

## Minden, amit a kén mezőgazdasági jelentőségéről tudni kell...

A kén a három filozófiai esszencia egyike. A napot, a szenvedélyt, az állandó és a változás örök dialektikáját, az őserőt és a szerelmet jelképező elem (1. ábra).



1. ábra: Kén, - a három filozófiai esszencia egyike (Junius 1979)

Róla és vegyületeiről ( $\text{SO}_2$ ,  $\text{SO}_3$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ) jobbára csak, mint az egyik legfőbb környezetszennyező anyagról van információnk.

A századunkban ugrásszerűen fellendült, főleg ipari tevékenységnek betudható immissziójuk káros hatásaként jól ismertek a növények nekrozisokkal, esetenként teljes pusztulással járó „akut”-, valamint a hatás külső jelei nélkül a termelési teljesítmény csökkenésében megnyilvánuló „krónikus” megbetegedései.

A kén fontos makroelem, mely a nitrogént, foszfort és a káliumot követően a 4. legnagyobb mennyiségben található alkotóeleme a növényi szervezetnek (1. táblázat). Esszenciális tápelem, mely közvetlenül, vagy közvetve számos növényi és állati életfunkcióban szerepet játszik.

1. táblázat: Termesztett növényeink kéntartalma

<sup>1</sup> A. M. Hurd-Karrer (1937) után in Péterfi (1956) egyhónapos termesztett növények szárazanyagra vonatkoztatott %-os értékei.

<sup>2</sup> Deloch (1960) S- nel kellően ellátott növények S tartalma mg S/g sz.a.

<sup>3</sup> Egyes termések és magvak S- tartalma Deloch (1960) mg S/g sz.a.

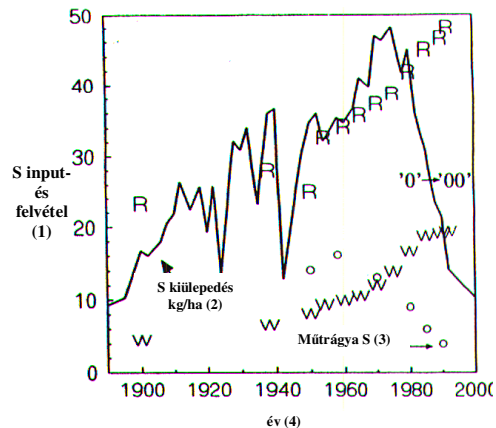
<sup>4</sup> mg/100 g szemtermés szárazanyagra vonatkoztatva Kent (1975)

Növény neve	Kéntartalom	
<i>Brassica oleracea</i> var. <i>capitata</i>	3,37 <sup>1</sup>	
<i>Brassica oleracea</i> var. <i>botrytis</i>	2,88 <sup>1</sup>	
<i>Brassica nigra</i>	2,78 <sup>1</sup>	
<i>Brassica napus</i>	2,39 <sup>1</sup>	11,5 <sup>3</sup>
<i>Brassica oleracea</i> var. <i>acephala</i>	2,24 <sup>1</sup>	
<i>Linum usitatissimum</i>	1,28 <sup>1</sup>	
<i>Helianthus annuus</i>	1,32 <sup>1</sup>	
<i>Trifolium pratense</i>	1,21 <sup>1</sup>	
<i>Vicia faba</i>		1,55 <sup>2</sup> 2,37 <sup>3</sup>
<i>Vicia villosa</i>	0,92 <sup>1</sup>	
<i>Lactuca sativa</i>	0,99 <sup>1</sup>	
<i>Triticum aestivum</i>	0,87 <sup>1</sup>	1,96 <sup>4</sup>

<i>Secale cereale</i>	0,80 <sup>1</sup>		1,54 <sup>3</sup>
<i>Glycine hispida</i>	0,59 <sup>1</sup>		
<i>Zea mays</i>	0,42 <sup>1</sup>	1,05 <sup>2</sup>	1,69 <sup>3</sup>
<i>Sorghum vulgare</i>	0,48 <sup>1</sup>		
<i>Phaseolus vulgaris conv. nanus</i>		2,83 <sup>2</sup>	2,43 <sup>3</sup>
<i>Lycopersicon esculentum L.</i>		2,17 <sup>2</sup>	
<i>Sinapis alba</i>		5,47 <sup>2</sup>	13,9 <sup>3</sup>
<i>Pisum sativum</i>			2,67 <sup>3</sup>

A kén esetleges visszapotlására a mezőgazdasági gyakorlat mindaddig viszonylag kisebb figyelmet fordított. Tette ezt annak ellenére, hogy a növények számára rendelkezésre álló kén mennyisége számos mezőgazdasági területen csökken.

A tendencia okai között első helyen a kísérős-mentes műtrágyák használata, valamint a környezetvédelem hatására csökkenő antropogén kénkibocsátás említhető meg. Ugyancsak az esetleges kéntrágyázás szükségességét erősíti az olyan nagyobb termőképességű, kedvezőbb kvalitatív mutatókkal rendelkező növényfajták, hibridek termesztésbe vonása, amelyeknek a makroelemekkel (így a kénnel) szemben támasztott igényei is nagyobbak. A megnövekedett N, P, K ellátás mezőgazdasági növényeink termésszintjének növelése mellett azok S igényét is emeli (2. ábra).



2. 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 (Schnug et al. 1993)

Fent részletezett összefüggéseknél fogva ahhoz, 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.

A közvetlen növénytáplálási vonatkozásokon túl a kéntrágyázás hatékony eszköze lehet a bázikus talajok (és szikesek) javításának és alapját képezheti egyes nehézfém szennyezett talajok (fito)remediációjának is.

A kén az élő szervezetek számára nélkülözhetetlen tápelem. A kén tartalmú aminosavak építőeleme, a peptidok, 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 ként. A diszulfidkötés egyik meghatározója a protoplazma szerkezetének, a szulfhidrilcsoportok mennyisége pedig a növények fagyűrő képességét befolyásolja.

Adekvát mennyiségben növeli a zöldtömeget, serkenti a növények vegetatív növekedését, növeli a klorofilltartalmat, javítja a takarmánynövények emészthetőségét, valamint ízletességét.

Gabonaféléknél a megfelelően alkalmazott kéntrágyázás javítja a sütőipari értékmérők alakulását, összefügg a cereáliák, hüvelyesek, valamint termesztett olajnövényeink minőségi paramétereinek alakulásával. 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 és javítja a termésbiztonságot. Fungicid hatásánál fogva eredményesen alkalmazzák termesztett növényeink gombakártevőkkel szembeni védelmére is. Szűkíti a növényi szövetek N:S arányát, ezáltal csökkenti azok nitrát-, amid- és hidrogén-rodanid tartalmát.

A kénnek a bioszféra anyagkörforgalmában központi szerepe van. A nitrogén körforgalmával ellentétben azonban a kén ciklusában az atmoszférikus fázis csak kevésbé domborodik ki. A nitrogénhez hasonlóan a S is különböző oxidációs állapotban, számos vegyület komponenseként vándorol.

A talajban a kén szervetlen és szerves formában egyaránt megtalálható. A két forma egymáshoz viszonyított aránya erősen változó: talajtípustól, mélységtől és gazdálkodási módtól függő.

A talajok kén tartalmának jelentős része szervesen kötött formában található. A szervesen kötött kén mennyiség kiteheti a talaj összes kén tartalmának 0,8-100 %-át is.

A talajban a kén szervetlen formában a Na, K, Mg, Ca vízoldható szulfátjainak-, az agyagásványok- és Al- és Fe-oxidok felületén adszorbeált szulfátok-, a Ca, Ba, Fe és Al oldhatatlan szulfátjainak-, valamint szulfidok és a S egyéb redukált formáiban lehet jelen. Elemi kén jól szellőzött, felföldi talajokban szinte egyáltalán nem található. Redukált formái is főleg csak vízborításos, anaerob viszonyok között található nagyobb mennyiségben, ahol bakteriális redukció játszódik le és szulfidok képződnek.

Talajaink legfontosabb szulfátjai a gipsz és az anhidrit, legfontosabb szulfidjai a  $\text{Fe}_2\text{S}_3$  és a FeS.

Míg a humid régiók talajainak  $\text{SO}_4^{2-}$  koncentrációja a 10 mg/kg talaj értéket sem éri el, addig szárazabb környezetben (szántóföldi vízkapacitáshoz közeli értéken) mennyiségük meghaladhatja az 1000 mg/kg-os mennyiséget.

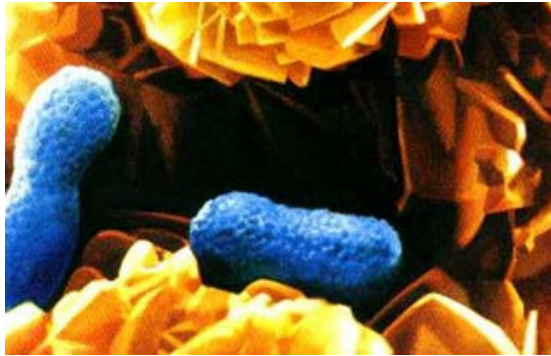
Az eltérések a szerves anyag mineralizációjának, az oldható szulfátok kimosódásának, valamint a növényi kénfelvétel, a klíma, a talajtípus és az agrotechnika (talajművelés, öntözés-öntözővíz, műtrágyázás) különbségeiből adódnak. A szabad szulfátoknak főleg kationokkal alkotott ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ) vízoldható sói, valamint a főleg amorf anorganikus  $\text{Al}^{3+}$ -mal kapcsolódó oldhatatlan szulfátok mellett - mely kiteheti egyes talajok összes kimutatható szulfát tartalmának mintegy 90%-át – jelentős az 1:1 agyagásványok, valamint az Al- és Fe-oxidok (oxihidrátok) felületén adszorbeált szulfát mennyiség is. **A szulfátionok kötődése a talajkolloidokhoz** azonban meglehetősen **gyenge** (a liotrop sorban a foszfát után következnek), **így különösen laza talajokon könnyen kimosódhatnak.**

A talajok kénforgalmát (3. ábra), tekintve alapvető jelentőségű bír a talaj kén tartalmának a növények által felvehető részét képező, vízben oldható szulfát tartalma.

A talaj szerves anyaga, a talajba bejutó és bevitt növényi maradványok, szerves trágyaanyagok a mineralizáció során a talajtani jellemzőktől, a mikroflóra összetételétől és aktivitásától függően először rövidebb szénláncú egységekre szakadnak, majd szervetlen vegyületekre, köztük szulfátokra tagolódnak. A talaj szerves kötésben található kén tartalmának ily módon való feltáródását *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% kén tartalommal számolunk évi 15 kg/ha-os feltáródást jelent, mely önmagában aligha elég termesztett növényeink kénigényének kielégítésére. A szerves



Gram-negatív pálcikák magányosan, párban, vagy láncokban fordulnak elő. Aerob, vagy fakultatív aerob baktériumok, melyek többsége egy poláris csillóval mozog.



5. ábra: *Thiobacillus* sp. elektronmikroszkópos felvétele

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. A felvett szulfátmennyiség akropetális irányban jól mozog a növényben és eljut a fiatal levelekbe és merisztémákba is. Bazipetális irányban gyakorlatilag nem szállítódik. Kisebb mennyiségű kén a növénybe a szennyezett légkörből a gázcsere nyílásokon keresztül  $\text{SO}_2$ , valamint  $\text{H}_2\text{S}$  formájában is bekerülhet.

**A talajok kénellátottságára a leginkább igényes növények a keresztesek (őszi káposztarepce, mustár). Éves kénigényük mintegy 25-70 kg/ha, mely mintegy a duplája kalászos gabonáink kénfelvételének.**

Elégtelen S ellátás esetén elsősorban a növények fehérje-anyagcseréje károsodik. Kénhiány esetén megemelkedik az oldható N-vegyületek mennyisége beleértve a nitráttartalmat is, ezzel szemben csökken a fehérje- és a klorofiltartalom. A kénhiány következtében csökken a növények tápanyag- így nitrogénfelvétele is, mely növeli a nitrát talajvízbe történő kimosódásának veszélyét. Hiánya esetén a növények növekedése lassul, tartásuk merevvé válik, színük klorotikusra vált. A hiány egyenes következménye az akár 30%-ot is meghaladó termés csökkenés, valamint a gyenge minőség.

A kénhiányos őszi káposztarepce ellenálló képessége gyengül, gombás fertőzések ütnek fel fejüket az állományban. A hiány következtében csökken a növények becőszáma és a becőnkénti szemszám (6. ábra).



6. ábra: Az őszi káposztarepce kénhiánya (Patócs, 1989)

Az állományok elégtelen kénellátottsága a romló aminosav összetétel következtében általában jelentős minőségromlással is társul. Az őszi káposztarepce jellegzetes hiánytünete az úgynevezett fehérvirágúság (7. ábra).



7. ábra: Az őszi káposztarepce „fehérvirágúsága”

A gabonafélék kénhiányára jellemző tünetek legelőször a tábla lazább talajú részein jelentkeznek rendszertelen alakú, tónusukat vesztett, a nitrogén hiányára emlékeztető foltok formájában (8. ábra).



8. ábra: Gabonafélék kénhiánya

Ezt követően aszálykára 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. A kénhiány következtében csökken a hajtásszám, valamint a kalásonkénti szemek száma (9. ábra).



9. ábra: Gabonafélék kénhiánya

A kénhiányos búza lisztjéből készített tészta nyújtási ellenállása nő, nyújthatósága csökken. A csökkenő cisztintartalom következtében a siker diszulfid kötése nem elegendő a megfelelő rugalmasság biztosításához, a tészta szívóssá válik. A jelenség maga után vonja a sütőipari értékmérők romlását és a kenyértérfogat csökkenését.

A talajok túlzott  $\text{SO}_4^{2-}$  tartalma nem gyakori jelenség. A többletet különösen az érzékeny növényeknél a levélszélektől befelé induló sárga foltok és a perzselés jelei mutatják. A felesleg következtében a levélméret elmarad a normálistól és a növény idő előtti öregedése tapasztalható (Sárdi, 1999).

A talajok túlzott szulfáttartalma amellet, hogy a bázikus talajrészecskékkel nehezen oldható szulfátokat képez és ezáltal csökkenti a növények számára hozzáférhető 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 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.

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

**A gyógyítás lehetőségei:** Kénhiányos területeken mindenképpen kén tartalmú műtrágyák alkalmazása javasolt. Az ily módon kijuttatásra kerülő kénmennyiség átlagos értéke ne haladja meg az 50-70 kg/ha-t. A kijuttatás tervezésekor vegyük figyelembe, hogy a szulfát formában adagolt kénmennyiség kimosódásos veszteségei az  $\text{NO}_3^-$ -éhoz hasonló nagyságrendűek.

Az elemi kénnel való kénpótlás tervezését nehezíti, hogy a döntően mikrobiológiai tevékenység hatására végbemenő  $\text{S} \rightarrow \text{SO}_4^{2-}$  átalakulást a talaj hőmérséklete, valamint nedvességi állapota jelentősen befolyásolja.

Gyors beavatkozásként a levéltrágyázás is alkalmazható. Ne feledjük azonban, hogy a levéltrágyázás a hiánytünetek gyors enyhítésére alkalmas ugyan, de az így felvételre kerülő hatóanyagmennyiség az esetek döntő többségében nem elegendő a növény szükségleteinek fedezésére, a termés minőségvesztésének megelőzésére.

Gabonaféléknél a hiány orvoslását nehezíti, hogy a sokszor csak a bokrosodás végén, a szárbainduláskor jelentkező tünetek könnyen összetéveszthetők a N hiánnyal és N adagolás hatására további erősödésük figyelhető meg. Ezen túlmenően még jó diagnózis esetén sincsen már mód a szükséges szulfátmennyiség pótlására, hiszen a 2 nóduszos állapot után a kénhiány csak részben korrigálható.

Hatásos megoldást az idejében elvégzett növényvizsgálatok adhatnak. *Schnug és munkatársai* (2000) alapján amennyiben a bokrosodás kezdetekor a búzanövény föld feletti részeinek összes kéntartalma nem éri el az 1,2 mg/g értéket, akut kénhiányról beszélhetünk és a kéntrágyázás mindenképpen indokolt. A szerző, vizsgálatai alapján a maximális termés eléréséhez szükséges kénmennyiséget 3,2-4,0 mg/g bokrosodó növény értékre tartja.

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

*Bloem és mtsai.* (1995) felhívják a figyelmet ugyanakkor a látens kénhiányra (1,5-3,0 mg/g S), mely záródott állományok esetében gyakori jelenség lehet. Lappangó kénhiány esetén az állomány hiánytüneteket ugyan nem mutat, a termés kvantitatív és kvalitatív mutatói azonban romlanak.

## Felhasznált irodalom

- Bloem, E. – Paulsen, H.M. – Schnug, E.* (1995): Schwefelmangel nun auch in Getreide. DLG-Mitteilungen, **8**:18-19.
- Ericksen, J.* (1994): Soil organic matter as a source of plant available sulfur. Norwegian J. Agric. Sci.: Suppl. **15**:28-149.
- Hekstra, A.* (1996): Sustainable Nutrient Management in Agriculture. Nutrient limited yield. HANDICOM, Netherland p. 104-109.
- Junius, M.M.* (1979): Alchimia verde – Spagyrica vegetale. Roma
- 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.
- 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 Mezőgazdaségtudományi 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  $\text{SO}_4^{2-}$  tartalmára. Acta Agr. Óváriensis **44**:1, 3-18.
- Patócs, I.* (1989): A növények táplálkozási zavarai és betegségei. Agroinform, Budapest
- Schnug, E. – Bloem, E. – Haneklaus, S.* (2000): Schwefelmangel in Getreide. Getreide **6**. Jg. **1**:60-61.
- 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.
- Sjöquist, T.* (1994): Mineralization of organic sulphur compounds in soil. Norw. J. Agric. Sci. Suppl. **15**:146-178.

**Szerzők**

Dr. Kalocsai Renátó<sup>1</sup>

Dr. Schmidt Rezső<sup>2</sup>

Dr. Szakál Pál<sup>2</sup>

Giczi Zsolt<sup>1</sup>

<sup>1</sup>UIS Ungarn Laborvizsgálati és Szolgáltató Kft, Mosonmagyaróvár, Terv u. 92.

<sup>2</sup>Nyugat-Magyarországi Egyetem, Mezőgazdaság-és Élelmiszertudományi Kar,  
Mosonmagyaróvár, Vár 2.