

การเกิดซัลไฟด์และผลผลิตของข้าวในดินองครักษ์

Sulfide Formation and Rice Yield in Ongkarak Soil

สมศักดิ์ วังไ, ทศนีย์ อัดตะนันท์ และ อธิจิตต์ ตะเวทกุล

Somsak Vangnai, Tasanee Attanandana and Atigit Taweteekul

ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ABSTRACT

Effects of soil conditions, leaching, liming, presubmergence and silica addition, on yield of rice in Ongkarak soil were investigated at the Rungsit Rice Experiment Station. Results showed that rice yield obtained from the leaching or presubmerged soils were significantly higher than those of the leaching or silica-adding soils. Similar experiment, designed for appropriately taking soil samples for sulfate and sulfide determinations, was performed in the greenhouse. Highest rates and amounts of sulfate reduction and sulfide formation were observed at the sixth week after transplanting, rates and amounts of sulfide formation under leaching and silica adding conditions were very much higher than those of the liming and presubmerged conditions. The lower yield of rice obtained from the leaching and silica-adding soils could be attributed to the inhibitory effect of the sulfide formed under those conditions.

ดินองครักษ์ส่วนใหญ่ใช้ในการทำนา ผลผลิตของข้าวที่ได้มักอยู่ในระดับต่ำ ทั้งนี้เนื่องจากสาเหตุหลายประการ เช่น ความเป็นกรดของดินสูง ความเป็นพิษเนื่องจากอลูมิเนียม (2,10) เหล็กและแมงกานีส (7) โดยเหตุที่ดินนี้มีกำมะถันสะสมอยู่ในปริมาณมาก (1,3) ดังนั้นผลผลิตต่ำจึงอาจเนื่องมาจากความเป็นพิษของกำมะถันด้วย โดยเฉพาะในรูปของซัลเฟต (Sulfate) และซัลไฟด์ (Sulfide)

ซัลไฟด์นั้นถ้าอยู่ในรูปของแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) ในสารละลายดิน สามารถที่จะทำให้เกิดเป็นพิษกับข้าวได้เป็นอย่างมาก แม้จะมีเพียงระดับต่ำ จากการศึกษาของ Mitsui และ Kumazawa (5) พบว่าถ้าซัลไฟด์ในสารละลายดินมีความเข้มข้น 0.17 ppm และ 2 ppm ซึ่งปรากฏอยู่นาน 90 และ 48 ชั่วโมงตามลำดับ ก็จะก่อให้เกิดความเป็นพิษต่อข้าวได้ สำหรับความเป็นพิษที่เกิดขึ้นนั้นเชื่อกันว่า ซัลไฟด์เข้า

ไปในรากและต้นข้าวแล้วทำให้ขบวนการทางชีวเคมีบางอย่างหยุดชะงักหรือเกิดได้ไม่เต็มที่ (9) นอกจากนี้ซัลไฟด์ที่อยู่ในบริเวณรอบรากพืชอาจแก่งแย่งออกซิเจนจากรากพืช ทำให้อัตราการหายใจของข้าวลดลงหรือหยุดชะงักได้ (6) และเนื่องจากอิทธิพลของซัลไฟด์ ดังกล่าวนี้นี้ จะทำให้ข้าวไม่สามารถดูดธาตุอาหารบางชนิดใช้ได้ตามปกติ ซึ่งในที่สุดจะทำให้ข้าวเกิดอาการที่เรียกว่า อะกิโอะชิ (Akiochi) และเกิดโรคจุดสีน้ำตาล เป็นผลทำให้ข้าวเจริญไม่ดีและให้ผลผลิตต่ำ

การเกิดซัลไฟด์ในดินองครักษ์นั้น โดยทั่วไปเกิดขึ้นในอัตราที่ค่อนข้างรุนแรง โดยกิจกรรมของจุลินทรีย์จำพวก *Desulfovibrio* (6) และถูกควบคุมด้วยปัจจัยหลายอย่างด้วยกัน เช่น ปริมาณของซัลเฟต ปริมาณและชนิดของอินทรีย์วัตถุ ความเป็นกรดเป็นด่าง ระยะเวลาที่ดินถูกน้ำขัง และสมบัติทางชีวเคมี

อื่นๆ ของดิน การศึกษานี้มีจุดประสงค์ที่จะหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณและอัตราการเกิดซัลไฟด์ในดินของครกซ์ที่ได้รับการปรับสภาพบางประการ กับผลผลิตของข้าวที่ปลูกในดินของครกซ์

อุปกรณ์และวิธีการ

การทดลองแบ่งออกเป็นสองส่วน ส่วนแรกเป็นการทดลอง เพื่อประเมินผลผลิตของข้าวในดินของครกซ์ ในแปลงทดลองของสถานีทดลองข้าวรังสิต และส่วนที่สองเป็นการทดลองเพื่อติดตามการเกิดซัลไฟด์ซึ่งได้กระทำในเรื่องกระจกของภาควิชาปฐพีวิทยา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ การเตรียมดินในการทดลองส่วนแรกนั้นกระทำตามวิธีการที่นิยมปฏิบัติกันโดยทั่วไปคือไถแล้วคราดในขณะที่ดินชื้น การทดลองส่วนที่สองกระทำโดยนำดินจากสถานีทดลองข้าวรังสิตที่แห้งและบดละเอียด (0.5 ซม.) แล้วจำนวน 12 กิโลกรัม ใส่ลงในกระถาง polyvinyl chloride ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 นิ้ว สูง 13 นิ้ว และสำหรับการทดลองทั้งสองส่วนได้ปรับสภาพของดินดังนี้คือ ก) ล้างดินก่อนปลูกข้าว กระทำโดยการปล่อยน้ำให้ท่วมสูงประมาณ 5 ซม. เป็นเวลา 1 คืน แล้วระบายน้ำออก ทำเช่นเดียวกันนี้ 3 ครั้ง ข) ชั่งน้ำก่อนปลูกข้าวโดยการปล่อยให้น้ำขังดิน (สูงเหนือระดับผิวดิน 5 ซม.) เป็นเวลา 6 อาทิตย์ ค) เติมน้ำ (ปรับ pH ให้เป็น 5) และ ง) เติมน้ำถ้าแกลบ โดยให้ระดับของซิลิกาของดินเพิ่มขึ้นอีก 70 ppm ทุกตัวรับได้ใส่ปุ๋ยรองพื้นโดยใช้ปุ๋ย 6-7-5-7 กิโลกรัม ต่อไร่ในรูปของยูเรีย super phosphate และ potassium chloride และ top dress ด้วยปุ๋ยยูเรียในอัตรา 8 กิโลกรัมต่อไร่

เมื่อเตรียมดินเสร็จแล้ว ได้ปลูกข้าวตามแผนการทดลองแบบ 2^4 factorial in completely random design ปล่อยให้ข้าวเจริญ และรักษาระดับของน้ำเหนือดินให้สูงจากผิวดิน 5 ซม. อยู่เสมอ ขณะที่ข้าวกำลังเจริญ ได้พ่นด้วยผงบาซูดิน (Basudin) เพื่อป้องกันหนอนกอสำหรับการทดลองในเรื่องกระจกได้ทำการเก็บตัวอย่าง

ดินทุกสองอาทิตย์ เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณซัลเฟตและซัลไฟด์ ตลอดระยะเวลาการทดลอง

การวิเคราะห์หาปริมาณซัลเฟตได้กระทำโดยวิธี turbidometric method ซึ่งเสนอขึ้นใช้โดย Bardsley และ Lancaster (4) และการวิเคราะห์หาปริมาณซัลไฟด์กระทำโดยวิธีเปลี่ยนซัลไฟด์ให้อยู่ในรูปของแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ เก็บใน zinc acetate ทำปฏิกิริยากับไอโอดีนแล้วไตเตรทด้วย sodium thiosulfate โดยใช้ น้ำแบ่งเป็น indicator (8)

ผลการทดลอง

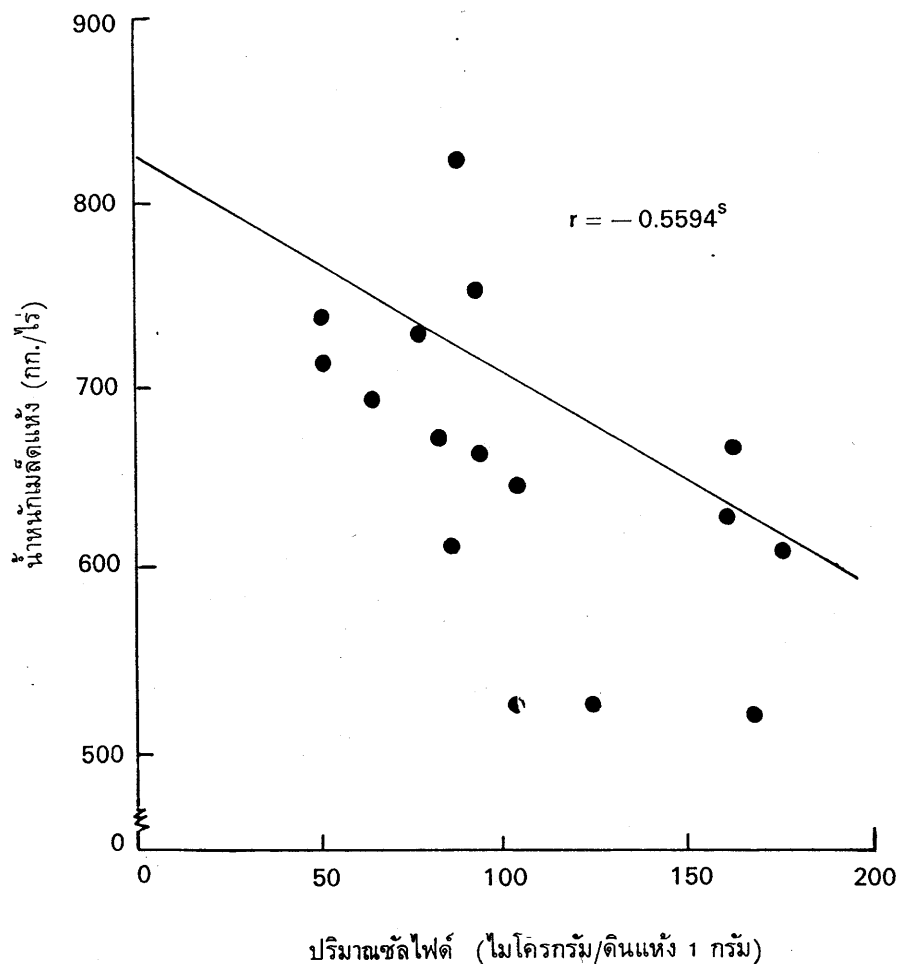
จากการวิเคราะห์หาปริมาณซัลเฟตในดินของครกซ์ ซึ่งได้รับการปรับสภาพด้วยวิธีต่างๆ ในช่วงขังน้ำและข้าวกำลังเจริญเติบโต ปรากฏว่าปริมาณของซัลเฟตลดลงอย่างรวดเร็วหลังจากที่ขังน้ำและปลูกข้าวได้ 3 อาทิตย์ และอัตราการลดยิ่งทวีขึ้นและถึงจุดสูงสุดในอาทิตย์ที่ 6 หลังจากขังน้ำและปลูกข้าว ดังจะเห็นได้ว่าซัลเฟตลดลงจากช่วง 3000 - 3500 $\mu\text{g}/\text{ดินแห้ง}$ 1 กรัม มาอยู่ในช่วง 1246 - 2888 $\mu\text{g}/\text{ดินแห้ง}$ 1 กรัม (ตารางที่ 1) ในขณะที่อัตราการลดปริมาณของซัลเฟตเป็นไปอย่างรวดเร็วนี้ ปรากฏว่าปริมาณของซัลไฟด์ได้เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว อัตราการเกิดเพิ่มขึ้น และถึงจุดสูงสุดที่ 6 อาทิตย์หลังการขังน้ำและปลูกข้าว ปริมาณของซัลไฟด์ที่เกิดขึ้นในช่วงนี้มีค่าแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัดในแต่ละสภาพของดิน นั่นคือปริมาณของซัลไฟด์ที่สะสมอยู่ในช่วงนี้เป็นไปตามลำดับ ดังนี้ ปริมาณซัลไฟด์ที่เกิดขึ้นในสภาพล้างดิน > เติมซิลิกา > ขังน้ำล้นหน้า > เติมน้ำ เป็นที่น่าสังเกตว่าปริมาณของซัลไฟด์ในดินที่ได้รับการล้าง และเติมน้ำนั้นอยู่ในระดับที่สูงมากกว่าในสภาพที่ดินได้รับการขังน้ำล้นหน้าและเติมน้ำ

น้ำหนักต่อชั่งแห้งและน้ำหนักเมล็ดข้าวที่ปลูกในดินของครกซ์ที่ได้รับการปรับสภาพต่างๆ ได้แสดงไว้ในตารางที่ 1 เช่นเดียวกัน จะสังเกตได้ว่า ทั้งน้ำหนักต่อชั่งแห้ง และน้ำหนักเมล็ดข้าวที่ปลูกในดินที่มีการ

ขังน้ำล้นหน้า หรือเติมปูนสูงกว่าของดินที่ได้รับการ
ล้างและเติมซิลิกาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กล่าวคือ
ข้าวที่ปลูกในดินที่ได้รับการเติมปูนขังน้ำล้นหน้า เติมน้ำ
ซิลิกา ล้างดิน ให้น้ำหนักต่อชั่งแห้ง 770, 780, 731,
733 กก./ไร่ และให้น้ำหนักเมล็ด 723, 725, 709
และ 693 กก./ไร่ ตามลำดับ

เป็นที่น่าสังเกตว่า ดินองค์กรกษที่ได้รับการขังน้ำ
ล้นหน้าหรือเติมปูน ซึ่งให้ผลผลิตสูงกว่าดินที่ได้รับการ
การล้างและเติมซิลิกานั้น เป็นดินที่มีซัลไฟด์สะสมอยู่

ในระดับที่ค่อนข้างต่ำ (ในช่วงที่อัตราการเกิดซัลไฟด์
เป็นไปอย่างรุนแรง) เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณซัล-
ไฟด์ที่สะสมอยู่ในดินที่ได้รับการล้างดินและเติมน้ำซิลิกา
ความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิต (น้ำหนักเมล็ด) และ
ปริมาณของซัลไฟด์ที่เกิดขึ้นในช่วงนี้ (รูปที่ 1) ปรากฏว่า
ผลผลิตของข้าวที่ได้รับมีความสัมพันธ์ในทาง
กลับ กับปริมาณซัลไฟด์ที่เกิดขึ้น กล่าวคือ ถ้าซัลไฟด์
เกิดขึ้นปริมาณมากผลผลิตจะต่ำ (ดินที่ได้รับการล้าง
และเติมน้ำซิลิกา) และถ้าซัลไฟด์ เกิดขึ้นปริมาณต่ำผล
ผลิตจะสูง (ดินที่ได้รับการขังน้ำล้นหน้าหรือเติมปูน)



รูปที่ 1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณซัลไฟด์กับผลผลิตของข้าว

ตารางที่ 1 แสดงปริมาณซัลเฟต ซัลไฟด์ หลังจากปลูกข้าวแล้ว 6 อาทิตย์และผลผลิตของข้าวที่ปลูกในดิน
องค์กรกษที่ได้รับการปรับสภาพ

สภาพของดิน	ปริมาณซัลเฟต (μg /ดินแห้ง 1 กรัม)	ปริมาณซัลไฟด์ (μg /ดินแห้ง 1 กรัม)	น้ำหนัก ¹ ต่อชั่ง (กก./ไร่)	น้ำหนัก ¹ เมล็ด (กก.-ไร่)
ล่างดิน	1246	170	733 a	693 a
เต็มสึลิกา	2888	100	731 a	709 a
ขังน้ำล่งหน้า	2351	85	780 b	725 b
เต็มปูน	2718	60	770 b	723 b

¹ ผลผลิตที่มีอักษรเหมือนกันกำกับแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกัน และที่มีอักษรต่างกันกำกับแสดงว่าแตกต่างกันอย่างมีนัย
สำคัญทางสถิติ

วิจารณ์

ปริมาณของซัลเฟตมีอยู่ในระดับสูงในดินองค์กรกษ
นั้น เมื่อดินได้รับการขังน้ำจะลดปริมาณลง ทั้งนี้
เนื่องจากดินปราศจากออกซิเจน ซัลเฟตจึงถูกใช้เป็น
ตัวรีดิวซ์ในกระบวนการหายใจของจุลินทรีย์ดิน
เช่น *Desulfovibrio* อนุมูลซัลเฟตจึงถูกรีดิวส์ไปเป็น
สารประกอบชนิดต่าง ๆ และมีบางส่วนเป็นพวกซัล-
ไฟด์ ซึ่งถ้าอยู่ในรูปของแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ ก็จะมี
ก่อให้เกิดความเป็นพิษต่อข้าวได้ แม้ว่าจะสะสมอยู่
ในระดับต่ำ (5)

ปริมาณของซัลไฟด์ที่เกิดในดินองค์กรกษที่ได้รับ
การปรับสภาพด้วยวิธีต่าง ๆ มีความแตกต่างกันอย่าง
เห็นได้ชัด ดินที่ได้รับการขังน้ำล่งหน้าและเต็มปูน
ปริมาณของซัลไฟด์ที่เกิดขึ้นอยู่ในระดับต่ำ ทั้งนี้อาจ
เนื่องมาจากดินที่ได้รับการขังน้ำล่งหน้าได้มีการรีดิวส์
ของซัลเฟตมาก่อนแล้ว และเมื่อขังน้ำต่อไปอีกใน
ช่วงที่เริ่มปลูกข้าว อัตราการเกิดของซัลไฟด์จึงลดลง
และสาเหตุอีกประการหนึ่งก็อาจมีส่วนเกี่ยวข้องกับ
อิทธิพลของความเป็นกรดเป็นด่างของดินที่มีต่อกิจ-
กรรมของจุลินทรีย์พวก *Desulfovibrio* เพราะกิจกรรม
ของจุลินทรีย์พวกนี้ลดลงในสภาพ pH สูงขึ้น และโดย
เหตุที่ดินได้รับการขังน้ำล่งหน้าหรือใส่ปูน pH ของ

ดินในช่วงที่วิเคราะห์หาปริมาณซัลไฟด์นี้ ได้สูงขึ้นพอ
สมควร (3) สำหรับดินที่ได้รับการล้างและเติมซีเถ้า
แกลบหรือสึลิกาก่อนปลูกข้าว ซัลไฟด์เกิดขึ้นในระดับ
ที่ค่อนข้างสูง ทั้งนี้อาจเป็นผลสืบเนื่องจากการล้างดิน
และการเติมซีเถ้าแกลบทำให้สภาพแวดล้อมในดิน
เหมาะสมกับกิจกรรมของจุลินทรีย์พวก *Desulfovibrio*
การล้างดินจะทำให้ปริมาณของซัลเฟตลดลง เพราะ
ซัลเฟตละลายน้ำได้ดีโอกาสที่จะปะปนไปกับน้ำที่ล้าง
จึงมีมาก และทำให้ความเข้มข้นของซัลเฟตในดินนี้
อยู่ในระดับที่พอเหมาะกับกิจกรรมของจุลินทรีย์ การ
เติมซีเถ้าแกลบก็มีส่วนส่งเสริมกิจกรรมของจุลินทรีย์
ด้วย เพราะว่าในซีเถ้าแกลบนอกจากจะมีสึลิกาแล้ว
ยังมีธาตุอาหารอื่น ๆ ด้วย จึงทำให้ธาตุอาหารในดิน
อยู่ในลักษณะที่สมดุลย์กันและเหมาะสมกับกิจกรรม
ของจุลินทรีย์

ซัลไฟด์ที่เกิดขึ้นในดินในสภาพต่าง ๆ มีความ
สัมพันธ์ในทางกลับกับการเจริญและผลผลิตของข้าว
ที่ปลูก คือดินที่มีซัลไฟด์เกิดขึ้นในระดับสูงจะให้ผล
ผลิตต่ำ และดินที่มีซัลไฟด์เกิดขึ้นในระดับต่ำจะให้
ผลผลิตสูง ทั้งนี้ควรเนื่องมาจากความเป็นพิษของ
ซัลไฟด์ ซึ่งถึงแม้ว่าซัลไฟด์ในรูปแก๊สอาจจะไม่มี
เหลืออยู่เลย หรืออาจมีอยู่ในระดับต่ำมาก (เพราะแก๊ส
ไฮโดรเจนซัลไฟด์จะทำปฏิกิริยาอย่างรวดเร็วกับเหล็ก)

ในกรณีของดินองครักษ์ซึ่งมีเหล็กสะสมอยู่มาก (7) ซัลไฟด์ในรูปของ ferrous sulfide ซึ่งเกิดจากปฏิกิริยาของแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์กับเหล็กในรูปของ ferrous ในสภาพซึ่งน้ำอาจมีผลกระทบกระเทือนต่อการเจริญและให้ผลผลิตของข้าวได้เช่นเดียวกัน กล่าวคืออาจเป็นตัวแก่งแย่งออกซิเจนจากรากหรือบริเวณรอบรากพืชได้ ทำให้ oxidizing power ในบริเวณรากพืชต่ำลง (10) และทำให้การดูดใช้ออกซิเจนของพืชเป็นไปอย่างไม่สะดวก

เอกสารอ้างอิง

1. ตะเวทีกุล, อธิจิตต์ พ.ศ. 2516 การแปรสภาพของกัมมะถันในดินองครักษ์ วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
2. สมบัติพานิช, สำราญ และลาวัลย์ วงศ์ไพบุลย์ พ.ศ. 2516 การศึกษาความต้องการปุ๋ยของดินเปรี้ยวจัด วิทยาศาสตร์เกษตร 6:407-421
3. ATTANANDANA, T. 1971. Amelioration of an acid sulfate soil. M.S. thesis, Univ. of the Philippines.
4. BARDSLEY, C.E. and J.D. LANCASTER. 1960. Determination of reserve sulfur and soluble sulfur in soils. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 24:265-268.
5. MITSUI, S., S. ASO, and K. KUMAZAWA. 1951. Dynamic studies on the nutrient uptake by crop plants. Part I. The nutrient uptake of rice root as influenced by H_2S . J. Sci. Soil Manure, Japan 22: 46-52.
6. MITSUI, S., K. KUMAZAWA, and T. ISHIHARA. 1953. Dynamic studies on the nutrient uptake by crop plants. Part 7. The nutrient uptake of rice roots as influenced by respiratory inhibitors such as hydrogen sulfide, sodium cyanide, sodium azide and butyric acid. J. Sci. Soil Manure, Japan 24:45-50.
7. MOORMANN, F.R. 1961. Acid sulfate soils of the tropics. In: Researches on acid sulfate soils and their amelioration by liming. Min. Rural Affairs, Saigon.
8. PIERCE, W.C., and E.L. HAENISCH. 1958. Quantitative Analysis. 4th ed., John Wiley and Sons, Inc., New York. 497 p.
9. TAKAGI, S., and H. OKAJIMA. 1953. Physiological behavior of hydrogen sulphide in the rice plant. Part III. Detection of sulphides in rice plants. Bull. Inst. Agr. Res., Tohoku Univ. 5: 177-186.
10. TANAKA, A., and S. YOSHIDA. 1970. Nutritional disorders of the rice plant in Asia. Int Rice. Res. Inst. Tech. Bull. 10.