

A kénhidrogén képződésének akadályozása az elárasztott talajokban

VAMOS REZSŐ

Tudományegyetem Növényélettani Intézet, Szeged

Egyik-másik elárasztott talajban képződő kénhidrogén a rizstermelés szempontjából komoly problémát okoz. A kénhidrogén ugyanis a víz- és tápanyagfelvételt gátolja, sőt a gyökérszövet pusztulását okozhatja [2, 3, 5, 7, 8, 9, 10, 11, 16, 17, 18, 21]. E káros behatásokra fellépő betegség (barnulásos betegség, Brand „bruzone”, „aki-ochi”, „hie-mochi”, stb.) a kedvezőtlen időjárású években, főképpen pedig akkor, amikor kevés a napfény és hűvös az időjárás, jelentékenyen csökkenti a termést. Ilyen volt nálunk pl. az 1949, 1954 és 1955 év. Bár a kénhidrogén az egész vegetációs idő alatt gátolja a rizsnövény fejlődését, a károsítása különösen a generatív fejlődési szakaszban, azaz a szárbaszökéstől kezdődően veszélyes, mert megakadályozhatja a megtermékenyülést és léhák lesznek a bugák. Miután a maghozatal oxigénigényes folyamat, a gyökerekbe irányuló oxigén mennyisége tetemesen lecsökken [1], ezért a bugahányás ideje a rizs érzékeny fejlődési szakasza. Kedvező időjárás mellett az intenzív szintetikus folyamatok által képződött oxigén elégséges a kénhidrogén hatástalanításához. Ilyen években (1950, 1951, 1952, 1956, 1957, 1958) a még betegségre hajlamosnak ismert rizstelepen is elmaradt a betegség, sőt éppen a betegségre hajlamosító talajok magas termésátlagokkal tűntek ki.

Kedvezőtlen időjárás, főképpen kevés napfény mellett a rizsnövény szárbaszökés után képtelen a gyökérszónában képződő kénhidrogén leküzdésére. Ezért a kénhidrogén károsításának kikapcsolásával a rizstermés kockázatát nagymértékben csökkenthetjük.

A védekezésnek jelenleg két járható útja van:

- a) ellenálló rizsfajták beszerzése, esetleg nemesítése. E rizsfajták gyökérszete erős oxidáló képességgel rendelkezik [6] és feltehetően kevés a fény és meleg igényük.
- b) a kénhidrogén képződésének akadályozása.

A kénhidrogén képződésének akadályozására kísérleteket végeztünk, amelyeknek eredményeiről az alábbiakban számolunk be.

Anyag és módszer

A laboratóriumi kísérletekhez rétiagyag, (Vajhát, Szarvas) mésztelen feltalajú szikes (Kopáncs), meszes-szikes (Soltsszentimre) talajokat és ún. sárga földet (Dévaványa), azonkívül különböző nitrogén műtrágyákat, és pedig kénsavas ammóniát, pétsót (ammóniumnitrát), kalciumnitrátot, szintetikus és természetes csilei kálium- és nátriumnitrátot használtunk.

A szulfátredukcióhoz szükséges hidrogénforrást a talajrétegek közé helyezett 1,5–4,0 g mennyiségű gypot erjedésével biztosítottuk.

1. táblázat

A talajok alapvizsgálatai adatai

(1) Talaj neve és mélysége cm	pH		(2) Hidro- litos aciditás (Y ₁)	(3) Lúgos- ság mint szóda	(4) Összes só %	CaCO ₃ %	(5) Kötött- ségi szám	
	H ₂ O	KCl						
A) Meszes-szikes (Soltszentimre)	0—20	8,8	—	—	0,14	0,23	14,2	43
B) Réti agyag (Vajhát)	0—20	6,5	5,5	10,4	—	0,12	—	64
C) Mészszegény szikes (Kopáncs)	0—20	6,6	5,4	7,2	—	0,14	—	49
D) Sárga föld (Dévaványa) ..	100—150	8,4	—	—	0,04	0,24	10,7	53

A laboratóriumi vizsgálatokat Ballenegger Talajvizsgálatai módszerkönyve és az Erdey-féle analitikai tankönyvek nyomán végeztük.

A kísérletekhez használt talajok alapvizsgálatának eredményeit az 1. táblázat mutatja.

Kísérleti rész

A betegség leküzdésére végzett eddigi kísérleteink, mint pl. lecsapolás, meszezés, sárgaföld-terítés, égetett mész és vörösiszapos kezelések bár mutattak bizonyos mérvű kedvező hatást, az eredmény nem volt kielégítő. Szükséges volt más hatékonyabb védekező eljárás kidolgozása. E kísérletek tapasztalataiból azonban levonhattuk azt a tanulságot, hogy eredmény inkább a kénhidrogén képződésének megakadályozásával, vagy a képződő H₂S eloxidálásával, mint annak megkötésével érhető el.

A kénhidrogén hatástalanításának egyik lehetőségére az alábbi megfigyelések vezettek.

1955-ben a hazai rizstermesztés eddig legsikertelenebb évében, amikor a barnulásos betegség legnagyobb károsítását okozta, nitrogén műtrágyák túladagolásával kívántuk a betegséget kísérletképpen kiváltani. E kísérletekhez kénsavas ammóniát és pétisót (ammóniumnitrát) használtunk. A kénsavas ammóniával a betegség kiváltása minden esetben sikerrel járt, míg a pétisó esetében nem. A szárbaszökéskor 2 q/kat. hold mennyiségben alkalmazott pétisó nem okozott barnulásos betegséget, hanem elősegítette a magképződést annak ellenére, hogy a levelek *Piricularia gomba* foltosak lettek. Ezeket a kísérleteket a Kopáncsi és Tiszasülyi Á. G.-ban végeztük. A Tiszasülyi Á. G.-ban végzett kísérletsorozatban pl. csak azok a parcellák hoztak termést, amelyeken pétisóval történt fejtrágyázásokkal akartuk elérni a barnulásos betegség megjelenését, ami a többi parcellán közel 100%-os kárt okozott.

Azonkívül érdekesen mutatkozott ugyanabban a táblában szárbainguláskor elhelyezett azonos súlyú (25—50 dkg) kénsavas ammónia és pétisó darabok hatása. Szembetűnt, hogy kénsavas ammónia elősegíti, a pétisó visszatartja a barnulásos betegséget.

A következő években, 1956-, 1957-, 1958-ban, amikor a vegetációs időszak alatt sok volt a napfény, a betegség csak ott jelentkezett, ahol bőséges nitrogén alaptrágyázás

és a talaj tömörsége horizontális gyökérfejlődést okozott. Ilyen körülmények között a gyökérzet teljesen ki volt téve a felszíni iszaprétegben képződő kénhidrogén károsító hatásának (Ökröstó 1957. Gencshát 1958.). Ugyanakkor a kénsavas ammóniával történt fejtrágyázás nagyobb mennyiségben (3—4 q/kat. hold) sem károsított, hanem jelentékenyen megnövelte a termést.

Vizsgálataink során megállapítottuk azt is, hogy a kénhidrogén (vasszulfid) az árasztás után csak akkor képződik, amikor a nitrát már teljesen eltűnt a talajból. Pálfi [12] az árasztott művelési rizs nedvében a szárbahajtás után $\text{NO}_3\text{—N}$ -t nem talált. E megfigyelések és vizsgálati eredmények alapján a kénhidrogénképződés megakadályozására különböző nitráttartalmú műtrágyákkal laboratóriumi kísérleteket végeztünk.

E kísérletek első sorozatát henger alakú üvegbetétes alumínium edényekben végeztük. A talajokból a még el nem bomlott szervesanyagot eltávolítottuk, légszáraz állapotban megőröltük és 1 mm-es szitán átszitáltuk. Az anyagból nedves agyagkorongokat készítettünk, amelyek közé másfél g gyapotot helyeztünk. A gyapotot különböző szulfát, nitrát és szulfát-nitrát oldatokkal itattuk át. Ezután az edényeket lezártuk és 28 C°-os termosztátba helyeztük.



1. ábra

Rétiagyag talajminták. a) inkubálás után szulfidképződéssel. b) inkubálás előtt.

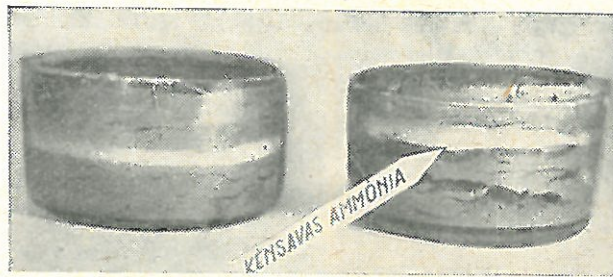
1. sz. kísérlet. A rétiagyag, mésztelen feltalajú szikes és meszes-szikes talajt gyapotos kezelés nélkül vízzel telített állapotban vizsgálati dobozokba helyeztük. A beállítást követő 14 napon egy-egy doboz szulfidtartalmát meghatároztuk. A mintákban szulfid csak a réti és mésztelen feltalajú szikes talajban nyomokban, illetve csak nagyon kis mennyiségben fordult elő. A meszes-szikes talajban pedig teljesen hiányzott.

2. sz. kísérlet. A cellulózeerjedés és a szulfátredukció kapcsolatának kimutatására a második sorozatban 4 dobozba rétiagyag, 2—2 dobozban mésztelen feltalajú szikes és meszes-szikes talajt tettünk, a korongok közé helyezett, 1,5 g gyapottal. Ebből 2 db rétiagyagtartalmú dobozt a beállítás után autoklávban sterilizáltunk. Majd mind a nyolc dobozt termosztátba helyeztük. 14 nap után megállapítottuk, hogy a rétiagyagot és a mésztelen feltalajú szikes talajt tartalmazó dobozokban a gyapot és a vele érintkező talajréteg a képződött vasszulfidtól megfeketedett. Kétségtelen, hogy ott a talaj vasvegyületeivel reakcióba lépő H_2S képződött (1. ábra). A sterilizált rétiagyag és a meszes-szikes talaj ezt nem mutatta.

3. sz. kísérlet. Ebben a kísérletben a szulfátredukció fokozása érdekében mindegyik talajmintából 2 edényben a gyapottal 30 mg $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, 2 edényben pedig 30 mg Na_2SO_4 -t itattunk fel. E kísérletben megállapítottuk, hogy a kénsavas ammónia növelte a szulfidképződést. A meszes-szikes talajmintákban a szulfidképződés ismét elmaradt, bár a cellulózbontás, a vajsav baktériumok nagy száma és a gázképződés azt mutatta, hogy az $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ elősegíti a cellulóze erjedését (2. ábra).

4. sz. kísérlet. A további kísérleteket csak rétiagyag talajokkal végeztük. E kísérletek során 2—2 edénybe 30 mg $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, 30 mg NH_4NO_3 , 30 mg KNO_3 , 30 mg $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ juttattunk. A kísérlet végén megállapítottuk, hogy csak a kénsavas ammóniával kezelt gyapot feketedett meg, míg a nitrátokkal kezelt valamennyi dobozban a gyapot fehér színű maradt, szulfid nem képződött.

5. sz. kísérlet. Annak tisztázására, hogy a nitrátos kezelés képes-e a H_2S képződést visszatartani akkor, ha nagyobb mennyiségű $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ van jelen, a következő kísér-



2. ábra

Meszes-szikes talajban nem képződik vasszulfid. a) eredeti talaj kezelés nélkül, b) $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ -es kezelés elősegíti a gázfejlődést

leteket állítottuk be. 8 dobozba 80 mg $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ felitátása után 2 dobozba még 30 mg KNO_3 -at, 2 dobozba 30 mg $(\text{NH}_4)\text{NO}_3$, 2 dobozba csilei nátriumnitrátot adtunk. Az eredmény nem változott, mert a nitrátos kezelésben részesült dobozokban a H_2S képződése ismét elmaradt.

A kísérletek eredményeit a 2. táblázat foglalja össze.

A további kísérleteket üvegcádákban végeztük. E kísérletek beállításának módja az előbbiekből csupán abban különbözött, hogy az üvegcádákba helyezett talajrétegeket 2,5—3 cm-es vízréteg borította. Ebben a sorozatban is megállapítottuk, hogy a meszes-szikes talajban nem képződik kénhidrogén.

A betegségre hajlamosnak ismert mésztelen rétiagyag és mésztelen feltalaju szikes talajokkal végzett kísérletekkel a redukálódott réteg fölé helyezett ólomacetát papírral megállapítottuk, hogy a vasszulfidból molekuláris kénhidrogén szabadul fel. Megállapítottuk azt is, hogy a sárgaföldterítés közvetlenül nem gátolhatja a kénhidrogén képződést, ugyanis a sárgafölddel végzett kísérlet esetében is képződött vasszulfid.

A kísérletek más sorozatában a már redukálódott vasszulfidtartalmú rétegben az üvegcádának egyik rövidebb oldala mentén 0,3—0,3 g mennyiségű pétisót vagy csilei kálium- vagy nátriumnitrátot helyeztünk. E vegyületek oxidáló hatására a gyapotréteg kifehéredett, a vasszulfid fokozatosan visszaszorult, majd eltűnt (3. ábra). Ez az állapot azonban mindössze nyolc napig tartott, majd a nitrát elfogyása után az egész gyapotos réteg ismét redukálódott és fekete színű lett. Ismét más kísérletekben a rizstáblákon végzett lecsapolást utánozva a vízréteget a kádakból eltávolítottuk

2. táblázat

Kísérleti eredmények

(1) Kísérlet- sorozat	(2) Talaj	(3) Kezelés	S-- mg/100 g	
1.	B) Réti agyag	Gyapot nélkül	0,58	0,8
	C) Mészszegény szikes	Gyapot nélkül	nyomokban	
	A) Meszes-szikes	Gyapot nélkül	nincs	
2.	B) Réti agyag	Gyapot	11,2	13,0
	B) Réti agyag	Gyapot sterilizálás	nincs	
	C) Mészszegény szikes	Gyapot	7,2	5,8
	A) Meszes-szikes	Gyapot	nincs	
3.	B) Réti agyag	Gyapot + 30 mg $(NH_4)_2SO_4$	20,2	16,7
	B) Réti agyag	Gyapot + 30 mg Na_2SO_4	8,8	—
	A) Meszes-szikes	Gyapot + 30 mg $(NH_4)_2SO_4$	nincs	
	A) Meszes-szikes	Gyapot + 30 mg Na_2SO_4	nincs	
4.	B) Réti agyag	Gyapot + 30 mg $(NH_4)_2SO_4$	20,2	16,7
	B) Réti agyag	Gyapot + 30 mg NH_4NO_3	nincs	
	B) Réti agyag	Gyapot + 30 mg KNO_3	nincs	
	B) Réti agyag	Gyapot + 30 mg $Ca(NO_3)_2$	nincs	
5.	B) Réti agyag	Gyapot + 80 mg $(NH_4)_2SO_4$	26,4	19,8
	B) Réti agyag	Gyapot + 80 mg $(NH_4)_2SO_4$		
		Gyapot + 30 mg KNO_3 + 80 mg $(NH_4)_2SO_4$	nincs	
	B) Réti agyag	Gyapot + 30 mg KNO_3 + 80 mg $(NH_4)_2SO_4$		
	B) Réti agyag	Gyapot + 30 mg NH_4NO_3 + 80 mg $(NH_4)_2SO_4$	nincs	
	B) Réti agyag	Gyapot + 30 mg NH_4NO_3 + 80 mg $(NH_4)_2SO_4$		
		Gyapot + 30 mg csilei $NaNO_3$ + 80 mg $(NH_4)_2SO_4$	nincs	
		Gyapot + 30 mg csilei $NaNO_3$ + 80 mg $(NH_4)_2SO_4$		

és a talajt szikkadni hagytuk. Négy nap eltelte után a már vasszulfidtól fekete réteg ebben az esetben is fehér színű lett, mert a vasszulfid eltűnt. A vízborítás visszaállítása után a redukció már gyorsabban ment végbe, mint az első alkalomkor.

Megbeszélés

Chandnani [4], Zaliki [20], Rao, Bavappa és Row [13], Mikelsen és Finrock [7], összehasonlították a kénsavas ammónia és különböző nitrát műtrágyák hatását. Wahhab és Bhatti [19] többéves kísérleteik alapján szintén megállapítják, hogy az ammóniumsulfát alkalmazásával magasabb termés-

átlagok érhetőek el, mint nitrátnitrogénnel, de ugyanakkor megállapítják a bugahányáskor alkalmazott $\text{NO}_3\text{—N}$ kedvező hatását.

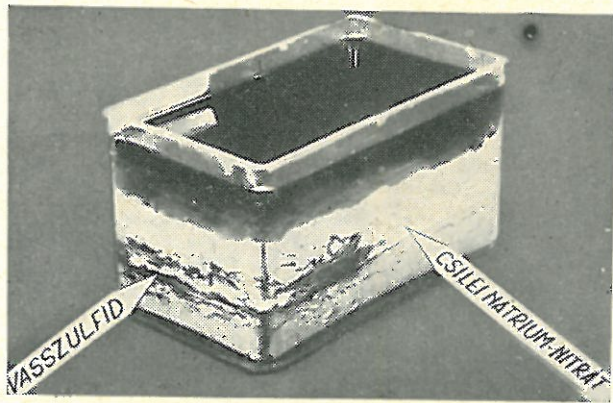
A fenti eredményekből az alábbiakat állapíthatjuk meg.

1. A meszes-szikés talajokban, ahol a barnulásos betegség veszélye nem áll fenn, nem keletkezik kénhidrogén.
2. A szulfátredukció hidrogénképző folyamatok nélkül nem mehet végbe. Szabolcs, Máté és munkatársaik [15] S^{35} -tel végzett kísérleteikben hidrogénforrás nélkül nem kaptak szulfátredukció révén képződött szulfidot. Kísérleteik a fenti megállapításunkat támasztják alá.
3. A szabadföldi lecsapolásokkal a már képződött szulfid oxidálódását segítik elő. Ez a védekezés tehát a kénhidrogén leküzdésének természetes módszere. Péntes Istvántól értesültünk, hogy Koreában borult, hűvös időjárás esetén a rizstáblákról azonnal leeresztik a vizet. Ezt a műveletet ott a telepek fekvése, építése és a bőséges vízellátás mellett mindannyiszor megismételhetik, ahányszor az időjárás alakulása azt megkívánja.
4. A nitráttartalmú műtrágyák alkalmazásával a kénhidrogént hatástalaníthatjuk, mert a nitrátionok mind a H_2S -t, mind pedig a vasszulfidot oxidálják.
5. A nitrátionok jelenléte már önmagában is akadályozza a szulfátredukciót. Ugyanis a cellulózerjedés eredményeképpen képződő atomos hidrogénnel a nitrátionok reakcióba lépnek és redukálódnak.



Ez a redukzív folyamat elvonja a szulfátredukáló baktériumok hidrogénforrását.

6. Eme kémiai redukció mellett a talajban mikrobiológiai nitrátredukció is folyik. Ebben a folyamatban sok ammonifikáló baktérium részt vesz, amelynek eredménye-



3. ábra

A redukálódott rétegbe helyezett csilei nátriumnitrát a szulfidot oxidálja.

képpen nitrit is képződik. Ennek jelenléte mérgezően hat az autotrof szulfát redukálókra (*Desulfovibrio desulfuricans* [14]). A nitrátionok jelenlétét a gyapotból kisajtolta vízből ismételtén kimutattuk.

7. A szárbaszökés után alkalmazott nitrát fejtrágyázással nem a növény nitrogéntáplálását fokozzuk, nem a rizs feltételezett „nitrogén-éhségét” kívánjuk leküzdeni,

- [7] *Mikkelsen, D. S. & Finrock, D. C.*: Availability of ammoniacal nitrogen to lowland rice as influenced by fertilizer placement. *Agron. J.* 49. 296—300. 1957.
- [8] *Mitsui, S., Aso, S., Kumarawa, K. & Ishiura, T.*: The nutrient uptake of rice plant influenced by hydrogen sulfide and butyric acid abundantly evolving under waterlogged soil condition. *Trans. fifth int. Congr. Soil Sci.* 2. 364—368. 1954.
- [9] *Natarajan, C. P., Rao, S. T. & Mariakulandi, A.*: Note on the liberation of hydrogen sulphide in submerged soils. *Madras Agric. J.* 44. 1957.
- [10] *Okajima, H. & Takagi, S.*: Physiological behavior of hydrogen sulfide in the rice plant. Effect of hydrogen sulfide on the absorption of nutrients. *Sci. Rep. Res. Inst. Tohoku Univ.* 21—31. 1953.
- [11] *Okajima, H. & Takagi, S.*: Effect of hydrogen sulfide on the content of nutrients in the rice plant. *Sci. Rep. Res. Inst. Tohoku Univ.* 89—99. 1955.
- [12] *Pálfi, G.*: Száraz és ársztott művelésű rizs ásványi táplálkozásának vizsgálata. *Agrokémia és Talajtan.* 8. 243—250. 1959.
- [13] *Rao, K. B., Bavappa, K. V. A. & Row, K. H.*: Relative merits of Chilean nitrate and ammonium sulphate as manure for rice in South Kanara. *Madras Agric. J.* 45. 169—175. 1958.
- [14] *Rubencsik, L.*: Szulfatreducirujuscie bakterii. *Izd. A. N. SSSR. Moszkva.* 1947.
- [15] *Szabolcs, I., Máté, F., Molnár F. & Koch, L-né*: Szikesedési folyamatok vizsgálata modell-kísérletekben. *Agrokémia és Talajtan.* 5. 297—306. 1956.
- [16] *Takai, Y., Koyama, T. & Kamura, T.*: Microbial metabolism in reduction process of paddy soils. Part. 1. *Soil and Plant Food.* 2. 63. 1956.
- [17] *Vámos, R.*: Az időjárás és a rizs barnulásos betegségének kapcsolata. *Időjárás.* 58. 273. 1954.
- [18] *Vámos, R.*: H₂S, the cause of the bruzone (akiochi) disease of rice. *Soil and Plant Food.* 4. 37—40. 1958.
- [19] *Wahhab, A. & Bhatti, M. H.*: Effect of various sources of nitrogen on rice paddy yield. *Agron. J.* 49. 114—116. 1957.
- [20] *Zaliki, Th.*: La fumure azotée du riz: azote ammoniacal et azote nitrique. *Information. Nitrate Corp. of Chile Limited.* 32. 4. 1958.
- [21] *Zsoldos, F.*: Changes in the free amino acid of rice seedlings induced by low temperature and H₂S. *Current Science.* 28. 123—124. 1959.
- [22] *Zsoldos, F.*: Untersuchungen über die Entgiftungsprozesse des Ammoniaks bei Reispflanzen. *Acta Biol. Szeged.* 4. 59—63. 1958.

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ СЕРОВОДОРОДА НА ЗАТОПЛЯЕМЫХ ПЛОЩАДЯХ

Р. Вámos

Кафедра Физиологии растений Университета Естественных Наук, Сегед (Венгрия)

Резюме

Сероводород, образующийся в некоторых почвах, находящихся под затоплением, препятствует поглощению рисом ионов и питательных веществ и может вызвать гибель корней. Появляющаяся в результате этих условий болезнь — побурение риса (browning disease, Brand „bruzonné”, „Hieimoschi”, „aki-ochi”) особенно в годы с неблагоприятными метеорологическими условиями, когда мало солнечных дней, значительно снижает урожайность. Такими годами в Венгрии были годы 1949, 1954, 1955. Фаза генеративного развития растения риса является чувствительным периодом его жизни, потому что в это время количество транспортируемого в корни кислорода значительно снижается. Теряется возможность естественной защиты растений. При благоприятных погодных условиях, кислорода, образовавшегося в результате интенсивного протекания синтетических процессов, достаточно для обезвреживания сероводорода, сероводород образуется в основном за счет восстановления серы. Бактерии, производящие восстановление серы используют как источник энергии водород, образующийся при целлюлозном брожении. Нам установлено, что в тех почвах, где корни растений не повреждаются не наблюдается и образования вредного молекулярного H₂S.

Опыты по связыванию сероводорода не дали надлежащих результатов. В полевых опытах мы обратили внимание так же на то, что внесение азотосодержащих удобрений после стеблевания дало положительный эффект. Поэтому мы попытались вести борьбу с сероводородом путем внесения азотосодержащих минеральных удобрений как

ПЭТИШО (нитрат аммония), синтетического и природного чилийского нитрата К и Na и нитрата кальция.

Лабораторные исследования мы проводили в первую очередь с почвами на которых в предыдущие годы неоднократно наблюдалось повреждение растений H_2S . Из этих почв вырезались пластинки, между ними помещали 1,5—4 г. хлопка, пропитанного разными количествами растворов сульфата и сульфата с нитратом. После 14-дневной инкубации при температуре $28^\circ C$ в контрольных и подвергнутых обработке сульфатом сосудах образовалось от 8,8—26 мг/100 г сульфида, в то время как в вариантах обработанных совместно сульфатом и нитратом сульфида сероводорода не образовалось.

Из опытов можно сделать следующие выводы:

1. На известковых засоленных почвах, где нет опасности появления болезни побурения риса, сероводород не образуется.

2. Восстановление сульфатов может протекать лишь при наличии процесса выделения водорода. Сабольч, Матэ и сотрудники [15] в своих опытах с S^{35} без источника водорода не получали сульфидов за счет восстановления сульфатов.

3. Спуском воды в полевых условиях способствуют окислению уже образовавшегося сульфида. Таким образом это является естественным способом борьбы с сероводородом.

4. Применением минеральных нитрато-содержащих удобрений мы обезвреживаем сероводород, так как ионы нитрата окисляют как H_2S , так и сульфид железа.

5. Наличие нитратных ионов уже само по себе препятствует восстановлению сульфатов, так как атомный водород образующийся при целлюлозном брожении вступает в реакцию с ионами нитратов и восстанавливает их.

Этот восстановительный процесс оттягивает источник водорода для сульфата-восстанавливающих бактерий.

Азотной подкормкой после стеблевания мы улучшаем азотом не питание растений, а изменение условий в которых протекают процессы восстановления, пытаемся улучшить условия снабжения корней растений кислородом.

Полевые опыты по этим вопросам проводятся, но результаты этих опытов убедительными будут лишь в том случае, если в год их проведения, вследствие неблагоприятных погодных условий, болезнь побурения риса будет наблюдаться и в естественных условиях. Применение указанного выше способа борьбы с заболеванием в полевых условиях создало бы условия для его производственной оценки, а также и установления норм применения минеральных нитратных удобрений.

Таблица 1. Данные анализа почв. (1) Тип почвы и глубина: А) Известковая-засоленная, В) Луговая глинистая, С) Засоленная бедная известью, Д) желтая земля, (2) Гидролитическая кислотность, (3) Щелочность как сода. (4) Всего солей %. (5) Коэффициент связности.

Таблица 2. Результаты опытов. (1) Повторность опыта. (2) Тип почвы (А—Д см табл. 1). (3) Вариант.

Рис. 1. Образцы луговой глины а) после инкубации с образованием сульфидов, в) перед инкубацией.

Рис. 2. В известково — засоленной почве не образуется сульфид железа. а) Исходная почва без обработки. в) обработка $(NH_4)_2SO_4$ — способствует выделению газа.

Рис. 3. Помещенный в восстановленный слой чилийский нитрат натрия окисляет сульфид.

Verhütung der Schwefelwasserstoff-Bildung überfluteten Böden

R. VAMOS

Institut für Pflanzenphysiologie der Universität, Szeged
(Ungarn)

Zusammenfassung

Schwefelwasserstoff, der manchmal in überfluteten Böden entsteht, hemmt die Ion- und Nährstoffaufnahme des Reises und kann zur Vernichtung des Wurzelwerkes führen. Durch diese schädlichen Wirkungen bedingt tritt die Bräunekrankheit auf (browning disease, Brand, »Bruzzone«, »Hieim-ochi«, »Aki-ochi«) die bei ungünstigem Witterungsverlauf, besonders bei zu wenig Sonnenschein einen erheblichen Ertragsverlust herbeiführen kann. In Ungarn war dies in den Jahren 1949, 1954 und 1955 der Fall. Die generative Entwicklungsphase des Reises ist deshalb ein kritisches

Entwicklungsstadium, weil eben zu dieser Zeit eine wesentlich verringerte Sauerstoffmenge in die Wurzeln transportiert wird. Damit ist die Möglichkeit der natürlichen Schutzmassnahme unterbunden. Bei günstiger Witterung wird nämlich infolge der intensiven synthetischen Prozesse eine Sauerstoffmenge gebildet, die zur Niederkämpfung des Schwefelwasserstoffes schon ausreicht. Die an der Sulfatreduktion beteiligten Bakterien nützen als Energiequelle den bei der Zellulosevergärung entstehenden Wasserstoff. Es wurde festgestellt, dass in den Böden, wo keine Schädigung der Pflanzenwurzeln zu verzeichnen ist, kein schädlicher, molekularer H_2S entsteht.

Versuche zur Bindung des Schwefelwasserstoffes haben nicht zu den geeigneten Erfolgen geführt. In Feldversuchen war aber die günstige Wirkung der Behandlung mit nitrathaltigen Mineraldünger nach der generativen Wuchsperiode recht bemerkenswert. Auf Grund dieses Hinweises wurde die Ausgleichung der Schwefelwasserstoff-Wirkung mit nitrat-haltigen Mineraldüngern, Pétió (Ammonium-Nitrat), mit synthetischem und natürlichen Chile-K- und Na-Nitrat, schliesslich auch mit Calcium-Nitrat versucht.

Die Laborprüfungen wurden hauptsächlich an solchen Bodenproben durchgeführt, in deren Herkunftsort eine H_2S -Schädigung des Pflanzenbestandes in vorangehenden Jahren wiederholt zu verzeichnen war. Zwischen angefeuchtete Bodenschichten wurde jeweils 1,5—4 g Baumwolle gelegt, die mit verschiedenen Mengen von Sulfat und Sulfat + Nitrat-Lösungen durchtränkt wurden. Nach 14-tägiger Inkubation bei 28 °C hat sich bei der Kontrolle und der Sulfat-Behandlung 8,8—26 mg/100 g Sulfid gebildet, während bei der Sulfat + Nitrat-Behandlung die Schwefelwasserstoff- und die Sulfid-Bildung unterblieb.

Aus den erhaltenen Ergebnissen wurden nachstehende Folgerungen gezogen:

1. Auf kalkhaltigen Szikböden, wo die Bräunekrankheit die Pflanzenbestände nicht gefährdet, ist auch keine Schwefelwasserstoff-Bildung zu verzeichnen.

2. Ohne wasserstoffbildende Prozesse kann die Sulfatreduktion nicht vor sich gehen. Szabolcs, Mátyé und Mitarbeiter (15) haben in ihren, mit S^{35} geführten Versuchen ohne Wasserstoffquelle keine, durch Sulfatreduktion bedingte Sulfidbildung feststellen können.

3. Mit der Entwässerung der Felder wird die Oxidierung des Sulfides beschleunigt. Dieses Vorgehen ist daher als natürliche Schutzmassnahme gegen den Schwefelwasserstoff anzusehen.

4. Durch Behandlung mit nitrathaltigen Mineraldüngern kann die Wirkung des Schwefelwasserstoffes aufgehoben werden, da die Nitrat-Ione sowohl beim H_2S , als auch beim Eisensulfid die Oxidation herbeiführen.

5. Schon allein durch die Gegenwart von Nitrat-Ionen wird die Sulfatreduktion gebremst. Zwischen den Nitrat-Ionen und dem als Folge der Zellulose-Vergärung entstehenden Wasserstoff tritt eine Reaktion und damit die Reduktion ein.

Durch diesen reduktiven Prozess wird den sulfatreduzierenden Bakterien die Wasserstoffquelle entzogen.

Durch eine, nach dem Schossen gebotene Nitrat-Kopfdüngung wird nicht eine erhöhte Stickstoffversorgung der Pflanze, sondern durch die Eindämmung der Reduktionsbedingungen eine bessere Sauerstoffversorgung der Wurzeln angestrebt.

Diesbezügliche Feldversuche sind jetzt im Gange. Die Ergebnisse dieser Versuche können aber nur dann als vollgültig betrachtet werden, wenn zufolge ungünstiger Witterung die Bräunekrankheit während der Versuchsjahre auch unter natürlichen Bedingungen auftritt. Ein natürlicher Krankheitsbefall würde die betriebsmässige Erprobung der hier geschilderten Schutzmassnahme ermöglichen. Auch zur Bestimmung der erforderlichen Nitratdüngermenge sind aus einer praktischen Anwendung erhaltene Hinweise unentbehrlich.

Tabelle 1. Grunddaten der Prüfböden. (1) Bodentyp und Tiefe: A) kalkhaltiger Szik. B) Wiesenboden. C) kalkarmer Szik. D) Gelberde. — (2) Hydrolytische Azidität. (3) Alkalität, in Soda. (4) Gesamtsalze, in %. (5) Bindigkeitsziffer.

Tabelle 2. Versuchsergebnisse. (1) Versuchsserie. (2) Bodentyp (A—D wie in Tabelle 1.). (3) Behandlung.

Abb. 1. Wiesenboden-Bodenproben. a) Nach Inkubation, mit Sulfidbildung. b) Vor Inkubation.

Abb. 2. In kalkhaltigem Szikboden entsteht kein Eisensulfid. a) Originalbodenprobe, ohne Behandlung. b) Behandlung mit $[NH_4]_2SO_4$ fördert die Gasbildung.

Abb. 3. Durch eine Gabe von Chile-Natriumnitrat in die reduzierte Bodenschicht wird die Oxidation des Sulfides herbeigeführt.