

A *Thiobacillus ferrooxidans*, mint potenciális környezetszennyező

BÁNHEGYI ISTVÁN és KECSKÉS MIHÁLY

MTA Geokémiai Kutatólaboratóriuma
és MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézete, Budapest

A bio-hidrometallurgiában leggyakrabban alkalmazott kemolitotróf kénbaktérium, a *Thiobacillus ferrooxidans* ipari alkalmazhatósága és jelentősége ismeretes [7]. Jelen közleményben e mikroorganizmus teresztris és vízi ökoszisztémákban vitt szerepét és tevékenységét szeretnénk környezetvédelmi-ökológiai szempontok szerint mérlegelni, bemutatni. Így elsősorban ércbányákkal, szénbányákkal és meddőhányóikkal, továbbá a kénbányákkal kapcsolatos mikrobiális eredetű környezetszennyezésre utalunk.

A szénbányák és ércbányák savas bányavizének pH-értéke gyakran 4 alatt van, és nagy mennyiségű oldott szulfát- és vasiont tartalmaz. A bányavizek cink-, réz-, nikkell-, alumínium-, néha arzén- és kadmiumion-koncentrációja az élővilágra nézve letális értékig emelkedhet. A bányából származó, mikrobiális tevékenységből eredő szennyeződések — ha felszíni vizekbe kerülnek — sokszor km-es folyószakaszokon a halak pusztulásához vezetnek; vízi növények, állatok, vízi közösségek pusztulását, új élőlénycsoportok túlzott elszaporodását okozhatják, fajdiverzitás-csökkenést eredményezhetnek [4].

A vízi ökoszisztémákban bekövetkező negatív változások közül a rendkívül savas vizek miatt a teresztris ökoszisztémák is károsodnak: vadállomány pusztul, a hasonállattartásban súlyos problémák jelentkeznek, sőt a víz ipari célokra is alkalmatlanná válik, MACKENTHUN [5] adatai szerint az USA-ban a külszíni szénfejtés következtében kb. 14 ezer hektárnyi víztároló és 8 ezer km-nyi folyószakasz szennyeződött.

A kénbányászat mikrobatevékenység révén is környezetszennyezővé válhat: olyan talajban, melynek a pH-ja 4 alatt van, sok növény már nem nő, és pH 1,5 alatti értéknél a növények növekedésre már egyáltalán nem képesek [3].

A savas bányavizek természetesen jelentős hatást gyakorolnak az adott biotópban élő mikroszervezetekre is. Példa erre az, amikor a savas bányavíz megakadályozza a szennyvíz purifikációját végző mikroszervezet tevékenységét [2]; különösen a protozoa- és algaközösségek szenvednek komoly károsodást, és a tipikus savtűrő mikroorganizmusok jutnak túlsúlyba, fonalas gombák és élesztők kerülnek előtérbe. Általában a ként és vasat oxidáló autotrófok nagyfokú elszaporodása következik be [8].

Vizsgálataink alapján hazai példaként három ércbányánk bányavizének néhány kémiai jellemzőjét mutatjuk be:

Mintavételi hely	Minta jele	pH	Fe (II)	Fe (III)	Cu
			mg/l		
Rudabánya	Ru ₁	8,4	0,05	—	190
	RL ₂	1,5	527	4690	317
Recsk	RL ₃	3,0	73	1000	63
	GyO ₁	2,1	10,7	223	10
Gyöngyösoroszi	GyO ₂	2,5	22,6	255	8

Megfigyelhető elfolyó bányavizeink rendkívül alacsony pH-értéke és néhány esetben magas vasiontartalma. A nehézfémek közül a — mindhárom bányában előforduló — rézion-koncentrációt határoztuk meg. Itt három esetben a megengedett 25 mg/l-es rézion-koncentrációt jóval meghaladó rézionmennyiség kerülhet vizeinkbe.

A *T. ferrooxidans* ökológiai környezetvédelmi szerepét tárgyalva e baktérium pozitív szerepéről is szólnunk kell, nevezetesen arról, amelyet a kén biológiai körfolyamatában, ill. annak lehetőség szerinti szabályozásában játszik. Mint ismeretes, a talajban képződő SO_4^{2-} -ionok ugyanis lényegesen befolyásolják a talaj kémhatását, így végső fokon a termőképességét is.

A fentiek alapján néhány összehasonlító ökofiziológiai vizsgálatot végeztünk a *T. ferrooxidans* jobb megismerése céljából.

Anyag és módszer

Eltérő ökofiziológiai viszonyok közül 7 *T. ferrooxidans* törzset izoláltunk bányaterületekről (Rudabánya Ru_p, Recsk R_p, R_b, Pécs P₁), patakvízből és bányatóból, folyóvizekből (Duna D₁, Tisza, Ti), valamint réti szolonyec talajból Karcag környékéről (K₁).

A *T. ferrooxidans* törzsek kitenyésztése 9 K táptalajon történt [6]. Az oltások dúsított aktív tenyészetekkel történtek, 10%-os koncentrációban. Energiaforrásként Fe(II)-t, elemi ként és $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ -ot használtunk. Az élősejtszámot az oxidációs folyamat során Bürker-kamrában számoltuk. Az eredmények matematikai feldolgozásakor a regresszió-számítást alkalmaztuk. Toxicitási vizsgálatokat végeztünk réz-, cink- és ólomion segítségével, 0,1; 1,0; 10 g/l koncentrációban, vizsgálva az oxidációs folyamat módosulását.

Vizsgálati eredmények

Izolált törzseinket szubsztráthasznosítás alapján hasonlítottuk össze. Konstans paraméterek a következők voltak: 28 °C hőmérséklet, 2,5 pH, 10 napos inkubáció állótenyészetben. Az összes törzs esetében megállapítható, hogy különböző mértékben bár, de hasznosították az energiaforrással szolgáló Fe(II)iont. Határozott különbség mutatható ki a bányaterületekről izolált törzsek és a folyókból, illetve talajból izolált törzsek között. A bányaterületekről származó törzsek kétszer-háromszor aktívabbnak bizonyultak a többinél. A megállapított csökkenő aktivitási sorrend a következő volt: P₁; R_b; Ru_p; R_p; Ti; D₁; K₁.

Az azonos lelőhelyről származó törzsek között is lényeges különbséget tapasztaltunk a szubsztráthasznosítást illetően.

Külön szeretnénk felhívni a figyelmet arra, hogy az izolátumok semleges közegből származnak. Az eddigi irodalmi adatok szerint e baktérium pH 1,4—6 intervallumban képes szaporodni és erősen savas, nagy vastartalmú vizekben fordul elő [1].

A szaporodási sebességek összehasonlítására az élőcsíraszám és az inkubációs idő között logaritmikus összefüggést számoltunk a szaporodás log. szakaszában.

Az iránytangensek értékei szignifikánsan eltérnek egymástól, tehát a — bányaterületről, folyókból és talajból izolált — törzsek szaporodási sebessége a vizsgált körülmények között eltérő. Különösen alacsony értéket tapasztaltunk a talajból izolált törzsek esetében.

A *T. ferrooxidans* a Fe(II)-vegyületeken kívül a ként és kénvegyületeket is képes energiaforrással hasznosítani. A kénoxidáció vizsgálata során a baktériumok aktivitását a tápoldat pH-változásának mérésével követtük. A tápoldat kezdeti pH-ja az oxidációs lépések során képződő H_2SO_4 hatására csökkent. A Waksman-féle, kénport tartalmazó tápoldat esetén — a 30 napos inkubációt követően — a tápoldat pH-ja 5-ről 1,7-re csökkent.

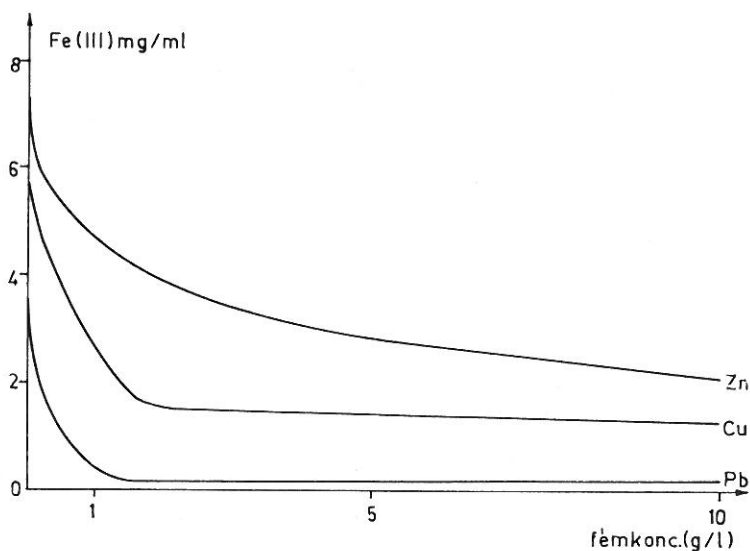
A kénvegyületek közül a Na_2SO_3 és $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ hasznosíthatóságát vizsgáltuk. Megállapítottuk, hogy a Fe(II) -tartalmú táptalajon tartott törzsek képesek oxidálni a kén redukált vegyületeit is. Az oxidáció mértékét a pH-változással követtük. A $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ hasznosíthatóságát elemezve megállapítottuk, hogy a bányaterületről származó törzsek bizonyultak a legaktívabbnak itt is, a pH-t átlagosan 2,5 értékig csökkentették; a folyókból származó két törzs azonosnak tekinthető; a talajból izolált törzs hasznosította legkevésbé a rendelkezésre álló szubsztrátot.

1. táblázat

A *T. ferrooxidans* törzsek log. csíraszámának változása az idő függvényében

Törzsek jelölése	b	r	Sb
Ru_p	0,179	0,94	0,03
R_p	0,128	0,97	0,01
R_b	0,101	0,97	0,01
P_1	0,087	0,91	0,02
Ti	0,041	0,99	0,00
D_1	0,036	0,99	0,00
K_1	0,016	0,99	0,00

b = regressziós egyenes iránytangense
 r = korrelációs együttható
 Sb = a regressziós együttható szórása



1. ábra

P_1 törzs aktivitása különböző fémion-koncentráció mellett

A Fe(II)-oxidáció szempontjából legaktívabbnak bizonyuló P_1 jelzésű törzsön különböző fémek toxikus hatását vizsgálva megállapíthatjuk, hogy a Zn, Cu, és Pb jelenléte különböző mértékben hat az aktivitásra (1. ábra). Az ólom már 1 g/l koncentrációban letális. Kis mértékű Cu jelenléte aktivitásnövekedést eredményez, 5 g/l-es Cu-koncentrációnál aktivitáscsökkenést tapasztalunk. Tendenciájában hasonló a cinkion hatása is.

Összegezve összehasonlító vizsgálataink eredményeit azt a következtetést vonhatjuk le, hogy időszerű lenne a — talajtani-biológiai szempontból eddig kevésbé tanulmányozott — *T. ferrooxidans* és más kénbaktériumok teresztris ökoszisztémákban játszott szerepének intenzívebb vizsgálata.

Végül arra szeretnénk a figyelmet felhívni, hogy a *T. ferrooxidans* — igen jelentős ipari felhasználásán kívül — emberi beavatkozás nélkül, spontán is végzi élettevékenységét, és az elfolyó bányavizeken keresztül szennyezi a környezetet, nemcsak a vízi, de teresztris ökoszisztémákba juttatva a különböző fémeket (U, Cu, Zn, As, Cd stb.), méghozzá nem kívánatos mennyiségekben. Ennek felülvizsgálata is a környezetvédelmi mikrobiológia jövőbeni feladatai közé tartozik.

Irodalom

- [1] BERGEY, D. H. et al.: Manual of determinative bacteriology. The Williams Wilkins Co. Baltimore. 1975.
- [2] CARPENTER, I. V. & HERNDON, L. K.: Cit. in: TORMA, A. E.: The role of *Thiobacillus ferrooxidans* in hydrometallurgical processes. Adv. Biochem. Eng. **6**. 1—37. 1977.
- [3] KRÓL, M., MALISZEVSKA, W. & SIUTA, J.: Biological activity of soils strongly polluted with sulphur. Pol. J. Soil Sci. **5**. 25—33. 1972.
- [4] LACKEY, J. B.: Cit. in: TORMA, A. E.: The role of *Thiobacillus ferrooxidans* in hydrometallurgical processes. Adv. Biochem. Eng. **6**. 1—37. 1977.
- [5] MACKENTHUN, K. M.: The practice of water pollution biology. U.S. Dept. Interior. Washington D.C. 1969.
- [6] SILVERMAN, M. P. & LUNDGREN, D. G.: Studies on the chemoautotrophic iron bacterium *Ferrobacillus ferrooxidans*. I. An improved medium and a harvesting procedure for securing high cell yields. J. Bact. **77**. 642—647. 1959.
- [7] TORMA, A. E., MURR, L. E. & BRIERLY, I. A.: Metallurgical applications of bacterial leaching and related microbiological phenomena. Academic Press. New York—San Francisco—London. 1978.
- [8] TUTTLE, J. H., RANGLES, C. L. & DUGAN, P. R.: Activity of microorganisms in acid mine water. J. Bact. **95**. 1495—1503. 1968.