

## Kéntartalmú vegyületek biológiai átalakulása a talajban

A kéntartalmú vegyületek biológiai átalakulása során a talajban, bizonyos körülmények között nagy mennyiségben halmozódnak fel olyan vegyületek, melyek a talajok kémiai és fizikai tulajdonságaira és ezen keresztül a termékenységre döntő befolyást gyakorolnak.

A különböző genetikai típusba tartozó talajok többségében a kénforgalom kiegyensúlyozott. Többek között WILLIAMS és STEINBERG [54] vizsgálatai rámutatnak arra, hogy kielégítő drén viszonyokkal rendelkező talajok „A” horizontjában a kén szerves vegyületek formájában van jelen. Mélyebben elhelyezkedő szintekben az agyagásványok — minőségüktől függően — különböző mennyiségű szulfátot kötnek meg. A kéntartalmú szerves vegyületek minőségi megoszlása a talajban ma még kevésbé ismert [17]. A növényi és állati maradványok, valamint mikroorganizmusok plazmájának elbomlása során kéntartalmú aminosavak szabadulnak fel. STEVENSON [45] adatai szerint a talaj összes kéntartalmának maximálisan 10%-a van methionin, illetve cisztein formájában jelen. BARROW [5] és FRENEX [16] vizsgálataik alapján feltételezik, hogy a talaj kéntartalmának jelentős része különböző poliszaharidokhoz és fenolokhoz kapcsolódik szulfát, vagy szulfát észter formájában.

A talajra kerülő szerves maradványokon kívül a talajvíz és kismértékben a espadék biztosítja a kéntartalmú vegyületek utánpótlását. Ezenkívül mezőgazdasági művelésbe vont területeken a műtrágyák és növényvédőszer használataival kapcsolatban viszonylag nagy mennyiségű kenet juttatnak a talajhoz.

A különböző szulfátartalmú vegyületeket a espadék víz könnyen kimossa a talajból és a talajvíz mozgásával egyidejűleg a szulfátartalmú sok egyes területek alsó szintjeiben felhalmozódhatnak.

Olyan talajokban, ahol szulfátok, szulfidok, vagy szerves maradványok nagy mennyiségben gyűlnek fel, jellegzetes mikroorganizmus csoportok kezdik meg élettevékenységüket.

Tenger melletti gyttja [56, 57], alun [39, 48] és mangrove [24, 49] talajokkal végzett vizsgálatok többek között rámutatnak a kén biológiai oxidációját végző mikroorga-

nizmusok működésének jelentőségére. E szervezetek (*Thiobacillusok*) redukált kén vegyületeket oxidálnak anyagcserejük folyamán. Az anyagcsere végterméke szulfát, mely rendszerint kénsav formájában válik ki a sejt-ből [19]. Ennek a biológiai folyamatnak eredményeképpen az említett esetekben szélsőségesen alacsony pH alakul ki a talajban.

### A kén biológiai redukciója a talajban

A kén vegyületek biológiai átalakulása során keletkező termékek nemcsak a tenger közvetlen hatása alatt kialakuló talajokra gyakorolnak kisebb vagy nagyobb mértékű befolyást. Szikes talajok genetikájával és kémijával, valamint szulfát redukáló szervezetek fiziológiájával és ökológiájával foglalkozó szakmunkákban [2, 10, 23, 31, 38, 47] számos utalás található arra vonatkozóan, hogy a szulfátok biológiai redukciójával kapcsolatosan keletkező szulfidok reakcióba lépnek a talajoldat ionjaival és így közreműködnek a szódaképzésben. A folyamatot modell kísérletekben is vizsgálták. VERNER és ORLOVSKIJ [53] a Baraba alföld térszíni növekedésével párhuzamosan változó talajformációk (láp-tőzeg szolonszák — réti láp szolonszák — réti szolonszák — réti láp szolonszák — réti szolonszák — réti láp szolonszák) talaj vizéből gyűjtöttek mintákat. Az anyagot laboratóriumban anaerob körülmények között tartották. Megállapították, hogy változó mértékben ugyan, de mindegyik mintában keletkezett  $H_2S$ . Mivel a térszínileg alacsony fekvésű területek időszakosan vízzel borítottak, feltehető, hogy a természetes körülmények között is anaerob viszonyok alakulnak ki, amikor  $H_2S$  képződik, ez ezzel együtt a szódaképzés egyik lehetősége feltételezett. SZABOLCS és munkatársai [46] olyan talajt használtak fel a vizsgálatokhoz, mely szóda lúgosságot nem mutatott. A talajból származó mintákat sóoldatokkal kezelték. Az így előállított minták egy részét időszakosan nedvesítették csak meg, másik része állandó vízborítás alatt volt. A talajokról lecspepítő vizet időszakonként megvizsgálták oldható humusz,  $Na_2CO_3$  és oldható vas tartalmára vonatkozóan. A kísérleti időszak harmadik hónapjában egyes minták esetében szódalúgosságot tapasztal-

tak. A szódatartalom az állandóan vízborítás alatt levő mintákban volt a legmagasabb. E kezelésnél a sóoldattal ellátatlan talajmintákban is keletkezett szóda. A vízzel borított mintákban erős  $H_2S$  képzés volt megfigyelhető, az időszakosan nedvesített kezeléseknél a kénhidrogén csak nyomokban volt kimutatható. Az idézett munka ismerteti azokat a vizsgálatokat, melyeket a  $H_2S$  származásával kapcsolatosan végeztek jelzett S-35 segítségével. Előzőleg anaerob körülmények között tartott talajmintákhoz S-35-el jelzett metionint, illetve S-35-el jelzett  $CaSO_4$ -et adtak. A mintákból keletkező  $H_2S$ -t szedőedényekben gyűjtötték és 3 hónap után mérték a szedőedényekben kicsapott szulfid beütés számát. A metioninnal kezelt minták beütés száma lényegesen magasabb volt, mint a  $CaS^{35}O_3$  esetében, így megállapítható volt, hogy a kísérleti körülmények között a  $H_2S$  a szervesanyagok bomlásából származott.

VERNER és ORLOVSKIJ [53] és Antipov Karatajev [31] *Sporovibrio* (*Microspira*) *desulfuricans* tevékenységének tulajdonítják a  $H_2S$  képzést az általuk vizsgált körülmények között.

#### Kénhidrogént termelő mikroszervezetek a talajban

Ismeretes, hogy a talajokban élő mikroszervezetek közül nagyon sok rendelkezik  $H_2S$  képzés tulajdonságával.

POSTGATE [38] két nagy csoportba osztja azokat a szervezeteket, melyek szulfát redukáló képességgel rendelkeznek. „Disszimilációs” szulfát redukálók csoportjába azok az organismusok tartoznak, melyek energia nyerő műveleteik során főleg szulfátokat redukálnak szulfidokká. „Asszimilációs” csoportba azokat a szervezeteket osztja be, melyek csak aminosavak szintéziséhez használják fel a környezetükbe levő szulfát tartalmú vegyületeket. Ez utóbbi esetben a szulfid közti termék az anyagcsere után a kén a sejt autolízise után szabadul fel újra  $H_2S$  formájában.

Az élő szervezetek többsége a növények kivételével csak szerves vegyület formájában tud kén vegyületeket hasznosítani (cistin, cistein, metionin stb.).

A „disszimilációs” szulfát redukáló szervezetekhez nagyon kevés faj sorolható, ökonómiai jelentőségük azonban igen nagy, mert élettevékenységükkel kapcsolatos folyamatokat figyelembe kell venni az olaj lelőhelyek [58] pirítképződés [24] kéntartalmú lerakódások [38] stb. kialakulásánál. E szervezetek anyagcsere típusával kapcsolatos vizsgálatokról napjainkban nagyszámú ismertetés jelenik meg. Ezt nemcsak ökonómiai jelentőségük indokolja, hanem az, hogy anyagcsere típusuk

egészen különleges életformát képvisel az élő világában.

E szervezetek 3 fajhoz csoportosíthatók, melyek morfológiailag a *Desulfovibrio desulfuricans*-hoz nagyon hasonlóak [4]. Régebbi munkákban a genus nevet más synonymekkel jelölték: *Spirillum*, *Microspira*, *Vibrio* és *Sporovibrio*. A desulfovibriok 0.5–1  $\mu$  átmérőjű gyengén hajlott pálcika alakú sejtek, melyek alakjuk változtatására (pleomorfizmus) hajlamosak. Hőmérsékleti optimumuk 25–30 °C, pH optimum 6–7,5 között, de növekedésük 5–9-es pH tartományban is megfigyelhető. Élettevékenységüket csak anaerob feltételek között fejtik ki [19] BAARS [4] C forrás hasznosítás alapján két további fajt különít el: *D. rubentschikii*-t, mely acetátot butirátot és propionátot használ fel és *D. rubentschikii*-var. *anomalus*-t, mely acetátot nem, de butirátot és propionátot hasznosítani tud.

A *D. desulfuricans* különböző törzseivel végzett biokémiai vizsgálatok [30, 33, 35, 36, 38] kétségessé teszik az előbb ismertetett rendszertani beosztást. Az organizmus anyagcserejére vonatkozó ismereteket PECK [34] GAFFRON és GIBBS [49] és WILSON [55] összefoglaló munkái ismertetik. A *D. desulfuricans* obligát anaerob szervezet. Élettevékenysége folyamán szulfátot, szulfítot, thio-szulfátot és más szerves kén vegyületeket használ elektron akceptorként, — az oxigén helyett, — melyeket szulfiddá redukál. Molekuláris H-t oxidál, de bizonyos körülmények között formát, laktát, pyruvát stb. is képviselheti az oxidálható anyagot az anyagcsere folyamán.

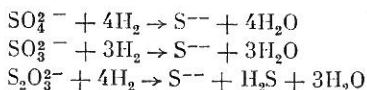
BUTLIN [11, 12] és mások beszámolnak azokról a megfigyelésekről, mely szerint az organizmus autotrof körülmények között is növekedni tud (szerves anyagok jelenlétében  $CO_2$  fixációval). SISLER és munkatársa [42] az általuk vizsgált törzs légköri nitrogénkötő képességét állapították meg. MECHALAS és RITTENBERG vizsgálataikat [30]  $C^{14}$  izotóp segítségével hajtották végre és az alábbi eredményeket közlik:

A vizsgálatba vont törzs jól növekedett autotrof körülmények között (H, szervesen só oldat, bicarbonát jelenlétében), amikor élesztő kivonatot is tartalmazott a táptalaj. Ez esetben a sejtanyag széntartalmú vegyületei főképp az élesztő kivonathól származtak, a bikarbonát C atomjai csak kismértékben épültek be. Hidrogén hiányában azonban az előbb ismertetett körülmények között nem volt növekedés, illetve nagyon csekély mértékben. Élesztő kivonattal nélkül tehát teljesen autotrof körülmények között is fejlődtek a sejtek.

Megfigyelték, hogy az organizmus izobutanolt fel tud használni, energetikai műveletei során azonban a sejt C anyagainak szintéziséhez nem hasznosítja ezt a vegyületet.

Megállapították, hogy e szervezet különleges anyagcsere típust képvisel: mely szerint a sejtszintetizáláshoz szükséges energia forgalmat szerves anyag vagy egy nem asszimilálható szerves anyag jelenlétében különleges enzimrendszer segítségével bonyolítja le és a sejt szénanyagait olyan szervesanyagból építi fel, melyek az energetikai műveletek során használhatatlanok a sejt számára.

A *D. desulfuricans* energetikai műveletei során létrejövő kémiai reakciókat különböző kén források jelenlétében GIBBS [19] az alábbiakban összegezi:



Az energiaszerző és átalakító anyagcsere folyamán fontos szerepet visz a POSTGATE [37] által felfedezett új citokrom, melyet  $\text{c}_3$ -mal jelölnék. E citokrom rendszer  $-205$  mv. redoxpotenciál mellett működik és az organizmus elterjedésének természetes körülmények között, valamint laboratóriumi tenyésztésének elsőrendű követelménye. E fontos jelenséget GROSSMAN és POSTGATE [22] az organizmus kulturális tulajdonságainak leírásakor különösen kihangsúlyozza. A táptalaj megfelelő  $E_h$  értékének biztosításával lehetőség nyílik az egyébként igen nehezen elkülöníthető kísérő-organizmusok eltávolítására.

CAMPBELL és munkatársainak [14] vizsgálatai alapján a *Clostridium* genus fajai közül a *C. nigrificans* is a „disszimilatív” szulfát redukáló organizmusok közé lehet sorolni. E szervezeteket korábban [38] a *Desulfovibrio* termofil változatának tartották, mivel enzimrendszerük igen hasonló a *D. desulfuricans*-éhoz [34]. E szervezetben azonban  $\text{C}_3$ -hoz hasonló pigment anyagot eddig még nem mutattak ki.

Az asszimilatív szulfátredukálókhoz a növényeken kívül azok az élőlények tartoznak, melyek kénvegyületeiket a sejt anyagának felépítéséhez szerves kénforrásokból merítik. Az ide tartozó szervezetek biológiai átalakító tevékenysége nem minden esetben vezet közvetlenül  $\text{H}_2\text{S}$  tartalmú anyagcsere végtermék képzéshez.

A redukációs folyamatok eredményeképpen szintetizált kén tartalmú aminosavak, fehérjék táplálékként szolgálnak azoknak az élőlényeknek, melyek nem rendelkeznek szerves kénvegyületek redukálásához alkalmas enzim készlettel, azonban  $\text{H}_2\text{S}$  gyakran szerepel exkréciós termékeik között. Az asszimilált kén a sejtek életfolyamataiban fontos szerepet visz [55]. Cistein és methionin formájában a fehérjék felépítésében vesznek részt. Számos enzim tartalmaz szerves kötésben levő ként. A sejtek szaporodásánál a szulfhidril gyökök fontos funkcióit töltik be. A  $\text{B}_1$  vitamin,

biotin és a penicillin szintézisének kén tartalmú vegyületeket használ fel a sejt [41]. Erőteljes  $\text{H}_2\text{S}$  képzés tehát nemcsak a „disszimilatív” szulfátredukálók anyagcsere folyamatainak eredményeképpen figyelhető meg, hanem a fehérjebontást végző mikroorganizmus csoport működése is nagy mennyiségű redukált kénvegyület képzéséhez vezet [13, 18]. FORMAGIOT [15] kimutatta, hogy azok az organizmusok, melyek fehérjék jelenlétében  $\text{H}_2\text{S}$ -t képeznek, desulfohidráz enzimet tartalmaznak. Ezen enzim jelenlétében a cisteinből  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{NH}_3$  és piroszőlősav keletkezik.

Általánosítva megállapítható [41], hogy a fehérje bontás során keletkező redukált anyagcsere termékek anaerob környezeti feltételek között nagy mennyiségben keletkeznek és felhalmozódásuknak az ilyen körülmények kedveznek. A talajmikroflóra anaerob életmódot folytató szervezetei között elsősorban a *Clostridium* genus fajai vehetők figyelembe a  $\text{H}_2\text{S}$  képzés szempontjából [1, 3, 6, 43, 50, 52]. A FUCHS [18] által tanulmányozott *Clostridium perfringens* törzsek eltérően viselkedtek szerves, illetve szerves kénforrások hasznosítása tekintetében. A vizsgált törzsek csak bizonyos aminosavak jelenlétében mutattak fel növekedést (cistein), mely helyettesíthető volt a cisteint tartalmazó glutationnal vagy methionin, mely homocisteinnel volt helyettesíthető. Kénhidrogén fejlődést azonban a táptalajban levő szerves kénvegyület (szulfát, szulfid, thioszulfát) terhére is tapasztaltak egyes törzseknél. Cistein és glutathionból szintén képződött  $\text{H}_2\text{S}$ , de methionin jelenlétében ezen anyagcsere termék nem szabadult fel.

A *Clostridium* fajok anyagcsere termékei között szerepel  $\text{CO}_2$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{H}_2$  és bizonyos esetekben  $\text{CH}_4$ , valamint különböző szerves savak. E genus egyes fajai a celluloztartalmú szervesanyagok elbontásával, mások a légköri N fixációjával kapcsolatosan talajbiológiai szempontból igen jelentősek.

A fakultatív anaerob és az obligát aerob szervezetek között is igen nagy számban található olyanok, melyek  $\text{H}_2\text{S}$ -t képeznek [41].

BROMFIELD [8]  $\text{CCl}_4$ -gycel „részlegesen” sterilizált talajt szaccharozt és  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  tartalmú oldattal nedvesített meg. A mintát levegős körülmények között inkubálta. Egy hét eltelté után  $\text{H}_2\text{S}$  képzését figyelte meg. Megállapította, hogy a kénhidrogén képzés egy *Bacillus megaterium* törzs anyagcsere terméke volt.

Az idézett munkából látható, hogy változó ökológiai feltételek között különböző szervezetek, illetve mikroorganizmus társulások vehetnek részt a  $\text{H}_2\text{S}$  képzésben. Bizonyos enzim nagy mennyiségű szulfid anaerob körülmények között keletkezik és halmozódik fel a talajban.

A szódaképzés biológiai útjának tanulmányozásához feltétlenül segítséget nyújtanak azok a vizsgálatok, melyek egyes talajtípusok vagy talajkémiai folyamatok során a redukált vas mennyiségéről és a talaj  $E_h$  viszonyainak alakulásáról adnak számot.

A szakirodalom széles körben ismerteti azokat a folyamatokat a talajban, melyek az anaerob körülmények hatása alatt jönnek létre. A talaj könnyen oldható vastartalmával [20, 44] és vaskiválásával [21] kapcsolatos hazai kísérleti eredmények rámutatnak arra, hogy a szolonyec és szolonyeces, valamint réti talajok kialakulásánál az anaerob viszonyok jelentős szerepet vittek. QUISPÉL és munkatársai [40] a pirit képződésével kapcsolatosan rámutatnak a redukációs viszonyok jelentőségére az általuk vizsgált talajtípusokon. BLOOMFIELD [7] kísérleteiből arra a következtetésre jut, hogy lényegében abiotikus folyamatok eredményeképpen alakulnak ki glej képződmények. BROMFIELD [9] speciális mikroorganizeteket izolált glejes szintekből, melyek a vas redukációs képességével rendelkeztek.

IRI és munkatársai [26] jó és rossz drén viszonyokkal rendelkező, egyébként azonos összetételű talaj redukált vas mennyiségére vonatkozóan, valamint redoxpotenciáljával kapcsolatosan végeztek méréseket. Megállapították, hogy a ferro vastartalom magasabb és az  $E_h$  érték alacsonyabb volt a rossz drénviszonyok esetében.

JEFFERY [27, 28] vízzel borított tőzeges talajok redox viszonyait és redukált vastartalmát vizsgálta, szervesanyaggal (rizsszalma) való dúsítás hatására. Megállapította, hogy az  $E_h$  értékek szervesanyag jelenlétében szélsőségesen alacsony értéket mutatnak ( $-200$  mv alatti) a kísérlet első szakaszában (vízzel való borítás után 5 nap), majd kiegyenlítődnek. Szervesanyag nélküli talajminták  $E_h$  görbéje kiegyensúlyozottabb. A pH értékek a kísérlet első időszakában csökkennek, később valamivel magasabb értéket mutatnak, mint a kiindulási érték.

MÁTÉ és SZABOLCS [29] modell kísérletben aerob és anaerob viszonyok között tartottak talajmintákat (réti), melyet különböző minőségű sóoldatokkal kezeltek. Megállapították, hogy anaerob viszonyok között a talajok  $E_h$  értéke szélsőségesen alacsonyra csökkent, míg a pH érték erősen lúgos irányban tolódott el.

Hazai [2, 29, 46, 47, 51, 52] és külföldi kutatók [10, 36, 53] felhívták a figyelmet a biológiai kén redukcióval kapcsolatos szódaképződés jelentőségére és számos értékes kísérleti adatot szolgáltatottak a folyamat megismeréséhez. Ismeretes, hogy a szikes talajok kialakulása változatos körülmények között eltérő részfolyamatok eredménye. A biológiai tevékenység hatására létrejövő szódaképződés is csak egy mozzanatot képviselhet a jelenséggel kapcsolatban. A *Desulfococcus desul-*

*furicans* anyagcseréjével kapcsolatos újabb kutatási eredmények [38, 55] további támpontokat adnak a folyamat tanulmányozásához. Kétségtelen, hogy maga a biológiai szulfátredukció és  $H_2S$  képzés is változatos folyamatok eredménye lehet a különböző vízborításnak kitett területeken, mégis az eddigi vizsgálati adatok meggyőzőek a folyamat jelentősége szempontjából, így a kérdés rendszeres kutatása modell kísérletek és természeti körülmények megfigyelésével messzemenően indokolt.

TIMÁR MÁTYÁSINÉ

Érkezett: 1963. március 19.

### Irodalom

- [1] AKAGI, J. M.—CAMPBELL, L. L.: Studies on thermophilic sulfate reducing bacteria. *Bacteriol. Proc.* **62**. 102. 1962.
- [2] ARANY, S.: A szikes talaj és javítása. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest. 1956.
- [3] AUGIER, J.: A propos de la fixation biologique de l'azote atmosphérique et de la numération des *Clostridium fixateurs* dans les sols. *Ann. Inst. Pasteur.* **92**. 817—824. 1957.
- [4] BAARS, J. K.: Over sulfaatreductie door bacterien. W. D. Meinema, Delft, Holland. 1930. cit. POSTGATE, J. R. *Ann. Rev. Microbiol.* **13**. 505. 1959.
- [5] BARROW, N. J.: Studies on mineralization of sulphur from soil organic matter. *Aust. J. Agric. Research.* **12**. 306—319. 1962.
- [6] BERGEY, D. H.: *Manual of Determinative Bacteriology*. 7. kiadás, Williams & Wilkins. Baltimore. 1957.
- [7] BLOOMFIELD, C.: Experiment on the mechanisms of glej formation. *J. Soil Sci.* **2**. 196—211. 1952.
- [8] BROMFIELD, S. M.: Sulphate reduction in partially sterilized soil exposed to air. *J. gen. Microbiol.* **3**. 378—390. 1953.
- [9] BROMFIELD, S. M.: The reduction of iron oxid by bacteria. *J. Soil Sci.* **5**. 129—139. 1954.
- [10] BUNKER, H. J.: A review of the physiology and biochemistry of the sulphur bacteria. H. M. Stationery Office London. 1938. cit. POSTGATE, J. R. *J. Ann. Rev. Microbiol.* **13**. 505. 1959.
- [11] BUTLIN, K. R., ADAMS, M. E., & THOMAS, M.: The isolation and cultivation of sulphate-reducing bacteria. *J. gen. Microbiol.* **3**. 45—49. 1949.
- [12] BUTLIN, K. R., & POSTGATE, J. R.: Autotrophic Microorganisms. Symposium Soc. Gen. Microbiol. Cambridge. Univ. Press. London. 1954.

- [13] CLARKE, P. H.: Hydrogen sulphid production by Bacteria. *J. gen. Microbiol.* **8**. 397—407. 1953.
- [14] CAMPBELL, L. L., FRANK, H. A., & HALL, E. R.: Studies on thermophilic sulfate-reducing bacteria. I. Identification of *Sporovibrio desulfuricans* as *Clostridium nigrificans*. *J. Bacteriol.* **73**. 516—521. 1957.
- [15] FROMAGEOT, C.: *Desulhydrases. The Enzymes.* 1/2. 1237. Academic Press. New York. 1951.
- [16] FRENEY, J. R.: Some observations on the nature of organic sulphur compounds in soil. *Aust. J. Agric. Research.* **12**. 424—432. 1962.
- [17] FRENEY, J. R., BARROW, N. J., & SPENCER, K.: A review of certain aspects as sulphur as soil constituent and plant nutrient. *Plant and Soil.* **17**. 280—308. 1962.
- [18] FUCHS, A. R., & BONDE, G. J.: The availability of sulphur for *Clostridium perfringens* and examination of hydrogen sulfid productions. *J. gen. Microbiol.* **16**. 330—340. 1957.
- [19] GAFFRON, H., GIBBS, M., SCHIFF, J. A.: *Plant Physiology.* I B Academic Press. New York 1960.
- [20] GEREL, L.: Adatok hazai talajftpusaink könnyen oldható vas és alumínium tartalmának vizsgálatához és jelentőségéhez. *Agrokémia és Talajtan.* **5**. 171—182. 1956.
- [21] GEREL, L., & MÁTÉ, F.: Vas és mangán tartalmú kiválások néhány hazai talajban. *Agrokémia és Talajtan.* **6**. 43—51. 1957.
- [22] GROSSMAN, J. P., & POSTGATE, J. R.: Cultivation of sulphate reducing bacteria. *Nature.* **171**. 600. 1953.
- [23] GUNKEL, W., & OPPENHEIMER, C. H.: Experiments regarding the sulfid formation in sediments of Texas Gulf Coasts. *Bact. Proc.* **61**. 48. 1961.
- [24] HAREMSEN, G. W.: Observation on the formation and oxidation of pyrit in the soil. *Plant and Soil.* **5**. 324—349. 1954.
- [25] HART, M. G. R.: Sulfur oxidation in tidal mangrove soils of Sierra Leone. *Plant and Soil.* **11**. 215—235. 1959.
- [26] IRI, H., MARUTA, I., TAKAHASHI, I., KUBOTA, M.: The variations of ferrous ion content and soil profiles under flooded condition of rice field. *Soil and Plant Food.* **3**. 36—48. 1957.
- [27] JEFFERY, J. W. O.: Iron and the  $E_h$  of water logged soils with particular reference to paddy. *J. Soil Sci.* **11**. 140—148. 1960.
- [28] JEFFERY, J. W. O.: Defining the state of reduction of a paddy soil. *J. Soil Sci.* **12**. 172—179. 1961.
- [29] MÁTÉ, F., & SZABOLCS, I.: Talajok redox viszonyainak vizsgálata modell kísérletben. *Agrokémia és Talajtan.* **4**. 297—305. 1955.
- [30] MECHELAS, B. J., & RITTENBERG, S. C.: Energy coupling in *Desulfovibrio desulfuricans*. *J. Bacteriol.* **80**. 501—507. 1960.
- [31] *Melioracija szoloncov v SzSzsR.* Izd. Akademii Nauk, Moszkva. 1953.
- [32] MERCER, W. A., & VAUGHN, R. H.: The characteristics of some thermophilic tartarate-fermenting anaerobes. *J. Bacteriol.* **62**. 27—36. 1951.
- [33] MILLET, J.: Degradation anaerobie du pyruvate par une extrait enzymatique de *Desulfovibrio desulfuricans*. *C. R. Acad. Sci.* **240**. 253—255. 1954.
- [34] PECK, H. D.: Symposium on metabolism of inorganic compounds V. Comparative metabolism of inorganic sulphur compounds. *Bact. Rev.* **26**. 67—89. 1962.
- [35] POSTGATE, J. R.: A diagnostic reaction of *Desulfovibrio desulfuricans*. *Nature.* **183**. 481—482. 1957.
- [36] POSTGATE, J. R.: On the nutrition of *Desulfovibrio desulfuricans*, a correction. *J. gen. Microbiol.* **9**. 440—443. 1953.
- [37] POSTGATE, J. R.: Cytochrom  $c_2$  and desulphoviridin pigments of the anaerob *Desulfovibrio desulfuricans*. *J. gen. Microbiol.* **14**. 545—572. 1956.
- [38] POSTGATE, J. R.: Sulphate reduction by bacteria. *Ann. Rev. Microbiol.* **13**. 505. 1959.
- [39] PÜROKOSKI, P.: Raunikkoseudun Rikkipitoisista Maista Maatalouden tutkinuskuskuks. *Maantutkimuslaitos Agrogeologia Julkaisuja* **74**. 7—24. 1959.
- [40] QUISPEL, G. V., HAREMSEN, G. W., & OTZEN, D.: Contribution to the chemical and bacteriological oxidation of pyrit in soil. *Plant and Soil.* **4**. 43—55. 1952.
- [41] RIPPPEL—BALDES, A.: *Grundriss der Mikrobiologie.* Springer. Berlin. 1952.
- [42] SISLER, F. D., & Zo BELL, C. E.: Nitrogen fixation by sulfate-reducing bacteria indicated by nitrogen/argon ratios. *Science.* **113**. 511—512. 1951.
- [43] SADANA, J., & C. MOREY, A. V.: Microbiological production of sulfid from gypsum. *Jour. Sci. and Indust. Res.* **21**. 124—127. 1962.
- [44] STEFANOVITS, P.: Talajok szabad alumínium és vas tartalmának meghatározása komplexonnal. *Agrokémia és Talajtan.* **4**. 265—272. 1955.
- [45] STEVENSON, F. J.: Isolation and identification of some amino compounds in soil. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* **20**. 201—208. 1956.
- [46] SZABOLCS, I., MÁTÉ, F., MOLNÁR, F., & KOCH, I.-né: Szikesedési folyamatok vizsgálata modellkísérletben. *Agrokémia és Talajtan.* **5**. 297—304. 1956.



- [47] SZABOLCS, I.: A vízrendezések és öntözések hatása a tiszántúli talajképződési folyamatokra. Akadémiai Kiadó. Budapest. 1961.
- [48] SZABOLCS, I.: Vízoldható sók felhalmozódása finnországi talajokban. *Agrokémia és Talajtan* **11**. 295—310. 1962.
- [49] TOMLINSON, T. E.: Changes in a sulphid-containing mangrove soil on drying and their effect upon the suitability of the soil for the growth of rice. *Em. J. Exp. Agric.* **25**. 108—118. 1957.
- [50] TSUBOTA, G.: Phosphate reduction in the paddy fields. *Soil and Plant Food*. **5**. 10—15. 1959.
- [51] VÁMOS, R.: H<sub>2</sub>S the cause of the bruzone (akiochi) disease of rice. *Soil and Plant Food* **4**. 37—40. 1958.
- [52] VÁMOS, R.: A kénhidrogén képződésének akadályozása az elárasztott talajokban. *Agrokémia és Talajtan*. **8**. 321—330. 1959.
- [53] VERNER, A. R. & ORLOVSKIJ, N. V.: O roli szulfátreducirujesih bakterii v szolevom rezsimе pocsv Barabii. *Pocsvovedenie*. 553—556. 1948.
- [54] WILLIAMS, C. H. & STEINBERGS, A.: The evaluation of plant-available sulphur in soils. I. The chemical nature of sulphate in some Australian soils. *Plant and Soil* **17**. 279—294. 1962.
- [55] WILSON, L. G.: Metabolism of sulfate: Sulfate reduction. *Ann. Rev. Plant Physiol.* **13**. 201—221. 1962.
- [56] WIKLANDER, L., HALLGREN, G. & Studies on gyttja soils. I. Distribution of different sulfur and phosphorus forms and of iron, manganese, and calcium carbonate in a profile from Kungsängen. *The Ann. Roy. Agric. Coll. Sweden*. **16**. 811—827. 1949.
- [57] WINKLER, L., HALLGREN, G. & JONSSON, E.: Studies on gyttja soils. III. Rate of sulfur oxidation. *Ann. Roy. Agric. Coll. Sweden*. **17**. 425—440. 1950.
- [58] Zo BELL, C. E.: Sulfate reducing bacteria and the secondary recovery of oil. *Symposium St. Bonaventure Univ. St. Bonaventur N. Y.* 1958.