Oltatlan (AN)	Oltott <i>T.ferrooxidans</i> (AF) <i>T.thiooxidans</i> (AT) műtrágyamennyiség (quantity of fertilizer)		Oltatlan (BN)	Oltott <i>T.ferrooxidans</i> (BF) <i>T.thiooxidans</i> (BT)	
N	-	-	-	38 mg,	91 mg kg ⁻¹ ,	191 kg ha ⁻¹
P ₂ O ₅	-	-	-	16 mg,	38 mg kg ⁻¹ ,	80 kg ha ⁻¹
K ₂ O	-	-	-	15 mg,	36 mg kg ⁻¹ ,	75 kg ha ⁻¹

A 2000. február 24-én indított kísérlet során a talajokat termosztátban Kittams (1963), Janzen és Bettany (1987), Newell és Wainwright (1987), Shukla és Singh (1992), Lan et al. (2000) alapján a maximális vízkapacitás 60%-án, napi vízpótlás mellett inkubáltuk (Ballenegger és di-Glória, 1962).

A hőmérsékletet *Varga-Haszonits et al. (2000)* alapján $22,8 \pm 0,5^\circ\text{C}$ értéken tartottuk, mely gyakorlatilag hazai szántóterületeink felső 10 centiméteres rétegében mérhető maximális hőmérsékletének felel meg.

A 84 napos inkubációs idő elteltével meghatároztuk a talajok $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$, pH_{KCl} értékeit, valamint fotometriás módszerrel (*Buzás 1988*) azok oldható SO_4^{2-} tartalmát.

2.2. SZABADFÖLDI KISPARCELLÁS KÍSÉRLETEK

2.2.1. A termőhely és az alkalmazott kezelések

Az őszi búza szulfátrágyázásra adott válaszánaak, kémiai összetételének, valamint minőségi mutatóinak vizsgálatára három, (A, B, C blokk) egyenként 7 kezelésee és négy ismétlésee véletlen blokk elrendezésű szántóföldi kisparcellás kísérletet állítottunk be 1999-ben a SOLUM Rt.

B/4-es tábláján Komáromban. A kísérleti terület éghajlata csapadékszegény, aszályra hajló (*2.melléklet*), talajtulajdonságait tekintve közepes mésztartalmú közép kötött vályogtalaj. A talajvíz tükrenek mélysége átlagosan 6 méter.

A régióban általánosnak tekinthető talajfizikai- és kémiai paraméterekkel rendelkező meszes Duna öntéstalajon beállított kísérlet célja különböző szulfáttartalmú műtrágyák (K_2SO_4 , $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$) hatásainak vizsgálata volt az őszi búza minőségi paramétereire összehasonlítva egyéb, mezőgazdasági gyakorlatunkban általánosn használt szulfát-mentes trágyaanyagokkal ($\text{CO}(\text{NH}_2)_2$, NH_4NO_3).

Az 1999. őszén indított és a 3 éves kísérlet során alkalmazott N, P, K dózisok kiszámításához a kísérleti terület talajának felső 5-30 cm-es termőrétegeből parcellánként vett 3-3 egyesített átlagmintának az Intézet központi laboratóriumában meghatározott eredményei szolgáltak. (*ld. 1. sz. melléklet*).

Az így kapott talajvizsgálati eredmények alapján (*5. táblázat*) a közepes nitrogén, igen jó P_2O_5 , valamint gyenge K_2O ellátottságú területen a kísérlet egyenként 20 m^2 alapterületű parcelláit 191 kg ha^{-1} N, 80 kg ha^{-1} foszfor, valamint 75 kg ha^{-1} kálium hatóanyag mennyiségnek megfelelő műtrágya adagokkal kezeltük.

Mivel a talajvizsgálatok, valamint a területen korábban végzett kísérletek eredményei is a talajok gyenge Zn ellátottságát jelezték, ezért a Zn pótlásban nem részesült alapkísérlettel (A blokk) párhuzamosan a Kar Kémia- valamint Földműveléstani Tanszéke által kifejlesztett és a területen az előzőekben már nagyüzemi körülmények között is eredményesen alkalmazott Zn-szacharóz komplex levéltrágyázott blokkok beállítására is sor került (*Schmidt et al. 1987, 1997, 1999, 2000; Szakál et al. 1985, Szakál 1992*).

Ezek során említett kísérleti blokkok (B, illetve C) az alapkezeléssel (A blokk) teljesen azonos elrendezésű és azonos N, P, K kezelésben részesült parcelláit bokrosodáskor, Fe 2-5 stádiumban (B blokk), illetve virágzáskor Fe 15.1-15.4 stádiumban (C blokk) 0,3 kg ha⁻¹ hatóanyagának megfelelő Zn-szacharóz komplex-szel kezeltük (Feekes 1978).

A levélkezeléses blokkok beállításával a területen egyébként fennálló Zn hiány megszüntetése volt a célunk.

A kísérlet elrendezését a 3. melléklet, az alkalmazott kezeléseket a 7. táblázat mutatja be.

A 3 éves kísérlet utolsó évében a talajvizsgálati eredmények alapján a K₂O adagot az összes kezelés esetében 125 kg ha⁻¹ mennyiségre növeltük.

A hiányzó mennyiség (50 kg ha⁻¹) pótlása az összes érintett kezelés esetén KCl formában történt, így az az alkalmazott kénmennyiségeket nem módosította.

A P₂O₅, valamint K₂O formák teljes mennyisége, valamint a számított N hatóanyag 42 %-a (80 kg ha⁻¹, 0,16 kg parcella⁻¹) az őszi alaptrágyázással került a talajokba. A fennmaradó N mennyiséget (111 kg ha⁻¹, 0,22 kg parcella⁻¹) tavasszal, fejtrágyázás formájában juttattuk ki a parcellákra 50-50 %-ban megosztva a bokrosodás- (Fe 2), illetve a szárbaindulás (Fe 6) kezdetén.

7. táblázat: A kísérlet első két éve során alkalmazott kezelések az A, B, C blokkokban
Table 7.: Treatments applied in the first 2 years of the experiment in A, B, C blocks respectively

(1) treatment, (2) form of fertilizer, (3) applied doses of..., (4) kg pot⁻¹, (5) control

Kezelés (1)	Műtrágya forma (2)			Kijuttatott hatóanyagmennyiség (3)							
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	kg ha ⁻¹				kg parcella ⁻¹ (4)			
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	S	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	S
K1.	NH ₄ NO ₃	MAP	K ₂ SO ₄	191	80	75	26	0,382	0,16	0,15	0,052
K2.	NH ₄ NO ₃	MAP	KCl	191	80	75	-	0,382	0,16	0,15	-
K3.	(NH ₄) ₂ SO ₄	MAP	K ₂ SO ₄	191	80	75	195	0,382	0,16	0,15	0,39
K4.	(NH ₄) ₂ SO ₄	MAP	KCl	191	80	75	169	0,382	0,16	0,15	0,338
K5.	CO(NH ₂) ₂	MAP	K ₂ SO ₄	191	80	75	26	0,382	0,16	0,15	0,052
K6.	CO(NH ₂) ₂	MAP	KCl	191	80	75	-	0,382	0,16	0,15	-
K7. kontroll (5)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

2.2.2. Termesztett fajták, talajművelés és növényvédelem

Kísérleti területünk a SOLUM Rt gazdálkodása alatt álló 40 ha-os táblán került kialakításra. Növénytermesztési rendszere megegyezett a SOLUM Rt. technológiájával.

Az első két évben (1999-2000) a korai érésű GK-Csörnöc, a harmadik évben a középérésű Mv-Emma szerepelt a kísérletben, (állami fajta-összehasonlító kísérleti eredményeiket a 4. melléklet mutatja be).

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 ha⁻¹-ral. A vetésmélység 5 cm volt.

A talajmunkák a hagyományos módon kerültek elvégzésre: tarlólántás tárcsával, a tarló lezárása, a tarló ápolása, középmeley szántás, szántáselmunkálás környei rugós simítóval, majd magágyelőkészítés kombinátorral és vetés.

A gyomirtás az első évben *Mecomorn*, 2001-ben *Granstar*, 2002-ben *Mecaphar* szerek 2 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.

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

A betakarításra 2000-ben június 26-án, 2001-ben június 27-én, 2002-ben június 30-án került sor.

2.2.3. Talaj- és növényvizsgálatok

A vizsgálati periódus során a talaj, a növény, valamint a termés 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 felső, művelt rétegét *Ballenegger és DiGléria* (1962) alapján. Parcellánként 3-3 mintát vettünk, majd a mintákat egy-egy átlagmintává egyesítettük.

A növénymintavételezésekre szintén két alkalommal került sor a vegetációs periódus során. Az őszi búza különböző kezelésekre hatására bekövetkező tápelem felvételének nyomon követése céljából először bokrosodáskor (*Fe 4-5*) a teljes föld feletti zöldtömeget, másodsorban a tejesérés időszakában a még zöld zászlós leveleket mintáztuk meg parcellánként egy-egy reprezentatív átlagmintát képezve.

A vizsgálati anyagot Intézetünk Központi Laboratóriumába szállítottuk, ahol elvégeztük azok kémiai összetételének meghatározását. (*Az analízisek során vizsgált paramétereket, valamint a vizsgálatok során alkalmazott eljárásokat az 1., illetve az 5. melléklet mutatja be*)

A termés minőségi mutatóinak meghatározása céljából az egyes parcellákon 90 cm átmérőjű mintaterületeket tűztünk ki és az így kapott 2,5 m²-es területen a termést betakarítottuk. A mintákat ezután

Mosonmagyaróvárra szállítottuk, majd a Kar Növénytermesztési Kísérleti telepén parcellakombájn segítségével kicsépeztük.

Az endospermium liszt összes kén tartalmának meghatározása mellett a minták fontosabb sütőipari értékmérő tulajdonságait a Pannon Gabona Rt győri laboratóriumával vizsgáltattuk (6. melléklet).

A liszt összes S tartalmának meghatározására a második évben került csak sor.

2.3. A STATISZTIKAI ÉRTÉKELÉS SORÁN ALKALMAZOTT MÓDSZEREK

A kísérletek során kapott mérési eredményeket, adatokat, valamint az azok közötti összefüggéseket Sváb (1981) alapján Excel 7.0 for Windows és Statistica for Windows 4.5 számítógépes szoftverek alkalmazásával, variancia-, valamint regresszióanalízis segítségével értékeltük.

3. EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK

3.1. TENYÉSZEDÉNYES TALAJÉRLELÉSES KÍSÉRLETEK

3.1.1. A *Thiobacillus*-ok hatása műtrágyázatlan talajban

3.1.1.1. A talajok pH értékeinek alakulása

- pH_{H_2O} -

A kísérletbe vont talajok pH_{H_2O} értékeinek összehasonlítása során (7. melléklet, 13. ábra) az egyes kezelések, valamint a csoportok között 0,1 %-os szignifikancia szinten találtunk igazolható különbségeket

Míg a növekvő kénadagok hatására az inokulálatlan (*eredeti talaj*) pH_{H_2O} értékei szignifikáns különbséget nem mutattak, addig a *T. ferrooxidans*-szal kezelt talaj esetében 10 %-os szignifikancia szinten, a *T. thiooxidans*-szal kezelt

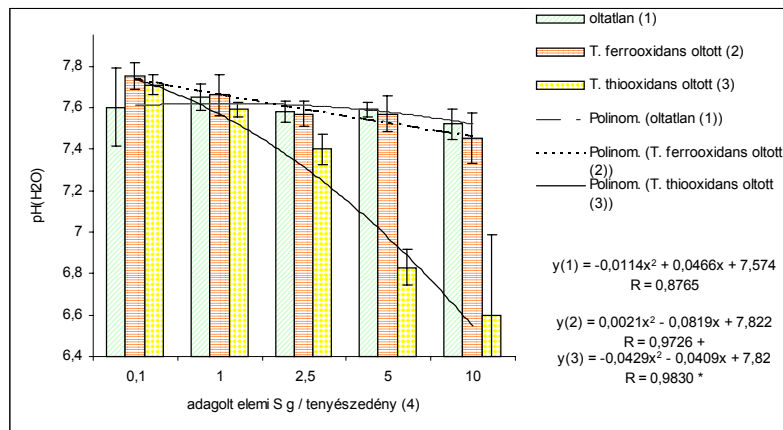
talajnál pedig 0,1 %-os szignifikancia szinten igazolódott az elemi kéntrágyázás növekvő dózisainak pH_{H_2O} -t csökkentő hatása.

Az eredmények alapján a *Thiobacillus*-os talajoltás növelte az elemi kén oxidációs rátáját, mely az aktuális pH értékek csökkenésében is megnyilvánult.

A vizsgálatok során leghatásosabbnak a *T. thiooxidans*-szal végzett talajoltás bizonyult (13. ábra), mely során az elemi kéntrágyázott talaj pH_{H_2O} értékei az $y = -0,0429 x^2 - 0,0409 x + 7,82$ egyenlettel leírható függvény mentén csökkentek. Az összefüggés 5 %-os valószínűségi szinten bizonyult szignifikánsnak ($P = 5 \%$).

- pH_{KCl} -

A különböző kezelések pH_{KCl} értékeinek vizsgálata során (8. melléklet, 14. ábra) az inokulálatlan (eredeti), illetve a *T. ferrooxidans*-szal kezelt talajok pH_{KCl} értékei a növekvő elemi kén adagok hatására statisztikailag igazolható

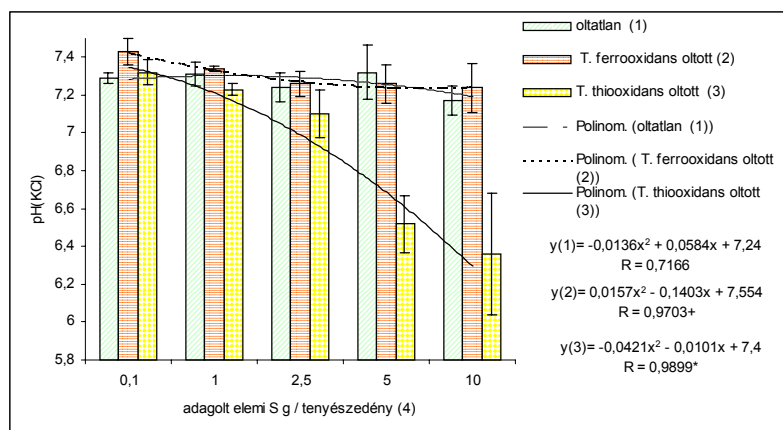


különbséget nem mutattak. Nem így viselkedett azonban a *T. thiooxidans* baktériumokkal kezelt csoport. Ez utóbbi kezeléseinek pH_{KCl} értékei a kéntrágyázás növekvő dózisaival 0,1 %-os szignifikancia szinten igazolhatóan csökkentek.

13. ábra Az elemi kéntrágyázás hatása a talajok pH_{H_2O} értékeire

Figure 13. The effect of elemental sulphur applications on the pH_{H_2O} of the soil

(1) uninoculated soil, (2) inoculated soil with *Thiobacillus ferrooxidans*, (3) inoculated soil with *Thiobacillus thiooxidans*, (4) applied sulphur g pot⁻¹



14. ábra Az elemi kéntrágyázás hatása a talajok pH_{KCl} értékeire
Figure 14. The effect of elemental sulphur application on the pH_{KCl} of the soil
 (1) uninoculated soil, (2) inoculated soil with *Thiobacillus ferrooxidans*, (3) inoculated soil with *Thiobacillus thiooxidans*, (4) applied sulphur g pot⁻¹

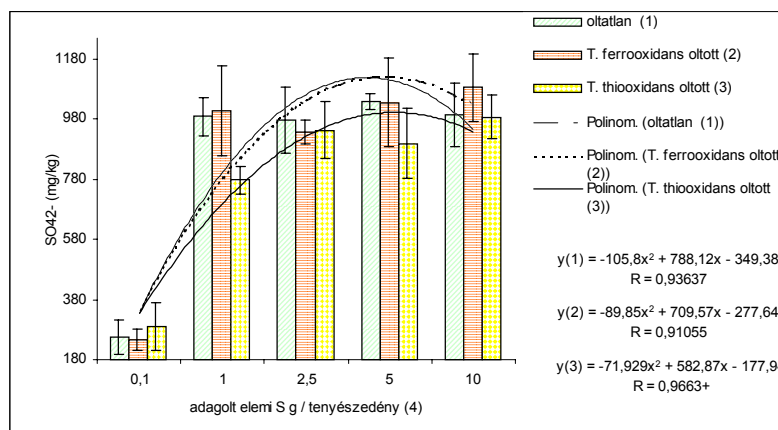
Az elvégzett vizsgálatok alapján a pH_{KCl} alakulása szempontjából a *Thiobacillus thiooxidans*-szal végzett talajoltás bizonyult a leghatásosabbnak, mely során az elemi kéntrágyázott talaj potenciális (v. rejtett) savanyúsága a növekvő elemi kén dózissal az $y = -0,0421x^2 - 0,0101x + 7,4$ egyenlettel leírható függvény mentén nőtt. Az összefüggés szignifikáns (P = 10 %).

3.1.1.2. A talajok szulfát tartalmának alakulása

A vizsgálatba vont talajokra vonatkoztatva az egyes kezelések SO₄²⁻ koncentrációi között 0,1 %-os, a csoportok között 5 %-os, az egyes csoportokon belül 0,1 %-os szignifikancia szinten adódtak igazolható különbségek.

A mért szulfátion koncentrációk mindhárom sorozatnál nőttek az elemi kén kezelések hatására a 84 napos inkubációs periódus során (9. melléklet, 15. ábra).

A növekedés trendjét tekintve azonban megállapítható, hogy a vizsgált talajok szulfátion koncentrációja nem emelkedett az alkalmazott elemi kén növekvő dózisaival arányosan.



15. ábra Az elemi kéntrágyázás hatása a talajok SO_4^{2-} koncentrációira
 Figure 15. The effect of elemental sulphur application on the SO_4^{2-} concentrations of the soils

(1) uninoculated soil, (2) inoculated soil with *Thiobacillus ferrooxidans*, (3) inoculated soil with *Thiobacillus thiooxidans*, (4) applied sulphur g pot⁻¹

A kezeletlen, valamint a *Thiobacillus ferrooxidans*-szal kezelt talajok SO_4^{2-} koncentrációja a 0,1 g elemi S kezelést kivéve mindvégig meghaladta a *T. thiooxidans*-szal kezelt sorozat vonatkozó értékeit.

Ez utóbbi sorozat esetében a növekvő elemi kén adagok, valamint a keletkezett oldható SO_4^{2-} mennyiségek közötti összefüggést az $y = -71,929x^2 + 582,87x - 177,94$ regressziós egyenlet írja le (P=10 %)

Az egyes kezelések során mért oldható SO_4^{2-} mennyiségeket 1 ha 15 cm mélységű, $1,3 \text{ g cm}^{-3}$ átlagos térfogattömegű talajrétegre vonatkoztatva (8. táblázat) és a beállításkor mért szulfát tartalommal korrigálva ($13,2 \text{ mg kg}^{-1}$) megállapíthatjuk, hogy az átalakulás számára optimális körülmények között még a kontroll kezelés esetében is jelentős mennyiségű kén oxidációval számolhatunk.

8. táblázat: A kísérlet során átalakult oldható SO_4^{2-} mennyiségek 1 ha 15 cm mélységű talajrétegre vonatkoztatott nettó értékei

Table 8.: Net quantities of transformed SO_4^{2-} regarded to 1 ha 15 cm depth soil layer (1) treatment, (2) the SO_4^{2-} quantities of untreated soil, (3) the SO_4^{2-} quantities of *T. ferrooxidans* inoculated soil, (4) the SO_4^{2-} quantities of *T. thiooxidans* inoculated soils, (5) average, (6) control, (7) average of group, (8) main average

S kezelés g edény ⁻¹ (1)	oltatlan (kg ha ⁻¹) (2)	<i>T. ferrooxidans</i> oltott (kg ha ⁻¹) (3)	<i>T. thiooxidans</i> oltott (kg ha ⁻¹) (4)
	Átlag (5)	Átlag	Átlag
Kontroll (6)	35,8	-	-
0,1	419,3	402,4	490,1
1,0	1849,9	1890,8	1438,4
2,5	1829,8	1750,4	1762,9
5,0	1946,8	1942,9	1674,4
10,0	1866,2	2038,4	1847,3
csoportátlag (7)	1582,39	1604,9	1442,6
Főátlag (8)		1543,3	

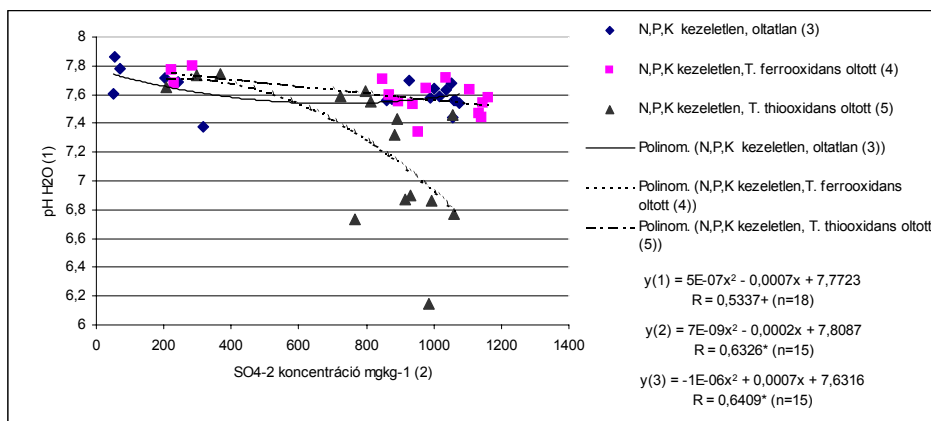
Annak következtében azonban, hogy a vegetációs periódusban, szántóföldi viszonyok között csupán legfeljebb néhány nap rendelkezik a különböző redukáltsági fokú kénformák oxidációjához szükséges optimális klimatikus és edafikus feltételekkel, valamint egyéb (kilúgzásos stb...) veszteségekkel is számolnunk kell, fenti értékek csupán tájékoztató, teoretikus jellegűek.

A különböző kezelések esetén mért szulfátion koncentráció, valamint pH_{H_2O} változás közötti összefüggést a 16. ábra mutatja be.

Az eredmények alapján megállapíthatjuk, hogy míg az inokulálatlan mintáknál az SO_4^{2-} koncentráció, valamint a pH_{H_2O} vonatkozó értékei között statisztikailag igazolható kapcsolatot nem sikerült kimutatni, addig a *T. ferrooxidans*-, valamint *T. thiooxidans*-szal oltott csoportok kezeléseinek esetében az egyes értékpárok között 10-, illetve 5 %-os szignifikancia szinten adódtak összefüggések ($P=10\%$; $P=5\%$).

16. ábra: A vizsgálatba vont talajok SO_4^{2-} , valamint pH_{H_2O} értékeinek összefüggései
Figure 16.: The comparison of SO_4^{2-} content and pH_{H_2O} of examined soils

(1) pH_{H_2O} , (2) SO_4^{2-} concentration mg kg^{-1} , (3) uninoculated treatments, (4) *T. ferrooxidans* inoculated



treatments, (5) *T. thiooxidans* inoculated treatments

A kapott összefüggéseket más megközelítésből értelmezve elmondhatjuk, hogy a *T. ferrooxidans*-, valamint *T. thiooxidans* törzsekkel oltott talajoknak a növekvő kén kezelések hatására bekövetkezett SO_4^{2-} tartalom emelkedése figyelhető meg. A kialakult H^+ koncentráció növekedés a mért pH_{H_2O} értékéért mintegy 40 %-ban felelős ($R^2=0,4002$, $R^2=0,4107$).

3.1.2. A *Thiobacillus*-ok hatása műtrágyázott talajban

3.1.2.1. A talajok pH értékeinek alakulása

- pH_{H_2O} -

A kísérletbe vont N, P, K műtrágyázott talajok pH_{H_2O} értékeinek összehasonlító vizsgálata során (10. melléklet, 17. ábra) az egyes kezelések között 0,1%-os szignifikancia szinten találtunk különbségeket.

A növekvő elemi kén adagok hatására mindhárom kezelés esetén a pH_{H_2O} jelentős és tendenciózus csökkenését tapasztaltuk.

Az eredmények alapján a kezelések növekvő kén dózisainak hatására mindhárom csoport esetében nőtt az elemi kén oxidációs rátája.

Az egyes kezelések pH_{H_2O} értékei között a csoporton belül mindhárom (inokulálatlan, *T. ferrooxidans* kezelt, *T. thiooxidans* kezelt) sorozat esetében szignifikáns különbségeket találtunk. A csoportok egymásnak megfelelő értékei között ugyanakkor statisztikailag igazolható eltérést nem tudtunk kimutatni.

17. ábra Az elemi kéntrágyázás hatása az N,P,K műtrágyázott talajok pH_{H_2O} értékeire

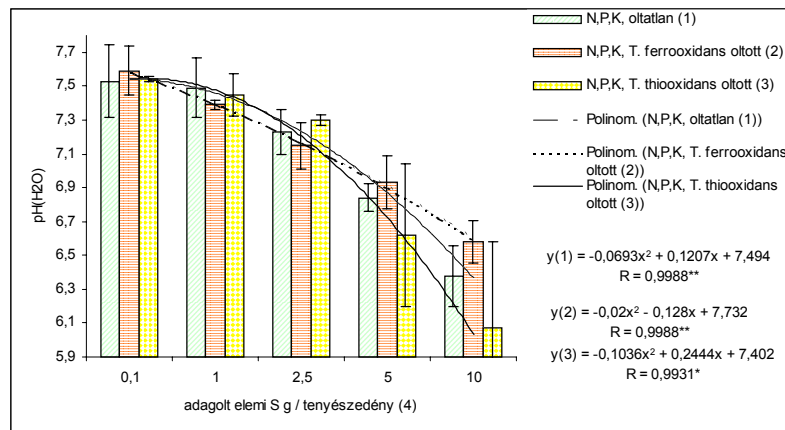


Figure 17. The effect of elemental sulphur application on the pH_{H_2O} of the N,P,K fertilized soil

(1) uninoculated soil, (2) inoculated soil with *Thiobacillus ferrooxidans*, (3) inoculated soil with *Thiobacillus thiooxidans*, (4) applied sulphur $g\ pot^{-1}$

A statisztikailag nem igazolható különbség ellenére (17. ábra) az egyes csoportok pH_{H_2O} értékeinek változása eltérést mutat: Legintenzívebben a *T. thiooxidans*-szal oltott, majd az inokulálatlan csoport pH_{H_2O} értékei csökkentek a növekvő elemi kén adagok hatására. Az eltérések a provokatív elemi kén dózisok (5,0 g; 10,0 g tenyészedény⁻¹) esetében a legkifejezettebbek.

Az elemi kéntrágyázás hatására bekövetkező pH_{H_2O} csökkenést a *T. thiooxidans* oltott csoport esetében az $y = -0,1036x^2 + 0,2444x + 7,402$, az inokulálatlan csoport esetében az $y = -0,0693x^2 + 0,1207x + 7,494$ ($P = 10,0$; $P = 5,0$) regressziós függvények írják le.

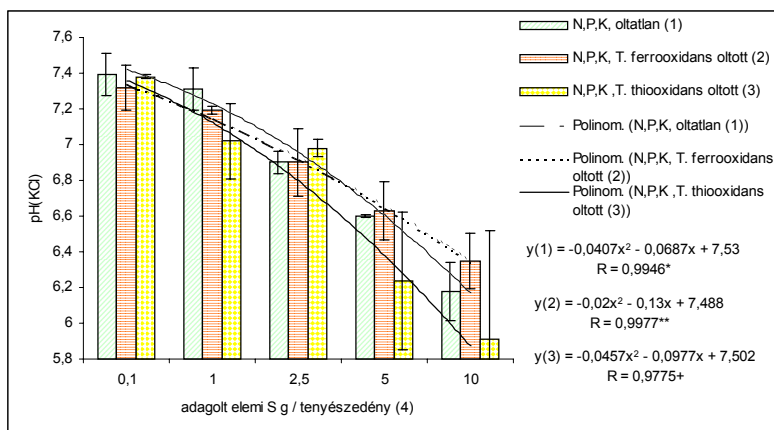
- pH_{KCl} -

A különböző kezelések hatására kialakult pH_{KCl} értékek statisztikai analízise során mind az egyes csoportokon belül, mind pedig az egyes kezelések között (oltatlan, *T. ferrooxidans*-, valamint *T. thiooxidans* törzsekkel oltott) 0,1 %-os szignifikancia szinten érvényesülő különbségek adódtak.

Az eredmények alapján az elemi kén növekvő dózisainak hatására bekövetkező pH_{KCl} csökkenés mindhárom csoport esetében kifejezett (11. melléklet, 18. ábra).

A statisztikai értékelés során az egyes csoportok között 10 %-os szignifikancia szinten találtunk igazolható különbségeket.

Az elvégzett vizsgálatok alapján leghatározottabban a *T. thiooxidans*-szal inokulált csoport talajainak pH_{KCl} értékei csökkentek az elemi kén növekvő adagjainak hatására. Fent említett csoport elemi kén kezelések hatására bekövetkező pH_{KCl} változását az $y = -0,0457x^2 - 0,0977x + 7,502$ ($P=10,0$) regressziós függvény írja le (18. ábra).



18. ábra Az elemi kéntrágyázás hatása az N, P, K műtrágyázott talajok pH_{KCl} értékeire
Figure 18. The effect of elemental sulphur applications on the pH_{KCl} of the N, P, K fertilized soils

(1) uninoculated soil, (2) inoculated soil with *Thiobacillus ferrooxidans*, (3) inoculated soil with *Thiobacillus thiooxidans*, (4) applied sulphur g pot^{-1}

3.1.2.2. A talajok szulfát tartalmának alakulása

A kísérlet során az egyes kezelések, valamint csoportok oldható szulfátion koncentrációja között is 0,1%-on adódtak különbségek. (*A varianciaanalízis eredményeit a 12. melléklet mutatja be*)

A mért SO_4^{2-} koncentrációk mindhárom csoportnál (*oltatlan, T. ferrooxidans-, T. thiooxidans oltott*) nőttek a növekvő elemi kén adagok hatására a vizsgálati periódus során (*12. melléklet, 19. ábra*).

Az egyes kezelések között a különbség szignifikáns ($P=0,1\%$).

A növekedés trendjét tekintve megállapítható (*19. ábra*), hogy a vizsgálatba vont talajoknál mért szulfátion-koncentráció nem emelkedett a növekvő elemi kén dózissal arányosan. Különösen a *T. thiooxidans*-szal inokulált csoport esetében jellemző, hogy az SO_4^{2-} koncentráció már viszonylag korán, az $1,0 \text{ g tenyésztedény}^{-1}$ kezelésnél eléri maximumát.

További elemi kén dózisosokra a oldható szulfátion-koncentráció tovább nem növekszik, az eredmények $1050\text{--}1100 \text{ mg kg}^{-1}$ értékek között ingadoznak. A kísérleti eredmények alapján (*12. melléklet*) a legjelentősebb kénoxidáció *T. thiooxidans* törzssel oltott csoportnál történt. Ez utóbbi csoport esetében az emelkedő elemi kén adagok hatására bekövetkező SO_4^{2-} koncentráció változást az $y = -111,36x^2 + 833,71x - 351,61$ regressziós egyenlet írja le ($P=5\%$).

Az egyes kezelések során kapott oldható szulfátion mennyiségeket 1 ha 15 cm mélységű, $1,3 \text{ g cm}^{-3}$ átlagos térfogattömegű talajrétegre vonatkoztatva (9. táblázat) és a beállításkor mért SO_4^{2-} értékekkel korrigálva (5. táblázat) megállapíthatjuk, hogy a vizsgálati periódus alatt az N, P, K műtrágyázott kezeléseknél még a kontroll (oltatlan) kezelések esetében is jelentős mennyiségű átalakult termék keletkezett. A keletkezett SO_4^{2-} -ion mennyiségek mindhárom (*inokulálatlan, T. ferrooxidans oltott, T. thiooxidans oltott*) csoport esetében meghaladták a műtrágyázatlan kezelések értékeit. (9. melléklet).

19. ábra Az elemi kéntrágyázás hatása az N, P, K műtrágyázott talajok SO_4^{2-} koncentrációira

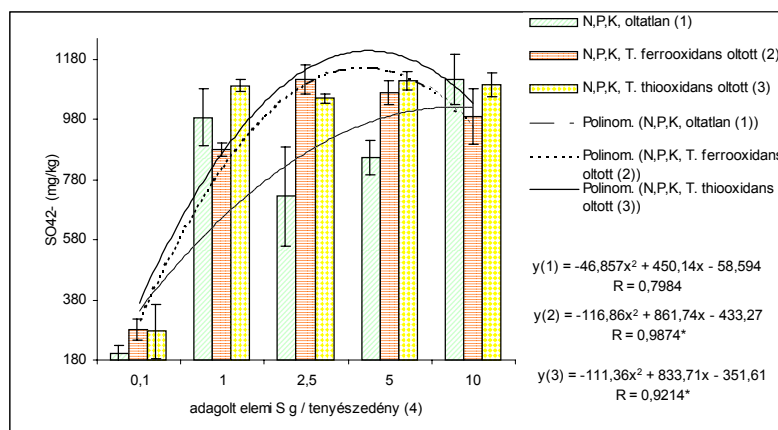


Figure 19. The effect of elemental sulphur applications on the SO_4^{2-} of the N, P, K fertilized soils

(1) uninoculated soil, (2) inoculated soil with *Thiobacillus ferrooxidans*, (3) inoculated soil with *Thiobacillus*

S kezelés g edény ⁻¹ (1)	oltatlan (kg ha ⁻¹) (2)	<i>T. ferrooxidans</i> oltott (kg ha ⁻¹)(3)	<i>T. thiooxidans</i> oltott (kg ha ⁻¹)(4)
	Átlag (5)	Átlag	Átlag
Kontroll (6)	44,9	-	-
0,1	317,9	469,3	461,1
1,0	1846,7	1640,6	2051,4
2,5	1336,4	2093,7	1970,2
5,0	1586,7	2005,9	2087,2
10,0	2095,6	1852,5	2057,9
csoportátlag (7)	1436,6	1612,4	1725,5
Főátlag (8)		1591,5	

thiooxidans, (4) applied sulphur g pot⁻¹

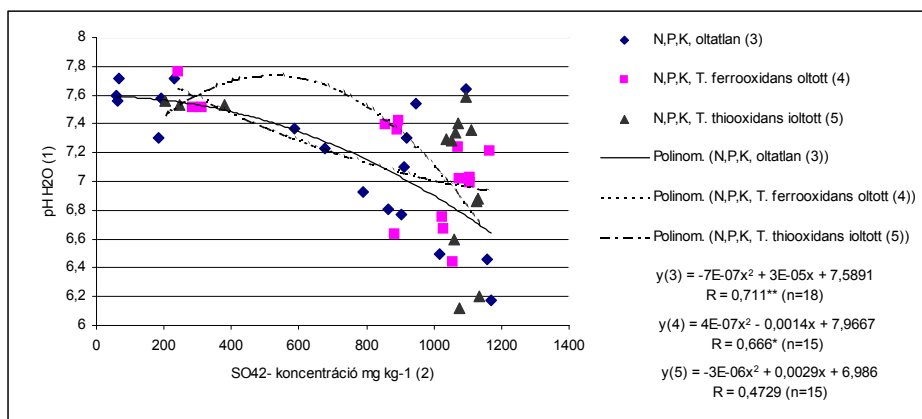
9. táblázat: A kísérlet során átalakult oldható SO_4^{2-} mennyiségek 1 ha 15 cm mélységű talajrétegére vonatkoztatott nettó értékei

Table 9.: Net quantities of transformed SO_4^{2-} regarded to 1 ha 15 cm depth soil layer

(1) treatment, (2) the SO_4^{2-} quantities of untreated soil, (3) the SO_4^{2-} quantities of *T. ferrooxidans* inoculated soil, (4) the SO_4^{2-} quantities of *T. thiooxidans* inoculated soils, (5) average, (6) control, (7) average of groups, (8) main average

A szántóföldi viszonyokat tekintve az értékek csupán tájékoztató jellegűek, mivel a vegetációs periódusban, szabadföldi körülmények között az elemi kén oxidációjához szükséges optimális paraméterek hosszabb távú együttes jelenléte nem valószínű. A különböző kezelések során mért SO_4^{2-} koncentráció, valamint a pH_{H_2O} vonatkozó értékei közötti összefüggést a 20. ábra szemlélteti.

20. ábra: A vizsgálatba vont N,P,K műtrágyázott talajok SO_4^{2-} , valamint pH_{H_2O} értékeinek



összefüggései

Figure 20.: The relationship between the SO_4^{2-} content and the pH_{H_2O} of examined N,P,K fertilized soils

(1) pH_{H_2O} , (2) SO_4^{2-} concentration $mg\ kg^{-1}$, (3) uninoculated treatments, (4) *T. ferrooxidans* inoculated treatments, (5) *T. thiooxidans* inoculated treatments

A két érték közötti összefüggést az inokulálatlan csoport esetében az $y = -7E-0,7x^2 + 3E-0,5x + 7,5891$ egyenlet ($P=1,0$), a *T. ferrooxidans*-szal oltott csoport esetében az $y = 4E-0,7x^2 - 0,0014x + 7,9667$ regressziós függvény írja le ($P=5,0$). A *T. thiooxidans*-szal kezelt csoport értékei között statisztikailag igazolható kapcsolatot nem találtunk.

A kapott összefüggések alapján a mért pH_{H_2O} értékek változását a SO_4^{2-} koncentráció az inokulálatlan csoport esetében mintegy 50%-ban ($R^2=0,5056$), a *T. ferrooxidans*-szal kezelt csoport esetében 44.3%-ban ($R^2=0,4437$), a *T. thiooxidans*-szal kezelt csoport esetében 22,37%-ban magyarázza ($R^2=0,2237$).

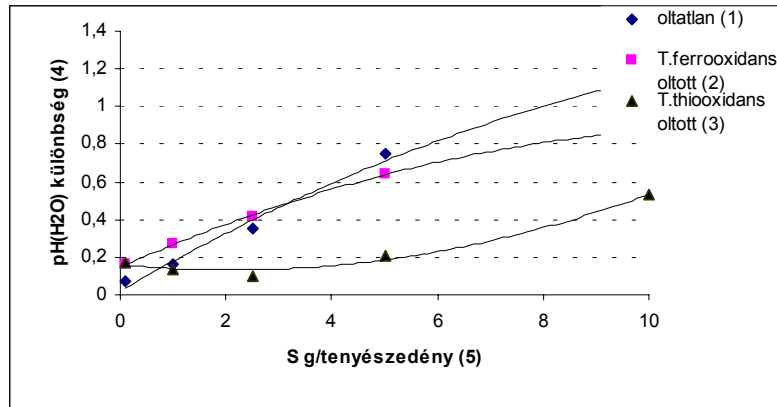
3.1.3. A műtrágyázás kénoxidációra kifejtett hatásának összehasonlító értékelése

3.1.3.1. A műtrágyázás hatása a talajok pH_{H_2O} értékeire

Az egyes kezelések alkalmazásával kapott pH_{H_2O} értékek az N, P, K műtrágyázás kémhatást csökkentő eredményességét mutatják.

Az N, P, K műtrágyázott, valamint a műtrágyázatlan sorozatok összehasonlítása során megállapíthatjuk, hogy az elemi kén adagok hatására kialakult pH_{H_2O} értékek csökkenése az N, P, K műtrágyázott csoportoknál a műtrágyázatlan kezelések vonatkozó értékeihez képest jóval kifejezettebb (7, 10. melléklet). Az összefüggést számszerűen is alátámasztja, hogy a műtrágyázatlan, valamint N, P, K műtrágyázott csoportok megfelelő pH_{H_2O} értékeinek különbsége a növekvő elemi kén adagok hatására nő (21. ábra).

A műtrágyázásban nem részesült, valamint az N, P, K műtrágyázott csoportok közötti különbség az inokulálatlan, valamint *T. ferrooxidans*-szal oltott 2-2 csoport vonatkozó pH_{H_2O} értékei között 0,1 %-os szignifikancia szinten, a *T. thiooxidans*-szal kezelt csoportok esetében 5,0 %-os szignifikancia szinten bizonyult megbízhatónak (a varianciaanalízis értékeit a 14. melléklet mutatja be).



21.ábra: A műtrágyázatlan, valamint az N,P,K műtrágyázott talajok pH_{H₂O} értékeinek különbsége a növekvő elemi kén adagok hatására
 Figure 21.: The difference between the pH_{H₂O} values of the unfertilized and N,P,K fertilized groups.

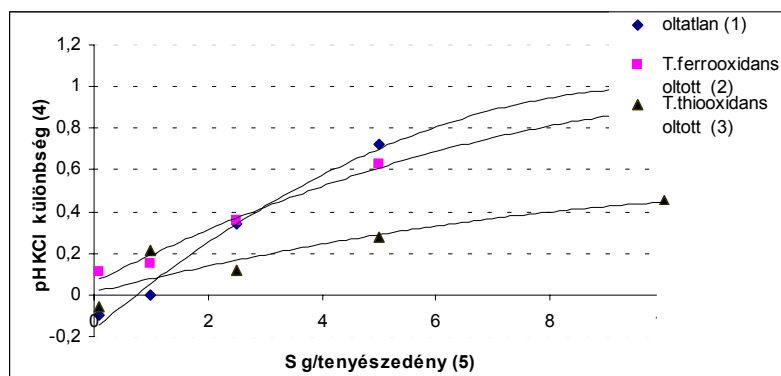
(1) uninoculated groups, (2) T. ferrooxidans inoculated groups, (3) T. thiooxidans inoculated groups, (4) difference between the pH_{H₂O} values, (5) applied elemental S (g pot⁻¹)

3.1.3.2. A műtrágyázás hatása a talajok pH_{KCl} értékeire

A műtrágyázásban nem részesült, valamint az N, P, K műtrágyázott csoportpárok összehasonlítása során a pH_{KCl} értékek tekintetében is különbségeket találtunk az egyes sorozatok között (8, 11. mellékletek).

Az N, P, K műtrágyázás pH_{KCl} értéket csökkentő hatása a *Thiobacillus* törzssel nem oltott, valamint a *T. ferrooxidans*-szal kezelt csoportpárok között 0,1 %-os-, a *T. thiooxidans*-szal oltott csoportok között 10,0 %-os megbízhatósági szinten bizonyult szignifikánsnak (a varianciaanalízis értékeit a 14. melléklet mutatja be).

A kísérlet során kapott egyes pH_{KCl} értékeket összehasonlítva megállapíthatjuk, hogy a műtrágyázatlan, valamint N, P, K műtrágyázott sorozatok vonatkozó értékeinek különbsége a pH_{H₂O} értékeihez hasonlóan az alkalmazott elemi kén dózissal párhuzamosan nő (22. ábra).



22. ábra: A műtrágyázatlan, valamint az N,P,K műtrágyázott talajok pH_{KCl} értékeinek különbsége a növekvő elemi kén adagok hatására
 Figure 22.: The difference between the pH_{KCl} values of the unfertilized and N,P,K fertilized groups
 (1) uninoculated groups, (2) *T. ferrooxidans* inoculated groups, (3) *T. thiooxidans* inoculated groups
 (4) difference between the pH_{H_2O} values, (5) applied elemental S ($g\ pot^{-1}$)

3.1.3.3. A műtrágyázás hatása talajok szulfát tartalmára

A műtrágyázásban nem részesült, valamint az N, P, K műtrágyázott csoportok oldható SO_4^{2-} értékeinek (10, 14. táblázatok) összehasonlítása során az inokulálatlan csoportok között 5,0 %-os, a *T. thiooxidans*-szal oltott csoportok között 0,1 %-os szignifikancia szinten adódtak különbségek (a varianciaanalízis értékeit a 15. melléklet tartalmazza).

A csoportátlagokat tekintve míg a *T. thiooxidans*-szal kezelt és N, P, K műtrágyázott talajok oldható SO_4^{2-} tartalma bizonyíthatóan magasabb a műtrágyázásban nem részesült csoport értékéhez képest, addig az inokulálatlan csoportokra vonatkoztatva ennek pont az ellentéte állapítható meg.

Ez utóbbi sorozatnál az N, P, K műtrágyázott csoport oldható SO_4^{2-} tartalma a műtrágyázatlan csoporthoz képest szignifikánsan alacsonyabb értéket adott.

A *T. ferrooxidans*-szal kezelt csoportok között az N, P, K műtrágyázás hatására a oldható SO_4^{2-} tartalomban statisztikailag igazolható különbséget nem találtunk, az a kezelések hatására gyakorlatilag nem változott.

3.1.4. A tenyészedényes talajérleléses kísérletek összefoglalása

Az elvégzett talajérleléses vizsgálatok alapján megállapíthatjuk, hogy a meszes Duna öntéstalajon beállított kísérlet során alkalmazott elemi kén

növekvő dózisa az egyes csoportoknál a $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$, valamint pH_{KCl} értékek csökkenését, valamint az SO_4^{2-} koncentráció emelkedését eredményezték.

A pH értékek alakulása tekintetében szignifikáns különbségeket találtunk a műtrágyázásban nem részesült, valamint az N, P, K műtrágyázott talajminták kémhatása között. Az eredmények alapján az N, P, K műtrágyázott csoportok pH értékei a növekvő elemi kén adagok hatására a műtrágyázatlan csoportok megfelelő kezeléseknél bizonyíthatóan nagyobb arányban csökkentek (21, 22. ábrák).

Az összefüggés hátterében a mikrobiális kénoxidáció erősödése állhat, amit a műtrágyázás a folyamatban szerepet játszó mikrobaközösségek esetleges tápelemigényének kielégítésén túl (Sholeh et al. 1997) a talaj lokális pH csökkentésével is befolyásolhat (Lawrence és Germida 1991).

A *Thiobacillus ferrooxidans*, valamint *T. thiooxidans* oltást tekintve megállapíthatjuk, hogy a baktériumos kezelés mind a műtrágyázatlan, mind az N,P,K műtrágyázott sorozatok esetében serkentette az adagolt elemi kén átalakulását, mely a pH értékek csökkenésében, valamint az SO_4^{2-} koncentrációk növekedésében is megmutatkozott.

Az alkalmazott két baktériumtörzs közül a *T. thiooxidans* alkalmazása járt együtt a legnagyobb mértékű anyagátalakítással.

Az egyes sorozatok $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$, pH_{KCl} értékeit, valamint a kezeléseknél mért oldható szulfátion-koncentrációit összevetve azonban ellentmondást figyelhetünk meg:

A drasztikus pH csökkenés látszólag nem magyarázható az adagolt elemi kén mikrobiális oxidációjával, mivel a mért oldható SO_4^{2-} mennyiségek az N, P, K műtrágyázott sorozatnál a műtrágyázatlan kezeléseknél alacsonyabb értékeket adtak, a műtrágyázatlan kezeléseknél pedig szignifikáns különbséget kimutatni nem tudtunk. Ezzel szemben az N, P, K műtrágyázott sorozat $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$, pH_{KCl} értékeinek csökkenése 0,1 %-os szignifikancia szinten jelentős és tendenciózus.

Hasonló összefüggés figyelhető meg a *T. ferrooxidans*-szal, valamint *T. thiooxidans*-szal inokulált talajoknál is.

A baktériumos oltás során mind a műtrágyázatlan, mind az N, P, K műtrágyázott sorozatok egyes csoportjainál a pH értékek szignifikánsan jelentősebb csökkenését figyelhetjük meg.

A pH értékek tartós és egyre növekvő csökkenését az elemi kén növekvő dózisa során keletkezett SO_4^{2-} koncentráció emelkedése azonban csupán 40- 50 %-ban magyarázza (16, 20. ábrák).

Előző megállapításunk legmarkánsabb példája a *T. thiooxidans* inokulált, N, P, K műtrágyázott csoport, ahol a legintenzívebb pH csökkenést

figyeltük meg, azonban ezt a változást a kezelések során mérhető SO_4^{2-} koncentráció csupán 22,4 %-ban magyarázta ($R=0,2237$).

A fent részletezett összefüggéseknek számos magyarázata lehet, melyek feltehetőleg szimultán jelentkeztek is a kísérletek során:

- a mikrobiális tevékenység során keletkezett SO_4^{2-} a talaj magas CaCO_3 tartalmának köszönhetően, azzal reakcióba lépve alacsony oldékonyságú CaSO_4 -et eredményezhetett
- a műtrágyázással vélhetően megerősödő bakteriális tevékenység során keletkező szulfátionok a talaj pH-t erősen (2, 2,5 egységgel) savas irányba tolták el, minek következtében a talajok szulfátion-adszorpciója ugrásszerűen megnövekedett (*Ensminger 1954, Kamprath et al. 1956, Zhang et al. 1996 Patil et al. 1997*). Ezáltal csökkenthetett, illetve maradhatott változatlan szinten a mérhető vízoldható SO_4^{2-} tartalom a vizsgálati periódus során.

A műtrágyázott kezelések alacsonyabb pH értékei azonban nem csupán biológiai, hanem részben kémiai okokkal is magyarázhatók:

- A kijuttatott ammónium-nitrát az elemi kén oxidációja során keletkezett kénsavval vegyülve ammónium-szulfátot és salétromsavat alkothatott, mely utóbbi a kénsavnál erősebb sav.
- A KCl műtrágya kénsavval reakcióba lépve kálium-szulfátot és sósavat alkothatott, mely utóbbi szintén erősebb sav, mint a kénsav.

Az összefüggések feltárásához mindenképpen további vizsgálatok elvégzése látszik szükségesnek.

A minták 1N KCl módszerrel mért SO_4^{2-} tartalmának, valamint gipsztartalmának meghatározása mellett mindenképpen indokolt lehet a kénoxidációban szerepet vállaló heterotróf és autotróf mikroorganizmusok (*Kalocsai et al. 2000*) abundanciájának mintákból történő meghatározása, az esetleges eltérések értékelése is.

Az elvégzett vizsgálatok bizonyították, hogy a vizsgálatba vont meszes Duna öntéstalaj jelentős elemi kén oxidációs kapacitással rendelkezik így az esetleges kénhiány pótlására az elemi kén akár bakteriális inokuláció nélkül is használható.

A baktériumos *T. ferrooxidans*, és főleg *T. thiooxidans* talajoltásnak az elemi kén oxidációra kifejtett szignifikánsan pozitív hatását összegezve

megállapíthatjuk, hogy ezen acidofil szervezetekkel végzett talajoltás még ilyen relatíve magas mésztartalmú, bázikus talajon is eredményesnek bizonyult.

Az elvégzett kísérletek során bizonyítást nyert az eddigiekben leginkább csak a savanyú talajokban, vagy vizekben elfogadott és figyelembe vett *Thiobacillus*-ok kulcsfontosságú szerepe a meszes, bázikus talajkörülmények között is.

3.2. SZABADFÖLDI KISPARCELLÁS KÍSÉRLETEK

3.2.1. A talajvizsgálati eredmények alakulása

3.2.1.1. A bokrosodáskor vett talajminták eredményei

- A 2000. évre vonatkozó értékelés -

A kísérlet első évében (2000) a bokrosodáskor vett talajminták vizsgálati eredményeivel elvégzett varianciaanalízis során (16. melléklet) a talajminták nitrát-, szulfát-, valamint kálium tartalma között találtunk statisztikailag igazolható különbségeket.

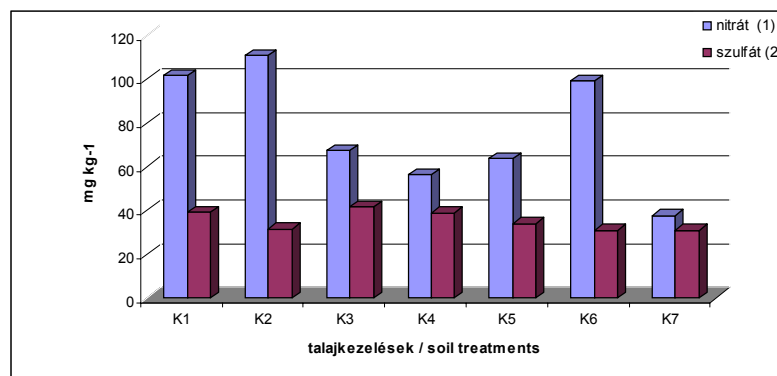
Az elvégzett statisztikai értékelés alapján megállapíthatjuk, hogy a műtrágyázott kezelések oldható nitrát-, valamint kálium tartalma a kontroll értékeinél 1,0 %-os, illetve 10,0 %-os szignifikancia szinten bizonyíthatóan nagyobb volt.

A műtrágyázott kezelések összehasonlítása során a legmagasabb nitrát tartalmakat az ammónium-nitrát kezeléseknél, a legalacsonyabbakat a kontroll, valamint az ammónium-szulfátos kezeléseknél mértük (P=10 %).

A vizsgált talajok oldható szulfát tartalma az ammónium-szulfátos kezelések alkalmazásánál volt a legnagyobb (P=10 %).

A talajok nitrát-, valamint szulfát tartalmának alakulását a 23. ábra mutatja be.

A talajvizsgálati eredmények tápelem arányai között ugyanakkor (17. melléklet) igazolható különbségeket nem találtunk.



23. ábra: A bokrosodáskor vett talajminták nitrát-, valamint szulfát tartalma (2000)
Figure 23.: The nitrate- and sulphate content of the soil samples at shooting (2000)
(1) nitrate mg kg⁻¹, (2) sulphate mg kg⁻¹

- A 2001. évre vonatkozó értékelés -

A bokrosodáskor vett talajminták vizsgálati eredményei között a 2001-es kísérleti évben csupán a oldható foszfor tartalmak között találtunk igazolható különbségeket (18. melléklet).

Ennek megfelelően a műtrágyázott kezelések mért P₂O₅ tartalma 5,0 %-os szignifikancia szinten bizonyíthatóan meghaladta a kontroll parcellák értékeit.

Az egyes kezelések nitrát-, valamint oldható szulfát értékei között értelmezhető összefüggést nem találtunk.

A tápelem-kén arányokat tekintve (19. melléklet) igazolható különbségeket a műtrágyázott kezelések N:S-, valamint Cu:S arányai között kaptunk (P=5 %; P=10 %). Legnagyobb értékeket (így a legtágabb arányt) mindkét esetben az ammónium-szulfátos kezeléseknél mértünk.

Az összefüggés hátterében az ammónium-szulfátos kezelések alacsonyabb oldható szulfáttartalma állhat.

- A 2002. évre vonatkozó értékelés -

A 2002-es évben vett bokrosodáskori talajminták vizsgálati eredményeit, valamint az eredmények statisztikai értékelését a 20. melléklet mutatja be.

Az elvégzett analízis során a minták $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ értékei, valamint SO_4^{2-} -, P_2O_5 -, K_2O -, Na- és Mg tartalma között találtunk statisztikailag igazolható különbségeket (P<10 %). A kontroll kezeléseknél oldható SO_4^{2-} -, P_2O_5 -, valamint K_2O tartalma bizonyíthatóan a műtrágyázott kezelések értékei alatt helyezkedett el (P=5 %; P=10 %; P=0,1 %). A kontroll kezeléseknél Mg tartalma 10 %-os szignifikancia szinten bizonyíthatóan meghaladta az ammónium-nitrátos, valamint ammónium-szulfátos kezelések értékeit.

A műtrágyázott kezeléseknél a $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ értékek, valamint a Na tartalmak között kaptunk igazolható különbségeket (P=1 %; P=5 %). A legmagasabb pH értékeket az ammónium-nitrátos kezeléseknél kaptuk, a legsavanyúbb kémhatást az ammónium-szulfátos kezeléseknél mértük.

Az egyes tápelemek arányai között (21. melléklet) statisztikailag igazolható különbségeket a kontroll-, valamint a műtrágyázott kezelések értékei között kaptunk. A N:S arány 10 %-os-, a C:S-, és Zn:S arány 5 %-os megbízhatósági szinten, a Mg:S-, Cu:S-, valamint Mn:S arányok 1,0 %-os-, a Fe:S arány 0,1 %-os szignifikancia szinten mutattak különbségeket az egyes kezeléseknél.

A nem általánosítható összefüggések ellenére megállapíthatjuk, hogy a kontroll kezeléseknél tápelem arányai (C:S, N:S, Mg:S, Zn:S) számos esetben meghaladták az ammónium-nitrátos, valamint ammónium-szulfátos kezeléseknél mért értékeket.

Az összefüggés hátterében a kontroll kezeléseknél alacsonyabb oldható SO_4^{2-} tartalma állhat.

- A 2000-2002-es évek összefoglaló értékelése -

A bokrosodáskor vett talajminták 3 éves átlageredményeivel elvégzett statisztikai értékelés során (22. melléklet) a pH_{KCl} értékek, valamint a NO_3^- ,

P_2O_5 -, K_2O -, Mg-, Cu-, Mn-, és a Fe tartalmak között találtunk statisztikailag igazolható különbségeket az egyes kezelések között.

Az eredmények alapján a kontroll kezelések NO_3^- tartalma 10 %-os, P_2O_5 tartalma 0,1 %-os, K_2O tartalma 1 %-os szignifikancia szinten kisebb volt a műtrágyázott kezelések értékeinél. A Mg-, Mn-, valamint Fe tartalmakat vizsgálva ugyanakkor megállapíthatjuk, hogy a kontroll kezelések a felsorolt elemekből a műtrágyázott parcelláknál nagyobb oldható mennyiséget tartalmaztak ($P < 1,0$).

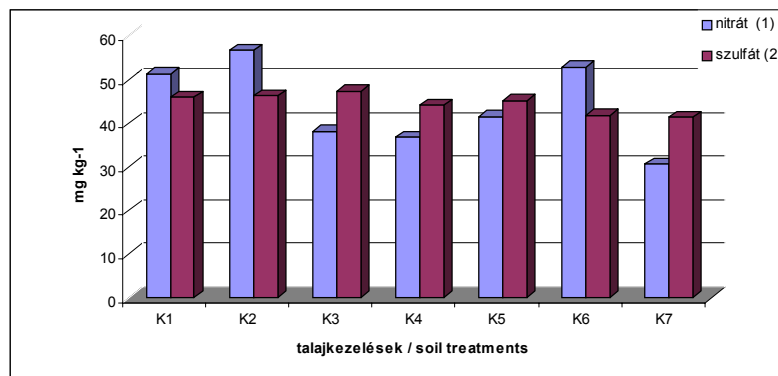
A műtrágyázott kezelések között szignifikáns különbségeket csupán a Mg a Mn ($P=10,0$), valamint a Cu ($P=5,0$) tartalmak között találtunk. A felsorolt elemek legnagyobb értékeit az ammónium-nitrátos, valamint az ammónium-szulfátos kezelések mintáiban mértük.

A műtrágyázott kezelések között a legalacsonyabb NO_3^- értékeket az ammónium-szulfátos kezelések esetében, a legmagasabbakat az ammónium-nitrátos kezeléseknél kaptuk (24. ábra).

A oldható szulfát tartalmakat vizsgálva – annak ellenére, hogy az ammónium-szulfátos kezelések során jelentős mennyiségű SO_4^{2-} kijuttatására került sor - az egyes kezelések között igazolható különbségeket nem találtunk (24. ábra).

Az összefüggés hátterében számos tényező befolyása (a talajok magas $CaCO_3$ tartalma és SO_4^{2-} adszorpció kapacitása) állhat, melyeket a 3.1.4. fejezetben részben érintettünk.

A jelenség a talajokban lejátszódó fizikokémiai folyamatok mellett mindenképpen felveti a szulfát meghatározására szolgáló módszerek esetleges pontatlanságát (Bloem et al 1995).



24. ábra: A bokrosodáskor vett talajminták átlagos nitrát-, valamint szulfát tartalma (2000-2002)

Figure 24.: The average nitrate- and sulphate content of the soil samples at shooting (2000-2002)

(1) nitrate mg kg⁻¹, (2) sulphate mg kg⁻¹

Az egyes tápelem arányok között az elvégzett analízis statisztikailag igazolható különbségeket nem mutatott (23. melléklet).

3.2.1.2. Az aratáskor vett talajminták eredményei

- A 2000. évre vonatkozó értékelés -

Az aratáskor vett talajminták vizsgálati eredményei között (24. melléklet) a 2000. évben csupán a pH_{H2O} értékek, valamint az összes-N tartalmak között találtunk igazolható különbségeket az egyes kezelések között (P=5 %).

Az elvégzett statisztikai elemzés során megállapítottuk, hogy a műtrágyázott kezelések kémhatása a kontroll kezeléseknél alacsonyabb volt (P=10 %).

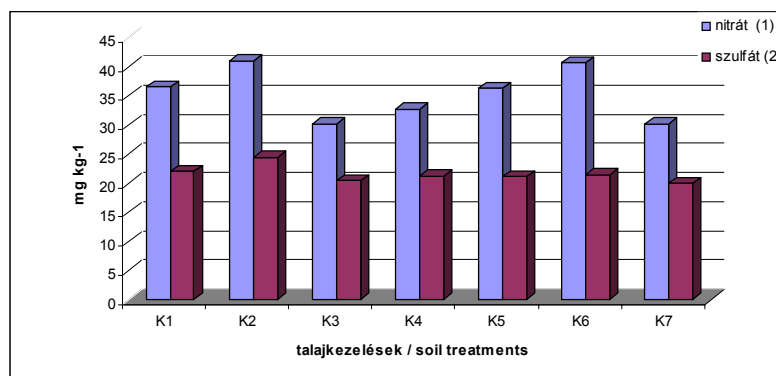
Az egyes műtrágyázott kezelések közül a legalacsonyabb pH értékeket az ammónium-nitrátos, valamint az ammónium-szulfátos kezeléseknél kaptuk.

A műtrágyázott kezelések összes-N tartalma 5 %-os szignifikancia szinten igazolhatóan meghaladta a kontroll kezeléseknél értékeit.

A legnagyobb összes-N tartalmat az ammónium-nitrátos, ezt követően az ammónium-szulfátos kezeléseknél kaptuk.

A nitrát tartalmak alakulását vizsgálva a statisztikailag nem igazolható különbségek ellenére megállapíthatjuk, hogy legnagyobb NO₃⁻ tartalmakat az ammónium-nitrátos kezeléseknél mértük (25. ábra). Az ammónium-szulfátos kezelések adták egyben a minták legalacsonyabb nitrát tartalmát. Az oldható szulfát tartalmak között igazolható különbséget nem találtunk.

25. ábra: Az aratáskor vett talajminták nitrát-, valamint szulfát tartalma (2000)
Figure 25.: The nitrate- and sulphate content of the soil samples at harvest (2000)
(1) nitrate mg kg⁻¹, (2) sulphate mg kg⁻¹



A talajvizsgálati értékeket a bokrosodáskor vett talajminták eredményeivel összehasonlítva megállapíthatjuk, hogy a talajok összes-N-, nitrát-, szulfát-, foszfor-, valamint mikroelem tartalma a bokrosodáskor vett minták értékei alatt maradt, mutatva ezzel a növényi tápelem felvétel, valamint a kilúgzásos folyamatok esetleges hatását.
Az egyes tápelem arányok között (25. melléklet) igazolható különbségeket ebben a vizsgálati évben nem találtunk.

- A 2001. évre vonatkozó értékelés -

Az aratáskor vett talajminták vizsgálati eredményei között (26. melléklet) a 2001-es évben csupán az összes-N tartalmakban találtunk igazolható különbségeket.

Eredményeink alapján a kontroll kezelések összes-N tartalma 10 %-os szignifikancia szinten igazolhatóan a műtrágyázott kezelések átlagos értékei alatt maradt.

A vizsgálati évben a talajok nitrát-, valamint szulfát tartalma között statisztikailag bizonyítható különbségek nem adódtak.

A talajvizsgálati eredmények arányait tekintve (27. melléklet) megállapíthatjuk, hogy a kontroll kezelések C:S-, N:S-, P:S-, K:S-, valamint Mg:S arányai 5 %-os megbízhatósági szinten, Zn:S-, Cu:S-, Mn:S-, valamint Fe:S arányai 1 %-os szignifikancia szinten voltak tágabbak a műtrágyázott kezeléseknél mért arányoknál.

Az összefüggés a kontroll parcellák alacsonyabb oldható szulfát tartalmával magyarázható.

- A 2000-2001-es évek összefoglaló értékelése -

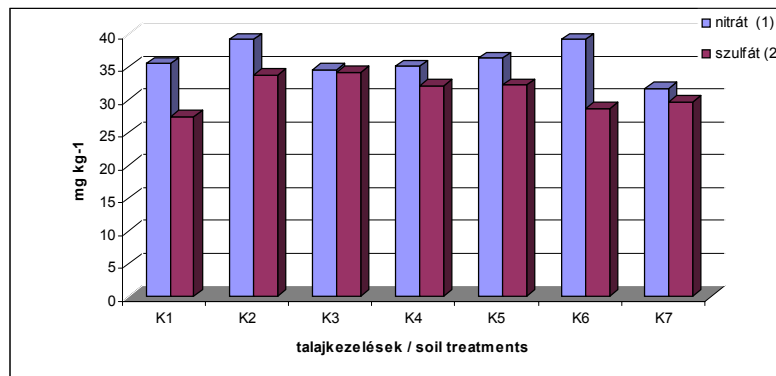
Az aratáskor vett talajminták 2 éves vizsgálati átlageredményeivel elvégzett statisztikai értékelés során (28. melléklet) a kezelések $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ -, pH_{KCl} - értékei, valamint összes-N-, NO_3^- -, P_2O_5 -, K_2O -, Mg-, Cu-, Mn- és Fe tartalma között találtunk statisztikailag igazolható különbségeket.

Az eredmények alapján a műtrágyázott kezelések összes-N-, NO_3^- -, valamint K_2O - és Mg tartalma 10 %-os szignifikancia szinten, a P_2O_5 tartalma 5 %-os szignifikancia szinten, Fe tartalma 1 %-os megbízhatósági szinten haladta meg a kontroll értékeit.

A Mn tartalmak alakulását tekintve megállapíthatjuk, hogy a műtrágyázott kezelések értékei a kontroll kezelések során mért Mn tartalmak alatt maradtak ($P=5,0$).

A műtrágyázott kezelések között a legalacsonyabb $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}^-}$, valamint pH_{KCl} értékeket az ammónium-szulfátos kezelésekénél mértük (P=10 %; P=5 %).

A K_2O tartalmak alakulását tekintve megállapíthatjuk, hogy a két év átlagában a szignifikánsan legnagyobb értékeket az ammónium-szulfátos, valamint a karbamidos kezelésekénél mértük (P=1 %). A nitrát-, valamint oldható szulfáttartalmak között statisztikailag igazolható különbségeket nem találtunk (26. ábra).



26. ábra: Az aratáskor vett talajminták átlagos nitrát-, valamint szulfát tartalma (2000-2001)
Figure 26.: The average nitrate- and sulphate content of the soil samples at harvest (2000-2001)

(1) nitrate mg kg^{-1} , (2) sulphate mg kg^{-1}

Az aratáskor vett minták nitrát-, valamint szulfát tartalmát a bokrosodáskor vett talajminták vonatkozó értékeivel (24. ábra) összehasonlítva megállapíthatjuk, hogy az aratáskor vett talajminták értékei minden esetben a bokrosodáskor vett minták vizsgálati eredményei alatt maradtak.

A talajvizsgálati átlageredmények arányai (29. melléklet) a műtrágyázott kezelések között igazolható különbségeket nem mutattak.

3.2.2. A növényvizsgálati eredmények alakulása bokrosodáskor

3.2.2.1. A 2000. évre vonatkozó értékelés

A 2000. év bokrosodáskori növényvizsgálati eredményeinek (30. melléklet) statisztikai értékelése után (31. melléklet) az A, B, C csoportok adatait dolgoztuk fel. A nyersfehérje-, a P-, a K-, a S-, valamint a N tartalmak között 0,1 %-os-, a nyershamu, a Ca- és a Zn tartalmak között 1 %-os-, az Fe mért értékei között 10 %-os szignifikancia szinten találtunk különbségeket.

Az elemzések alapján az A, B, C csoportok átlagos nyersfehérje-, P-, K-, Mn-, Zn-, S-, valamint N tartalma 0,1%-os-, nyershamu-, valamint Cu tartalma 5 %-os-, Ca tartalma 10 %-os megbízhatósági szinten mutatott különbségeket.

Az adatok csoportonként történő összehasonlítása alapján a vizsgált paraméterek legmagasabb értékeit a kálium tartalom kivételével minden esetben az A csoportnál mértük. Ezt a B csoport követte, míg a legalacsonyabb értékek a C típusú kezeléseknél adódtak. A mért nyersfehérje tartalmak alakulását a 27. ábra mutatja be.

- A Zn levélkezelés nélküli A csoport eredményei-

Az elvégzett vizsgálatok alapján az A csoporton belül a minták nyersfehérje (N) tartalma között 0,1 %-os-, a S tartalmak között 1 %-os-, a Zn tartalmak között 5 %-os-, a K-, valamint Ca tartalmak között 10 %-os szignifikancia szinten találtunk különbségeket.

A műtrágyázott kezelések vizsgálati értékei között statisztikailag igazolható eltéréseket ugyanakkor nem tudtunk kimutatni.

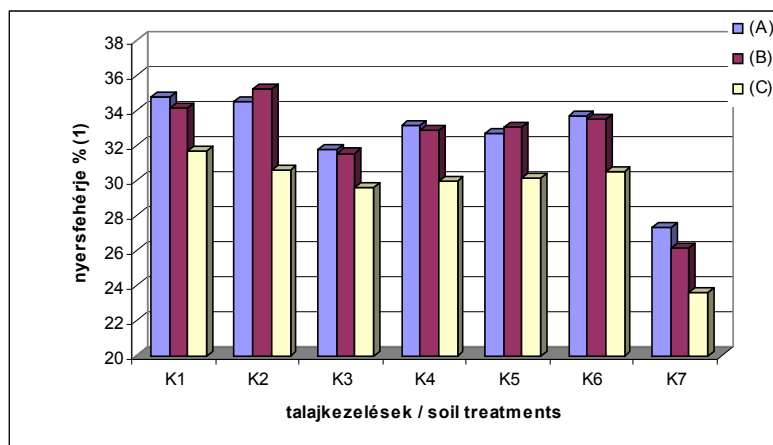
Az egyes kezelések során kapott nyersfehérje tartalmakra vonatkozóan (27. ábra) megállapíthatjuk, hogy a kontroll parcellákról származó növényminták után az ammónium-szulfát műtrágyázott kezelések alkalmazásával kaptuk a legalacsonyabb értékeket.

A S tartalmak alakulását tekintve (28. ábra) az előző összefüggés ellentétét figyelhetjük meg: legmagasabb S tartalmakat a legnagyobb mennyiségű szulfát- S adagot kapott kezeléseknél mértünk.

A növények S-, valamint nyersfehérje tartalmának kapcsolatát vizsgálva megállapíthatjuk, hogy a növények kéntartalmának 0,28-0,31 %-ig tartó növekedésével a nyersfehérje tartalmak is növekvő tendenciájúak, ám az ezt meghaladó S tartalmaknál a fehérjetartalom folyamatos csökkenése figyelhető meg (29. ábra).

Az összefüggés háttérben feltételezhetően a talajok eltérő nitrát tartalma áll, mely a műtrágyázott kezelések közül az $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ alkalmazásánál volt a legalacsonyabb. Megállapításunkat a talajminták NO_3^- tartalmának, valamint a bokrosodáskori növényminták nyersfehérje tartalmának 0,1 %-os szignifikáns pozitív összefüggése is alátámasztja (30. ábra).

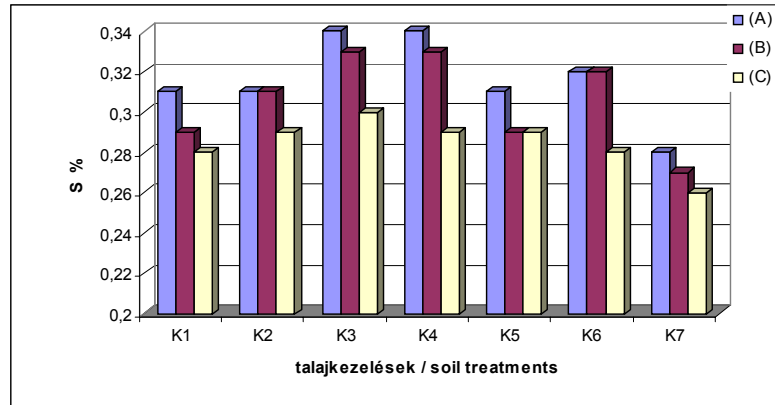
27. ábra: A bokrosodáskor vett növényminták nyersfehérje tartalmának alakulása a talaj- és



növénykezelések függvényében (2000)

Figure 27.: The raw protein content of the plant samples at shooting (2000)

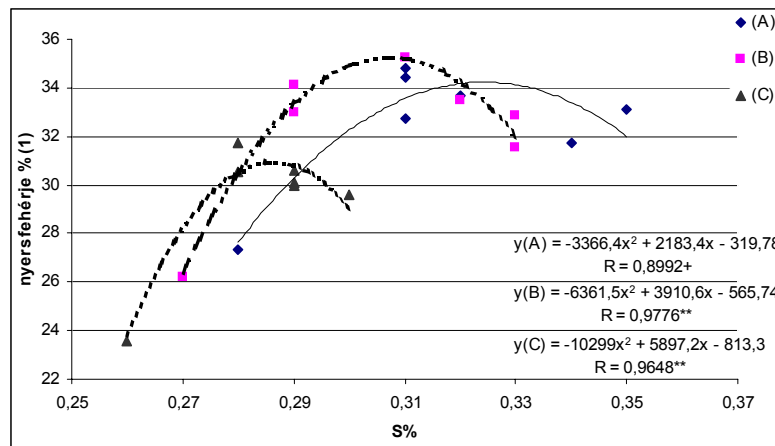
(A) Zn nélküli / no foliar fertilizer, (B) Zn levéltrágya bokrosodáskor / Zn saccharose treatment at shooting, (C) Zn levéltrágya virágzáskor / Zn saccharose treatment at flowering, (1) raw protein content



28. ábra: A bokrosodáskor vett növényminták kéntartalmának alakulása a talaj- és növénykezelések függvényében (2000)

Figure 28.: The sulphur content of the plant samples at shooting (2000)

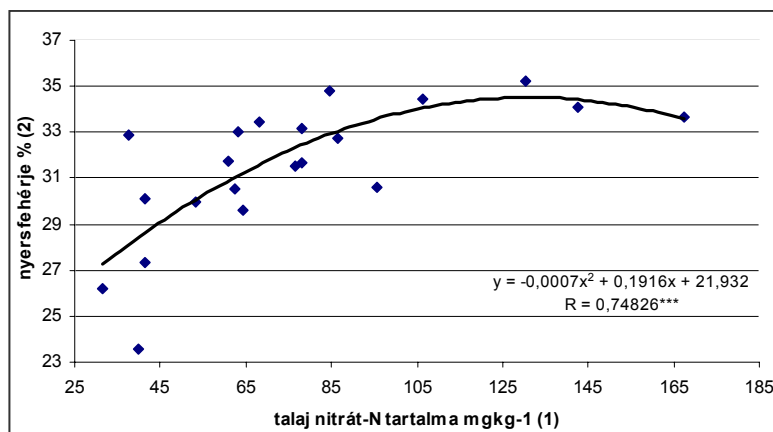
(A) Zn nélküli / no foliar fertilizer, (B) Zn levéltrágya bokrosodáskor / Zn saccharose treatment at shooting, (C) Zn levéltrágya virágzáskor / Zn saccharose treatment at flowering



29. ábra: A bokrosodáskor vett növényminták nyersfehérje-, valamint S tartalmának összefüggése (2000)

Figure 29.: The relationship between the raw protein- and S content of plant samples at shooting (2000)

(A) Zn nélküli / no foliar fertilizer, (B) Zn levéltrágya bokrosodáskor / Zn saccharose treatment at shooting, (C) Zn levéltrágya virágzáskor / Zn saccharose treatment at flowering, (1) raw protein content (%)



30. ábra: A talaj NO_3^- tartalmának, valamint a bokrosodáskor vett növényminták nyersfehérje tartalmának összefüggése (2000)

Figure 30.: The relationship between the soil NO_3^- content and the raw protein content of the plant samples at shooting (2000)

(A) Zn nélküli / no foliar fertilizer, (B) Zn levéltrágya bokrosodáskor / Zn saccharose treatment at shooting, (C) Zn levéltrágya virágzáskor / Zn saccharose treatment at flowering (1) soil nitrate content, (2) raw protein content

- A bokrosodáskor Zn levélkezelésben részesült B csoport eredményei -

A B csoport nyersfehérje (N)- és K tartalmak 0,1 %-os-, a Fe- és S tartalmak 1 %-os-, a nyersshamu- és P értékek 10 %-os-, valamint a Mn tartalmak 5 %-os szignifikanciával jellemzett különbségei megegyeztek az A csoportnál leírtakkal.

A kezelések során a legalacsonyabb Zn-, valamint Fe értékeket azonban az A csoporttól eltérően nem az ammónium-szulfátos, hanem az ammónium-nitrátos kezeléseknél mértük. A különbségek statisztikailag nem igazolhatók.

A csoport nyersfehérje, valamint S tartalmainak alakulását, illetve az értékek közötti összefüggést a 27, 28, 29. ábrák mutatják be.

- A virágzáskor Zn levélkezelésben részesült C csoport eredményei -

A C csoporton belül csupán a nyersfehérje, valamint a Fe tartalmak között találtunk értékelhető különbségeket ($P=0,1\%$; $P=10\%$).

A nyersfehérje tartalmak alakulása megegyezett az előző két csoportnál tapasztaltakkal, mivel ammónium-szulfátos kezeléseknél minden esetben a többi kezelésnél alacsonyabb értékeket mértünk (27. ábra).

A növényminták Fe tartalma között az egyes kezelések hatásának tulajdonítható összefüggést nem találtunk.

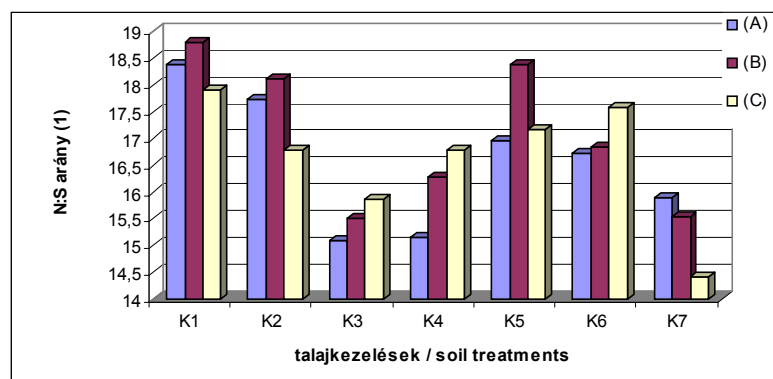
Az analízisek során vizsgált egyéb paraméterek közül a K, Mn, valamint a S esetében csupán a kontroll-, valamint a többi kezelés átlaga között adódtak szignifikáns különbségek.

A csoport S-, valamint nyersfehérje tartalmának összefüggése alacsonyabb szinten ugyan, de szintén mutatta az előző két csoportnál megfigyelt kapcsolatot. Az összefüggéseket a 29. ábra mutatja be.

A műtrágyázott kezelések során előállt kéntartalmak minden esetben nőttek a kontroll értékeihez képest (28. ábra).

Az egyes növényvizsgálati paraméterek-, valamint a S tartalmak arányait tekintve a nyershamu:S és Mn:S arányok között 0,1 %-os-, a Zn:S és Fe:S arányok között 1 %-os-, a N:S, valamint Ca:S arányok között 5 %-os-, a P:S arányok között 10 %-os szignifikancia szinten adódtak különbségek.

Az említett arányok mindhárom csoportnál az $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ kezeléseknél adták a legalacsonyabb értékeket. A statisztikailag igazolható összefüggések háttérében a növények S tartalmának említett kezelések hatására bekövetkező növekedése áll (32, 33. melléklet, 31. ábra).



31. ábra: A bokrosodáskor vett növényminták N:S aránya a különböző talaj- és növénykezelések függvényében (2000)

Figure 31.: The N:S ratio of the plant samples at shooting (2000)

(A) Zn nélkül / no foliar fertilizer, (B) Zn levéltrágya bokrosodáskor / Zn saccharose treatment at shooting, (C) Zn levéltrágya virágzáskor / Zn saccharose treatment at flowering, (1) N:S ratio

3.2.2.2. A 2001. évre vonatkozó értékelés

A 2001. év bokrosodáskori növénymintáinak (34. melléklet) vizsgálatát követő matematikai értékelés (35. melléklet) az előző évi eredményektől eltérő összefüggéseket tárt fel.

Az A, B, C csoportok kezeléseit összehasonlítva csupán a mért Zn-, Cu-, S-, K-, valamint P értékek között találtunk statisztikailag igazolható különbségeket ($P < 10\%$).

Az elemzések alapján az A, B, C csoportok átlagos P, K, Zn, Cu, valamint S tartalma 0,1 %-os megbízhatósági szinten mutatott különbségeket. A nyersfehérje tartalmak között igazolható különbségeket nem találtunk

Az egyes csoportok átlagértékei közötti kapcsolatok az előző évi növényvizsgálati eredményekkel (30. melléklet) nem mutatnak összefüggést.

- A Zn levélkezelés nélküli A csoport eredményei -

Az A csoport különböző kezeléseit esetén mért növényvizsgálati paraméterek közül csupán a Ca tartalomban találtunk 10 %-os szignifikáns különbségeket. Az egyes értékek között összefüggést nem tudtunk kimutatni.

Az egyes kezelések során mért növényvizsgálati eredmények arányai között a csoporton belül statisztikailag igazolható különbségeket nem találtunk (36, 37. melléklet).

- A bokrosodáskor Zn levélkezelésben részesült B csoport eredményei -

A B csoportnál a kontrolltól különböző kezeléseket nyershamu- és Mn értékei között 10 %-os-, az Fe tartalmak között 5 %-os megbízhatósági szinten adódtak különbségek.

Az összefüggések alapján az egyes kezeléseknél tulajdonítható hatást nem ismertünk fel.

A mért növényvizsgálati paraméterek-, valamint a S arányait tekintve a nyersfehérje:S (N:S) értékek között a csoporton belül, valamint a kontroll és a csoport többi kezelésének átlaga között is szignifikáns ($P = 5\%$) különbségeket kaptunk.

Az eredmények alapján a kontroll kezelés vonatkozó aránya (133,01) a többi kezelés N:S arányánál (116,46) nagyobb (tágabb) volt.

Az összefüggés hátterében a kontroll kezelésénél mért S tartalom alacsonyabb szintje (0,26 %) áll (34. melléklet).

A csoport kontrolltól különböző kezeléseit között a nem igazolható különbségek ellenére mindenképpen indokoltnak látjuk megemlíteni, hogy a N:S arány az ammónium-szulfát alkalmazásánál volt a legkisebb.

- A virágzáskor Zn levélkezelésben részesült C csoport eredményei -

A C csoport egyes műtrágyázott kezelése között statisztikailag igazolható különbségeket sem a tápelem tartalmakban, sem pedig azok arányai között nem találtunk.

3.2.2.3. A 2002. évre vonatkozó értékelés

A 2002. év bokrosodáskori növényvizsgálati eredményeit az 38. melléklet mutatja be.

Az elvégzett varianciaanalízis (39. melléklet) során az A, B, C csoportok kezelése között a nyersfehérje (N)-, P-, K-, Ca-, valamint a Mg tartalmak 1 %-os szignifikancia szinten, a Zn tartalmak 10 %-os szignifikancia szinten mutattak különbségeket.

Az A, B, C csoportok átlagos nyersfehérje-, P-, K-, Ca-, és Mg tartalma 0,1 %-os-, Zn-, valamint Cu tartalma 1 %-os megbízhatósági szinten különbözött egymástól.

A csoportok átlagértékeit összehasonlítva megállapíthatjuk, hogy a Zn, valamint Cu elemek kivételével legmagasabb értékeket az A csoportnál mértünk. A sort az eredmények csökkenő sorrendjében a B majd a C csoportok folytatják.

A Zn, valamint a Cu tartalomra vonatkoztatva a legmagasabb értékek (15,58, 6,38 mg kg⁻¹) mindkét sorozatban a B csoportnál adódtak. Az átlagos kéntartalma között igazolható különbséget nem találtunk.

A növényvizsgálati paraméterek arányai között az adott évben csupán az egyes csoportok átlagértékei között találtunk szignifikáns különbségeket (40, 41. melléklet).

A nyersfehérje:S arány a legszűkebbnek az A (132,09), míg legtágabbnak a C csoport (139,70) esetében bizonyult (P=1 %).

Fenti összefüggés mellett a Zn:S-, Mg:S-, valamint a Fe:S arányokban további igazolható különbségek adódtak az egyes csoportok átlagai között (P<10 %) általános érvényű összefüggéseket azonban nem ismertünk fel.

A kontroll, valamint a többi kezelés átlagának a nyersfehérje:S-, Ca:S-, Zn:S-, Cu:S, valamint Fe:S arányai között 10-, illetve 5 %-on igazolható különbségeit a műtrágyázás hatására megemelkedett növényi tápelem tartalom magyarázza.

- A Zn levélkezelés nélküli A csoport eredményei -

Az A csoporton belül a kontroll-, valamint a többi kezelés átlagának nyersfehérje (N) tartalma (P=10 %) és a többi kezelés Zn tartalma között találtunk igazolható különbségeket (P=10 %).

Az eredmények alapján megállapíthatjuk, hogy a műtrágyázás minden esetben növelte a növény nyersfehérje tartalmát a kontrollhoz képest.

Az egyes tápelem-arányokat tekintve az A csoport kontrolltól különböző kezelése között a P:S arányban találtunk különbségeket (P=5 %). A legnagyobb értékeket (1,79, 1,67) az (NH₄)₂SO₄ kezelések alkalmazásával kaptuk.

- A bokrosodáskor Zn levélkezelésben részesült B csoport eredményei -

A B csoportnál a kontroll és a többi kezelés átlaga között a nyersfehérje (N)-, a K-, valamint a Cu értékei között adódott értékelhető különbség az egyes kezelések között (P<10 %).

Az elemzések alapján megállapítható, hogy az említett paraméterek minden esetben nőttek a kontroll értékeihez képest a műtrágyázás hatására.

A mért S tartalmak-, valamint az egyes tápelem:kén arányok között igazolható különbségeket nem találtunk.

- A virágzáskor Zn levélkezelésben részesült C csoport eredményei -

A C csoport értékeinek vizsgálata során a nyersfehérje (N), valamint a Ca tartalmakban találtunk különbségeket a kontroll, valamint a többi kezelés között (P=5 %).

A műtrágyázott kezelések hatására a vizsgált növények tápelem tartalma nőtt a kezeletlen kontroll értékeihez képest.

A műtrágyázott kezelések során mért növényvizsgálati értékek között ugyanakkor igazolható különbségeket nem találtunk.

3.2.2.4. A 2000-2002. évekre vonatkozó eredmények összefoglaló értékelése

- A növényminták kémiai összetétele -

A 3 éves bokrosodáskori növényvizsgálati átlageredményeket a 42. melléklet mutatja be.

A három éves adatsor elemzése során (43. melléklet) az A, B, C csoportok megfelelő kezeléseinél mért nyersfehérje (N)- és S tartalmak között 10 %-os-, a P tartalmak között 0,1 %-os-, a K tartalmak között 1 %-os szignifikancia szinten adódtak különbségek.

Az eredmények alapján megállapíthatjuk, hogy az egyes csoportok közül a nyersfehérje-, valamint a vizsgált makorelemek tekintetében szignifikánsan legnagyobb értékekkel az A csoport rendelkezett.

Az egyes csoportokon belül a különböző kezelések hatására szignifikáns különbségeket csupán a nyersfehérje tartalmak alakulásában kaptunk.

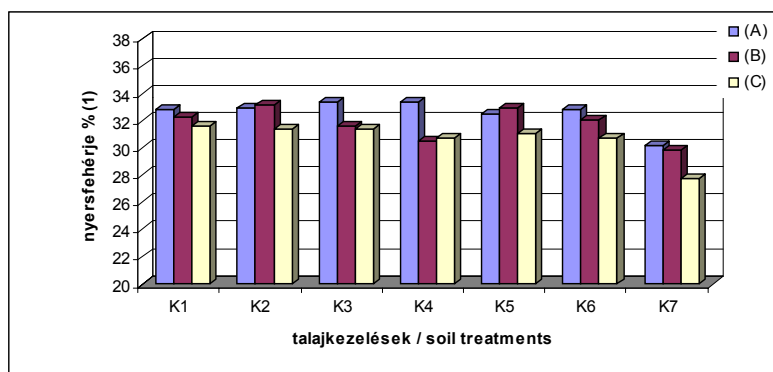
Megállapíthatjuk, hogy a műtrágyázás hatására valamennyi csoportnál nőtt a növény nyersfehérje tartalma a kezeletlen kontrollhoz képest ($P_A=1\%$, $P_B=10\%$, $P_C=1\%$). Mért értékeinket a 32. ábra mutatja be.

A nem igazolható különbségek ellenére a műtrágyázott kezelések növénymintái valamennyi makroelem tekintetében nagyobb mennyiségeket tartalmaztak a kontroll értékeihez képest.

Az összefüggés a S esetében is hasonlóan alakult (33. ábra) alátámasztva ezzel Győri és Mars (2001), valamint Lásztity (1991) vizsgálatainak eredményeit, akik a műtrágyázás hatására mindannyian az őszi búza S felvételének a javulását mérték. Eredményeik háttérében feltételezhetően a N trágyázás fehérjeszintézisre kifejtett kedvező hatása áll, melynek során a két elem egymáshoz viszonyított arányának viszonylagos állandósága következtében (Győri et al. 1996) a növény S-felvétele is növekedik.

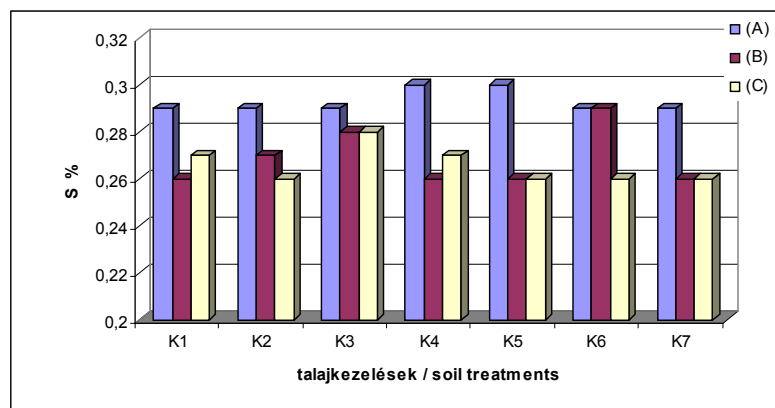
A vizsgálatba vont növényminták S tartalmát a rendelkezésre álló irodalmi adatokkal összehasonlítva megállapíthatjuk, hogy azok valamennyi kezelésnél (beleértve a kontrollt is) a vizsgált állományok jó kénellátottságát jelzik /S % $\approx 0,3\%$ / (Schnug et al. 2000).

A növények S tartalma között az egyes kezeléseknek tulajdonítható szignifikáns különbségeket nem tudtunk kimutatni.



32. ábra: A bokrosodáskor vett növényminták átlagos nyersfehérje tartalmának alakulása a talaj- és növénykezelések függvényében(2000-2002)

Figure 32.: The average raw protein content of the plant samples at shooting (2000-2002)
 (A) Zn nélkül / no foliar fertilizer, (B) Zn levéltrágya bokrosodáskor / Zn saccharose treatment at shooting,
 (C) Zn levéltrágya virágzáskor / Zn saccharose treatment at flowering, (1) raw protein content



33. ábra: A bokrosodáskor vett növéyminták átlagos S tartalmának alakulása a talaj- és növénykezelések függvényében (%) (2000-2002)

Figure 33.: The average S content of the plant samples at shooting (2000-2002)

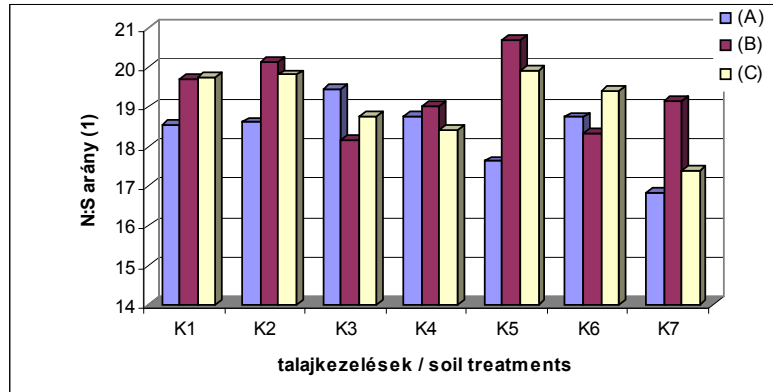
(A) Zn nélküli / no foliar fertilizer, (B) Zn levéltrágya bokrosodáskor / Zn saccharose treatment at shooting, (C) Zn levéltrágya virágzáskor / Zn saccharose treatment at flowering

- A növéyminták tápelem-arányai -

Az egyes tápelemek arányait tekintve (44. melléklet) az A, B, C csoportok egyes kezelése között csupán a Mn:S arány esetében találtunk szignifikáns különbségeket (P=10 %).

A csoportok között elvégzett statisztikai értékelés során (45. melléklet) a nyersfehérje:S (N:S)-, K:S-, valamint a Fe:S arányok között 10 %-os-, a P:S arányok között 1 %-os-, a Mg:S-, valamint Mn:S arányok között 5 %-os szignifikancia szinten találtunk különbségeket.

Az egyes csoportokon belül elvégzett varianciaanalízis csupán a nyersfehérje:kén (N:S) arány tekintetében adott általánosítható különbségeket az egyes kezelése között (34. ábra). Az értékek alapján megállapíthatjuk, hogy az A valamint a C csoportok műtrágyázásban részesült kezelése közül legszűkebb N:S arányt az ammónium-szulfátos kezelések adták.



34. ábra: A bokrosodáskor vett növéyminták átlagos N:S arányának alakulása a talaj- és növénykezelések függvényében (2000-2002)

Figure 34.: The average N:S ratio of the plant samples at shooting (2000-2002)
 (A) Zn nélküli / no foliar fertilizer, (B) Zn levéltrágya bokrosodáskor / Zn saccharose treatment at shooting,
 (C) Zn levéltrágya virágzáskor / Zn saccharose treatment at flowering, (1) N:S ratio

A szemmel látható különbségek ellenére az egyes műtrágyázott kezelések között szignifikáns hatásokat nem tudtunk kimutatni. Statisztikailag igazolható különbségeket csupán a kontroll, valamint a műtrágyázott kezelések átlaga között kaptunk. A növényvizsgálati eredmények alapján a kontroll minták nyersfehérje:S (N:S) aránya a műtrágyázott kezelések átlagos arányánál bizonyíthatóan szűkebb volt (P=5 %).

Az összefüggés hátterében az említett kezelés során tapasztalt alacsony nyersfehérje (N) tartalmak állnak.

- A növényvizsgálati eredmények közötti összefüggések -

A bokrosodáskori növényvizsgálati paraméterek közötti összefüggéseket a 46. melléklet korrelációs mátrixa mutatja be.

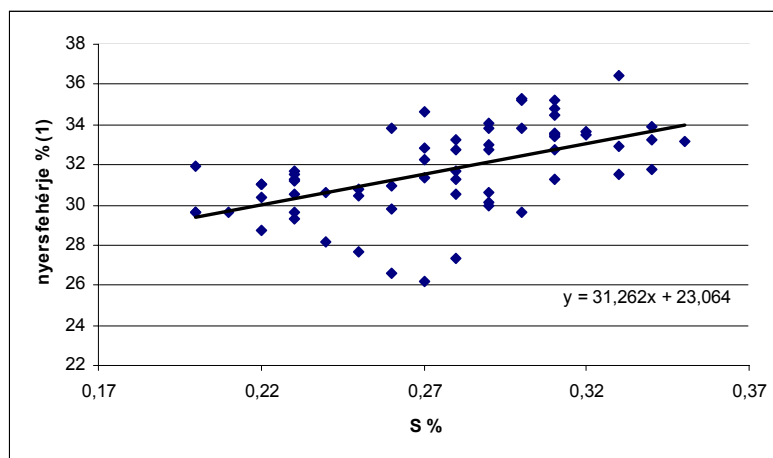
A növéyminták kéntartalma, valamint a nyersfehérje tartalmak 0,1 %-on igazolható kapcsolata (R=0,4643) egyértelműen mutatja a kén fehérjeszintézisben betöltött jelentőségét. A statisztikailag igazolt pozitív kapcsolat alapján a növény S tartalmával párhuzamosan a nyersfehérje tartalom növekedését is ki lehetett mutatni (35. ábra).

Az összefüggést azonban nem szabad egyoldalúan értelmezni, hiszen a N műtrágyázás hatására felgyorsuló növényi fehérjeszintézis megfelelő S ellátottság esetén a növényzet kéntartalmának növekedését eredményezheti.

Az egyes növényvizsgálati paraméterek közötti összefüggéseket vizsgálva ellentmondást fedezhetünk fel a növény S tartalma, valamint a Mn, illetve Fe tartalmak között (R=-0,2051, P=10,0; R=-0,3261, P=1,0). A

negatív kapcsolat a növény nyersfehérje tartalma, valamint a két elem között még kifejezettebb ($R^1=-0,4388$, $P=0,1$; $R^2=-0,4058$, $P=0,1$). Az összefüggés hátterében feltehetőleg élettani magyarázat áll: Az aktív növekedés szakaszában a fotoszintézis során termelt energia (a Mn, valamint a Fe szerepe említett folyamatban ismert) nagyobb része a testépítő funkciók energiaellátására használódik fel ezzel relatív háttérbe szorítva a fehérjeszintézissel összefüggő folyamatokat (Taiz és Zeiger, 1990).

35. ábra: A bokrosodáskor vett növényminták nyersfehérje, valamint S tartalmának



összefüggése (%) (2000-2002)

Figure 35.: The relationship between the raw protein and S content of the plant samples at shooting (2000-2002)

(A) Zn nélküli / no foliar fertilizer, (B) Zn levéltrágya bokrosodáskor / Zn saccharose treatment at shooting, (C) Zn levéltrágya virágzáskor / Zn saccharose treatment at flowering, (1) raw protein content (%)

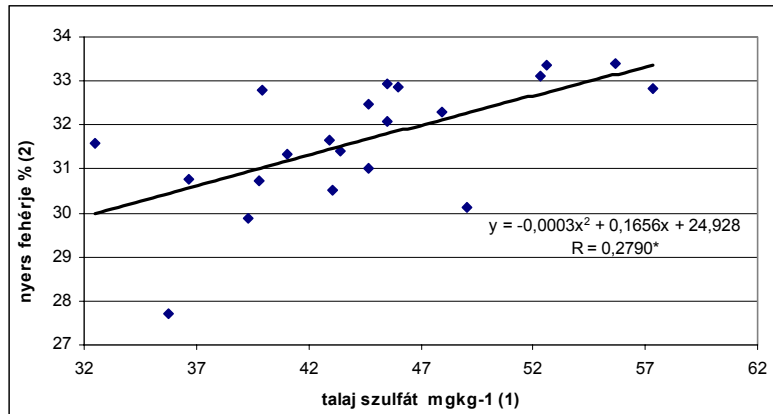
- A bokrosodáskor vett talaj- és növényvizsgálati eredmények összefüggései -

A talaj szulfát tartalma-, valamint a növény mért nyersfehérje értékei között elvégzett statisztikai értékelés alapján megállapítottuk, hogy a talaj oldható szulfáttartalmának növekedése a bokrosodáskor vett növényminták nyersfehérje tartalmának emelkedését vonta maga után (36. ábra) ($P=5\%$).

Az összefüggéseket a talaj nitrát-N-, valamint a bokrosodáskori növényminták nyersfehérje és S tartalma közötti kapcsolatok egészítik ki (37, 38. ábra).

Az elvégzett statisztikai elemzés alapján megállapíthatjuk, hogy a talaj humusz-, valamint nitrát-N tartalmával párhuzamosan a növényminták

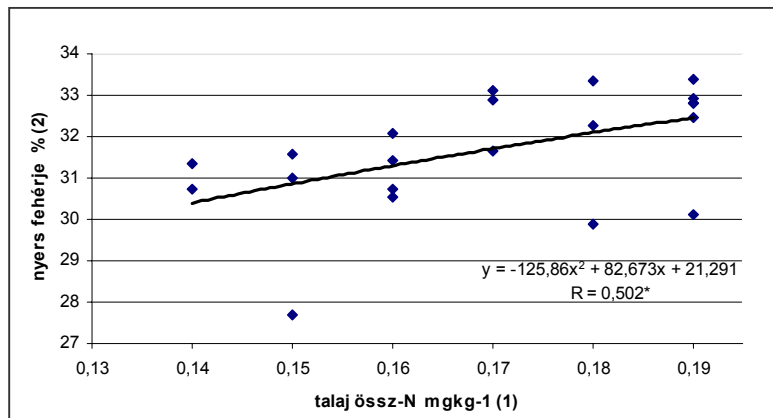
nyersfehérje-, valamint kén tartalmának a növekedését is szignifikánsan (P=0,1 %) kimutathatjuk.



36. ábra: A talaj oldható szulfáttartalma-, valamint a bokrosodáskor vett növényminták nyersfehérje tartalma közötti összefüggés (2000-2002)

Figure 36.: The relationship between the soil sulphate content and the raw protein content of the plant samples at shooting (2000-2002)

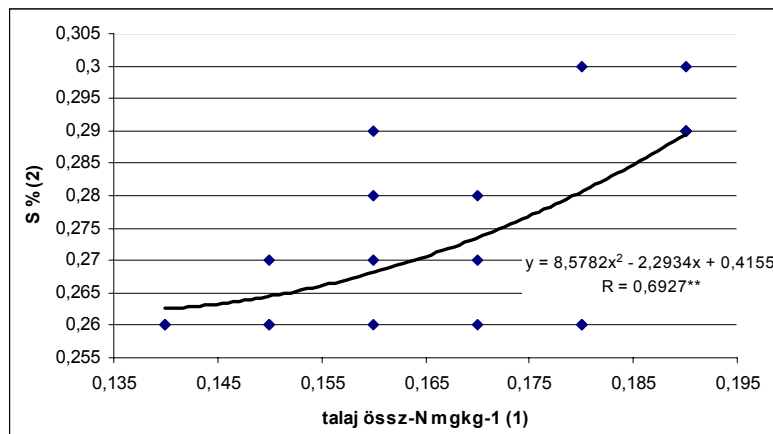
(1) soil sulphate content (mg kg^{-1}), (2) raw protein content (%)



37. ábra: A talaj összes-N tartalma-, valamint a bokrosodáskor vett növényminták nyersfehérje tartalmának összefüggése (2000-2002)

Figure 37. The relationship between the total-N content of the soil and the raw protein content in the plant samples at shooting (2000-2002)

(1) total-N content in the soil (mg kg^{-1}), (2) raw protein content (%)



38. ábra: A talaj összes-N tartalma, valamint a bokrosodáskor vett növényminták S tartalmának összefüggése (2000-2002)
 Figure 38. The relationship between the total-N content of the soil and the S content of the plant samples at shooting (2000-2002)
 (1) total-N content in the soil (mg kg⁻¹), (2) S content (%)

A talaj nitrát-N tartalmának, valamint a bokrosodáskori növényminták összes S tartalmának erőteljes pozitív összefüggésénél azonban ne feledjük, hogy a műtrágyázott kezelések során a SO₄²⁻ mennyiség döntő többsége nitrogén műtrágya formájában került kijuttatásra.

A 47. melléklet összefüggései alapján megállapíthatjuk, hogy a bokrosodáskori növényminták nyersfehérje tartalmának alakulására legnagyobb hatása a talaj humusztartalmának volt (R=0,4340, P=0,1 %).

A humusztartalom és a növény S tartalma-, valamint az Arany-féle kötöttség és a S tartalom szignifikáns kapcsolata bizonyítékát adják a szerves anyag tartalom alapvető fontosságának a növényi tápelem felvételben, valamint a szulfácionok kimosódási veszteségeinek mérséklésében, a mikrobiális S oxidáció esetleges serkentésében (R=0,2466, P=5 %; R=0,3082, P=1 %).

3.2.3. A zászlós levél vizsgálati eredmények alakulása

3.2.3.1. A 2000. évre vonatkozó értékelés

A 2000. év zászlós levél növényvizsgálati eredményeit a 48. melléklet mutatja be.

Az elvégzett statisztikai elemzés során az A, B, C csoportok egyes kezeléseinek (49. melléklet) nyershamu-, nyersfehérje (N)-, P-, K-, Mg-, Mn-, valamint Zn tartalma között 0,1 %-os-, a Ca- és Cu tartalmak között 5 %-os-, a S tartalmak között 1 %-os szignifikancia szinten találtunk különbségeket.

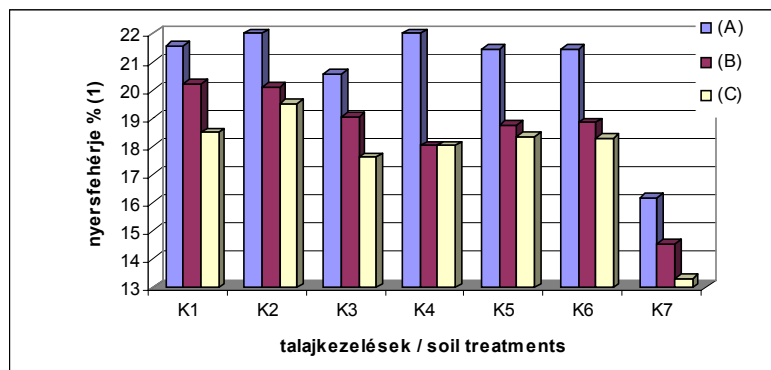
A vizsgálatok alapján a nyersfehérje (N)-, valamint a P-, Ca-, Mn- és a S tartalmak szignifikánsan legmagasabb értékeit az A csoportnál mértük.

Vonatkozó értékek a B, C csoportok irányában csökkentek.

Az egyes csoportok különböző kezeléseinél mért nyersfehérje, valamint S tartalmakat a 39, 40. ábrák mutatják be. A 41. ábra a nyersfehérje és a S tartalom közötti szignifikáns pozitív összefüggést mutatja be a zászlós levél mintákban.

A Zn levélvizsgálati eredményeit elemezve a C csoportnál mértük a legmagasabb ($28,63 \text{ mg kg}^{-1}$) értékeket. A legalacsonyabb Zn tartalmakat ugyanakkor a B csoportnál kaptuk ($8,67 \text{ mg kg}^{-1}$).

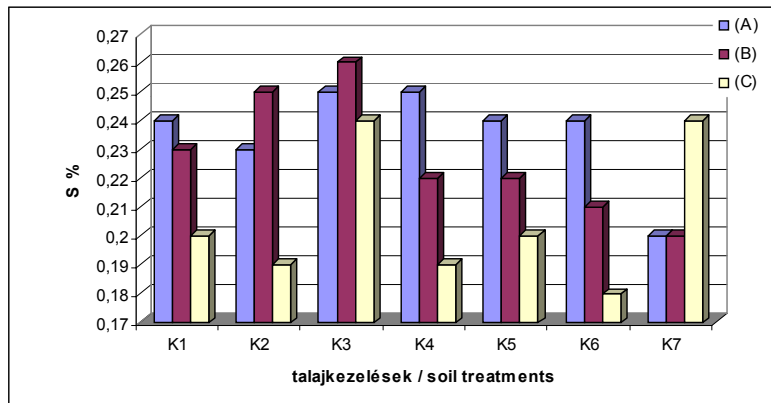
39. ábra: A zászlós levél nyersfehérje tartalmának alakulása a talaj- és növénykezelések



függvényében % (2000)

Figure 39.: The raw protein content of the flag leaves % (2000)

(A) Zn nélküli / no foliar fertilizer, (B) Zn levéltrágya bokrosodáskor / Zn saccharose treatment at shooting, (C) Zn levéltrágya virágzáskor / Zn saccharose treatment at flowering, (1) raw protein content (%)



40. ábra: A zászlós levél S tartalmának alakulása a talaj- és növénykezelések függvényében %(2000)

Figure 40.: The S content of the flag leaves % (2000)

(A) Zn nélküli / no foliar fertilizer, (B) Zn levéltrágya bokrosodáskor / Zn saccharose treatment at shooting, (C) Zn levéltrágya virágzáskor / Zn saccharose treatment at flowering

Az egyes növényvizsgálati paraméterek, valamint a S arányainak vizsgálata során (50, 51. melléklet) az A, B, C csoportok megfelelő kezelése között a nyersfehérje:S (N:S)-, K:S-, Ca:S-, Mg:S-, Mn:S-, Zn:S-, Cu:S-, valamint a Fe:S arányok között találtunk statisztikailag igazolható különbségeket ($P < 10\%$).

A nyersfehérje:S arány alakulásában az egyes csoportok kezelése között értékelhető különbséget nem találtunk.

41. ábra: A zászlós levél nyersfehérje, valamint S tartalmának összefüggése (2000)

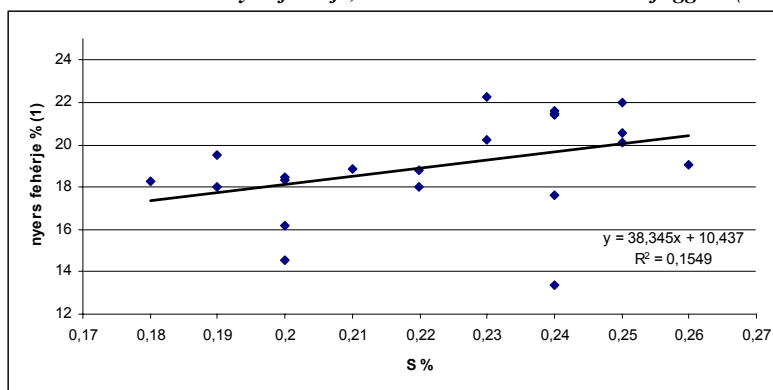
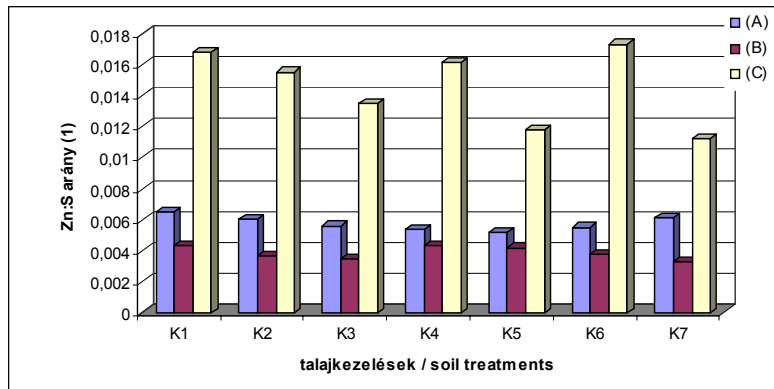


Figure 41.: The relationship between the raw protein and S content of the flag leaf samples (2000)

(A) Zn nélküli / no foliar fertilizer, (B) Zn levéltrágya bokrosodáskor / Zn saccharose treatment at shooting, (C) Zn levéltrágya virágzáskor / Zn saccharose treatment at flowering, (1) raw protein content (%)

A Zn:S, valamint Cu:S értékeket vizsgálva megállapíthatjuk, hogy egyértelműen a C (Zn-szacharóz levélkezelés virágzáskor) csoport esetében kaptuk a legtágabb arányokat. Az összefüggés háttérében feltételezhetően a virágzáskor alkalmazott Zn szacharóz komplex állománykezelés áll (42. ábra).

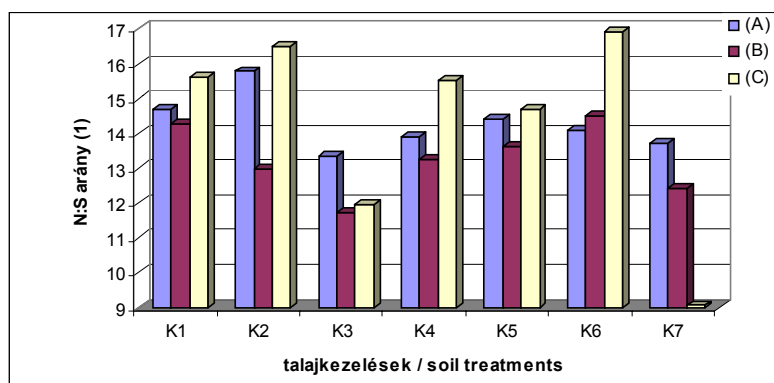
A mért N-, valamint S tartalmak arányai között igazolható különbségeket csupán a C csoportnál kaptunk. Az értékek alapján a legszűkebb N:S arányok az ammónium-szulfátos kezelések alkalmazásával adódtak (43. ábra).



42. ábra: A zászlós levél Zn:S arányának alakulása a talaj- és növénykezelések függvényében (2000)

Figure 42.: The Zn:S ratio of the flag leaves (2000)

(A) Zn nélküli / no foliar fertilizer, (B) Zn levéltrágya bokrosodáskor / Zn saccharose treatment at shooting, (C) Zn levéltrágya virágzáskor / Zn saccharose treatment at flowering, (1) Zn:S ratio



43. ábra: A zászlós levél N:S arányának alakulása a talaj- és növénykezelések függvényében (2000)

Figure 43.: The N:S ratio of the flag leaves (2000)

(A) Zn nélküli / no foliar fertilizer, (B) Zn levéltrágya bokrosodáskor / Zn saccharose treatment at shooting, (C) Zn levéltrágya virágzáskor / Zn saccharose treatment at flowering, (1) N:S ratio

- A Zn levélkezelés nélküli A csoport eredményei -

Az A csoporton belül a kontroll-, valamint a többi kezelés átlaga között a nyersfehérje (N)-, valamint a Mn tartalmakban 0,1 %-os-, a P tartalmak között 1 %-os-, a K értékei között 10 %-os-, a Mg-, valamint a S tartalmakban 5 %-os szignifikancia szinten találtunk különbségeket. Az elvégzett vizsgálatok alapján a műtrágyázott kezeléseknél mért értékek valamennyi paraméter esetében meghaladták a kontroll értékeit. A csoporton belül a műtrágyázott kezeléseknél mért S tartalmak alakulását

vizsgálva a legmagasabb értékek ($S \geq 0,30 \%$) az ammónium-szulfátos kezeléseknél adódtak (40. ábra). Az elvégzett elemzések alapján a műtrágyázott kezeléseknél adódott S tartalmak a bokrosodáskor mért értékeknél alacsonyabbnak bizonyultak.

- A bokrosodáskor Zn levélkezelésben részesült B csoport eredményei -

A B csoporton belül elvégzett varianciaanalízis során a nyersfehérje (N)-, a Mg-, a Mn-, a Zn-, a Fe-, valamint a S tartalmak eredményei mutattak szignifikáns különbségeket a kezelések átlaga, valamint a kontroll értékei között ($P < 10 \%$). A kezeletlen kontroll értékei minden esetben a műtrágyázott kezelések átlaga alatt helyezkedtek el. A műtrágyázott kezelések között statisztikailag igazolható különbségeket nem találtunk.

- A virágzáskor Zn levélkezelésben részesült C csoport eredményei -

A C csoportnál a kezeletlen kontroll értékek a P tartalom kivételével valamennyi esetben a műtrágyázott kezelések átlagértékei alatt helyezkedtek el.

Az elvégzett statisztikai értékelés során a nyersfehérje (N)-, valamint a P tartalmak között $0,1 \%$ -os-, a Ca-, Mg- és a S tartalmak között 5% -os-, míg a Mn különböző kezeléseknél mért értékei között 1% -os szignifikancia szinten találtunk különbségeket. A műtrágyázott kezelések között a Zn-, valamint a Cu tartalmak adtak 1 -, illetve 10% -os megbízhatósági szinten igazolható különbségeket. A legmagasabb Zn értékeket az NH_4NO_3 , valamint $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ kezeléseknél alkalmazásával mértük. A csoport egyes kezeléseknél mért arányok között a nyersfehérje:S (N:S)-, Ca:S-, Zn:S-, valamint a Fe:S arányok adtak igazolható különbségeket ($P < 10 \%$). Az eredmények alapján az ammónium-szulfátos kezeléseknél kaptuk a valamennyi vizsgált paraméterre vonatkozó legszűkebb arányokat.

3.2.3.2. A 2001. évre vonatkozó értékelés

A 2001. évi zászlós levél minták laboratóriumi analízisét (52. melléklet) követő statisztikai értékelés során (53. melléklet) az A, B, C csoportok kezeléseknél a Fe tartalmak kivételével szignifikáns különbségeket találtunk az egyes paraméterek között.

A varianciaanalízis során a nyershamu-, a nyersfehérje (N)-, a P-, a Ca-, a Mg-, a Mn-, a Cu-, valamint a S értékei $0,1 \%$ -os-, a K-, és a Zn eredmények 1% -os megbízhatósági szinten mutattak eltéréseket.

Az elvégzett elemzés alapján az egyes csoportátlagok között a nyersfehérje (N)-, a Mg-, a Mn-, valamint a Cu- tartalmakban 0,1%-os-, a K-, a Ca, valamint a nyershamu tartalmak között 1 %-os-, míg a P értékei között 5 %-os szignifikancia szinten találtunk különbségeket.

A csoportok között a legmagasabb nyersfehérje tartalmat az A csoportnál mértük (28,49%).

A legmagasabb S tartalom (0,27 %) az A csoportnál adódott. A B és a C csoportok átlagos S tartalma 0,26 % volt.

A B csoport kezeléseinek átlagos Zn tartalma ($12,75 \text{ mg kg}^{-1}$) meghaladta a C, illetve az A csoportoknál mért értékeket ($12,42$, $12,04 \text{ mg kg}^{-1}$).

A növényvizsgálati paraméterek tápelem-arányait tekintve (54. melléklet) az A, B, C csoportok kezelése között szignifikáns különbségeket találtunk a statisztikai elemzés során (55. melléklet).

Az egyes csoportok arány-elemzéseinél a nyersfehérje:kén (N:S)-, P:S-, K:S-Mg:S-, Mn:S-, Zn:S-, valamint a Cu:S arányok értékei különböztek egymástól bizonyítható mértékben ($P < 10 \%$). Ezekon túlmenően a nyersfehérje:kén arány minden kezeletlen kontrollnál a csoportátlagnál szűkebbnek adódott. A P:S-, a K:S-, valamint a Zn:S- arányok ugyanakkor a kontroll kezeléseknél a csoportok átlagánál tágabbak voltak (54. melléklet).

- A Zn levélkezelés nélküli A csoport eredményei -

Az egyes csoportokon belül elvégzett varianciaanalízis során az A csoport kontrolltól különböző kezelése között csupán a nyershamu-, valamint a S tartalmak között találtunk matematikailag igazolható különbségeket ($P=5 \%$; $P=0,1 \%$).

Az egyes kezelések, valamint a mért értékek közötti kapcsolatot vizsgálva azonban tendenciózus összefüggést csak a S tartalmak alakulásában figyelhettünk meg. Az elvégzett vizsgálatok alapján megállapíthatjuk, hogy a legmagasabb S tartalmakat minden esetben az ammónium-szulfátos kezeléseknél mértük.

Gyakorlatilag ezen kezelések esetében került a legnagyobb SO_4^{2-} mennyiség kijuttatásra (195, illetve 169 kg ha^{-1}).

A kontroll értékeit a műtrágyázott kezelések átlagával összehasonlítva megállapíthatjuk, hogy az a K tartalmak kivételével minden esetben a műtrágyázott kezelések értékei alatt helyezkedett el (52. melléklet).

A műtrágyázás hatására a vizsgált növényi részek tápelem tartalma szignifikánsan nőtt a műtrágyázásban nem részesült kontroll értékeihez képest.

A tápelem-arányokat vizsgálva a csoporton belül elvégzett varianciaanalízis során a műtrágyázott kezelések között a nyersfehérje:S (N:S)-, a P:S-, a Ca:S-, a Mg:S-, valamint a Mn:S arányok között 0,1 %-os-, a K:S arányok között 1 %-os-, míg a Zn:S arányok között 5 %-os megbízhatósági szinten adódtak különbségek.

A kezelések eredményeit összehasonlítva megállapíthatjuk, hogy a legszűkebb arányok valamennyi paraméter esetében az ammónium-szulfát kezeléseknél adódtak. Az összefüggés az említett kezelések hatására kialakult szignifikánsan magasabb S tartalommal magyarázható.

- A bokrosodáskor Zn levélkezelésben részesült B csoport eredményei -

A B csoportnál a műtrágyázott kezelések között a Mg-, valamint a S tartalmakban adódtak különbségek (P=1 %; P=0,1 %).

A S tartalmak az előző csoportnál megfigyelt összefüggés mentén az ammónium-szulfátos kezelések alkalmazásánál voltak a legnagyobbak. Egyben

ezeknél a kezeléseknél került a legnagyobb mennyiségű SO_4^{2-} -kén is kijuttatásra.

A kontroll, valamint a többi kezelés átlagának összehasonlítása során a K és a Fe kivételével az egyes növényvizsgálati paraméterek legmagasabb értékeit a műtrágyázott sorozatoknál mértük.

A két csoport zászlós levél analízise során mért nyersfehérje tartalmakat vizsgálva megállapíthatjuk, hogy legnagyobb értékek az NH_4NO_3 alkalmazásával adódtak. A kezelések között szignifikáns különbséget azonban kimutatni nem tudtunk.

A nyersfehérje:kén (N:S)-, P:S-, Mg:S- arányok között 0,1 %-os-, a Ca:S, valamint a Zn:S arányok között 1 %-os-, a Cu:S- és a K:S arányok között 5-, illetve 10 %-os szignifikancia szinten találtunk különbségeket. A vizsgálat során mért eredmények ennél a csoportnál is az ammónium-szulfát alkalmazásánál adták a legszűkebb arányokat.

- A virágzáskor Zn levélkezelésben részesült C csoport eredményei -

A C csoport kontrolltól különböző kezelése között a mért növényvizsgálati paraméterek közül a K-, a Fe- valamint a S tartalmakban találtunk igazolható különbségeket ($P_K=10\%$; $P_{Fe}=5\%$; $P_S=0,1\%$). Amíg azonban a K-, valamint a S esetében a legmagasabb értékeket az $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ kezeléseknél mértük, addig a növényminták vas tartalma az ammónium-nitrát műtrágya dózisoknál bizonyult a legnagyobbak. A nyersfehérje tartalmak alakulásánál szignifikáns különbségeket nem találtunk.

A kontroll, valamint a műtrágyázott kezelések átlagának összehasonlítása során a vizsgált növényvizsgálati paraméterek közül a nyersfehérje (N)-, a P-, a Ca-, a Mg-, a Mn-, valamint a Cu tartalmakban adódtak statisztikailag igazolható különbségek ($P=0,1\%$).

Az eredmények alapján megállapítható, hogy a műtrágyázás hatására a fent említett növényvizsgálati paraméterek értéke bizonyíthatóan nőtt a kezeletlen kontroll értékeihez képest.

A C csoport esetében az *54. melléklet* alapján az egyes növényvizsgálati eredmények- és a S arányok egyértelműen az előző két csoportnál megismert összefüggések szerint alakultak. A legszűkebb arányt az $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ kezelt parcellák zászlós levél mintáinak összehasonlító analízise során kaptuk.

3.2.3.3. A 2002. évre vonatkozó értékelés

A 2002. év zászlós levél vizsgálati eredmények értékelése során (*56, 57. melléklet*) az A, B, C csoportok kezeléseinek P-, valamint Zn tartalma között 0,1 %-os-, a K-, a Ca-, a Mn-, valamint a Cu értékek között 1 %-os szignifikancia szinten találtunk különbségeket.

Az egyes csoportok átlagértékei közül a P-, Ca-, Mn-, valamint a Zn növényvizsgálati eredmények különböztek statisztikailag igazolhatóan ($P < 0,05$).

A fenti növényvizsgálati paramétereket összehasonlítva megállapíthatjuk, hogy míg a P-, valamint a Mn kezeléseknél mért átlagértékei az A, B, C sorrend mentén csökkentek, addig a legmagasabb átlagos Ca tartalmat a B, legmagasabb Zn tartalmat a C csoportnál mértük.

Általánosságban megállapíthatjuk, hogy a zászlós levélminták nyersfehérje tartalma és a vizsgált elemek is (a K kivételével) a műtrágyázott kezeléseknél meghaladták a kontroll értékeiket. Ez a tény bizonyítja a műtrágyázás során megerősödő fehérjeszintézist, valamint a megnövekedett növényi tápelem felvételt is.

Az egyes növényvizsgálati paraméterek és a S arányát tekintve (58. melléklet) az elvégzett statisztikai értékelés alapján (59. melléklet) az A, B, C csoport kezelése között a nyersfehérje:S (N:S)-, a nyershamu:S-, a P:S-, a K:S-, a Ca:S-, a Mg:S-, a Mn:S-, a Zn:S-, a Cu:S-, valamint a Fe:S arányok között találtunk szignifikáns különbségeket ($P < 5\%$).

A nyersfehérje:S arányok az egyes csoportok között szignifikáns eltéréseket nem mutattak. Az értékek alakulásánál megállapíthatjuk, hogy a nyershamu:S-, valamint K:S kivételével az egyes arányok a kontrollnál a műtrágyázott kezelések átlagához viszonyítva szűkebbek voltak.

Az egyes csoportok átlageredményeit összehasonlítva a Mn:S, valamint Cu:S arányok kivételével legtágabb arányokat a B csoport esetében mértünk (58. melléklet).

A Zn:S kapcsolatot tekintve a vizsgálati eredmények legtágabb arányt a C csoport (0,0230), majd a B csoport (0,0055) esetében mutattak.

Legszűkebb Zn:S arányt a Zn szacharóz levélkezelésben nem részesült A csoportnál találtunk.

A kapcsolatok alapján a Zn:S arány alakulására legnagyobb hatása a virágzáskor elvégzett Zn-szacharóz levélkezelésnek volt.

- A Zn levélkezelés nélküli A csoport eredményei -

Az A csoportnál a műtrágyázott kezelések között csupán a P-, valamint Ca tartalmakban találtunk különbségeket ($P=10\%$).

Az eredmények között a kezelések hatásának tulajdonítható általánosítható összefüggéseket nem ismertünk fel.

- A bokrosodáskor Zn levélkezelésben részesült B csoport eredményei -

A B csoporton belül a műtrágyázott kezeléseknél a mért növényvizsgálati paraméterek közül a nyershamu-, valamint a Cu tartalmakban találtunk statisztikailag igazolható különbségeket (P=10 %).

Az egyes értékek között a kezeléseknél tulajdonítható összefüggéseket azonban ennél a csoportnál sem találtunk.

Az egyes tápelem-arányokat tekintve a Ca:S-, valamint a Cu:S arányok között 5 %-os-, míg a Mg:S- és a Mn:S arányok között 10 %-os szignifikancia szinten adódtak különbségek az egyes kezeléseik között.

Az eredmények alapján a Ca:S-, valamint a Mg:S legszűkebb arányát az ammónium-szulfátos kezeléseknél mértük. Az összefüggés hátterében a fent említett kezeléseik során mért Ca-, illetve Mg tartalmak alacsonyabb értékei állnak.

A Cu:S kapcsolatot tekintve az ammónium-szulfátos, valamint a karbamidos kezeléseik között igazolható különbségek nem adódtak. A legtágabb Cu:S arányt az ammónium-nitrátos kezeléseik adták.

- A virágzáskor Zn levélkezelésben részesült C csoport eredményei -

A C csoport kontrolltól különböző kezeléseiknél csupán a Zn tartalmak között adódott igazolható különbség a kezeléseik hatására (P=1 %).

A műtrágyázott kezeléseik során mért Zn tartalmak között azonban az egyes kezeléseiknek tulajdonítható általános összefüggést nem találtunk.

A C csoportnál a Zn:S arány 5 %-os megbízható különbségétől eltekintve az egyéb növényvizsgálati paraméterek és a S aránya között igazolható eltéréseket nem találtunk.

A kezeléseiknek tulajdonítható általános összefüggéseket azonban a Zn:S arány esetében sem tudtunk feltárni.

3.2.3.4. A 2000-2002. évekre vonatkozó eredmények összefoglaló értékelése

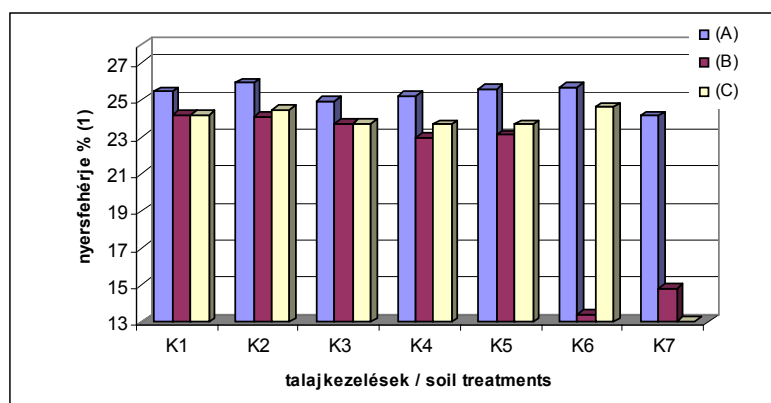
A hároméves (2000-2002) zászlós levél növényvizsgálati átlageredményeket a 60. melléklet mutatja be.

Az elvégzett statisztikai értékelés (61. melléklet) során az A, B, C csoportok kezelése között a nyershamu-, a P-, a Zn- és a Cu tartalmak között 5 %-os-, a Ca tartalmak között 1 %-os-, a nyersfehérje (N)-, valamint a Mn tartalmak között 0,1 %-os-, a Mg értékei között 10 %-os megbízhatósági szinten találtunk különbségeket.

A varianciaanalízis során az egyes csoportok között a nyershamu-, a nyersfehérje (N)-, a P-, a K-, a Mg-, a Mn-, a Zn-, valamint a Cu tartalmak között adódtak statisztikailag igazolt különbségek ($P < 5\%$).

A nyersfehérje tartalmak alakulását vizsgálva (44. ábra) a legmagasabb értékeket az A, majd a C csoport esetében kaptuk.

Az ábra alapján megállapítható, hogy a zászlós levél minták nyersfehérje tartalma az egyes kezelések során egymáshoz hasonlóan alakult. Sem az egyes csoportok között, sem pedig a csoportokon belül nem találtunk statisztikailag igazolható különbséget.

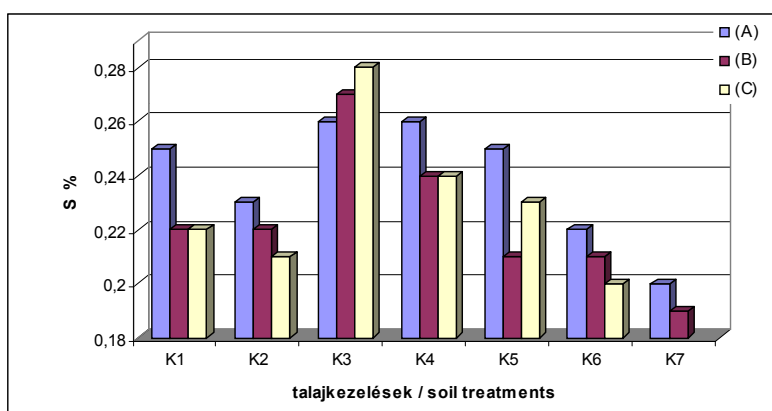


A kezelések során mért S tartalmakat a 45. ábra mutatja be.

44. ábra: A zászlós levél átlagos nyersfehérje tartalmának alakulása a talaj- és növénykezelések függvényében (%) (2000-2002)

Figure 44.: The average raw protein content of the flag leaves (%) (2000-2002)
 (A) Zn nélküli / no foliar fertilizer, (B) Zn levéltrágya bokrosodáskor / Zn saccharose treatment at shooting, (C) Zn levéltrágya virágzáskor / Zn saccharose treatment at flowering, (1) raw protein content (%)

Az eredmények alapján a statisztikailag nem igazolható különbségek ellenére megállapítható, hogy a legmagasabb S tartalmakat valamennyi csoportnál az ammónium-szulfátos kezelések eredményezték.

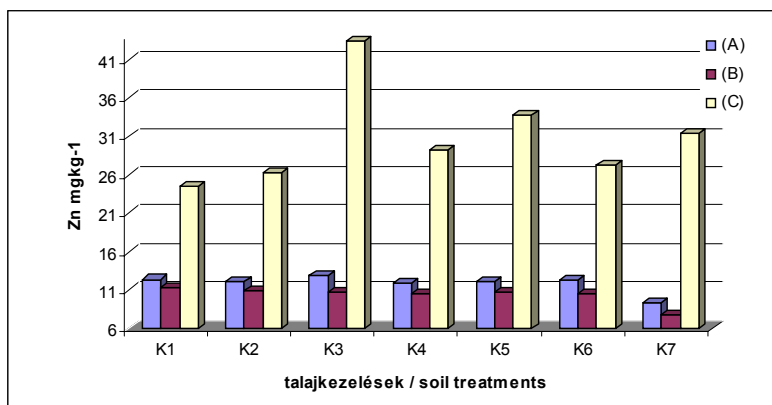


45. ábra: A zászlós levél átlagos S tartalmának alakulása a talaj- és növénykezelések függvényében % (2000-2002)

Figure 45.: The average S content of the flag leaves % (2000-2002)
 (A) Zn nélküli / no foliar fertilizer, (B) Zn levéltrágya bokrosodáskor / Zn saccharose treatment at shooting, (C) Zn levéltrágya virágzáskor / Zn saccharose treatment at flowering

Ezt a megállapítást nagymértékben alátámasztja, hogy az ammónium-szulfátos kezelések alkalmával kerültek a legnagyobb mennyiségű SO_4^{2-} -S adagok kijuttatásra.

A Zn tartalmak egyöntetűen és szignifikánsan ($P=0,1\%$) a C csoport esetében adták a legmagasabb értékeket (46. ábra). Az egyes csoportokon belül azonban a kezelések között igazolható különbséget kimutatni nem tudtunk.



46. ábra: A zászlós levél átlagos Zn tartalmának alakulása a talaj- és növénykezelések függvényében (mg kg^{-1}) (2000-2002)

Figure 46.: The average Zn content of the flag leaves (mg kg^{-1}) (2000-2002)

(A) Zn nélküli / no foliar fertilizer, (B) Zn levéltrágya bokrosodáskor / Zn saccharose treatment at shooting, (C) Zn levéltrágya virágzáskor / Zn saccharose treatment at flowering

Az összefüggés alapján a zászlós levél Zn tartalmának alakulására igazolható hatása a virágzáskor adott Zn kezelésnek volt.

A többi növényvizsgálati paraméternek a csoportok közötti relációja eltérően alakult (60. melléklet).

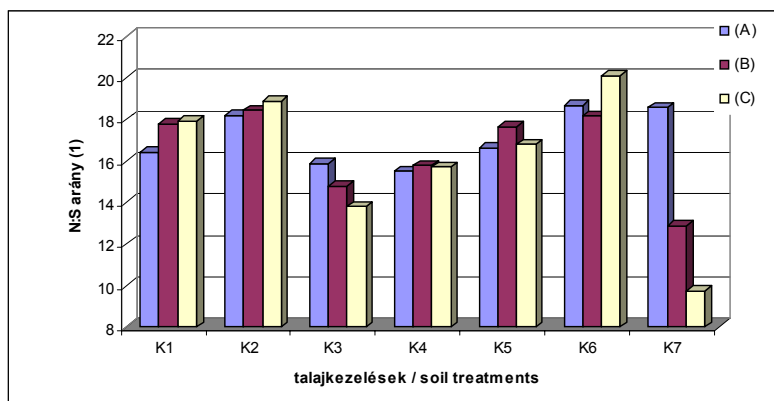
A kontroll, valamint a műtrágyázott kezelések átlagát összehasonlítva megállapítható, hogy a K-, valamint a B csoport Fe értékeinek kivételével a kontroll értékei a vonatkozó csoport átlageredményei alatt maradtak.

Az egyes csoportok kezelése során mért növényvizsgálati eredmények között statisztikailag igazolható különbségeket nem találtunk.

A vizsgálati periódus zászlós levél növényvizsgálati eredmények- és a S arányait vizsgálataink középpontjába véve (62, 63. melléklet) az A, B, C (csoportok kezelésinek nyershamu:kén-, K:S-, Mg:S arányai között 5 %-os-, a nyersfehérje:S (N:S) arányok között 0,1 %-os-, míg a Mn:S-, Zn:S-, Cu:S-, valamint a Fe:S arányok között 1 %-os szignifikancia szinten találtunk különbségeket.

Az egyes paraméterek, valamint a S arányának csoportonkénti átlagát összehasonlítva megállapíthatjuk, hogy míg a nyershamu:S-, a nyersfehérje:S (N:S)-, a P:S- és a Mn:S arányok legtágabbnak az A, legszűkebbnek a C csoport esetében adódtak, addig a Zn:S-, valamint a Cu:S arányoknál az összefüggés az előzőnek az ellentéte volt (62. melléklet).

Az egyes kezelések során kapott N:S eredményeket tekintve (47. ábra) a legszűkebb N:S arányokat a kontroll kezelések kivételével valamennyi csoport esetében az ammónium-szulfátos kezelések adták.



47. ábra: A zászlós levél átlagos N:S arányának alakulása a talaj- és növénykezelések függvényében (2000-2002)

Figure 47.: The average N:S ratio of the flag leaves (2000-2002)

(A) Zn nélküli / no foliar fertilizer, (B) Zn levéltrágya bokrosodáskor / Zn saccharose treatment at shooting, (C) Zn levéltrágya virágzáskor / Zn saccharose treatment at flowering, (1) N:S ratio

Az eredményeket az ammónium-szulfát kezelések hatására megnövekvő növényi S tartalmak magyarázzák.

A kontroll értékeit a műtrágyázott kezelésekkel összehasonlítva megállapíthatjuk, hogy a K:S és a nyershamu:kén arányok kivételével a műtrágyázott kezelések valamennyi növényvizsgálati adatsornál a kontrollhoz viszonyítva tágabb arányt mutattak.

- A növényvizsgálati eredmények közötti összefüggések -

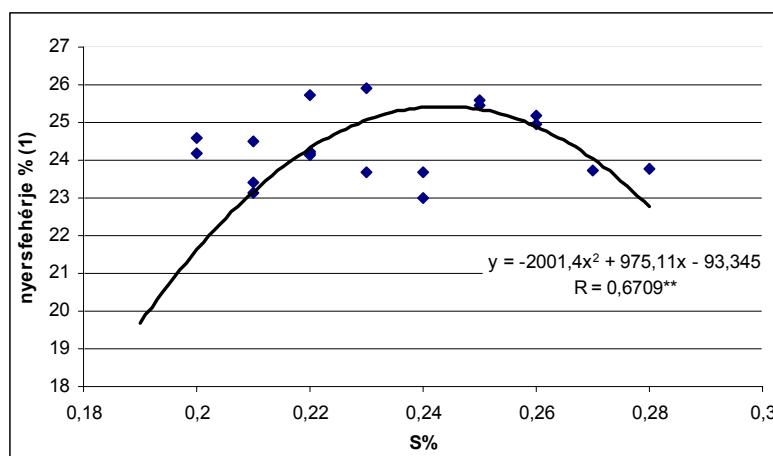
A három éves zászlós levél növényvizsgálati eredmények között elvégzett (lineáris) korrelációs számítás során kapott összefüggéseket a 64. melléklet mutatja be.

Az elemzés során kapott összefüggések a Zn-P ($R=-0,32330$, $P=1\%$), Zn-K ($R=-0,67354$, $P=0,1\%$) kapcsolatok kivételével alapjaiban egyeztek az elfogadott értékekkel (Kalocsai 1999).

A vizsgált levélminták S tartalma, valamint a többi paraméter közötti kapcsolatot tekintve a S-nyersfehérje (S-N)-, S-P-, valamint a S-Mn összefüggések mutattak statisztikailag igazolható pozitív kapcsolatot ($R_{S:N}=0,24029$, $P=5\%$; $R_{S:P}=0,2363$, $P=5\%$; $R_{S:Mn}=0,1996$, $P=10\%$).

Fenti összefüggések közül a növényminták kéntartalmának- és nyersfehérje tartalmának kapcsolatát vizsgálva (48. ábra) megállapíthatjuk, hogy az ammónium-szulfátos kezelések hatására emelkedő kéntartalom egy ponton túl a nyersfehérje tartalmak csökkenését eredményezi.

Az $y=-2001,4x^2+975,11x-93,345$ regressziós függvény alapján az adott kísérletben a zászlós levél nyersfehérje tartalmának maximumát az $y'=0$, azaz $0,24\%$ -os S tartalom esetén kaptuk. Ennél magasabb mért S tartalmak minden esetben a nyersfehérje tartalom csökkenésével jártak együtt az adott kísérleti



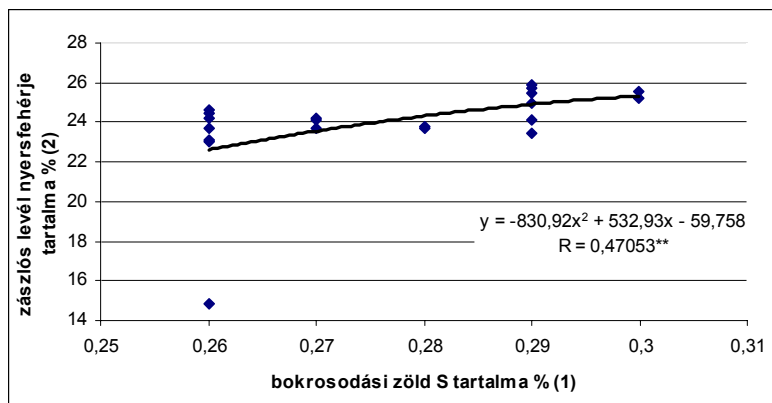
körülmények között.

48. ábra: A zászlós levél nyersfehérje-, valamint S tartalmának összefüggése % (2000-2002)
Figure 48.: The relationship between the raw protein- and the S content of the flag leaves %
(2000-2002)
(1) raw protein content (%)

A bokrosodáskor vett növényminták és a zászlós levél vizsgálatok között (65. melléklet) a nyersfehérje tartalmak 0,1 %-on szignifikáns pozitív kapcsolata alapján a korábbi növényminták fehérjetartalmából a későbbi fejlődési stádiumok nyersfehérje tartalmára megfelelő biztonsággal következtethetünk.

Az előbbi és az utóbbi növényminták kén tartalma és 2. mintavétel nyersfehérje(N)-, P-, Mn-, valamint S tartalma közötti erőteljes pozitív korreláció (P<1 %) a bokrosodási időszak megfelelő kénellátottságának szükségességére figyelmeztet.

A bokrosodáskor vett növényminták S tartalmának, valamint a zászlós levél nyersfehérje tartalmának kapcsolatát leíró regressziós függvény alapján (49. ábra) az előző oldalon részletezett számításmenet segítségével a zászlós levél nyersfehérje tartalmának maximuma a bokrosodáskori növényminták 0,32 %-os



(0,30-0,35 %) kén tartalmánál adódik.

49. ábra: A bokrosodáskor vett növényminták S tartalmának, valamint a zászlós levél nyersfehérje tartalmának összefüggése (2000-2002)

Figure 49.: The relationship between the S content of the plant samples at shooting and the raw protein content of the flag leaves (2000-2002)

(1) S content of the plant samples at shooting (%) (2) raw protein content of the flag leaves (%)

- A bokrosodáskor vett talajminták és a zászlós levél vizsgálati eredményeinek összefüggései -

A bokrosodáskor vett talajminták és a zászlós levél vizsgálati eredményeinek összefüggését tekintve megállapíthatjuk hogy (66. melléklet) a növény Zn tartalma és néhány talajvizsgálati eredmény kivételével bizonyos egymásra hatásokat regisztrálhattunk.

A talaj szulfáttartalmának és a zászlós levél P tartalmának pozitív összefüggése ($R=0,31969$, $P=1$ %) feltehetőleg talajkémiai kapcsolatokkal magyarázható. A nagy adagú szulfátrágyázás hatására a talajban feltételezhetően megemelkedő SO_4^{2-} koncentráció a szulfát- és foszfát kompetitív adszorpciójának következtében a növény által könnyen hozzáférhető foszfor formák mennyiségének növekedéséhez vezetett.

Ezeket az összefüggéseket Metson és Blakemore (1978), Aylmore (1967), Elfattah (1991), Hilal és Elfattah (1987), Bolan et al. (1988), Geelhoed et al. (1997), valamint Apthorp et al. (1987) vizsgálati eredményei is alátámasztják.

A korrelációs számítás eredményei alapján a bokrosodáskor vett talajminták oldható SO_4^{2-} tartalma-, valamint a zászlós levél minták nyersfehérje-, illetve S tartalma között statisztikailag igazolható kapcsolatot nem találtunk.

Az összefüggések alapján a zászlós levél S ellátottságának megítélésére a korai vizsgálatok közül a bokrosodáskor elvégzett növényanalízisek a javasolhatók.

3.2.4. A kezelések hatása az őszi búzaliszt sütőipari tulajdonságaira

3.2.4.1. A 2000. év lisztvizsgálati eredményei

A 2000. év őszi búzaliszt sütőipari vizsgálata során (67. melléklet) az A, B, C csoportok kezelései valamennyi meghatározásra került paraméterre vonatkozóan szignifikáns különbségeket mutattak (68. melléklet).

Az elvégzett vizsgálatok alapján az egyes kezelések lisztmintáinak nedvességtartalma 5 %-os-, nedves siker tartalma-, fehérjetartalma-, és sütőipari értékszáma 0,1 %-os-, az ellágyulás 1 %-os-, valamint az esésszám 10 %-os szignifikancia szinten mutatott különbségeket.

Az elemzések során az A, B, C csoportok átlagos nedvességtartalma-, nedves siker tartalma-, valamint fehérjetartalma 1 %-os-, a sütőipari érték- és az ellágyulás 5 %-os megbízhatósági szinten különbözött egymástól.

A nedves siker tartalom-, az esésszám-, a sütőipari érték-, valamint a fehérjetartalom tekintetében a legmagasabb átlagértékekkel az A csoport rendelkezett.

- A nedvességtartalom alakulása -

A lisztminták nedvességtartalmát elemezve valamennyi csoportnál a kontroll kezelések adták a legmagasabb értékeket .

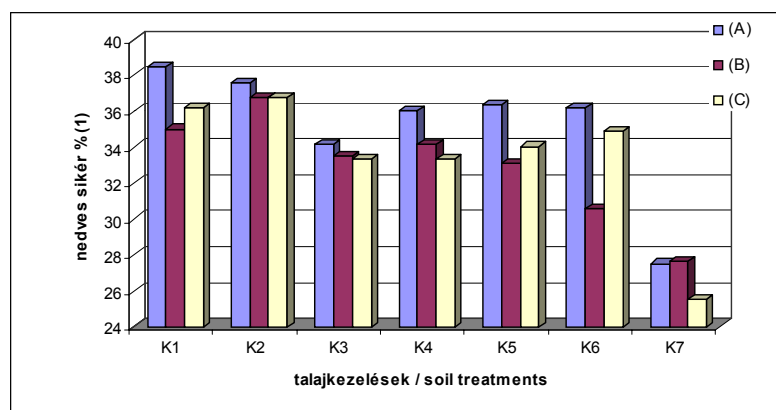
Az eredmények (az A csoportnál 12,20 %, a B csoportnál 11,67 %; a C csoportnál 11,83 %) statisztikailag bizonyíthatóan különböztek a csoport többi kezelésétől (P<10 %).

A műtrágyázott kezelések között csupán az A csoporton belül találtunk igazolható különbségeket (P=10 %).

Az értékek között az egyes kezeléseknek tulajdonítható összefüggéseket azonban nem ismertünk fel.

- A nedves siker tartalom alakulása -

A nedves siker tartalmak változását a különböző kezelések hatására az egyes csoportokon belül az 50. ábra mutatja be.



50. ábra: Az őszi búzaliszt nedves siker tartalmának alakulása az egyes kezeléseknél (2000)
 Figure 50.: The wet gluten content of the winter wheat flour in the year 2000
 (A) Zn nélküli / no foliar fertilizer, (B) Zn levéltrágya bokrosodáskor / Zn saccharose treatment at shooting,
 (C) Zn levéltrágya virágzáskor / Zn saccharose treatment at flowering, (1) wet gluten content (%)

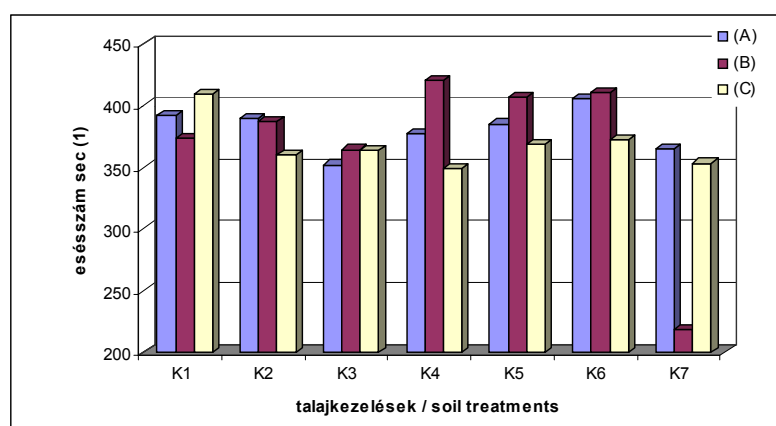
Az eredmények alapján megállapíthatjuk, hogy a nedves siker tartalmak mindhárom csoportnál a kontroll parcelláknál adták a bizonyíthatóan legkisebb értékeket ($P=0,1\%$).

A műtrágyázott kezelések eredményeinek összehasonlítása során a legmagasabb nedves siker tartalmakat valamennyi csoportnál az ammónium-nitrátos kezeléseknél mértük. A legalacsonyabb értékeket a B csoport kivételével az ammónium-szulfátos kezeléseknél kaptuk.

A különbség az egyes kezelések között nem szignifikáns.

- Az esésszám alakulása -

Csoportokon belül a különböző kezeléseknél mért esésszám értékek között a B csoport kivételével szignifikáns különbséget nem találtunk (51. ábra)



51. ábra: Az őszi búzaliszt esésszámának alakulása az egyes kezeléseknél (2000)
 Figure 51.: The falling number of the winter wheat flour in the year 2000
 (A) Zn nélküli / no foliar fertilizer, (B) Zn levéltrágya bokrosodáskor / Zn saccharose treatment at shooting,
 (C) Zn levéltrágya virágzáskor / Zn saccharose treatment at flowering, (1) falling number (sec)

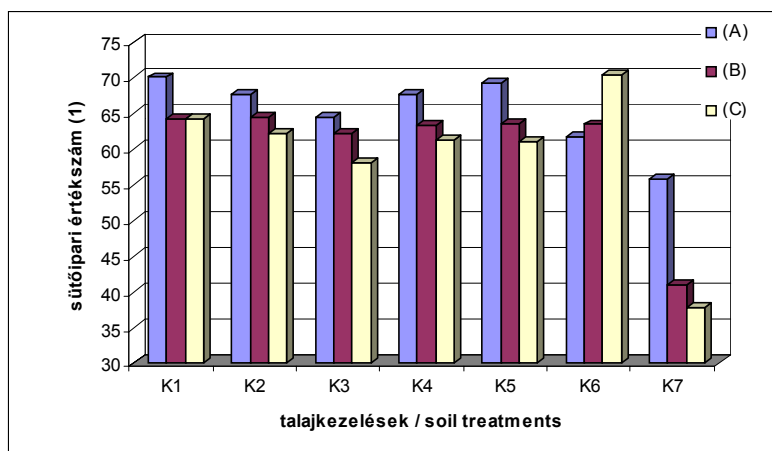
A B csoport kezeléseinél mért esésszámokat összehasonlítva ugyanakkor megállapíthatjuk, hogy míg a műtrágyázott kezelések között statisztikailag igazolható különbségeket nem találtunk, a kezeletlen kontroll értékei a műtrágyázott kezelések eredményei alatt maradtak ($P=0,1\%$).

- A sütőipari értékszám alakulása -

A kezeléseknél mért sütőipari értékeket az 52. ábra mutatja be.

Az eredmények alapján a legalacsonyabb sütőipari értékszámot valamennyi csoport esetében (A, B, C) a kontroll kezeléseknél kaptuk.

A különbségeket a kontroll-, valamint a többi kezelés között tapasztalt szignifikáns eltérések támasztják alá ($P_A=5\%$; $P_B=0,1\%$; $P_C=0,1\%$).



52. ábra: Az őszi búzaliszt sütőipari értékeinek alakulása az egyes kezeléseknél (2000)
 Figure 52.: The baking quality of the winter wheat flour in the year 2000
 (A) Zn nélküli / no foliar fertilizer, (B) Zn levéltrágya bokrosodáskor / Zn saccharose treatment at shooting,
 (C) Zn levéltrágya virágzáskor / Zn saccharose treatment at flowering, (1) baking quality

A műtrágyázott kezelések sütőipari értékének alakulását vizsgálva az egyes kezelések között egyik csoportnál sem találtunk statisztikailag igazolható különbségeket.

A nem igazolható eltérések ellenére megállapíthatjuk, hogy a legmagasabb sütőipari értékeket valamennyi csoportnál az ammónium-nitrátos kezeléseknél mértük. Az ammónium-szulfát alkalmazással kapott sütőipari általában a műtrágyázott kezelések legalacsonyabb értékeit képviselte.

A sütőipari értékek alapján a kontroll csoportok lisztminősége C₁, a műtrágyázott kezeléseknél mért lisztminőség A₂, illetve B₁ sütőipari minőséget adott.

- Az ellágyulás alakulása -

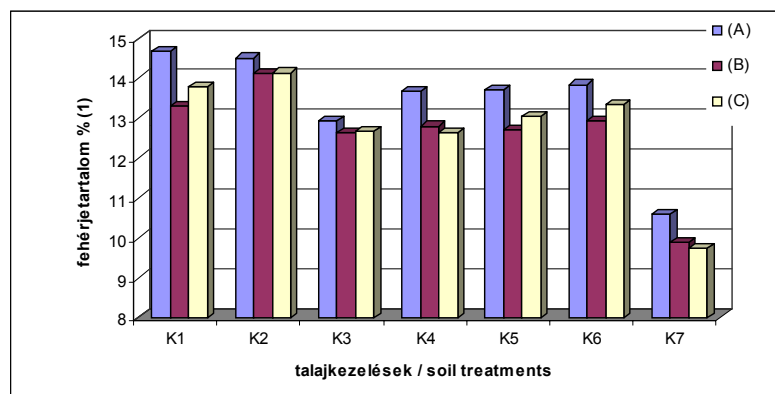
Az ellágyulás eredményei a nedves siker tartalommal, valamint a sütőipari értékkel ellentétesen alakultak.

Mindhárom csoportnál a kontroll kezeléseknél mértük a legnagyobb ellágyulás értéket.

A statisztikai értékelés az A csoport esetében 5 %-os-, a B-, valamint a C csoportoknál 0,1 %-os megbízhatósági szinten adott szignifikáns különbségeket a műtrágyázott kezelések, valamint a kontroll értékei között.

- A fehérjetartalom alakulása -

A fehérjetartalmak alakulását vizsgálva (53. ábra) megállapíthatjuk, hogy a szignifikánsan a legalacsonyabb értékekkel e paraméter tekintetében is a kontroll parcellák rendelkeztek (P=0,1 %).



53. ábra: Az őszi búzaliszt fehérjetartalmának alakulása az egyes kezeléseknél (2000)
Figure 53.: The protein content of the winter wheat flour in the year 2000
(A) Zn nélküli / no foliar fertilizer, (B) Zn levéltrágya bokrosodáskor / Zn saccharose treatment at shooting,
(C) Zn levéltrágya virágzáskor / Zn saccharose treatment at flowering, (1) protein content (%)

Az egyes csoportokon belül elvégzett varianciaanalízis eredményei alapján az A, valamint a C csoportok műtrágyázott kezelése közül a bizonyíthatóan a legmagasabb fehérjetartalmat az ammónium-nitráttal műtrágyázott mintáknál mértük (P=10 %).

Hasonló összefüggés ismerhető fel a B csoport egyes műtrágyázott kezelése között is, azonban a különbség statisztikailag nem igazolható.

Az ammónium-szulfátos kezeléseket tekintve megállapíthatjuk, hogy azok valamennyi csoport esetében a műtrágyázott kezeléseknél mért fehérjetartalmak legalacsonyabb értékeit adták.

3.2.4.2. A 2001. év lisztvizsgálati eredményei

A 2001. év lisztmintáinak vizsgálata során kapott eredményeket a 69. melléklet mutatja be.

Az elvégzett statisztikai elemzés (70. melléklet) során a nedvességtartalom-, a nedves sikér tartalom-, az esésszám-, a sütőipari érték-, az ellágyulás-, valamint a fehérjetartalom tekintetében is szignifikáns különbségek adódtak az A, B, C csoportok egyes kezelése között (P=0,1 %).

A lisztminták N- és S tartalmában, valamint a N:S arányban is igazolható különbségeket találtunk az egyes kezelése között (P=0,1 %).

Az elvégzett vizsgálatok során a csoportok átlagértékei között a nedvességtartalomban-, az esésszámban-, a sütőipari értékben-, valamint az ellágyulásban adódtak statisztikailag igazolható különbségek (P<1 %).

Az eredmények alapján megállapíthatjuk, hogy a Zn-szacharóz levélkezelés nem befolyásolta igazolhatóan a nedves sikér tartalmat, a fehérjetartalmat, a (N) és S tartalmat, valamint a N:S arányt.

Az egyes csoportok átlageredményeit tekintve ebben a vizsgálati évben a legmagasabb nedvességtartalommal és ellágyulással az A csoport, míg az esésszám-, valamint a sütőipari érték tekintetében a B, és a C csoport rendelkezett.

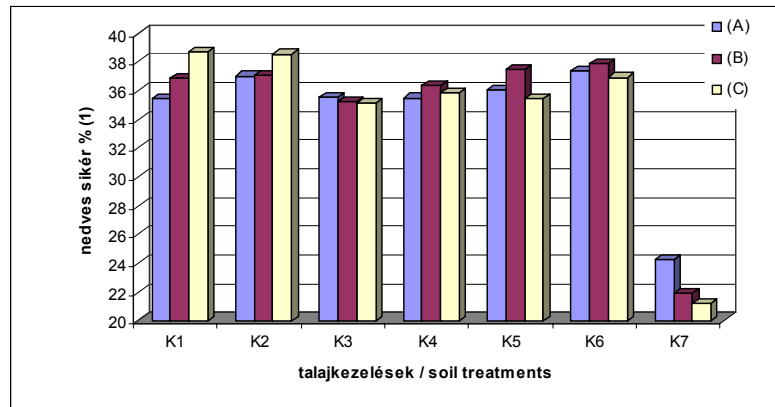
- A nedvességtartalom alakulása -

Az egyes csoportokon belül nem találtunk statisztikailag igazolható különbségeket a nedvességtartalmak alakulásában a kezelések között.

- A nedves siker tartalom alakulása -

A nedves siker tartalmakat vizsgálva (54. ábra) igazolható különbséget az egyes csoportokon (A, B, C) belül csupán a kontroll, valamint a többi kezelés között találtunk (P=0,1 %).

Az eredmények alapján a kontroll kezelések lisztmintáinak nedves siker tartalma messze a műtrágyázott kezelések alatt maradt.



54. ábra: Az őszi búzaliszt nedves siker tartalmának alakulása az egyes kezeléseknél(2001)

Figure 54.: The wet gluten content of the winter wheat flour in the year 2001

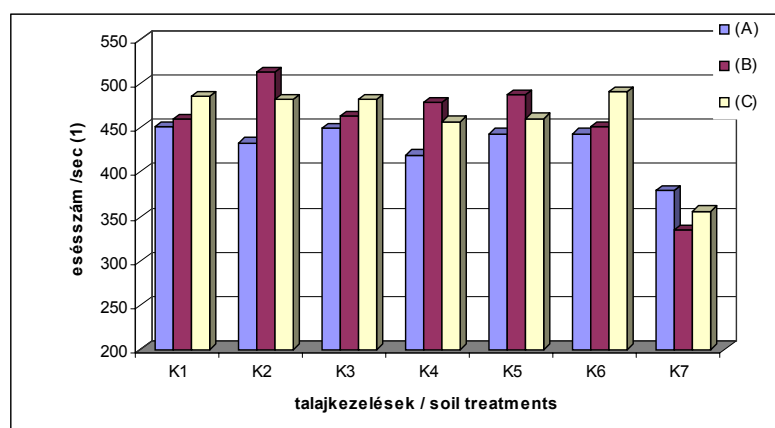
(A) Zn nélküli / no foliar fertilizer, (B) Zn levéltrágya bokrosodáskor / Zn saccharose treatment at shooting, (C) Zn levéltrágya virágzáskor / Zn saccharose treatment at flowering, (1) wet gluten content (%)

A műtrágyázott kezelések során mért nedves siker tartalmak között igazolható különbséget nem találtunk.

A statisztikailag nem bizonyítható különbségek ellenére megállapíthatjuk, hogy az ammónium-nitrátos kezeléseknél mért nedves siker tartalom mindhárom csoport esetében meghaladta a többi kezelés értékét.

- Az esésszám alakulása -

A kezeléseknél mért esésszámok értékeit az egyes csoportokon belül az 55. ábra mutatja be.



55. ábra: Az őszi búzaliszt esésszámának alakulása az egyes kezeléseknél (2001)
 Figure 55.: The falling number of the winter wheat flour in the year 2001
 (A) Zn nélküli / no foliar fertilizer, (B) Zn levéltrágya bokrosodáskor / Zn saccharose treatment at shooting,
 (C) Zn levéltrágya virágzáskor / Zn saccharose treatment at flowering, (1) falling number (sec)

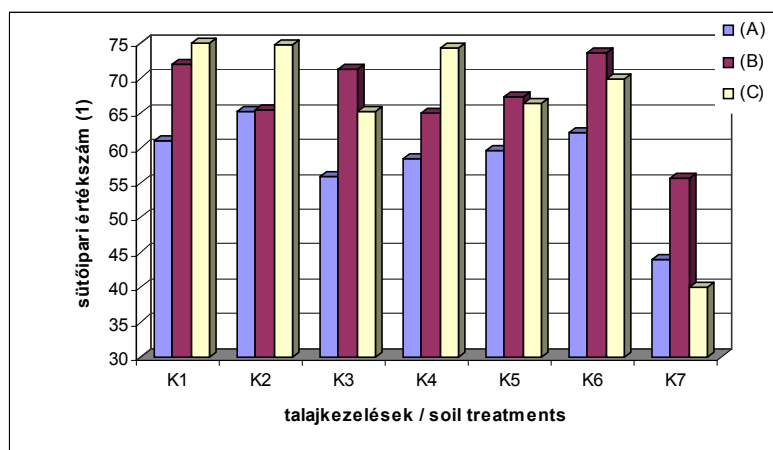
Az esésszám alakulásának vizsgálata során a csoportokon (A, B, C) belül az egyes kezelések értékeit összehasonlítva statisztikailag igazolható különbségeket csupán a kontroll, valamint a műtrágyázott kezelések között kaptunk ($P_A=1\%$; $P_B=0,1\%$; $P_C=0,1\%$).

A kontroll kezelésnél mért esésszámok valamennyi csoportnál szignifikánsan a műtrágyázott kezelések értékei alatt maradtak.

A műtrágyázott kezelések között statisztikailag igazolható különbséget nem találtunk.

- A sütőipari értékszám alakulása -

A sütőipari eredmények vizsgálata során is szignifikáns különbségeket kaptunk az egyes csoportokon (A, B, C) belül (56. ábra).



56. ábra: Az őszi búzaliszt sütőipari értékének alakulása az egyes kezeléseknél (2001)

Figure 56.: The baking quality of the winter wheat flour in the year 2001

(A) Zn nélküli / no foliar fertilizer, (B) Zn levéltrágya bokrosodáskor / Zn saccharose treatment at shooting, (C) Zn levéltrágya virágzáskor / Zn saccharose treatment at flowering, (I) baking quality

A kontroll kezelések lisztmintái statisztikailag bizonyíthatóan ($P < 1\%$) a műtrágyázott kezelések alatti minőségi csoportokban helyezkedtek el (B_1 , C_1).

A vizsgálatok során a műtrágyázott kezelések sütőipari értékszámuk között igazolható különbségeket nem találtunk. A nem kimutatható különbségek ellenére megállapítható, hogy az ammónium-szulfátos kezelések sütőipari értékszámuk az ammónium-nitrátos kezelések értékei alatt maradt.

- Az ellágyulás alakulása -

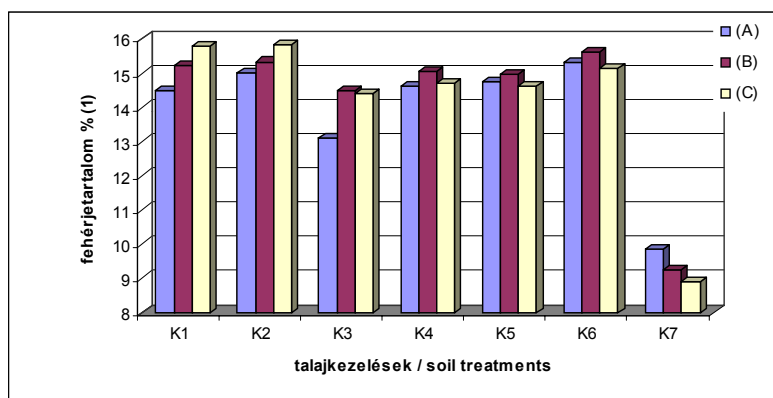
Az ellágyulás vizsgálata során tapasztalt összefüggések döntően egyeztek az előző évi vizsgálati eredményekkel.

Az adatok alapján valamennyi csoportnál a kontroll értékei adták a bizonyíthatóan a legmagasabb értékeket ($P < 10\%$).

A műtrágyázott kezelések között szignifikáns különbséget csupán a C csoport esetében találtunk. Ennél a csoportnál a legalacsonyabb ellágyulás értékeket az ammónium-nitrátos kezeléseknél mértük (P=10 %).

- A fehérjetartalom alakulása -

A minták fehérjetartalmának alakulását az 57. ábra mutatja be.



57. ábra: Az őszi búzaliszt fehérjetartalmának alakulása az egyes kezeléseknél (2001)

Figure 57.: The protein content of the winter wheat flour in the year 2001

(A) Zn nélküli / no foliar fertilizer, (B) Zn levéltrágya bokrosodáskor / Zn saccharose treatment at shooting, (C) Zn levéltrágya virágzáskor / Zn saccharose treatment at flowering, (1) protein content (%)

A különböző kezeléseknél mért értékek között elvégzett varianciaanalízis eredményei alapján statisztikailag igazolható különbséget csupán a kontroll-, valamint a műtrágyázott kezelések összehasonlítása során kaptunk (P=0,1 %).

Az eredmények alapján a kontroll kezeléseknél mért fehérjetartalmak 0,1 %-os megbízhatósági szinten a műtrágyázott kezelések értékei alatt helyezkedtek el.

A statisztikai értékelés során a műtrágyázott kezelések között a fehérjetartalomban igazolható különbségeket nem találtunk. A nem igazolható különbségek ellenére megállapíthatjuk, hogy a legmagasabb fehérjetartalmakat az ammónium-nitrátos kezeléseknél mértük.

- A kén tartalom alakulása -

A lisztminták S tartalmának vizsgálati eredményeit tekintve csupán a kontroll-, valamint a műtrágyázott kezelések eredményeinek összehasonlítása

során kaptunk igazolható különbségeket az egyes csoportok között ($P_A=0,1\%$; $P_B=5\%$; $P_C=1\%$).

Valamennyi csoportnál a kontroll kezelések lisztmintáinál mértük a legalacsonyabb S tartalmakat (58. ábra).

Az egyes műtrágyázott kezelések értékei között azonban statisztikailag igazolható különbséget nem tudtunk kimutatni.

A lisztminták kén tartalmának alakulását vizsgálva megállapíthatjuk, hogy az A csoport kontroll kezelését kivéve a mért S tartalmak meghaladták a 0,12 %-os határértéket, mely érték alatt Schnug et al. (1992) alapján a búzából készült liszt kénhiányosnak tekinthető.

A mért kén tartalmak alapján valamennyi műtrágyázott kezelés mintájának megfelelő volt a kén tartalma, azok kénhiányt nem mutattak.

58. ábra: Az őszi búzaliszt kén tartalmának alakulása az egyes kezeléseknél (2001)

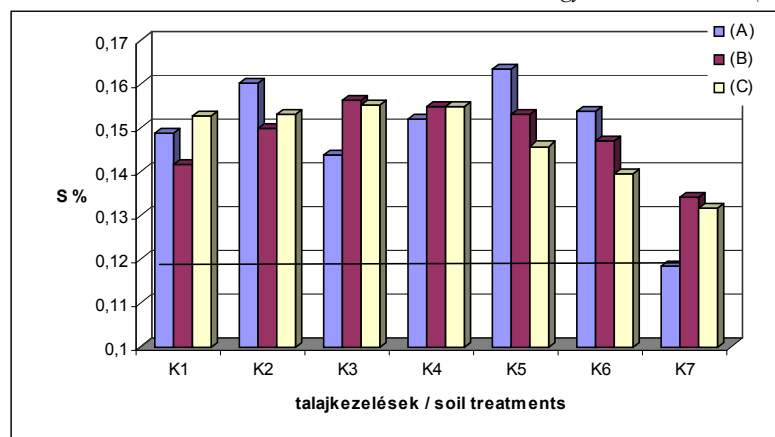
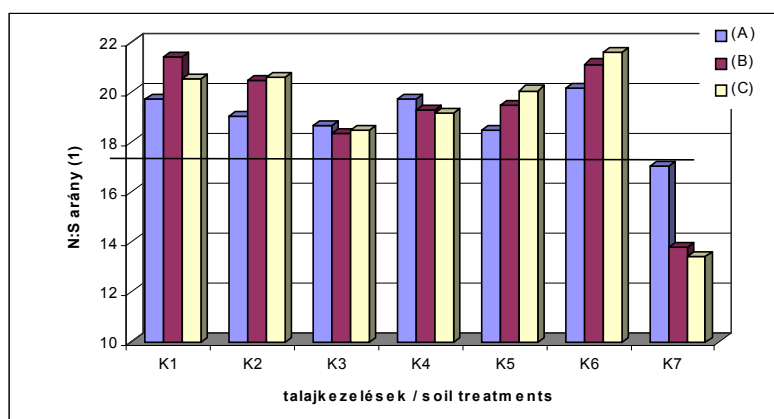


Figure 58.: The S content of the winter wheat flour in the year 2001.
 (A) Zn nélküli / no foliar fertilizer, (B) Zn levéltrágya bokrosodáskor / Zn saccharose treatment at shooting,
 (C) Zn levéltrágya virágzáskor / Zn saccharose treatment at flowering.

- A N:S arány alakulása -

Az 59. ábra az egyes kezeléseknél mért N:S arányok alakulását mutatja be. Az eredmények értékelése alapján a kontroll N:S aránya mindhárom csoport (A,

B, C) esetében a műtrágyázott kezeléseknél szignifikánsan szűkebb arányokat mutatott ($P_A=1\%$; $P_{B,C}=0,1\%$).



59. ábra: Az őszi búzaliszt N:S arányának alakulása az egyes kezeléseknél (2001)

Figure 59.: The N:S ratio of the winter wheat flour in the year 2001.

(A) Zn nélküli / no foliar fertilizer, (B) Zn levéltrágya bokrosodáskor / Zn saccharose treatment at shooting, (C) Zn levéltrágya virágzáskor / Zn saccharose treatment at flowering, (1) N:S ratio

A műtrágyázott kezelések arányai között statisztikailag igazolható különbséget csak a B valamint a C csoportoknál találtunk ($P_B=5\%$; $P_C=10\%$).

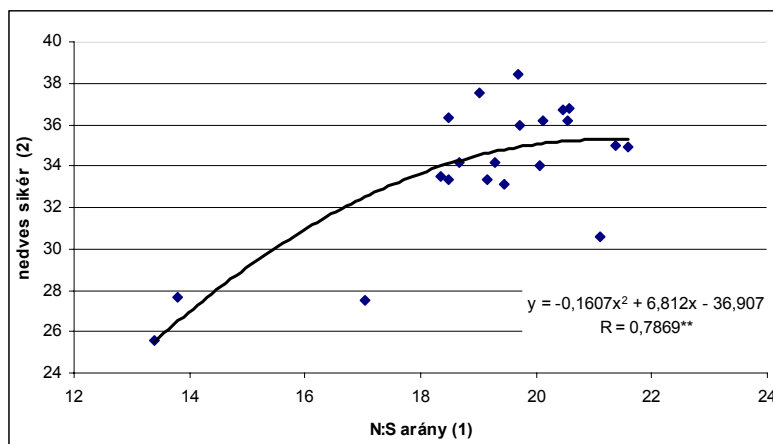
Az eredmények alapján a legszűkebb N:S arányokat az ammónium-szulfátos kezeléseknél kaptuk. Legtágabb arányok az ammónium-nitrátos kezeléseknél adódtak. Az összefüggés háttérében az ammónium-szulfátos kezeléseknél mért alacsonyabb fehérjetartalom, valamint a nagyobb kén tartalom áll.

Az egyes kezeléseknél kapott N:S arányokat az irodalmi adatokkal összehasonlítva megállapíthatjuk, hogy a kontroll kezeléseknél N:S arányainak kivételével valamennyi műtrágyázott kezelés az irodalmi adatok 17:1-es határértékénél jóval tágabb arányt (20-21:1) adott (Haneklaus et al. 1992, Bloem et al. 1995).

Az eredményeket a N, valamint a S tartalmak alakulásával összevetve (70. melléklet) kitűnik, hogy a N:S arány alakulására a legnagyobb hatással a minták N tartalmának (az elsősorban az ammónium-nitrát, valamint karbamid műtrágyázás hatására bekövetkező) növekedése volt.

A N:S arány, valamint a nedves siker tartalom közötti összefüggést tekintve (60. ábra) a N:S arány növekedésével a minták nedves siker tartalma az $y = -0,1607x^2 + 6,812x - 36,907$ regressziós függvény mentén nőtt (P=1 %).

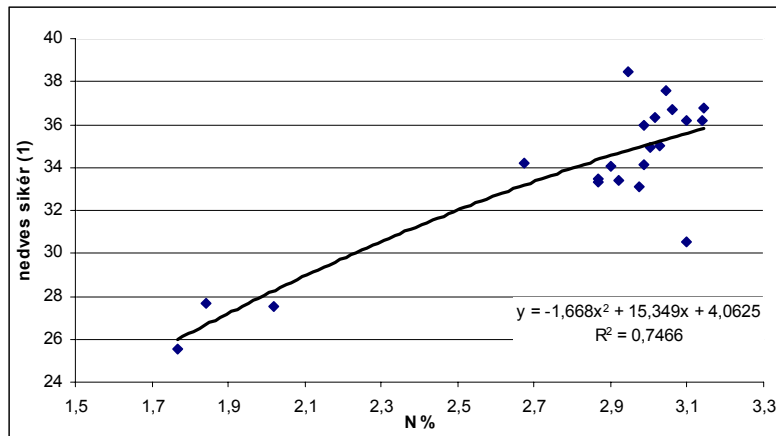
Az összefüggés alapján a maximális nedves siker tartalom az $y'=0$ pontban, a 21,2:1 N:S aránynál adódott.



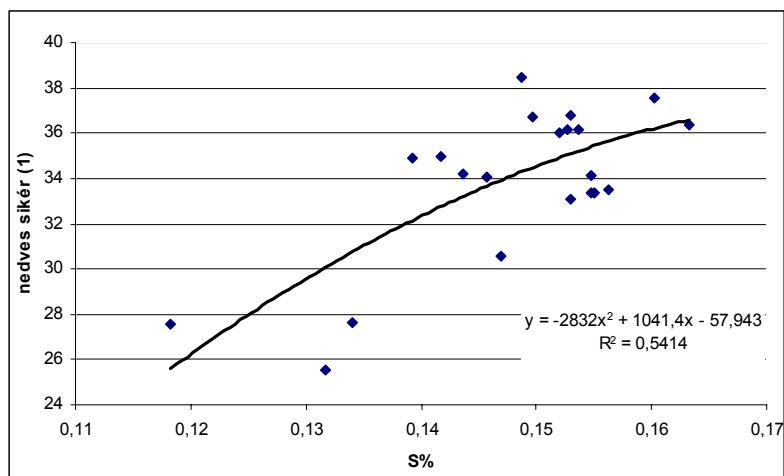
60. ábra: A N:S arány, valamint a nedves siker tartalmak összefüggése (2001)
 Figure 60.: The relationship between the wet gluten content and the N:S ratio (2001)
 (1) N:S ratio, (2) wet gluten content (%)

A N, valamint a S tartalom, és a nedves siker tartalmak közötti összefüggéseket a 61, valamint a 62. ábrák mutatják be.

A kapcsolatok alapján megállapíthatjuk, hogy a nedves siker tartalom alakulására legnagyobb hatása a liszt N tartalmának van, mintegy 75 %-ban befolyásolva azt.



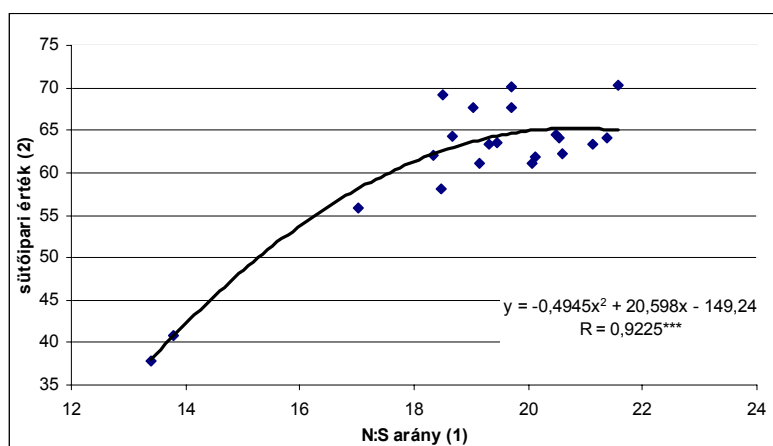
61. ábra: A N tartalom, valamint a nedves sikkér tartalmak összefüggése (2001)
 Figure 61.: The relationship between the wet gluten content and the N content of the flour (2001)
 (1) wet gluten content (%)



62. ábra: A S koncentráció, valamint a nedves sikkér tartalmak összefüggése (2001)
 Figure 62.: The relationship between the wet gluten content and the S content of the flour (2001)
 (1) wet gluten content (%)

A N:S arány valamint a sütőipari érték összefüggését vizsgálva (63. ábra) megállapíthatjuk, hogy az egyes kezelések során kapott sütőipari értékszámok a

N:S aránnyal párhuzamosan az $y = -0,4945x^2 + 20,598x - 149,24$ egyenlet mentén nőttek ($P = 0,1\%$).

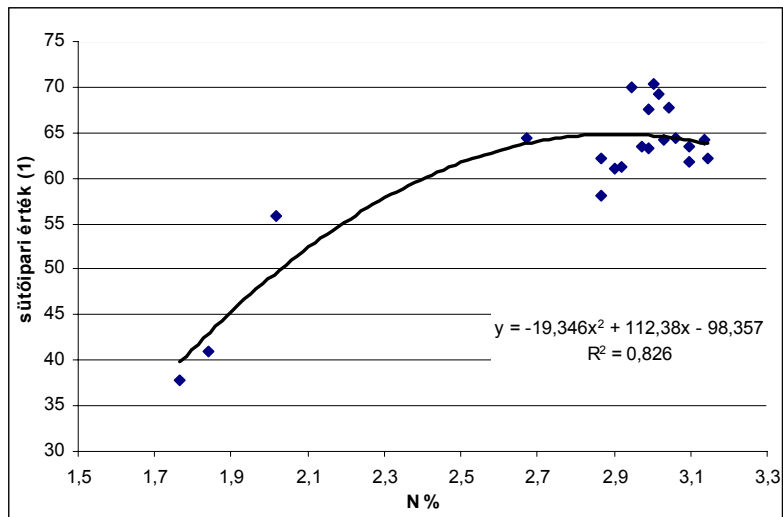


63. ábra: A N:S arány, valamint a sütőipari érték összefüggése (2001)
 Figure 63.: The relationship between the N:S ratio and the baking quality of the flour (2001)
 (1) N:S ratio, (2) baking quality

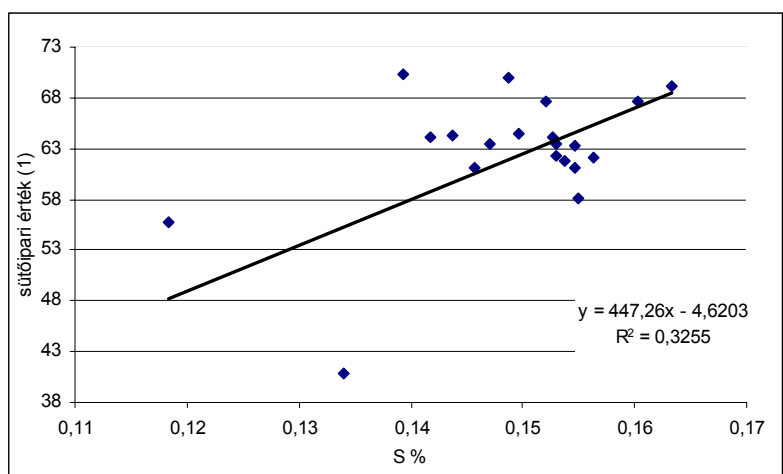
A görbe alapján a legmagasabb sütőipari értékszámot, így a legjobb sütőipari minőséget (A_2) az irodalmi adatoktól eltérően (Haneklaus *et al.* (1992), és Bloem *et al.* (1995) 17:1 N:S arány felett a sütőipari minőség romlását prognosztizálják) a 20,8 (21) N:S arány esetén kaptuk.

Az összefüggéseket a liszt N és a S tartalma, valamint a sütőipari értékek közötti kapcsolatok egészítik ki (64, 65. ábra). Az eredmények alapján az őszi búza sütőipari értékének alakulása szempontjából a nitrogén-, valamint a kén tartalmak közül legnagyobb jelentősége a N tartalomnak volt.

Míg a S tartalom, valamint a sütőipari érték között fennálló összefüggés között szignifikáns kapcsolatot nem tudtunk feltárni, a N koncentráció mintegy 82 %-ban határozta meg a sütőipari értékszám alakulását. Ez utóbbi összefüggés szignifikáns. ($R = 0,90884$, $P = 0,1\%$).



64. ábra: A N koncentráció-, valamint a sütőipari érték összefüggése (2001)
 Figure 64.: The relationship between the N content and the baking quality of the flour (2001)
 (1) baking quality



65. ábra: A S koncentráció-, valamint a sütőipari érték összefüggése (2001)
 Figure 65.: The relationship between the S content and the baking quality of the flour (2001)
 (1) baking quality

3.2.4.3. A 2000-2001. évek összefoglaló értékelése

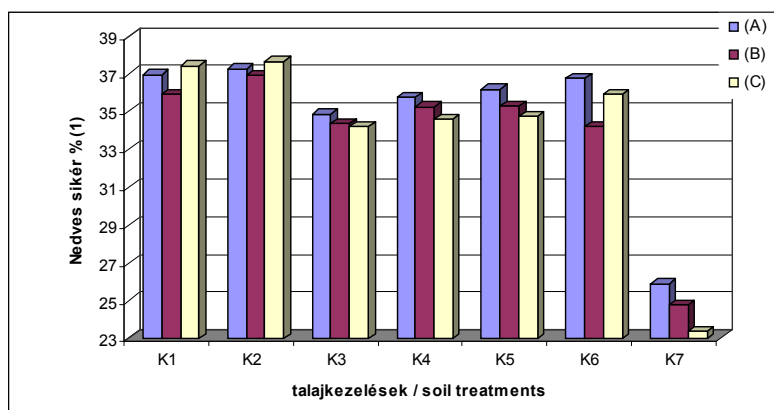
Az őszi búzaliszt sütőipari paramétereinek 2 éves (2000-2001) átlageredményeit a 71. melléklet mutatja be.

A statisztikai értékelés eredményei alapján (72. melléklet) a nedvességtartalom-, nedves siker tartalom-, az esésszám-, a sütőipari érték-, az ellágyulás-, valamint a fehérjetartalom értékei között is igazolható különbségek adódtak az A, B, C csoportok egyes kezelése között ($P < 5\%$).

A csoportokon belül a beltartalmi értékmérő tulajdonságok a különböző kezelések hatására statisztikailag igazolható különbséget döntően csak a műtrágyázatlan kontroll, valamint a műtrágyázott kezelések összehasonlítása során adtak.

- A nedves siker tartalom alakulása -

A nedves siker tartalmak alakulását a 66. ábra mutatja be. Megállapíthatjuk, hogy a kontroll-, valamint a műtrágyázott kezelések nedves siker tartalma közötti 0,1 %-os szignifikáns különbségek mellett a műtrágyázott kezelések között igazolható különbséget csupán a C csoportnál találtunk ($P = 10\%$).



66. ábra: Az őszi búzaliszt átlagos nedves siker tartalmának alakulása az egyes kezeléseknél (2000-2001)

Figure 66.: The average wet gluten content of the winter wheat flour in the years 2000- 2001. (A) Zn nélküli / no foliar fertilizer, (B) Zn levéltrágya bokrosodáskor / Zn saccharose treatment at shooting, (C) Zn levéltrágya virágzáskor / Zn saccharose treatment at flowering, (1) wet gluten content (%)

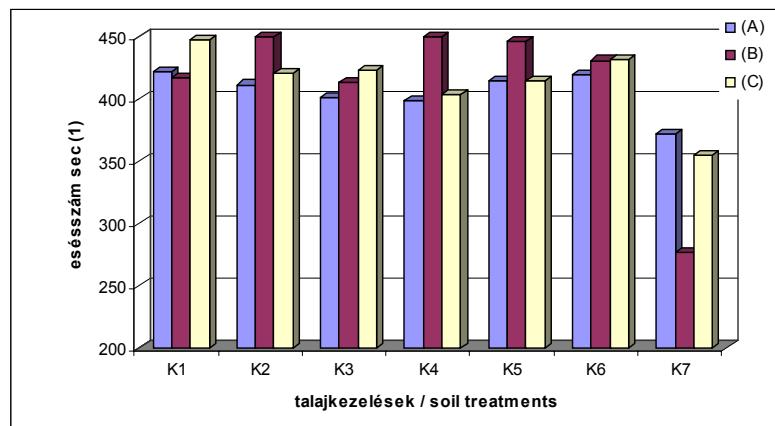
Valamennyi csoporton belül a legalacsonyabb nedves siker tartalmakat a kontroll mintáknál mértük.

Az egyes műtrágyázott kezeléseknél mért nedves siker tartalmakat összevetve a legmagasabb értékeket valamennyi csoportnál az ammónium-nitrátos kezelések adták.

Az ammónium-szulfátos kezeléseknél mért nedves siker tartalmak minden esetben a csoportok legalacsonyabb értékeit képviselték.

- Az esésszám alakulása -

Az esésszám tekintetében a műtrágyázott kezelések között igazolható különbségeket nem találtunk (67. ábra).



67. ábra: Az őszi búzaliszt átlagos esésszámának alakulása az egyes kezeléseknél (2000-2001)

Figure 67.: The average falling number of the winter wheat flour in the years 2000-2001. (A) Zn nélküli / no foliar fertilizer, (B) Zn levéltrágya bokrosodáskor / Zn saccharose treatment at shooting, (C) Zn levéltrágya virágzáskor / Zn saccharose treatment at flowering, (1) falling number (sec)

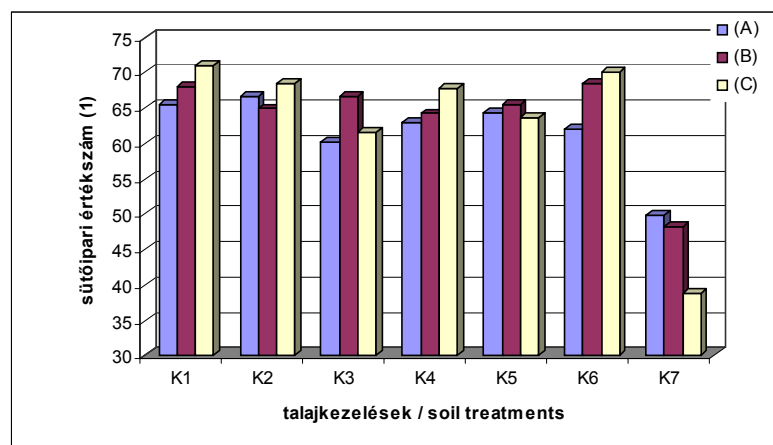
Az eredmények alapján valamennyi csoport esetében legalacsonyabb értékeket a kontroll lisztmintáinál kaptuk ($P_A=10\%$; $P_{B,C}=0,1\%$).

- A sütőipari értékszám alakulása -

A sütőipari értékeket tekintve (68. ábra) általánosságban megállapíthatjuk, hogy míg a kontroll mintái a C_1 minőségi csoportba tartoztak, a műtrágyázott kezelések minőségi osztálya B_1 , A_2 volt.

Az eredményekkel elvégzett varianciaanalízis alapján a műtrágyázott kezelések értékei statisztikailag igazolhatóan meghaladták a kontroll sütőipari értékeit ($P=0,1\%$).

A műtrágyázott kezeléseknél kapott sütőipari értékszámokban nem adódtak igazolható különbségek. Tendenciájában ugyanakkor a legmagasabb sütőipari értékszámot az ammónium-nitrátos-, a legalacsonyabbat az ammónium-szulfátos kezelések során kaptuk.



68. ábra: Az őszi búzaliszt átlagos sütőipari értékszámának alakulása az egyes kezeléseknél (2000-2001)

Figure 68.: Mean baking quality of the winter wheat flour in the years 2000- 2001.
 (A) Zn nélküli / no foliar fertilizer, (B) Zn levéltrágya bokrosodáskor / Zn saccharose treatment at shooting,
 (C) Zn levéltrágya virágzáskor / Zn saccharose treatment at flowering, (1) baking quality

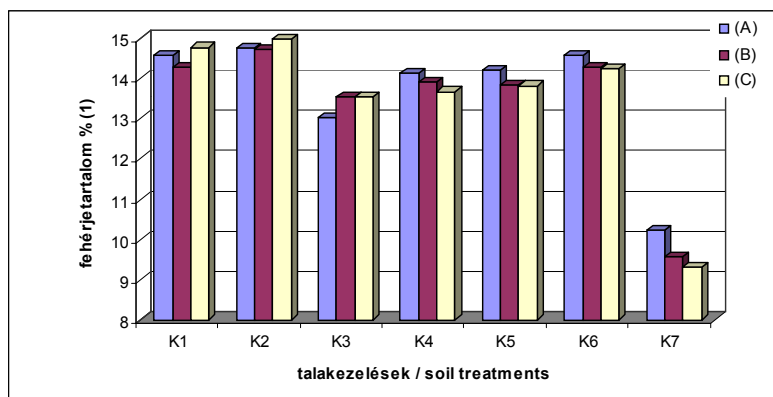
- Az ellágyulás alakulása -

Az ellágyulás értékei a két paraméter között fennálló negatív összefüggésből adódóan (73. melléklet) a sütőipari értékekkel ellentétesen alakultak.

A kontroll értékei statisztikailag igazolhatóan meghaladták a műtrágyázott kezeléseknél mért eredményeket (P=5 %)

- A fehérjetartalom alakulása -

A mért fehérjetartalmakat a kezelések függvényében a 69. ábra mutatja be.



69. ábra: Az őszi búzaliszt átlagos fehérjetartalmának alakulása (2000-2001)

Figure 69.: Mean protein content of the winter wheat flour in the years 2000- 2001.
 (A) Zn nélküli / no foliar fertilizer, (B) Zn levéltrágya bokrosodáskor / Zn saccharose treatment at shooting,
 (C) Zn levéltrágya virágzáskor / Zn saccharose treatment at flowering, (1) protein content (%)

A csoportokon belül elvégzett varianciaanalízis eredményei alapján a két vizsgálati év átlagában a műtrágyázott kezelések fehérjetartalma meghaladta a kontroll értékeit (P=0,1 %). A műtrágyázott kezeléseknél mért fehérjetartalmak között statisztikailag igazolható különbségeket csupán az A csoporton belül tudtunk kimutatni. (P=10 %).

A nem igazolható különbségek ellenére a többi csoportnál is megállapíthatjuk, hogy a legmagasabb fehérjetartalommal az ammónium-nitrátos kezelések rendelkeztek. A legalacsonyabb fehérjetartalmat az ammónium-szulfátos kezeléseknél mértük.

A valamennyi csoportnál minden évben megfigyelhető, ám statisztikailag nem igazolható összefüggés felveti az ammónium-szulfát műtrágya esetleges gyengébb hasznosulásának a lehetőségét az adott körülmények között.

- A lisztvizsgálati eredmények közötti összefüggések -

Az őszi búzalisztvizsgálati paramétereirei közötti kapcsolatot a 73. melléklet korrelációs mátrixa mutatja be.

Az eredmények közötti összefüggések mindegyike egyezett az általánosan ismert és elfogadott kapcsolatokkal, így ezek részletezésére a dolgozatban nem térünk ki.

- A növényvizsgálati- és a lisztvizsgálati eredmények közötti összefüggések -

A zászlós levél növényvizsgálati- és a lisztvizsgálati eredmények összefüggésvizsgálata (74. melléklet) alapján a zászlós levél kéntartalma, valamint az őszi búzaliszt nedves sikér-, illetve fehérjetartalma között 5,0 %-os szinten adódott szignifikáns különbség.

Az összefüggést az $y = -3455,6x^2 + 1668,3x - 164,15$ másodfokú függvény írja le ($R = 0,7201$, $P = 1$ %). Az egyenletet $y' = 0$ -ra rendezve legmagasabb nedves sikér tartalom a zászlós levél 0,24%-os S tartalmánál adódik.

Hasonló összefüggés figyelhető meg a liszt fehérjetartalma és a zászlós levél S tartalma között is. A zászlós levél S tartalmával párhuzamosan a liszt fehérjetartalma az $y = -1419,2x^2 + 681,41x - 67,089$ egyenlettel leírható függvény mentén változik ($R = 0,689$, $P = 1$ %), és maximumát szintén a zászlós levél 0,24%-os S tartalmánál adja.

A sütőipari tulajdonságok alakulására a zászlós levél nyersfehérje (N), P, Ca, Mg, és Mn tartalmaknak kifejezettebb hatása volt, mint a S tartalomnak ($P = 0,1$ %).

A bokrosodáskor vett növényminták S-tartalma és a liszt sütőipari értékmérő tulajdonságai között (75. melléklet) statisztikailag igazolható különbségeket nem tudtunk kimutatni.

A liszt sütőipari értékmérő tulajdonságainak alakulására (nedves sikér, ésszám, sütőipari érték, ellágyulás, fehérjetartalom) legnagyobb hatása a

bokrosodáskor vett növényminták nyersfehérje (N) tartalmának volt ($P < 5\%$).

A talajvizsgálati eredmények, valamint az őszi búzaliszt sütőipari értékmérő tulajdonságai között elvégzett összefüggésvizsgálat (76. melléklet) csupán néhány paraméter között mutatott értékelhető kapcsolatot.

Az eredmények alapján a nedves síkér tartalomra-, valamint az ezzel szorosan korreláló fehérjetartalomra igazolható hatása csupán a talaj nitrát tartalmának volt ($R=0,2564$, $R=0,2861$, $P=5\%$).

Az elvégzett vizsgálat alapján a talaj oldható SO_4^{2-} tartalma és a liszt sütőipari minősége között statisztikailag igazolható kapcsolatot nem találtunk.

3.2.5. A szabadföldi kísérletek összefoglalása

- Talajvizsgálatok-

A szántóföldi kísérletek alapján megállapíthatjuk, hogy a bokrosodáskor-, valamint az aratáskor vett talajminták műtrágyázott kezeléseinek NO_3^- -, valamint oldható P_2O_5 - és K_2O tartalma statisztikailag igazolhatóan meghaladta a kontroll parcellák értékeit.

A műtrágyázott kezelések között a legalacsonyabb nitrát tartalmat az ammónium-szulfátos-, a legnagyobbakat az ammónium-nitrátos kezeléseknél mértük.

A talajok oldható szulfát tartalma között az egyes kezeléseknél talajdonítható különbségeket nem találtunk.

A nem bizonyítható különbségek hátterében feltehetőleg a vizsgálatba vont talajok magas $CaCO_3$ tartalma, valamint az SO_4^{2-} rendkívül gyors változása állhat, melynek következtében a ténylegesen hozzáférhető szulfát mennyiségi meghatározása pontatlan, hibákkal terhelt (Bloehm et al. 1994).

- A bokrosodáskor vett növényminták vizsgálata -

A bokrosodáskor vett növényminták vizsgálati eredményei jó kénellátottságot jeleznek ($S \approx 0,3\%$) (Schnug et al. 2000). A növények kén tartalma még a kezeletlen kontrollnál is meghaladja az $1,2 \text{ mg g}^{-1}$ határértéket, mely alatt Schnug et al. (2000) alapján akut kénhiány lép fel. Az egyes kezelések során mért S tartalmak között ezért igazolható különbséget nem találtunk.

A kontroll minták nyersfehérje tartalma ugyanakkor a műtrágyázott kezeléseknél bizonyíthatóan alacsonyabb volt.

Az összefüggés a kezelések eredményei alapján számított N:S arányokban is jelentkezett.

A nyersfehérje tartalmak, valamint a növényminták kén tartalma közötti erőteljes pozitív összefüggés ($R=0,4643$, $P=0,1$ %) egyértelműen a kén fehérjeszintézisben betöltött fontosságát mutatja.

Az elvégzett korrelációs számítás statisztikailag igazolható összefüggést tárt fel a talajok oldható SO_4^{2-} tartalma-, valamint a bokrosodáskor vett növényminták nyersfehérje tartalma között ($P=5$ %).

Az elemzés arra is rámutatott, hogy a talaj humusz-, valamint NO_3^- tartalmával párhuzamosan a bokrosodáskor vett növényminták kén-, valamint nyersfehérje tartalmának a növekedése is bekövetkezett ($P=0,1$ %).

A talaj nitrát tartalmának, valamint a növényminták összes S tartalmának kapcsolatánál azonban figyelembe veendő, hogy a műtrágyázott kezeléseknél a SO_4^{2-} mennyiség döntő többsége nitrogén (ammónium-nitrát) műtrágya formájában került kijuttatásra.

Az eredmények alapján megállapíthatjuk, hogy a bokrosodáskori növényminták nyersfehérje tartalmának alakulására legnagyobb hatása a talaj humusztartalmának volt ($R=0,4340$, $P=0,1$ %).

- A zászlós levél minták vizsgálata -

A zászlós levél vizsgálati eredményei az évek során különbözőképpen alakultak.

A zászlós levélben mért értékek a Ca-, Mg-, Zn-, valamint Cu eredmények kivételével a bokrosodáskori levélanalízis értékei alatt maradtak. Az összefüggés a S tartalmak esetében is hasonlóan alakult, mely alátámasztja Lásztity (1991) mészlepedékes csernozjom talajon őszi búzával végzett N, P, K trágyázásos kísérleteinek eredményeit. Ezek során a szerző megállapítja, hogy az őszi búza föld feletti részében a kén koncentrációja a műtrágyázástól függetlenül csökken a tenyészidő folyamán.

A Zn tartalmak valamennyi vizsgálati évben bizonyíthatóan a C csoportnál adták a legmagasabb koncentrációkat. A minták legnagyobb S tartalmát valamennyi esetben az $(NH_4)_2SO_4$ kezeléseknél mértük.

A zászlós levél minták nyersfehérje tartalma ugyanakkor az egyes műtrágyázott kezeléseknél egymáshoz hasonlóan alakult. Sem az egyes csoportok között, sem pedig a csoportokon belül nem találtunk statisztikailag igazolható különbségeket.

A zászlós levél minták kén- és nyersfehérje tartalmának kapcsolatát vizsgálva (48. ábra) az ammónium-szulfátos kezelések hatására növekvő kéntartalom egy ponton túl a nyersfehérje tartalmak csökkenését eredményezte.

Az $y = -2001,4x^2 + 975,11x - 93,345$ regressziós függvény alapján a kísérlet körülményei között a zászlós levél nyersfehérje tartalmának maximumát a zászlós levél 0,24 %-os S tartalmánál kaptuk. Ennél magasabb mért S tartalmak minden esetben a nyersfehérje tartalom csökkenésével jártak.

A bokrosodáskor vett növényminták S tartalmának-, valamint a zászlós levél nyersfehérje tartalmának kapcsolatát leíró regressziós függvény alapján a zászlós levél nyersfehérje tartalmának maximuma a bokrosodáskori növényminták 0,32 %-os kéntartalmánál adódott. Ennél magasabb bokrosodáskori kéntartalom esetén a zászlós levél S tartalma 0,24 % fölé emelkedik, mely a nyersfehérje tartalom csökkenését eredményezi.

A talaj szulfáttartalmának és a zászlós levél P tartalmának pozitív összefüggése ($P=1,0$) feltehetőleg talajkémiai kapcsolatokkal magyarázható:

A nagy adagú szulfátrágyázás hatására a talajban feltételezhetően megnövekvő SO_4^{2-} koncentráció a szulfát- és foszfát kompetitív adszorpciójának következtében a növény által könnyen hozzáférhető foszfor formák mennyiségének növekedéséhez vezetett.

Az összefüggést Metson és Blakemore (1978), Aylmore (1967), Elfattah (1991), Hilal és Elfattah (1987), Bolan et al. (1988), Geelhoed et al. (1997), valamint Apthorpe et al. (1987) vizsgálati eredményei is alátámasztják.

A bokrosodáskor vett talajminták oldható SO_4^{2-} -tartalma-, valamint a zászlós levél minták nyersfehérje-, illetve S tartalma között statisztikailag igazolható kapcsolatot nem találtunk.

Az összefüggések alapján a zászlós levél S ellátottságának megítélésére a korai vizsgálatok közül a bokrosodáskor elvégzett növényanalízisek a javasolhatók.

Az eredmények további kutatások szükségességét vetik fel. Az elkövetkező időszak kutatásainak ki kell terjednie a zászlós levél S tartalmának-, valamint a nyersfehérje tartalom közötti összefüggéseknek a vizsgálatára is.

A növényélettani kutatások mellett mindenképpen indokoltnak látjuk egyes talajkémiai vizsgálatok elvégzését, melyek a különböző műtrágya formák : talaj interakciókat hivatottak feltárni.

Célszerűnek látszik a kísérlet során alkalmazott műtrágyaformák hatékonyság-összehasonlító elemzésének elvégzése is.

Fenti vizsgálattal megválaszolható lenne az a szkepszis, hogy a nyersfehérje tartalom esetleges csökkenésének oka nem a növényi szövetek S tartalmának növekedésében, hanem a szulfát trágyaként alkalmazott ammónium-szulfát N trágyaként való alkalmazási hatékonyságának esetleges gyengeségében keresendő.

- A lisztminták vizsgálata -

A lisztvizsgálati eredmények között az egyes csoportokon belül a különböző kezelések hatására statisztikailag igazolható különbségeket csupán a kontroll-, valamint a műtrágyázott kezelések összehasonlítása során kaptunk.

Az eredmények alapján a kontroll lisztmintáinál mértük valamennyi vizsgálati paraméter leggyengébb értékeit.

Az elvégzett vizsgálatok során a műtrágyázott kezelések között szignifikáns különbségeket ugyanakkor nem tudtunk kimutatni. Fenti megállapításunk ellenére általánosságban elmondható, hogy a műtrágyázott kezelések közül az $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ kezelések rendelkeztek a leggyengébb sütőipari értékmérő tulajdonságokkal.

A lisztminták S tartalmának, valamint N:S arányának meghatározására a 2001-es év mintáinál került sor.

A lisztminták mért S tartalma valamennyi kezelés esetén meghaladta a 0,12 %-os határértéket *Schnug et al.* (1992), így azok kénhiányt nem mutattak. Az eredmények alapján valamennyi csoportnál a kontroll kezelések lisztmintái rendelkeztek a legalacsonyabb S tartalommal (58. ábra).

Az egyes műtrágyázott kezelések értékei között igazolható különbséget nem lehetett kimutatni.

A N:S arányok értékelése során a kontroll kezelések N:S aránya mindhárom csoportnál a műtrágyázotthoz képest szignifikánsan szűkebb arányokat mutatott ($P=0,1$ %). A legszűkebb N:S arányokat az ammónium-szulfátos kezeléseknél kaptuk. A legtágabb arányok az ammónium-nitrát alkalmazásánál adódtak.

Az egyes kezelések során kapott N:S arányok elemzésénél valamennyi műtrágyázott kezelés az irodalmi adatok 17:1-es határértékénél jóval tágabb arányt (20-21:1) adott (*Haneklaus et al.* 1992, *Bloem et al.* 1995). Eredményeink alapján azonban a N:S=20-21:1 aránya sem jelentett kénhiányos állapotot, sőt a legjobb lisztminőséget éppen ezen arányoknál mértük. Az összefüggés további kutatások szükségességét veti fel.

A N:S arányt figyelembe véve (60. ábra), annak növekedésével a minták nedves siker tartalma az $y=-0,1607x^2+6,812x-36,907$ regressziós függvény mentén változott ($P=1$ %).

A maximális nedves siker tartalom az $y'=0$ pontban, a N:S=21,2:1 aránynál adódott.

A 63. ábra az egyes kezelések során kapott sütőipari értékszámokat a N:S arány növekedésével párhuzamosan az $y=-0,4945x^2+20,598x-149,24$ egyenlet szerint mutatja be ($P=0,1$ %). A görbe alapján a legmagasabb sütőipari értékszámot, így a legjobb sütőipari minőséget (A_2) az irodalmi adatoktól eltérően a N:S= 20,82 aránynál kaptuk.

Az összefüggéseket a liszt N-, valamint S tartalma- és a sütőipari értéke közötti kapcsolatok egészítik ki (64, 65. ábra). Megállapítható, hogy az őszi búza sütőipari értékének alakulásában a vizsgált két elem közül a N tartalomnak volt a legnagyobb jelentősége. Amíg a S tartalom és a sütőipari érték között szignifikáns kapcsolatot nem tudunk feltárni, addig a N tartalom mintegy 82 %-ban határozta meg a sütőipari értékek alakulását ($P=0,1$ %).

Kísérleteink alapján az őszi búzaliszt nedves sikér tartalma, valamint a zászlós levél S tartalma közötti összefüggést az $y=-3455,6x^2+1668,3x-164,15$ másodfokú függvény írja le ($R=0,7201$, $P=1$ %).

Az egyenletet $y'=0$ -ra rendezve legmagasabb nedves sikér tartalom a zászlós levél 0,24 %-os S tartalmánál adódik. Ennél a kéntartalomnál realizálódott a zászlós levél nyersfehérje tartalmának a maximuma is. A korábbi adatok szerint hasonló összefüggést kaptunk a zászlós levél S tartalmának, valamint a liszt fehérjetartalmának alakulása között is.

A zászlós levél S tartalmának növekedésével a liszt fehérjetartalma az $y=-1419,2x^2+681,41x-67,089$ egyenlettel leírható függvény mentén változik ($P=1$ %). A fehérjetartalom a nedves sikér tartalomhoz hasonlóan maximumát szintén a zászlós levél 0,24 %-os kéntartalmánál veszi fel.

A fentiek alapján a liszt értékmérő tulajdonságainak alakulását (nedves sikér, esésszám, sütőipari érték, ellágyulás, fehérjetartalom) leginkább a bokrosodáskor vett növényminták nyersfehérje tartalma befolyásolta ($P<5$ %).

A talajvizsgálati eredmények, valamint az őszi búzaliszt sütőipari értékmérő tulajdonságai között elvégzett összefüggésvizsgálatok azonban csupán néhány paraméter között mutattak értékelhető kapcsolatot. Az eredmények alapján a nedves sikér tartalomra, valamint az ezzel szoros kapcsolatban álló fehérjetartalomra statisztikailag igazolható hatással csupán a talaj nitrát tartalma volt ($P=5$ %). Megállapításainkat alátámasztják Hagel (2000) Németországban, Töndel és Bentfeld ökológiai kísérleteinek eredményei is. Ezek alapján a szerző megállapítja, hogy amennyiben a terület kénellátottsága megfelelő, a termés fő limitáló faktora a nitrogén.

Az elvégzett szántóföldi kísérlet alapján megállapítható, hogy az adott kísérleti terület kénellátottsága a növényvizsgálati eredmények alapján elegendő volt az őszi búza kénigényének kielégítéséhez. Megállapításainkat alátámasztja, hogy a kísérlet körülményei között a szulfátrágyázásnak az őszi búza minőségére statisztikailag igazolható hatása nem volt.

Az őszi búza kén tartalma az N, P, K műtrágyázás hatására egyenletesen nőtt a kontroll értékeihez képest.

Eredményeink alapján a liszt legmagasabb sütőipari értékszám-, valamint fehérjetartalma a N:S=20,8 (21):1 arányánál adódott. Az összefüggések nem egyeznek az irodalmi adatokkal, melyek 17:1=N:S arány felett az őszi búzaliszt sütőipari tulajdonságainak romlását prognosztizálják (Byers és Bolton 1979, Byers et al. 1987, Haneklaus et al. 1992, Bloem et al. 1995).

Az összefüggések felvetik a további vizsgálatok szükségét.

Vizsgálataink alapján a legnagyobb nedves sikér tartalom a zászlós levél nyersfehérje tartalmának maximumánál, annak 0,24 (0,22-0,26) %-os S tartalmánál várható. Ez az érték a bokrosodáskor vett növényminták 0,32 (0,30-0,35) %-os S tartalmánál adódik. A zászlós levél 0,24 %-ot meghaladó kén tartalmánál a lisztminták sütőipari értékmérő tulajdonságai várhatóan csökkennek.

4. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK

Tenyészedényes talajérleléses, valamint kisparcellás szántóföldi szulfátrágyázásos kísérletek kerültek beállításra a kén talajban történő mikrobiológiai átalakulásának-, valamint az őszi búza szulfátrágyázásra adott válaszánaak megismerése érdekében meszes Duna öntéstalajon.

Megállapítást nyert, hogy a meszes Duna öntéstalaj kénoxidáló képessége optimális környezeti feltételek esetén elegendő lehet természetett növényeink kénellátásának biztosítására.

A vizsgálatok bizonyították a kén oxidálására képes acidofil *Thiobacillus ferrooxidans*-nak, valamint *T. thiooxidans*-nak az eredményes alkalmazhatóságát a meszes, bázikus talajokon. A kísérletbe vont meszes Duna öntéstalajon a kén oxidációját leginkább a *T. thiooxidans*-szal végzett talajoltás serkentette. Az eredmények alapján ily módon indokolt lehet a talaj elemi kén- SO_4^{2-} átalakulásának gyorsítása a vizsgált törzsekkel, *T. thiooxidans* talajoltással.

A szántóföldi kisparcellás kísérletek alapján a növények nyers fehérje-, és S tartalma közötti erőteljes pozitív korreláció a kénnek a fehérjeszintézisben betöltött alapvető szerepét bizonyította.

Az elvégzett vizsgálatok alapján a kísérleti terület kénellátottsága elegendőnek bizonyult az őszi búza kénigényének biztosítására, mely az N, P, K műtrágyázás alkalmazásával tovább növekedett.

A fenti megállapításokat az is alátámasztja, hogy a kísérlet körülményei között a szulfátrágyázásnak az őszi búzaliszt minőségére statisztikailag igazolható hatása nem adódott.

A talajminták oldható szulfát-tartalma, valamint az N, P, K műtrágyázott kezelések növénymintáinak S tartalma között az egyes kezeléseknél tulajdonítható igazolható különbség nem adódott.

A zászlós levél vizsgálatai alapján a legmagasabb növényi S koncentrációt az $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ kezelések adták. A növényi szövetek nyers fehérje tartalma ezzel szemben igazolhatóan nem változott. A két érték közötti korrelációs analízisek alapján a legmagasabb nyers fehérje koncentráció a növény 0,24 (0,22-0,26) %-os S tartalmánál adódott a legjobb lisztminőséggel is alátámasztva.

A 2001. évi lisztvizsgálatok során a legjobb sütőipari minőséget N:S=20,8 (21):1 aránynál esetében mérhettük, mely a vonatkozó irodalmi adatoknál (17:1) így egy tágabb N:S arányt jelzett.

A legnagyobb nedves siker tartalom a zászlós levél nyers fehérje tartalmának maximumánál, annak 0,24 (0,22-0,26) %-os S tartalmánál-, illetve a bokrosodó növény 0,32 (0,30-0,35) %-os S koncentrációjánál várható.

Az adott kísérleti körülmények között az őszi búza minőségének alakulására legnagyobb hatása a növény N tartalmának volt. Az összefüggések további kutatások szükségét vetik fel.

5. ÖSSZEFOGLALÁS

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

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

A 84 napos, temperált körülmények között folytatott tenyészedény-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.

Az inkubációs periódus elteltével meghatároztuk a talajok pH_{H2O}, pH_{KCl} értékeit, valamint SO₄²⁻ koncentrációit.

A vizsgálatok során megállapítottuk, hogy a talajba adagolt elemi kén hatására a talaj oldható SO₄²⁻ 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, mely a mért pH értékek 0,1 %-os szignifikáns csökkenésében is megnyilvánult. Az alkalmazott két baktériumfaj közül a *T. thiooxidans*-szal végzett talajoltás bizonyult a leghatásosabbnak.

A növekvő elemi kén dózisok serkentették a mikrobiális S oxidációt, mely a talajok SO₄²⁻ tartalmának alakulásában 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.

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

A 3 éves kísérlet során 7 kezelés 4 ismétlésének segítségével ($NH_4NO_3+MAP+K_2SO_4$; $NH_4NO_3+MAP+KCl$; $(NH_4)_2SO_4+MAP+K_2SO_4$; $(NH_4)_2SO_4+MAP+KCl$; $Urea+MAP+K_2SO_4$; $Urea+MAP+KCl$, 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.

A kapott eredmények közötti összefüggéseket varianciaanalízis, valamint korrelációs számítás segítségével értékeltük.

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

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

A bokrosodáskor vett növényminták vizsgálati eredményei alapján a műtrágyázott kezeléseknél mért S tartalmak között 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 a kén fehérjeszintézisben betöltött alapvető szerepét.

A zászlós levél vizsgálatok során a legmagasabb növényi S tartalmakat az $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ kezelések adták. 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 értékmérő tulajdonságait tekintve az egyes műtrágyázott kezelések között statisztikailag igazolható különbség nem adódott.

A 2001. évi lisztvizsgálatok során a legjobb sütőipari minőséget a N:S=20,8 (21):1 aránynál mértük, mely a vonatkozó irodalmi adatoknál (17:1) tágabb N:S 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.

SUMMARY

Sulphur, the fourth essential macroelement was a neglected nutrient element in agriculture in the past. As a result of numerous processes in the world and the increasing efficiency of environment protection the sulphur emission was

reduced a lot, and this fact raised the necessity of sulphur replacement in agriculture.

Recognising the importance of this question we launched incubation and sulphur fertilisation experiments in order to study microbiological sulphur transformation in the soil and the reaction of winter wheat to sulphate fertilisation on a calcareous Danube alluvial soil.

In our incubation experiments the oxidation of increasing elemental sulphur doses was studied (0,1; 1,0; 2,0; 5,0; and 10,0 g pot⁻¹, i.e. 50, 500, 1250, 2500 and 5000 kg ha⁻¹).

In the 84 days long pot experiment the oxidation potential of the soil and the sulphur reducing micro-organisms *Thiobacillus ferrooxidans* and *T. thiooxidans* was studied among unfertilised and N, P, K fertilised soil respectively.

After the incubation period the pH_{H₂O}, the pH_{KCl} and the SO₄²⁻-values of the soil were measured.

In the experiment we established that as a result of the elemental sulphur given to the soil the available sulphur content increased in every case compared to the values that of treatments without sulphur application. The bacterial soil incubation increased the oxidation rate of the soil to a great extent, which was displayed by the decreasing pH values. This effect was significant at 0.1 % probability level. Among the two bacterium species used in the experiment the *T. thiooxidans* was more effective.

The increasing elemental sulphur doses stimulated the microbial sulphur oxidation that was also indicated by the increasing sulphate content of the soil.

The N, P, K fertilisation increased the oxidation of elemental sulphur significantly in every case. This significant relationship did not show a strong correlation with the pH values of the soil. Therefore we assume that numerous physico-chemical processes might play a role in the background that require further investigations.

The experiments carried out may serve a basis of the improvement of soil amendment methods, sulphur fertilisation and bioremediation procedures that involve bacterial soil inoculation as well.

In the field experiment the reaction of winter wheat to sulphate fertilisation was studied. We investigated the changes in chemical composition and in baking quality.

In this 3 years long experiment with randomised block design we studied the effect of the treatments on the chemical composition of the soil and the test plants respectively. The treatments of the experiment ($NH_4NO_3+MAP+K_2SO_4$; $NH_4NO_3+MAP+KCl$; $(NH_4)_2SO_4+MAP+K_2SO_4$; $(NH_4)_2SO_4+MAP+KCl$; $Urea+MAP+K_2SO_4$; $Urea+MAP+KCl$, and *untreated control*) were arranged in 3 blocks and carried out in 4 replications. The results were evaluated by means of analysis of variance and correlation analysis.

The soil samples taken at shooting and harvesting did not show any evidence and positive correlation between available sulphate content and the treatments used in the experiment.

On the basis of the plant analysis results we established that the amount of sulphur supplied by the experimental soil was sufficient to cover the sulphur requirement of the cultivated plants. Studying the sulphur content of the plant samples taken at shooting we found that there was no significant relationship between the treatments and plant sulphur content.

At the same time comparing the sulphur content of the control and the plants fertilised we established that the sulphur assimilation of the plants increased due to fertilisation.

The strong correlation between the raw protein content and the sulphur content of the samples refers to the basic role of sulphur in protein synthesis.

Studying the sulphur content of flag leaves we could measure the highest values in the case of the $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ treatments. At the same time there was no significant difference in the raw protein content of the fertilised treatments.

Regarding the correlation between the two values it was found that the highest raw protein value was measured at the 0.24 % sulphur content of the flag leaf. The same sulphur concentration gave the best baking quality.

Considering the quality parameters of flour there was no significant difference between the particular fertilised treatments.

During the 2001 flour quality studies the best baking quality was detected at 21:1 N:S ratio, that is considerably higher than that of can be found in the literature (17:1).

On the basis of the results obtained we established that among the described circumstances N had the highest influence on the quality parameters of winter wheat

6. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

1. Talajérleléses kísérlet keretében bizonyítottuk a vizsgálatba vont meszes Duna öntéstalaj mikrobapopulációjának elemi kénoxidáló képességét.
2. Igazoltuk az acidofil *Thiobacillus sp.* talajoltás alkalmazhatóságát meszes, bázikus pH értékekkel jellemezhető talajokon is. 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 az elemi kén-SO₄²⁻ átalakulást leginkább a *T. thiooxidans* baktériumtörzsszel végzett talajoltás serkentette.
4. Szántóföldi kisparcellás szulfátrágyázásos kísérleteink során megállapítottuk, hogy az adott talaj kénellátottsága elegendő az őszi búza kénigényének biztosításához.
5. Megállapítást nyert, hogy a növények S felvétele (S tartalma) az alkalmazott N, P, K műtrágyázás hatására már rövid távon is nő.
6. Igazoltuk a szerves anyag tartalom alapvető fontosságát a növényi kénfelvételben.
7. Kimutattuk, hogy a zászlós levél nyers fehérje 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 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 is az irodalmi adatoktól eltérően a N:S=21:1 aránynál kaptuk.

10. Megállapítottuk, hogy a liszt legnagyobb nedves siker tartalma a zászlós levél 0,24 %-os S tartalmánál alakul ki.

7. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Dolgozatomhoz saját munkámon kívül még nagyon sok ember szeretete, gondoskodása, valamint segítő tanácsa járult hozzá.

Köszönöm Dr. Schmidt Rezsőnek, témavezetőmnek türelmes szakmai irányítása mellett emberi támogatását, megértését és segítségét is.

Köszönöm továbbá Dr. Szodfridt Gyula, Dr. Szakál Pál, Dr. Szigeti Jenő, Földes Tamás, Dr. Kajdi Ferenc mellett az Intézet valamennyi munkatársának a sokrétű segítségét.

Külön köszönet mondok Dr. Papné Dr. Kránitz Erzsébet tudományos főmunkatársnak aki életem legnagyobb mélypontján megismertette velem az 'alkotás' örömét.

Köszönettel tartozom a SOLUM Rt. vezetésének, hogy lehetőséget biztosítottak a szántóföldi kísérleteim elvégzésére. Köszönet illeti Cita János növénytermesztési ágazatvezetőt is aki magas szakmai tudásával és segítőkészségével biztosította a kísérletek pontos lefolytatását.

Végezetül köszönöm családomnak, hogy mindenben támogatott kitűzött céljaim elérésében és szeretetével túljuttatott minden eddigi nehézségen.

8. FELHASZNÁLT IRODALOM

- Adams, F. – Rawajfih, Z. (1977): Basaluminite and alunite: A possible cause of sulfate retention by acid soils. Soil. Sci. Soc. Am. J. 41:686-692.*
- Adetuni, M.T. (1992): Effect of lime and phosphorus application on sulphate-adsorption capacity of south-western Nigerian soils. Ind. J. of Agr. Sci. 62:150-152.*
- Alexander, M. (1961): Introduction to soil microbiology. John Wiley and sons Inc. New York p. 314-326.*
- Alexander, S.S. – Dein, J. – Gold, D.P. (1973): The use of ERTS-1 MSS data for mapping strip mines and acid mine drainage in Pennsylvania. In: Freden, S.C. – Mercanti, E. P. (eds.), Symposium of Sygnificant Results Obtained from the ERTS 1, V. 1: Technical Presentations Section A. Washington D.C. NASA, p. 569-575.*
- Attia, K.K. – El-Dosuky, M.M. (1996): Effect of elemental sulfur and inoculation with *Thiobacillus*, organic manure and nitrogen fertilization of wheat. Assiut J. of Agric. Sci. 27:191-206,*
- Attoe, O.J. (1964) in Tisdale, S.L. – Nelson, W.L.(1966): A talaj termékenysége és a trágyázás. Akadémiai kiadó, Budapest, p. 218.*

- Akulah, M.S. – Pasricha, N.S. – Azad, A.S.* (1990): Phosphorus – sulphur interrelationships for soybeans on P and S deficient soil. *Soil Sci.* **150**:705-709.
- Autry, A.R. – Fitzgerald, J.W. – Caldwell, P.R.* (1990): Sulfur fractions and retention in forest soils. *Can. J. of Forest Res.* **20**:337-342.
- Aylmore, L.A.G. – Karim, M. – Quirk, J.P.* (1967): Adsorption and desorption of sulphate ions by soil constituents. *Soil Sci.* **103**:10-15.
- Backes, C.A. – Pulford, I.D. – Duncan, H.J.* (1993): Seasonal variation of pyrite oxidation rates in colliery spoil. *Soil Use and Management* **9**:30-34.

Balla, L. (2002): Kalászosgabona-termesztés Gazdálkodási stratégia. Mezőgazda Kiadó, Budapest, p. 9-83

- Ballenegger, R. – Di Gléria, J.* (1962): *Talaj- és trágyavizsgáló módszerek. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest pp. 411.*
- Balwant, P.J. – Singh, P.J. – Harris, P.J. – Wilson, M.J. – Shing, B. – Auerswald, K.* (ed.) (1995): Geochemistry of acid mine waters and the role of micro-organisms in such environments: a review. *Soils and environment – soil processes from mineral to landscape scale. Int. Soils and Environment Conf. Weihenstephan, Germany, Oct.1995. Adv. in Geoecol.* **30**:159-162.
- Banerjee, M.R. – Capman, S.J.* (1996): The significance of microbial biomass sulphur in soil. *Biol. and Fert. of Soils* **22**:116-125.
- Bánhegyi, I. – Cserhádi, T. – Kecskés, M.* (1980): Effects of some abiotic factors on the Fe(II) oxidation activity of *Thiobacillus ferrooxidans*. *Acta Mikrobiol. Acad. Sci. Hung.* **27**:258.

Belitz, H.D. – Grosch, W. (1985): Lehrbuch der Lebensmittelchemie. 2. Auflage Springer Verlag, Berlin u. Heidelberg p. 514-558.

- Belitz, H.D. – Grosch, W.* (1992): *Lehrbuch der Lebensmittelchemie. Kapitel 15: Getreide und Getreideprodukte; Springer Verlag, Berlin pp. 562.*
- Bell, C.I. – Cram, W.J. – Clarkson, D.T.* (1990): *Turnover of sulphate in leaf vacuoles limits retranslocation under sulfur stress. In: Rennenberg, H. et al. (Hrsg.): Sulfur nutrition and sulfur assimilation in higher plants. SPB Academic Publ. bv. The Hague, Netherlands, p. 163-165.*
- Bergmann, W.* (1983): *Farbatlas – Ernährungsstörungen bei Kulturpflanzen. Für den Gebrauch im Feldbestand. VEB G. Fischer Verlag, Jena. pp. 254.*
- Bergmann, W.* (1993): *Ernährungsstörungen bei Kulturpflanzen. Entstehung, visuelle und analytische Diagnose. G. Fischer Verlag Jena, Stuttgart. pp. 759.*
- Bersin, Th.* (1950): Die phytochemie des Schwefels. *Adv. in Enzymol.* **10**:223-237.
- Besharati, H. – Rastin, N.S.* (1999): Effect of application of *Thiobacillus ssp.* inoculants and elemental sulfur on phosphorus availability. *Ir. J. of Soil and Water Sci.* **13**:1, 23-39.
- Bettany, J.R. – Roberts, T.L.* (1985): The influence of topography on the nature and distribution of soil sulphur across a narrow environmental gradient. *Can. J. Soil. Sci.* **65**:419-434.
- Bezbaruah, B. – Saikia, N.* (1990): Pesticide influence on sulphur oxidation in soil and bacterial isolates. *Ind.J. of Agr. Sci.* **6**:406-410.

- Biró, B. (1999): További tudnivalók a kommunális szennyvíziszapok mezőgazdasági elhelyezéséről. Gyakorlati Agroforum **10**:9, 4-7.
- Biró, B. (1998): A talajok biológiai állapotának hatása a talajminőség alakulására (I.) Gyakorlati Agroforum 9:11, p. 52-54.
- Biró, B. (2002): A mikrobiális oltóanyagok alkalmazási lehetőségei a mezőgazdaságban és a környezetvédelemben. MagKutatás, Fejlesztés és Környezet 2002. február p.29-31.
- Blais, J.F. – Tyagi, R.D. – Auclair, J.C. (1993): Bioleaching of metals from sewage sludge: effects of temperature. Water Res. Oxf. **27**:111-120.
- Blake-Kalff, M. – Zhao, J.F. – McGrath, S.P. (1998): *Sulfur nutrition and environmental quality. COST Action 829: Fundamental, Agronomical and Environmental Aspects of Sulfur Nutrition and Assimilation in Plants. Meeting of Working Group IV 'Sulfur nutrition environmental quality and pest tolerance' November 6-7, 1998 Pulawy, Poland.*
- Bloem, E (1996): *Die Bedeutung hydrologischer und physikalischer Bodeneigenschaften für die Schwefelversorgung von Kulturpflanzen. In: Richter, O. – Söndgerath, D. – Dieckrüger, B. (Hrsg.) Landschaftökologie und Umweltforschung. Sonderforschungsbereich 179 „Wasser und Stoffdynamik in Agrarökosystemen“ Band 2. p.824-853.*
- Bloem, E. – Haneklaus, E. – Schnug, E. (1994): Prognose von Schwefelmangel auf landwirtschaftlich genutzten Flächen. Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 38. Jahrestagung vom 29. Sept – 1. Okt. Halle. Wissenschaftliche Fachverlag Giessen. 7, p. 237-240.
- Bloem, E. – Haneklaus, S. – Schnug, E. (1998): Influence of the soil water regime on the S uptake of plants. COST Action 829. Joint meetings of the working groups: Regulatory aspects of uptake and reduction of sulfate in plants in relation to the metabolic need for growth. Session II.: Which factors affect sulfur uptake under field conditions? Goslar, Germany January 31 – February 2, 1998.
- Bloem, E. – Paulsen, H.M. – Schnug, E. (1995): *Schwefelmangel nun auch in Getreide. DLG-Mitteilungen, 8:18-19.*
- Bohn, H.L. – McNeal, B.L. – O'connor, G.A. (1985): Talajkémia. Mezőgazdasági Kiadó – Gondolat Kiadó, Budapest, p. 347-349.
- Bolan, N.S. – Syers, J.K. – Sumner, M.E. (1993): Calcium-induced sulfate adsorption by soils. Soil Sci. Soc. of Am. J. **57**:3, 691-696.
- Bolan, N.S. – Syers, J.K. – Tillmann, R.W. – Scotter, D.R. (1988): Effect of liming and phosphate additions on sulphate leaching in soils. J. of Soil. Sci. **39**:4, 493-504.
- Boswell, C.C. – Thorrold, B.S. – Watkinson, J.H. – Lee, A. – Power, I.L. (1992): Effect of soil temperature on the rate of oxidation of elemental sulphur. Proc. of the New-Zealand Grassland Association. **54**:49-53.
- Brierley, C.L. (1978): Bacterial leaching, CRC Crit. Rev. In Microbiol. **6**:207-262.
- Brierley, C.L. (1982): Microbiological mining. Scient. Americ. **247**:44-53.
- Bromfield, A.R. – Hancock, I.R. – Debenham, D.F. (1982): 'A Collection of Published Papers: Soil and Crop Sulphur Research Project R3375, December 1974-March 1980, ' Sponsors: Overseas development Administration of the United Kingdom and Ministry of agriculture, Kenya.
- Brook, R.H. (1979): 'Sulphur in Agriculture' Abstracts on Tropical Agriculture **5**(9): 9-20.

- Brydl (1987): A szarvasmarha anyagforgalmi betegségei és mérgezései. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest p. 14-128.
- Bundy, L.G. – Andraski, T.W. (1990): Sulphur, nitrogen and pH levels in Wisconsin precipitation J. Env. Qual. **64**:148-179.
- Burke, J.J. – Holloway, P. – Dalling, M.J. (1986): *The effect of sulfur deficiency on the organisation and photosynthetic capability of wheat leaves. J. Plant Physiol.* **125**:371-375.
- Buzás I. (1983): A növénytáplálás zsebkönyve. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest p. 44-46
- Buzás, I. (szerk.) (1988): A talajok fizikai- és kémiai vizsgálati módszerei II. Mezőgazdasági Kiadó, p. 186.
- Byers, M. – Bolton, J. (1979): Effects of nitrogen and sulphur fertilizers on the yield, N and S content, and amino acid composition of the grain of spring wheat. J. Sci. Food Agric. **30**:251-263.
- Byers, M. – Franklin, J. – Smith, S.J. (1987): *The nitrogen and sulphur nutrition of wheat and its effect on the composition and baking quality of the grain. Asp. of Appl. Biol. 15, Cereal Quality, p. 337-344.*
- Cadle, R.D. (1975): Volcanic emissions of halides and sulphur compounds to the troposphere and stratosphere. J. Geophys. Res. **80**:1650-1652.
- Campbell, G.W. – Smith, R.I. (1996): Spatial and temporal trends in atmospheric sulphur deposition to agricultural surfaces in the United Kingdom. Proc. of the Fertiliser Soc. No. 378. Peterborough: The Fertiliser Society.**
- Campbell, R. (1977): Microbial ecology. Basic Microbiology Vol. **5**. Blackwell, Oxford p. 1124-1174.
- Castle, S.L. – Randall, P.J. (1987): Effects of sulfur deficiency on the synthesis and accumulation of proteins in the developing wheat seed. Aust.J. Plant Physiol. **14**:503-516.
- Chao, T.T. – Harward, M.E. – Fang, S.C. (1962): Adsorption and desorption phenomena of sulphate ions in soils. Soil Sci. Soc. of Am. Proc. **26**:234-237.
- Chapman, S.J. (1990): *Thiobacillus* populations in some agricultural soils. Soil Biol. and Biochem. **22**:4, 479-782.
- Chaudhry, I.A. – Cornfield, A.H. (1967): 'Effect of Temperature of Incubation on Sulphate Levels in Aerobic and Sulphide Levels in Anaerobic Soil,' Journal of the Science of Food and Agriculture, **18**:82-84.
- Chopra, S.L. – Kanwar, J.S. (1968): Effects of Some Factors on the Transformation of Elemental Sulphur in Soils. Journal of the Ind. Soc. of Soil. Sci. **16**(1):83-88.
- Cifuentes, F.R. – Lindemann, W.C. (1993): Organic matter stimulation of elemental sulfur oxidation in a calcareous soil Soil Sci. Soc. of Am. J. **57**:3,727-731.
- Clarkson, D.T. – Hawkesford, M.J. – Davidian, J.C. (1993): *Membrane and long distance transport of sulfate. In: DeKok, L.J. et al. (Hrsg.): Sulfur nutrition and sulfur assimilation in higher plants. SPB Academic Publ. bv. The Hague, Netherlands, p. 3-19.*
- Cole, A.J. (1985): Nitrogen, phosphorus, potassium, calcium, copper as plant nutrients for grass grown on wood fen peat. Ir. J. Agric. Res. **24**:95-103.

- Colmer, A.R. – Temple, K.L. – Hinkle, M.E.* (1950): An iron-oxidizing bacterium from the drainage of some bituminous coal mines. *J. Bacteriol.* **59**:317-322.
- Cooke, G.W.* (1969): Plant nutrients cycles. Kolloquium des Kali-Instituts, Tel-Aviwe, p. 58-117.
- Cowell, L.E. – Schoenau, J.J.* (1995): Stimulation of elemental sulphur oxidation by sewage sludge. *Can. J. of Soil Sci.* **75**:2, 247-249.
- Cupina, T. – Saric, M.* (1967): Assimilation of carbon into some organic matters in young corn plants grown under various conditions of nutrition. *J. Sci. Agric. Res.* **20**:48-87.

***Darwinkel, A. – Kusters, P.J.J.M.* (1998): Sulfur fertilization of winter wheat becoming more important.**

PAV Bulletin Akkerbouw p. 112-124

- Dässler, H.G.* (1976): Einfluss von Luftverinigungen auf die Vegetation. VEB Gustav Fischer Verlag, Jena p. 40-80.
- Dhamala, B.R. – Mitschell, M.J.* (1995): Sulfur speciation, vertical distribution, and seasonal variation in a northern hardwood forest soil, USA. *Can. J. of Forest Res.* **25**:2, 234-243.
- Du-Toit, M.C. – Do-Preez, C.C. – Toit, M.C. – Preez, C.C.* (1995): Sulfur fractions, ratios and relations in selected virgin and cultivated South African soils. *South Afr. J. of Pl. and Soil* **12**:1, 11-19.
- Elfattah, A. – Saber, M.S.M. – Hilal, M.H.* (1991): The use of *Thiobacillus* in regulating the metabolism in a clay loam soil supplemented with elemental sulphur. *Egypt. J. of Soil Sci.* **31**:3, 333-341.
- Elkins, D.M. – Ensminger, L.E.* (1971): Effect of soil pH on the availability of adsorbed sulfate. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* **35**:931-934.
- Ensminger, L.E.* (1956): Some factors affecting the adsorption of sulphate by Alabama soils. *Soil Sci. Soc. of America, Proceedings* **18**:259-264.
- Ergle, D.R. – Eaton, F.M.* (1951): Sulfur nutrition of cotton. *Pl. Physiol.* **26**:639-671.
- Ericksen, J.* (1994): Soil organic matter as a source of plant available sulfur. *Norwegian J. Agric. Sci.: Suppl.* **15**:28-149.
- Ericksen, J.* (1998): *Plant S uptake from different soil S fractions as influenced by soil S and C status. COST Action 829. Join meetings of the working groups: Regulatory aspects of uptake and reduction of sulfate in plants in relation to the metabolic need for growth. Session II.: Which factors affect sulfur uptake under field conditions? Goslar, Germany January 31 – February 2, 1998.*
- Eriksson, E.* (1960): The yearly circulation of chlorid and sulfur in nature, meteorological, geochemical and pedological implications. Part II. *Tellus* **12**:63-109.

***Eriksen, J. – Mortensen, J.* (2000): Plant sulfur nutrition and sulfur cycling in danish agricultural soils. COST Action 829. Fundamental, Agronomical and Environmental Aspects of Sulfur Nutrition and**

Assimilation in Plants. Landbauforschung Völkenrode, Sonderheft 218 (ed. Luit J.De Kok et al.)

- Ernst, W.H.* (2000): The role of sulfur of plants to a surplus of heavy metals. COST Action 829: Meetings of working group II. and IV.: The role of sulphur metabolism in plant adaptation. Lsboa, Portugal. January 7-9. 2000.
- Evangelou, V.P. – Zhang, Y.L.* (1995): A Review: Pyrite oxidation Mechanisms and Acid Mine Drainage Prevention. *Crit. Rev. in Environm. Sci. Technol.* 25:2, 141-199.
- Falatah, A.M.* (1998): Synergistic effects of elemental sulfur and synthetic organic conditioner amendments on selected chemical properties of calcareous soils. *Arid Soil. Res. And Rehab.* 12:1, 73-82.
- Falih, A.M.A.* (1996): Sulphur oxidation in Saudi Arabian agricultural soils. *Quatar Univ. J. Sci. J.* 16:2, 297-302.
- Faller, N.N.* (1968): Der Schwefeloxidgehalt der Luft als Komponente der Schwefelversorgung der Pflanze. Diss.d. Landw. Fakultät d. Justus Liebig-Universität, Giessen p. 10-98.
- Feekes, W.* (1978): *Adaptions regionen Europas. Getreide Ekotypen, regionale Modifikationen und Sorteneigung. Berichte der 29. Züchertagung, Gumpenstein.* 78:3-12.
- Fehér D.* (1954): *Talajbiológia. Akadémiai Kiadó, Budapest* p. 441-456.
- Frenay, J.R. – Stevenson, F.J. – Beavers, A.H.* (1972): 'Sulphur-Containing Amino Acids in Soil Hydrolysates' *Soil Sci.* 114:468-476.
- Friend, J.P.* (1973): The global sulfur cycle. – in: *Rasso S.I. (ed.) Chemistry of the lower Atmosphere*, p. 177-201. Plenum Press, New York
- Füleky, Gy. (ed.)* (1999): *Tápanyag-gazdálkodás. Mezőgazda Kiadó, Budapest* p. 61-114.
- Garrels, R.M. – Mackenzie, F.T.* (1971): *Evolution of Sedimentary Rocks.* New York: Norton p. 397-431.
- Germida, J.J. – Hilal, M.H (ed.)* (1992): Microbial oxidation of elemental sulfur fertilizers in agroecosystems: a review of studies on Western Canadian prairie soils. *Proc. Middle East Sulphur Symposium* 12-16 Febr. 1990, Cairo, Egypt. p. 125-146.
- Ghani, A. – McLaren, R.G. – Swift, R.S.* (1991): Sulphur mineralization in some New Zealand soils. *Biol. Fertil. Soils* 11:68-74.
- Gibbs, D.* (1991): „Forget the environment- The real battle's about jobs, coal and politics as usual". Clear air legislation and flue gas desulphurisation in the U.S.A. In „Acid Deposition. Origins, impacts and abatement strategies". Springer- Verlag. N.Y. p. 12-128.
- Gower, D.A. – Nyborg, M. – Juma, N.G.* (1991): Nitrogen and sulphur dynamics in limed, elemental sulphur – polluted, forest soils. *Soil Biol. and Biochem.* 23:2, 145-150.
- Granat, L. – Rodhe, H. – Hallberg, R.O.* (1976): The global sulphur cycle. *Ecological Bulletins.* 22:89-134. SCOPE Report 7., Stockholm
- Groudeva, V.I. – Groundev, S.N. – Szegi, J. (ed.)* (1984): Prevention of soil alkalization by means of laboratory-bred chemoautotrophic bacteria. *Soil biol. and consrev.* On the biosphere. 2:847-854.

Grunwaldt, H. S. (1969): Untersuchungen zum Schwefelhaushalt schleswig-holsteinischer Böden. Diss.d. Landw. Fakultät der Christian-Albrechts-Universität, Kiel, p. 176-180.

Güde (1981): A bioszféra mikrobiológiája. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest pp. 625.

Győri, D. (1984): A talaj termékenysége. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, p. 176-180.

Győri, Z. – Győriné, M.I. (1998): A búza minősége és minősítése. Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó, Budapest p. 9-15.

Győri, Z. – Mars, É. (2001): A műtrágyázás hatása az őszi búza kén tartalmának változására a tenyészidőszak folyamán. II. Növénytermesztési Tudományos Nap „Integrációs feladatok a hazai növénytermesztésben” MTA Növénytermesztési Bizottság, Budapest p. 63.

Győri, Z. – Pulay, K. (2001): A kén jelentősége az őszi káposztarepce termesztésében. II. Növénytermesztési Tudományos Nap „Integrációs feladatok a hazai növénytermesztésben” MTA Növénytermesztési Bizottság, Budapest p. 64.

Győri, Z. – Ruzsányi, L. – Dániel, P. – Kovács, B. – Prokisch, J. (1996): A nitrogén és kén arányának változása a búza és kukorica szemtermésében. Növénytermelés, **45**:145-154.

Hagel, I. – Kieffer, R. – Schnug, E. (1998): *Schwefelgehalte und Qualitätseigenschaften von Weizen aus biologisch-dynamischem und konventionellem Anbau. Deutsche Gesellschaft für Qualitätsforschung (pflanzliche Nahrungsmittel) eV. XXXIII. Vortragstagung, Dresden. p. 223-228.*

Hagel, I. (2000): *Auswirkungen einer Schwäfeldüngung auf Ertrag und Qualität von Weizen schwefelmangelgefährdeter Standorte des Ökologischen Landbaus. Lanbauforschung Völknerode Wissenschaftlichen Mitteilungen der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL) Sonderheft 220. p. 10-89.*

Hagel, I. – Haneklaus, S. – Schnug, E. (1997): Sulfur in wheat from biodynamic agriculture. Deutsche Ges. für Qualitätsforschung (Pflanzliche Nahrungsmittel) e. V. XXXII. Vortragstagung, Wändeswil p. 321-324.

Haglund, S. – Hansen, S. (2000): The content level of sulfur in ley in organic agriculture. COST Action 829: Meeting of Working Groups I. and III. Sulfur and Crop Quality: Molecular and Agronomical Strategies for Crop Improvement. Napoli, Italia, January 8 – 10, 2000.

Haneklaus, S. – Bloem, E. – Schnug, E. (2001): Sulfur Induced Resistance (SIR)- an Innovative Concept for Improving Crop Quality in Sustainable Agricultural Production Systems. International Symposium on Elemental Sulfur for Agronomic Application and Desert Greening (ESAA-DG). 24-25, Febr. 2001. Abu Dhabi – United Arab Emirates

- Haneklaus, S. – Evans, E. – Schnug, E. (1992): Baking Quality and Sulphur Content of Wheat I. Influence of grain sulphur and protein concentrations on loaf volume. *Sulphur in Agriculture* **16**:31-34.
- Haneklaus, S. – Murphy, D.P. – Nowak, G. – Schnug, E. (1995): *Effects of the timing of sulphur on yield and yield components of wheat. J. Plant Nutr. Soil Sci.* **158**:83-86.
- Haneklaus, S. – Murphy, D.P.L. – Nowak, G. – Schnug, E. (1995): *Effects of the timing of sulphur application on grain yield and yield components in wheat. Z. Pflanzenernähr, Bodenk.,* **158**:83-85.
- Haneklaus, S. – Schnug, E. (1992): *Baking quality and sulphur content of wheat II. Evaluation of the relative importance of genetics and environment including sulphur fertilization. Sulphur in Agric.* **16**:35-38.
- Haneklaus, S. – Schnug, E. (1994): *Sulphur deficiency in Brassica napus- biochemistry, symptomatology, morphogenesis. Lanbauforschung Völkenrode, Braunschweig, Sonderheft.*
- Haneklaus, S. – Schnug, E. (2001): Impact of sulfur supply on nitrogen fertilizer efficiency. COST Action 829: Combined Meeting of Working Groups III and IV.: „Sulfur – Nitrogen Interactions in Plants”. Oulu, Finland. Sept. 7 – 8, 2001.
- Haneklaus, S. (1994): *Schwefel beachten! Top Agrar.* 3. März 1994
- Haneklaus, S.- Messick, D.L. – Schnug, E. (1994): Schwefel und Raps. *Raps* 12 Jg.2:56-57
- Haq, I.U. – Carlson, R.M. (1993): *Sulphur diagnostic criteria for french prune trees. J. Plant Nutrition* **16**:911-931.

Harms, H. (1998): Sulphur and stress. In: Sulphur in Agroecosystems (ed. Schnug, E.). Kluwer Academic Publ. Netherlands. pp. 203-221.

- Hekstra, A. (1996): Sustainable Nutrient Management in Agriculture. Nutrient limited yield. HANDICOM, Netherland p. 104-109.
- Hensier, R.F. – Nimphinus, N. (1985): Sulphur emissions: a soil balance perspective. An educational series of the Cooperative Extension Service and the College of Natural resources. University of Wiskonsin- Stevens Point, p. 142-187.
- Hewitt, C.N. – Davidson, B. (1991): Oceanic sources of sulphur and their contribution to the atmospheric sulphur. „Acid rain deposition. Origins, impacts and abatement strategies” Springer-Verlag. N.Y.
- Hilal, M.H. – Elfattah, A. (1987): Effect of CaCO₃ and clay content of alkaline soils on their response to added sulphur. *S. in Agric.* **11**:15-19.
- Jaggi, R.C. – Aulakh, M.S. – Randhir, S. – Sharma, R. (1999): Temperature effects on soil organic sulphur mineralization and elemental sulphur oxidation in subtropical soils of varying pH. *Nutrient Cycling in Agroecosystems.* **54**:2, 175-182.
- Jándy K. (1976): Füstköd a város felett. Gondolat, Budapest p. 7-33.
- Jansson, H. (1994): Sulphur status of soils – a global study. *Norweg.J. Agric. Sci.: Suppl.* **15**:173-214.
- Jansson, H. (1995): Status of sulphur in soils and plants of thirty countries. *World Soil Resources Reports.* Food and Agriculture Organization of the United Nations, p. 426-498.

- Janzen, H.H. – Bettany, J.R.* (1987): The effect of temperature and water potential on sulfur oxidation in soils. *Soil Sci.* 144:2, 81-89.
- Jedlovska, L. – Noskovic, J.* (1999): The dynamics of changes in chosen fractions of sulphur in the soil. *A. Fytotechnika et Zoologica* 2:2, 33-36.
- Jones, R.K. – Robinson, P.J. – Haydock, K.P.* (1971): Sulphur-nitrogen relationships in the tropical legume *Stylosanthes humilis*. *Aust. J. Agric. Res.* 22:885-894.
- Junge, C.E.* (1963): Sulfur in the atmosphere. *J. Geophys. Res.* 68:3975-3976.
- Junius, M.M.* (1979): *Alchimia verde – Spagyrica vegetale*. Roma
- Kabesh, M.O. – Behairy, T.G. – Saber, M.S.M.* (1989): Utilization of biofertilizers in field crop production. 7. Effect of elemental sulphur application in the presence and absence of two biofertilizers on growth and yield of maize. *Eg. J. of Agronomy* 14:95-102.
- Kaiser, J.* (1996): Acid rain's Dirty Business: Stealing Minerals From Soil. *Science*, 272:198.
- Kajdi, F.* (2000a): A „minőség” szerepe a búza termesztésében (I.). *Növényvédelmi Tanácsok, Mosonmagyaróvár* 9:11, 8-9.
- Kajdi, F.* (2000b): A „minőség” szerepe a búza termesztésében (II.). *Növényvédelmi Tanácsok, Mosonmagyaróvár* 9:12, 19-23.
- Kajdi, F.* (2000c): Gondolatok a fajtakiválasztás jelentőségéről az őszi búza termesztésében. *Mag Kutatás, Termesztés, Kereskedelem* 14:5, 9-15.
- Kakuk T. – Schmidt J.* (1988): *Takarmányozástan*. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest p. 136.
- Kalocsai, R. – Schmidt, R. – Földes, T. – Szakál, P.* (2002): Az elemi kén talajbeli oxidációjának vizsgálata. *Acta Agronom. Óváriensis* 44:1, p. 19-28.
- Kalocsai, R. – Schmidt, R. – Földes, T. – Szakál, P.* (2002): Az elemi kén és a baktériumos talajoltás hatása a talaj kémhatására. VIII. Ifjúsági Tud. Fórum. Veszprémi Egyetem Georgikon Mezőgazdaságtudományi Kar Keszthely 2002.márc.28.
- Kalocsai, R. – Schmidt, R. – Szakál, P. – Kerekes, G.* (2000): A kén – a környezetszennyező esszenciális makroelem (szemle) *Acta Agronomica Óváriensis* 42:2,261-286.
- Kalocsai, R. – Schmidt, R.* (2002): Az elemi kén, valamint a baktériumos (*Thiobacillus sp.*) talajoltás hatása a talaj kémhatására és felvehető SO_4^{2-} tartalmára. *Acta Agr. Óváriensis* 44:1, 3-18.
- Kalocsai, R.* (1999): Házikertek talajvizsgálati eredményei és a termények beltartalma közötti összefüggések. Diplomamunka, PATE Mosonmagyaróvár
- Kaltrun, E.* (1996): The role of sulfur in soil maintenance. *Kungl. Skogs och Lantbrunksakademies Tidskrift.* 135:6, 23-28.
- Kamprath, E.J. – Nelson, W.L. – Fitts, J.W.* (1956): The effect of pH, sulphate, and phosphate concentrations on the adsorption of sulphate by soils. *Soil Sci. of America, Proceedings* 20:463-466.

Kanwar, J.S. – Mudahar, M.S.* (1986): *Fertilizer sulfur and food production. Martinus Nijhoff Publ. Dordrecht. p. 20-58.

- Kaplan, M. – Orman, S.* (1998): Effect of elemental sulphur and sulphur containing waste in a calcareous soil in Turkey. *J. of Pl. Nutr.* 21:8, 1655-1665.
- Kapoor, K.K. – Mishra, M.M.* (1988): Studies on oxidation of sulphur and pyrite in soil. *Int. J. of Trop. Agric.* 6: 1, 68-75.
- Karamanos, R.E. – Janzen, H.H.* (1991): Crop response to elemental sulfur fertilizers in Central Alberta. *Can. J. Soil. Sci.* 71:213-225.
- Keck, B. – Wieser, H.* (1995): Disulfide binding in wheat glutenin. *Lebensmittelchemie.* 49:5, 108-109.
- Keiffer, R. – Kim, J.J. – Belitz, H.D.* (1981): Zugversuche mit Weizenkleber im Mikromassstab. *Z. Lebensm. Unters. Forsch.*, 172:190-192.
- Keiffer, R. (1995): *Direkter Vergleich des Dehnverhaltens von Weizenteig und – kleber durc Mikrozugversuche. Food Technologie Magazin.* 6:28-31
- Kellog, W.W. – Cadle, R.D. – Allen, E.R. – Lztus, A.L. – Martell, E.A.* (1972): The sulfur cycle. *Science* 175:587-596.
- Kelly, D.P.* (1968): Biochemistry of oxidation of inorganic sulphur compounds by microorganisms. *Aust. J. Sci.* 31:165-173.
- Kelly, D.P.* (1972): Transformations of sulphur and its compounds in soils. In: Symposium international sur le Soufte in Agriculture. *Ann. Agron. Num. Hors. Série, p.* 217-232.
- Kelly, D.P.* (1978): Bioenergetics of chemolithotrophic bacteria. In: Bull AT, Meadow P.M. (eds.) Companion to microbiology. Logman, London, p. 363-386.
- Kick, F.* (1985): Vergleichende Untersuchungen an Proteinfractionen von Winterweizensorten mit unterschiedlichen Teig- und Backeigenschaften. *Diss. Fak. Chem., Biol und Geowiss., TU München*
- Kismányoky, T.* (2002): A talajerőgazdálkodás Magyarországon. Cserhádi Sándor Tudományos Emlékülés, Mosonmagyaróvár. proceeding p. 19-32
- Kittams, H.A.* (1963): The use of sulfur increasing the availability of phosphorus in rock phosphate. Ph.D. Thesis, University of Wiskonsin, p. 12-26.
- Klamann, D.* (1973): Prozesstechnische massnahmen zur entschwefelung von Heizölen. 4. Umwelt Aktuell, Reinhaltung der Luft. 45-60 Verlag C.F.Müller, Karlsruhe p. 8-27.
- Kline, J.S. – Sims, J.T. – Schilke-Gartley, K.L.* (1989): Response of irrigated corn to sulfur fertilization in the Atlantic Coastal Plain. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 53:1101-1108.
- Kopacek, J. – Vesely, J. – Stuchlik, E.* (2001): Sulphur and nitrogen fluxes in the Bohemian Forest and Tatra Mountains during the Industrial Revolution (1850-2000). *Hydrology and Earth System Sciences* 5:391-405.
- KöM Környezeti Elemek Védelmének Főosztálya* (2000): A levegőt érő terhelések. <http://www.gridbp.ktm.hu/grid3ver/hatas/levego/2leghat.htm>
- Lacatusu, R. – Ciobanu, C. – Dumitru, M. – Gament, E. – Lazar, R.* (1998): Sulfur abundance in polluted and non-polluted soils from Romania. COST Action 829: Fundamental, Agronomical and Environmental Aspects of Sulfur Nutrition and Assimilation in Plants. Meeting of Working Group IV 'Environmental Aspects of Sulfur Nutrition in Plants' November 6-7, 1998 Pulawy, Poland.
- Lan, Y.Q. – Zhou, G. – Liu, Z.H. – Huang, X.* (2000): Pyrite oxidation under different conditions. *J. of Nanjing Agric. Univ.* 23:1, 81-84.

- Lásztity, B. – Csathó, P. (1995): NPK műtrágyázás vizsgálata tartamkísérletben mezőföldi csernozjom talajon. *Agrokémia és Talajtan*, **44**:47-60.
- Lásztity, B. (1991): A NPK tápanyag ellátás hatása az őszi búza kéntartalmának- és felhalmozásának dinamikájára. *Agrokémia és Talajtan*, **40**:131-139.
- Lawrence, J.R. – Germida, J.J. (1991): Enumeration of sulfur-oxidizing populations in Saskatchewan agricultural soils. *Can. J. of Soil Sci.* **71**:1, 127-136.
- Lee, A. – Boswell, C.G. – Watkinson, J.H. (1988): Effect of particle size on the oxidation of elemental sulphur, thiobacilli numbers, soil sulphate, and its availability to pasture. *New Zealand J. of Agric. Res.* **31**:2, 179-186.
- Lee, A. – Watkinson, J.H. – Nguyen, M.L. – Hilal, M.H. (ed.) (1992): Oxidation of elemental sulphur by thiobacilli in soils from New Zealand. *Proc. Middle East Sulphur Symposium 12-16 February 1990, Cairo, Egypt.* p.109-124.
- Lefroy, R.D.B. – Sholeh, Blair, G. (1997): Influence of sulfur and phosphorus placement, and sulfur particle size, on elemental sulfur oxidation and the growth response of maize (*Zea mays*). *Austr. J. of Agric. Res.* **48**:4, 485-495.
- Leggett, J.E. – Epstein, E. (1956): Kinetics of sulfate absorption by barley roots. *Plant Physiol.* **31**:222-248.
- Lehoczky, É. – Marth, P. – Szabados, I. (1997b): Meszezés hatásának tesztelése salátával (*Lactuca sativa* L.) nehézfémekkel szennyezett talajon. XI. Országos Környezetvédelmi Konferencia, Siófok 1999.okt. 14-16. p. 196-200.
- Lehoczky, É. – Palkovits, M. – Szomolányi, A. – Marth, P. – Szabados, A. (1999): Saláta kadmium felvételének vizsgálata meszezési kísérletben. XIII. Országos Környezetvédelmi Konferencia, Siófok 1999.szept.14-16. p. 1183-192.
- Lehoczky, É. – Szabó, L. – Horváth, Z. – Szabados, I. – Marth, P. (1997a): A saláta kadmium felvételének vizsgálata különböző kémhatású talajokon. XI. Országos Környezetvédelmi Konferencia, Siófok 1999.okt. 14-16. p. 192-196.
- Lettl, A. (1984): Soil heterotrophic bacteria in transformations of inorganic sulphur. *F. Microbiologica.* **29**:2, 131-137.
- Li, S.H. – Lin, B. – Zhou, W. – Liu, Q.C. – Xu, Y.L. (2000): Oxidation of elemental sulfur in selected soils of China. *Pedosphere* **10**:1, 69-76.
- Loch J. – Nosticzius Á. (1992): *Agrokémia és növényvédelmi kémia.* Mezőgazdasági Kiadó, Budapest p. 99-102.
- Löffler, M. (1998): Modifizierung von Altgummimehl durch mikrobielle Oberflächenentschwefelung – Ein Beitrag zum stofflichen Recycling von Altgummi. Diss. (Dr.-Ing) Martin Luther Univ., Halle. Wittenberg, p. 24-96.
- MacDonald, N. W. – Zak, D.R. – Pregitzer, K.S. (1995): Temperature effects on kinetics of microbial respiration and net nitrogen and sulfur mineralization. *Soil Sci. Soc. of Am. J.* **59**:1, 233-240.
- Mahler, R.J. – Maples, R.L. (1986): Response of wheat to sulfur fertilization. *Communications in Soil Sci. and Plant Analysis* **17**:975-988.
- Maini, G. – Sharman, A.K. – Sunderland, G. – Knowles, C.J. – Jackman, S.A. (2000): An integrated method incorporating sulfur – oxidizing bacteria and electrokinetics to enhance removal of copper from contaminated soil. *Env. Sci. and Techn.* **34**:6, 1081-1087.
- Matthey, J. – Saueremann, W. – Finck, M. (1993): *Schwefeldüngung zu raps auf dem Weg zum Standard.* *Raps*, **14**:26-29.

- McGill, W.B. – Cole, C.V. (1981): Comparative aspects of cycling of organic C, N, S and soil organic matter. *Geoderma* **26**: 267-286.
- McGrath, S.P. – Zhao, F. – Crosland, A.R. – Salmon, S.E. (1993): *Sulphur status of British wheat grain and its relationship with quality parameters. Aspect of Appl. Biol.* **36. Cereal Quality III.** p.317-326.
- McKaskill, M.R. – Blair, G.J. (1987): Particle size and soil texture effects on elemental sulfur oxidation. *Agron. J.* **79**:1079-1083.
- McLachlan, K.D. – Marco, D.G. (1968): The influence of gypsum particle size on pasture response on a sulphur deficient soil. *Austr. J. Exp. Agric. Anim. Husb.* **8**:203-222.
- McLaren, R.G. – Keer, J.I. – Swift R.S. (1985): Sulfur transformations in soils using sulfur-35 labelling. *Soil Biol. Biochem.* **17**:73-79.
- Mechteld, M.A. – Blake-Kalff – Young, M.E. – Zhao, F.J. – Hawksford, M.J. – McGrath S.P. (1999): Patterns of sulfur allocation in rape and wheat. Meeting of Working Groups I. and III. Sulfur and Crop Quality: Molecular and Agronomical Strategies for Crop Improvement. Napoli, Italia, January 8 – 10, 1999.
- Mengel, K. (1976): A növények táplálkozása és anyagcseréje. *Mezőgazdasági Kiadó, Budapest* p. 68-246.
- Merino, A. – Garcia-Rodeja, E. (1996): Mobility of sulphate in experimentally acidified soils from Galicia (NW Spain). *Water, Air and Soil Pollution* **87**:1-4.
- Metsen, A.J. – Blakemore, L.C. (1978): Sulphate retention by New Zealand soils in relation to the competitive effect of phosphate. *New Zealand J. of Agric. Res.* **21**:243-253.
- Moldan, F. – Wright, R.F. – Lofgren, S. – Forsius, M. – Ruoho-Airola, T. – Skjelvåle, B.L. (2001): Long-term changes in acidification and recovery at nine calibrated catchments in Norway, Sweden and Finland. *Hydrology and Earth System Sci.* **5**:339-349.**
- Moss, H.J. – Randall, P.J. – Wrigley, C.W. (1983): Alteration to grain, flour and dough quality in three wheat types with variation in soil sulfur supply. *J. of Cereal Sci.* **1**:255-264.**
- Motowicka-Terelak, T. (1998): Sulfur in soils and plants of Poland: Agricultural and ecological aspects. COST Action 829: Fundamental, Agronomical and Environmental Aspects of Sulfur Nutrition and Assimilation in Plants. Meeting of Working Group IV 'Environmental Aspects of Sulfur Nutrition in Plants' November 6-7, 1998 Pulawy, Poland.
- Muchovej, R.M.C. – Muchovej, J.J. – Alvarez, V.V.H. (1989): Temporal relations of phosphorus fractions in an Oxisol amended with rock phosphate and *Thiobacillus thiooxidans*. *Soil Sci. Soc. of Am. J.* **53**:4, 1091-1096.
- Murphy, M.D. (1998): The interaction S with N,P,Se and Mo in soils and on the uptake of these elements by plants. COST Action 829: Fundamental, Agronomical and Environmental Aspects of Sulfur Nutrition and Assimilation in Plants. Regulatory

- aspects of uptake and reduction of sulfate in plants in relation to the metabolic need for growth. January 31 – February 2, 1998 Goslar, Germany
- NAPAP (1996): National Acid Precipitation Assessment Program Biennial Report, NAPAP 1996. Assessment. East-West Highway p. 14-135.
- Naren, A.P. – Virupaksha, T.M. (1990): Effect of sulfur deficiency on the synthesis of a-setarin, a methionine-rich protein in Italian millet (var K221-1) *Cer. Chem.* **67**:136-138.
- Neilsen, D. – Hogue, E.J. – Hoyt, P.B. – Drought, B.G. (1993): Oxidation of elemental sulphur and acidulation of calcareous orchard soils in southern British Columbia. *Can. J. of Soil Sci.* **73**:1, 103-114.
- Neller, J.R. (1959): Extractable sulphate sulfur in soils of Florida in relation to the amount of clay in the profile. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* **23**:346-348.
- Nelson, L.E. (1964): The effect of pH on the acetate-soluble sulfur content of a Mayhew soil in Mississippi before and after incubation. *Soil. Sci. Soc. Am. Proc.* **28**:290-291.
- Nevell, W. – Wainwright, M. (1987): Influence of soil moisture on sulphur oxidation in brown earth soils. *Biol. and Fert. of Soils* **5**:3, 209-214.
- Niemela, S.I. – Sivala, C. – Luoma, T. – Tuovinen, O.H. (1994): Maximum temperature limits for acidophilic, mesophilic bacteria in biological leaching systems. *Appl. and Envir. Microbiol.* **60**:9, 3444-3446.
- Otero A.P. – Curutchet, G. – Donati, E. – Tedesco, P. (1995): Action of *Thiobacillus thiooxidans* on sulphur in the presence of a surfactant agent and its application in the indirect dissolution of phosphorus. *Proc. Biochem.* **30**:8, 747-750.

Palmer, R.V. – Hawkesford, M.J. (1999): Changing sulfur supply on the quality and yield of wheat. Cost Action 829 Fundamental, Agronomical and Environmental Aspects of Sulfur Nutrition and Assimilation in Plants. Meeting of Working Groups I and III. 1999.01.08-10 Napoly, Italy

- Park, J.K. – Park, Y.H. – Kim, W.C. – Yoon, J.H. – Shin, J.S. (1988): Sulphur status in Korean soils. *Proceeding: International Symposium on sulphur for Korean agriculture, May 5-7, Seoul, Korea.* 21-28.
- Patil, S.G. – Veeramallappa, P. – Hebbara, M. (1997): Sulphate retention as influenced by pH and soil constituents in some major soil groups of Karnataka. *J. of the Ind. Soc. of Soil Sci.* **45**:1, 48-53.

Pedersen, C.A. (1990): Goedkning og kalkning. Oversight over Landsforsoegene, Danish Agric. Adv Serv. Skejby, Denmark

- Pethő M. (1993): *Mezőgazdasági növények élettana.* Akadémiai Kiadó, Budapest p. 215-217.
- Radaliu, D. (1995): *The air pollution problem. Handbook of air pollution control engineering and technology.* Lewis Publishers. N.Y.

Randall, P.J. – Spencer, K. – Freney, J.R. (1981): Sulphur and nitrogen fertilizer effects on wheat. I. Concentrations of sulphur and nitrogen and the nitrogen to sulphur ratio in grain relation to the yield response. Austr. J. Agric. Res. 32:203-212.

Rasmussen, P.E. – Ramig, R.E. – Allmaras, R.R. – Smith, C.M. (1975): Nitrogen-sulphur relations in soft white winter wheat. II. Initial and residual effects of sulphur application on nutrient concentration, uptake and N:S ratio. Agr.J. 67:224-228.

- Rasmussen, P.E. – Ramig, R.E. – Ekin, L.G. – Rhode C.R. (1977): *Tissue analysis guidelines for diagnosing sulfur deficiency in white wheat. Plant and Soil* 46:153-163
- Rasmussen, P.E. (1996): *Effect of nitrogen, sulfur, and phosphorus sufficiency on nutrient content in winter wheat. Communications in Soil Science and Plant Analysis.* 27: 3-4, p.586-596.
- Rastogi, V. (1984): Laboratory methods for determining the effects of bactericide on acid mine drainage, Proc. Symp. on Surface Mining, Hydrology, Sedimentology and Reclamation. Lexington, Kentucky, p. 7-42.
- Rattan, R.K. – Neelam-Saharan, Balloli, S.S. (1995): Soil Sulphur status and crop responses to sulphur in Western Uttar Pradesh. *Fert. News* 40:4, 31-40.
- Ray, R.C. (1984): Effect of some pesticide combinations on sulphur oxidation in the simulated oxidised layer of a flooded soil. *Env. Poll.* 34:1, 15-22.
- Reisenauer, H, M. (1975): 'Soil Assays for the Recognition of Sulphur Deficiency' IN *Sulphur in Australasian Agriculture*, K.D. McLachlan (Ed.), p. 182-187, Sydney Univ. Press, Sydney, Australia
- Rethmeier, J. (1997): Giftige Abwasser: Bakterien arbeiten für den Umweltschutz. Uni-Press Aktuell. Univ. Bremen 176:26-58.
- Reynolds, B. – Lowe, J.A.H. – Smith, R.I. – Norris, D.A. – Fowler, D. – Bell, S.A. – Stevens, P.A. – Ormerod, S.J. (1999): Acid deposition in Wales: the results of the 1995 Welsh acid waters survey. *Environmental pollution.* 1999, 105:2, 251-266.
- Riberio, E.S. – Dias, L.E. – Alvarez, V.H. – Mello, W.V. – Daniels, W.L. (2001): Dynamics of Sulfur Fractions in Brazilian Soils Submitted to Consecutive Harvests of Sorghum. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 65:787-794.
- Robinson, E. – Robbins, R. (1968): Emissions, Concentrations and Fate of Gaseous Atmospheric Pollutants. Stanford Research Inst., Menlo Park, California, p. 110.
- Roman, R.J. – Benner, B.R. (1973): The dissolution of Copper Concentrates, *Min. Sci. and Eng.* 5:1, 3-24.
- Saalbach, E. (1968): Ergebnisse von Düngeversuchungen mit flüssigem Ammoniak in der Bundesrepublik. *Landw.Forsch.* 21:91.
- Saalbach, E. (1972): *Über den Schwefelbedarf landwirtschaftlicher Nutzpflanzen. Landw. Forschung* 27/1, Sonderheft p. 224-228.

- Saber, M.S.M. – El-Baz, F.K. – Kabesh, M.O. (1989): Utilization of biofertilizers in increasing field crop production. 6. Effect of elemental sulphur application and/or biofertilization on the chemical composition of soybean seeds. *Eg. J. of Agronomy* **14**:241-251.
- Sanchez, P.A. (1976): *Properties and Management of Soils in the Tropics*. John Wiley and Sons, New York, New York U.S.A. pp. 362.
- Scheffer, F. – Welte, E. (1955): *Pflanzenernährung*. 3. Aufl., Verlag F. Enke, Stuttgart, p. 12-67.
- Schlegel, H.G. (1992): *Allgemeine Mikrobiologie*. Georg Thieme Verlag, Stuttgart, pp. 377-387.
- Schmidt, R. – Barkóczy, M. – Szakál, P. – Othmar, H. – Juray, L. (1999): Hulladékokból előállított fém-komplexek mezőgazdasági újrahasznosítása. XIII. Orsz. Környezetvéd. Konf. Siófok, 1999.szept. 14-16.p. 206-216.
- Schmidt, R. – Pécsi, S. – Kerekes, G. (1997): A hulladékból kinyert cink- és réz komplex lombtrágyakénti felhasználása a burgonyatermesztésben. XI. Orsz. Környezetvéd. Konf. Siófok, 1997.okt. 14-16.p. 183-192.
- Schmidt, R. – Szakál, P. – Barkóczy, M. (1987): Cinktartalmú hulladék mezőgazdasági hasznosítása. VII. Gépipari Környezetvédelmi Napok. Győr, 1987.ápr. 7-9.
- Schmidt, R. – Szakál, P. – Kalocsai, R. – Kajdi, F. – Szakál, T. (2000): Hulladékból kinyert cink komplex felhasználása a talajok cinkpótlására és hatása a burgonya hozamára. Analytical and Environmental Conf. 2000.okt.20-27., p.9.
- Schmidt, R. (1990): A N- műtrágyázás hatása a gyepek ásványianyag-tartalmára. Kandidátusi értekezés PATE-Mosonmagyaróvár pp. 362.
- Schnug, E. – Bloem, E. – Haneklaus, S. (2000): *Schwefelmangel in Getreide*. *Getreide* **6. Jg. 1**:60-61.

**Schnug, E. – Booth, E. – Haneklaus, S. – Walker, K.C.
(1995): Sulphur supply and stress resistance in oilseed
rape. Proc. 9th Int. Rapeseed Congr. Cambridge, 1:229-
231**

- Schnug, E. – Haneklaus, S. – Murphy, D. (1993): Impact of sulphur fertilization on fertilizer nitrogen efficiency. *Sulphur in Agric.* **16**:31-34. The Sulphur Institute, Washington DC.
- Schnug, E. – Haneklaus, S. – Murphy, D. (1993): *Impact of sulphur supply on the baking quality of wheat. Aspects of Appl. Biol.* **36. Cereal Quality III.** p.337-346.
- Schnug, E. – Haneklaus, S. (1994): *Ecological Aspects of plant sulphur supply. Proc. 15th Int. Congr. Soil Sci. Acapulco/Mexico, Vol. 5a: Comm.IV: Symposia: p.* 364-371.
- Schnug, E. – Haneklaus, S. (1995): *Sulphur deficiency in oilseed rape flowers-symptomatology, biochemistry and ecological impact. Ninth International Rapeseed Congress. Rapeseed today and tomorrow. Cambridge, UK. Proc. 1*:296-298.
- Schnug, E. – Haneklaus, S. (1998): *Diagnosis of sulphur nutrition. Sulphur in Agroecosystems (ed. Schnug, E.) Kluwer Academic Publ. Netherlands. p.* 1-38.
- Schnug, E. – Haneklaus, S. (2000): *Significance of interactions between sulfur and nitrogen supply for growth and quality of crop plants. Sulfur nutrition and Sulfur*

assimilation in higher Plants, (ed. Brunhold, C. et al.) *Paul Haupt, Bern, Switzerland*. p. 345-347.

Schnug, E. – Haneklaus, S.- Murphy, D. (1993): Impact of sulphur supply on the baking quality of wheat. *Aspects of Appl. Biol.* **36**:337-346.

Schnug, E. – Holz, F. (1987): Deposition of nitrate-N and sulphate-S by precipitations in Schleswig-Holstein. *Atmosphere and Environment*. **21**:1235-1241.

Schnug, E. – Pissarek, H.P. (1982): Kalium und Schwefel, Minimumfaktoren des schleswig-holsteinischen Rapsanbaus. *Kali-Briefe (Büntehof)* **16**:77-84.

Schnug, E. – Schnier, C. (1986): The effect of sulfur containig fertilisers on the elemental composition of celery (*Apium graveolens*) grown on a polluted marsh soil. *Plant and Soil* **91:273-278.**

Schnug, E. (1993): Ökosystemare Auswirkungen des einsetzes von Nährstoffen in der Landwirtschaft. In Schnug, E (1994): Sulphur deficiency in *Brassica napus*. *Landbauforschung Völkenrode, Sonderheft 144*. Braunschweig-Völkenrode p. 1-22.

Schnug, E. (1993): *Ökosystemare Auswirkungen des Einsatzes von Nährstoffen in der Landwirtschaft. Berichte über Landwirtschaft* p. 126-132.

Schnug, E. (1997): Significance of sulphur for the quality of domesticated plants. Sulphur Metabolism in Higher Plants. (ed. Cram, W.J. et al.) p. 109-130.

Schropp, P. – Wieser, H. (1994): *Wirkung von HMW-Untereinheiten des Glutenins auf die rheologischen Eigenschaften von Weizenkleber. DFA Bericht* p. 136-146.

Schropp, W. – Arenz, B. (1940): Über die Auswirkung des S-Mangels auf die Morphologie, den Ertrag und den N-Haushalt einiger Kulturpflanzen. *Z. Bodenkd.u. Pflanzenernähr.* **20**:68.

Selimeier, W. – Belitz, H.D. – Wieser, H. (1991): separation and quantitative determination on high molecular weight subunits of glutenin from different wheat varieties and genetic variants of the variety sicco. *Z. Lebensm. Unters. Forsch.* **192**:124-129.

Shinde, D.B. – Patil, P.L. – Khade, K.K. (1996): A study on sulphur biofertilization of greengram for yield and quality. *J. of Maharashtra Agric. Univ.* **21**:365-367.

Sholeh – Lefroy, R.D.B. – Blair, G.J. (1997): Effects of nutrients and elemental sulfur particle size on elemental sulfur oxidation and the grown of *Thiobacillus thiooxidans*. *Austr. J. of Agric. Res.* **48**:4, 497-501.

Shukla, A.R. – Singh, R.S. (1992): Oxidation of sulphur in pyrites in relation to soil and water regime. *J. of the Ind. Soc. of Soil Sci.* **40**:4, 848-850.

Singh, B.R. – Ruud, L. (2001): *Effects of additional sulfur supply on yield and concentration of S and N in oil seed rape* p. 56-74.

Sjöquist, T. (1994): Mineralization of organic sulphur compounds in soil. *Norw. J. Agric. Sci. Suppl.* **15**:146-178.

Slaton, N.A. – Norman, R.J. – Ntamatungiro, S. – Wilson C.E. (1997): Amendment of alkaline soils with elemental sulfur. *Research Series Arkansas Agric. Exp. Stat. No.* **456**:130-136.

- Slaton, N.A. – Ntamatungrio, S. – Wilson, C.E. – Norman, R.J.* (1998b): Influence of two elemental sulfur products applied to an alkaline silt loam on rice growth. Res. Ser. Arkansas Agric. Exp. Stat. **460**:326-329.
- Slaton, N.A. – Ntamatungrio, S. – Wilson, C.E. – Norman, R.J.* (1998a): Field evaluation of an elemental sulfur product on rice growth. Res. Ser. Arkansas Agric. Exp. Stat. **460**:322-325.
- Solberg, E.D. – Penney, D.C. – Nyborg, M.N. – Portch, S. (ed.)* (1992): Factors affecting the effective use of elemental sulphur fertilizers in western Canada. Proc. of the intern. symph. of the role of sulphur, magnesium and micronutrients in balanced plant nutrition. The Sulphur Institute, Washington USA. p. 222-233.
- Southarm, G. – Beveridge, T.J.* (1992): Enumeration of *thiobacilli* within pH – neutral and acidic mine tailings and their role in the development of secondary mineral soil. Appl. Env. Microbiol. **58**:6, 1904-1912.
- Stefanovits, P.* (1977): Talajvédelem, környezetvédelem. Mezőgazdasági kiadó, Budapest p. 40-51.
- Steiber, R.E. – Jepsen, A.* (1973): Sulfur dioxide contributions to the atmosphere by volcanoes. Sci. **182**:577-578.
- Stewart, B.A. – Porter, L.K. – Viets, F.G.* (1966): Effect of Sulphur Content of Straws on Rates of Decomposition and Plant Growth. Soil Sci. Soc. of America, Proceedings **30**:355-358.
- Stewart, B.A. – Porter, L.K.* (1969): Nitrogen-sulfur relationships in wheat (*T. aestivum* L.), corn (*Zea mays*) and beans (*Phaseolus vulgaris*). Agron. J., **61**:267-271.
- Sutherland, K.G. – Wale, S.J. – Sansford, C.* (1995): Effect of different epidemics of *Pyrenopeziza brassicae* on yield loss in winter oilseed rape. Proc. 9th Int. Rapeseed Congr. Cambridge, **3**:1004-1006.**
- Sváb, J.* (1981): Biometriai módszerek a mezőgazdasági kutatásban. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest
- Szabó, I.M.* (1989): A bioszféra mikrobiológiája. Akadémiai Kiadó, Budapest. p. 342.
- Szakál, P. – Schmidt, R. – Gina, M. – Ludikár, K. – Tóásó, Gy.* (1985): Zn tartalmú ipari hulladékok mezőgazdasági hasznosítása. Georgikon Napok, Keszthely 1985. aug. 22-23. p. 65.
- Szakál, P.* (1992): Purification and transformation of Zn and Cu containing industrial wastes for agricultural reutilization. „Euroenvironment 92”. 1992. május 10-14. p. 5-8.
- Szalai I.* (1994) A növények élete. JATEpress, Szeged p. 386-391.
- Szántó, A.* (1984): Recent fertilizer trends in Hungary. In. Proc. 9th World Fertilizer Congress Proc. Budapest, p. 65-68.
- Szegi, J.* (1979): Talajmikrobiológiai vizsgálati módszerek. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest. p. 167-169.
- Taiz, L. – Zeiger, E.* (1991): Plant Physiology. The Benjamin/ Cummings Publishing Company, Inc. California p. 58-262.
- Tan, Z. – McLaren, R.G. – Cameron, K.C.* (1994): Forms of sulfur extracted from soils after different methods of sample preparation. Austr. J. of Soil Sci. Res. **32**:4, 823-834.

- Tichy, R. – Fajtl, J. – Kuzel, S. – Kolar, L. (1997):* Use of elemental sulphur to enhance a cadmium solubilization and its vegetative removal from contaminated soil. *Nutr. Cycl. in Agroecosys.* **46:3**, 249-255.
- Tisdale, S.L. – Nelson, W.L. (1966):* A talaj termékenysége és a trágyázás. Akadémiai kiadó, Budapest, p. 209-242.
- Tiwari, H.C. – Gangwar, M.S. – Nand-Ram (1995):* Effect of continous cropping and fertilization on the total, organic, and available sulphur in a Hapludoll. *Trop. Agric.* **72:4**, 274-276.
- Tölgyesi Gy. (1990):* A kérődzők kénellátása hazai gyepeken. *Magyar Állatorvosok Lapja* **46:203-209**.
- Trudinger, P.A. (1969):* Assimilatory and dissimilatory metabolism of inorganic sulphur compound by microorganism. *Adv. Icrob. Physiol.* **3:111-158**.
- Trudinger, P.A. (1971):* Microbes, Metals and Minerals. *Min. Sci. Eng.* **3:13-25**.
- Varga, T. (2001):* Az üzemi légszennyező anyag kibocsátások alakulása az Észak-dunántúli Régiókban. XV. Országos Környezetvédelmi Konferencia. Siófok, 2001.szeptember 11-13. p.: 283-287.
- Varga-Haszonits, Z. – Varga, Z. – Lantos, Zs. – Vámos, O. – Schmidt, R. (2000):* Magyarország éghajlati erőforrásainak agroklimatológiai elemzése. Mosonmagyaróvár p. 88.
- Wainwright, M. – More, A.I. (1982):* Microbial oxidation of sulphur in soils subject to atmospherich sulphur deposition. *British Sulphur Corp. Ltd.; London, UK Sulphur – '82.* **1:427-437**.
- Wainwright, N. – Nevell, W. – Grayston, S.J. (1986):* Effect of organic matter on sulphur oxidation in soil and influence of sulphur oxidation on soil nitrification. *Pl. and Soil* **96:3**, 369-376.
- Wale, S.J. – Oxely, S. (1992): An evaluation of the potential of reduced dose fungicide programmes in winter wheat. Proc. Brighton Crop Protection Conf.-Pest and Diseases. p. 603-608.***
- Walker, K.C. – Booth, E.J. (1994): Sulphur deficiency in Scotland and the effects of sulphur supplementation on yield and quality of oilseed rape. Norw.J.Agric. Sci. Suppl. 15:98-104.***
- Wall, J.S. (1979):* The role of wheat proteins in determinig baking quality. P. 275-311. In Laidman, D.L. – Wyn Jones, R.W. (HRSG) Recent advances in the biochemistry of cereals. *Phytochem. Soc. of Europe Symposia Series 16*, Academic Press. London
- Wankhade, S.G. – Patil, B.D. – Ratnakar, P. – Naphade, P.S. (1989):* DTPA extractable Zn, Cu, Fe and Mn and their uptake by wheat as influenced by varying levels of elemental sulphur. *PKV Res. J.* **13:2**, 96-99.
- Warman, P.R. – Sampson, H.G. (1994):* Effect of sulfur additions on the yield and elemental composition of cannola and spring wheat. *J. Plant Nut.* **17:1817- 1825**.
- Wells, B.R. – Bacon, R.K. – Kelly, J.T. – Correll, M.D. (1996):* *Wheat fertility – sufur timing. Plant Production*, p. 4-5.

- Wieser, H. – Seilmeier, W. – Belitz, H.D. (1991): *Klassifizierung der Proteinkomponenten des Weizenklebers. Getreide, Mehl und Brot*, **45**:35-38
- Williams, C.H. (1967a): 'Nitrogen, Sulphur and Phosphorus – Their Interactions and Availability', International Society of Soil Science, Joint Meeting of Commission 2 (Soil Chemistry) and Commission 4 (Soil fertility and Plant Nutrition), Transactions, p. 93-111.
- Williams, C.H. (1967b): 'Some factors Affecting the Mineralization of Organic Sulphur in Soils', *Plant and Soil* **26**:205-223.
- Withers, P.J.A. – Zhao, F.J. – McGrath, S.P. – Evans, E.J. – Sinclair, A.H. – Gooding, M.J. (ed.) – Shewry, P.R. (1997): Sulphur inputs for optimum yield of cereals. Optimising cereal inputs: its scientific basis. Part 1: Genetics and nutrition. Cirencester, UK, 15-17 December 1997. *Aspects of Appl. Biol.* **50**:191-198.
- Wrigley, C.W. – Du Cros, D.L. – Fullington, J.G. – Kasarda, D.D. (1984a): Changes in polypeptide composition and grain quality due to sulfur deficiency in wheat. *J. Cereal Sci.* **2**:15-24.
- Wu, J. – O'Donnel, A.G. – Syers, J.K. (1993): Microbial growth and sulphur immobilization following the incorporation of plant residues into soil. *Soil Biol. and Biochem.* **25**:11, 1567-1573
- Yeates, J.S. (1984): Sulphur needs of crops and pasture. *J. Agric. West. Australia* **25**:65-71.
- Zadoks, J.C. – Chang, T.T. – Konzak, C.F. (1974): *A decimal code for the growth stages of cereals. Weed research*, **14**:415-421.
- Zardi, G. – Bucher, M. (2001): *Is it possible to increase S availability in the rhizosphere by genetic engineering of plant roots? COST Action 829: Plant Sulfur Metabolism at the Beginning of the 21 st. Century. Combined Meeting of Working Groups I. and II. 2001. February 2-3.*
- Zhang, G.Y. – Brummer, G.M. – Zhang, X.N. (1996): Effect of perchlorate, nitrate, chloride and pH on sulfate adsorption by variable-charge soils. *Geoderma* **73**:3-4, 217-229.
- Zhao, F.J. – McGrath, S.P. – Crosland, A.R. (1995): Changes in the status of British wheat grain in the last decade and its geographical distribution. <http://emily.soils.wisc.edu>
- Zhou, W. – Li, S.T. – He, P. – Lin, B. (1999): Mineralization of organic sulfur and its importance as a reservoir of plant-available sulfur in upland soils of north China. *Biol. Fertil. Soils* **30**:245-250.