

แนวทาง
การปรับปรุงดินเปรี้ยวจัดเพื่อการปลูกข้าว
ในบริเวณพื้นที่พรุ

Guidelines on
Acid Sulfate Soil Improvement for Rice Growing in
Swamp Areas

สายหยุด เพ็ชรสุข
สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 12 กรมพัฒนาที่ดิน

มกราคม 2557

คำนำ

ประเทศไทยมีพื้นที่ดินที่มีปฏิกริยาเป็นกรดรุนแรงมากที่เรียกว่า “ดินเปรี้ยวจัด” อยู่ประมาณ 5.26 ล้านไร่ กระจายอยู่ในบริเวณที่ราบลุ่มทั้งในภาคกลาง ภาคตะวันออก และชายฝั่งทะเลภาคใต้ (กรมพัฒนาที่ดิน, 2549) ด้วยสภาพพื้นที่ดินเปรี้ยวจัดเป็นที่ราบลุ่มและมีเนื้อดินเป็นดินเหนียวจัด ส่วนใหญ่จึงใช้ในการทำนาข้าว แต่จากปฏิกริยาดินที่มีความเป็นกรดรุนแรงมากทำให้พืชที่ปลูกไม่สามารถดูดธาตุอาหารจากดินไปใช้ประโยชน์ได้ เนื่องจากปฏิกริยาดินที่มีความเป็นกรดรุนแรงมากดังกล่าวทำให้ธาตุอาหารพืชในดินเปลี่ยนไปอยู่ในรูปที่ไม่เป็นประโยชน์ต่อพืช มีการสะสมของธาตุเหล็กและอะลูมิเนียมในระดับที่เป็นพิษต่อพืช ผลก็คือพืชที่ปลูกในพื้นที่ดินเปรี้ยวจัดให้ผลผลิตต่ำ เช่นเดียวกันกับการปลูกข้าวในพื้นที่ดินเปรี้ยวจัดโดยทั่วไปมักจะให้ผลผลิตต่ำมาก อย่างไรก็ตาม ในทางวิชาการและในทางปฏิบัติปัญหาเรื่องปฏิกริยาความเป็นกรดรุนแรงมากของดินต่อการปลูกพืชสามารถแก้ไขได้ โดยศูนย์ศึกษาการพัฒนาพิกุลทอง ฯ ได้ทำการศึกษาการจัดการดินเปรี้ยวจัดภายใต้ “โครงการแก้มดิน” ของพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวจนเป็นผลสำเร็จ โดยผสมผสานวิธีการจัดการดิน จัดการน้ำ และจัดการพืชเข้าด้วยกัน ทำให้สามารถพัฒนาพื้นที่ดินเปรี้ยวจัดเพื่อการปลูกข้าวและได้ผลผลิตที่ดีขึ้น

เพื่อเป็นแนวทางให้นักวิชาการ นักศึกษา เกษตรกรและผู้สนใจสามารถนำเอาผลและวิธีการศึกษาของศูนย์ศึกษาการพัฒนาพิกุลทอง ฯ ในการแก้ปัญหาดินเปรี้ยวจัดเพื่อการปลูกข้าวไปประยุกต์ใช้ในการศึกษา ค้นคว้า วิจัยหรือนำมาส่งเสริมเกษตรกรในพื้นที่ หรือเพื่อปลูกข้าวในพื้นที่ดินเปรี้ยวจัดด้วยตนเองให้มีประสิทธิภาพและเกิดประสิทธิผล ศูนย์ศึกษาการพัฒนาพิกุลทอง ฯ จึงได้จัดทำคู่มือฉบับนี้ขึ้นมาเผยแพร่ให้ได้นำไปใช้ประโยชน์โดยทั่วกัน

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(3)
สารบัญภาพ	(4)
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 ดินเปรี้ยวจัด	8
2.1 ลักษณะทั่วไปของดินเปรี้ยวจัด	8
2.2 การเกิดดินเปรี้ยวจัด	9
2.3 การแพร่กระจายของดินเปรี้ยวจัด	11
2.4 ผลกระทบของดินเปรี้ยวจัด	13
บทที่ 3 ความรู้เรื่องข้าว	16
3.1 แหล่งกำเนิดข้าว	16
3.2 ชนิดของข้าว	17
3.3 ปัจจัยที่เหมาะสมต่อการปลูกข้าว	18
3.4 สถานะการผลิตข้าวของไทย	19
บทที่ 4 ชั้นความเหมาะสมของดินเปรี้ยวจัดสำหรับการปลูกข้าว	22
4.1 ชั้นความเหมาะสมของดินเปรี้ยวจัดสำหรับการปลูกข้าว	22
4.2 ปัญหาสำคัญบางประการเกี่ยวกับการปลูกข้าวในพื้นที่ดินเปรี้ยวจัด	23
4.3 กลไกการทนกรดของข้าว	26
บทที่ 5 การจัดการดินเปรี้ยวจัดเพื่อการปลูกข้าว	28
5.1 การควบคุมระดับน้ำใต้ดิน	28
5.2 การแก้ไขความเป็นกรดจัดของดิน	29
5.3 การแก้ปัญหาการขาดธาตุอาหารในดินเปรี้ยวจัด	36
5.4 การใช้พันธุ์ข้าวที่เหมาะสมต่อพื้นที่ดินเปรี้ยวจัด	39

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 6 ขั้นตอนการปลูกข้าวในพื้นที่ดินเปรี้ยวจัด	42
6.1 วิธีการปลูกข้าว	42
6.2 ขั้นตอนการปลูกข้าวในพื้นที่ดินเปรี้ยวจัด	43
6.3 อาการขาดธาตุอาหาร	44
6.4 ศัตรูข้าวและการป้องกันกำจัด	46
6.5 การเก็บเกี่ยวและการจัดการหลังการเก็บเกี่ยว	49
6.6 การสูญเสียของข้าวในการเก็บเกี่ยวและการปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยว	52
6.7 ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ	54
บทที่ 7 สรุปและข้อเสนอแนะ	56
7.1 สรุป	56
7.2 ข้อเสนอแนะ	58
เอกสารอ้างอิง	59

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1 พื้นที่ปลูกข้าว ผลผลิต และผลผลิตต่อไร่ของประเทศไทย พ.ศ. 2554-2556	20
ตารางที่ 2 สถานการณ์การส่งออกข้าวของประเทศไทย พ.ศ. 2554-2556	21
ตารางที่ 3 ผลผลิตของข้าวหลังจากการชะล้างดิน	31
ตารางที่ 4 ผลผลิตเฉลี่ยของข้าว (กิโลกรัมต่อไร่) ที่ปลูกโดยการขังน้ำและระบายน้ำออก ทุก 2, 4 และ 6 สัปดาห์ ในช่วง พ.ศ. 2534-2541	32
ตารางที่ 5 ผลผลิตข้าวในแต่ละพันธุ์หลังจากการใส่ปุ๋ยในอัตราต่าง ๆ กัน	35
ตารางที่ 6 ผลผลิตเฉลี่ยของข้าวที่ปลูกโดยการใส่หินปูนฝุ่นครึ่งหนึ่งของความต้องการปุ๋ย ร่วมกับการขังน้ำและระบายน้ำออกทุก 2, 4 และ 6 สัปดาห์ ในช่วง พ.ศ. 2534-2541	36
ตารางที่ 7 การใช้ปุ๋ยเคมีสำหรับการปลูกข้าวในพื้นที่ดินเปรี้ยวจัด	44
ตารางที่ 8 ผลตอบแทนจากการปลูกข้าวในพื้นที่ดินเปรี้ยวจัดต่อพื้นที่ 1 ไร่	55

สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพที่ 1 พื้นที่ดินเปรี้ยวจัดในสภาพน้ำท่วมขัง	1
ภาพที่ 2 ลักษณะของสารประกอบจาร์โรไซต์ที่เกิดขึ้นเมื่อดินอยู่ในสภาพแห้ง	2
ภาพที่ 3 โครงการแก้มลิงดิน ศูนย์ศึกษาการพัฒนาพิกุลทอง ฯ ตำบลกะลุวอเหนือ อำเภอเมือง จังหวัดนราธิวาส	2
ภาพที่ 4 ลักษณะข้าวพันธุ์ชัยภูกันตัง	3
ภาพที่ 5 ลักษณะข้าวพันธุ์หอมกระดังงา	3
ภาพที่ 6 พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวเสด็จศูนย์ศึกษาการพัฒนาพิกุลทอง ฯ เมื่อวันที่ 7 ตุลาคม พ.ศ. 2533	4
ภาพที่ 7 พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวเสด็จศูนย์ศึกษาการพัฒนาพิกุลทอง ฯ เมื่อวันที่ 5 ตุลาคม พ.ศ. 2535	5
ภาพที่ 8 พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวเสด็จบ้านโคกอิฐ-โคกโน ตำบลพร่อน อำเภอตากใบ จังหวัดนราธิวาส เมื่อวันที่ 9 ตุลาคม พ.ศ. 2535	6
ภาพที่ 9 สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดา ฯ สยามบรมราชกุมารีเสด็จบ้านตอหลัง ตำบลไพรวัน อำเภอตากใบ จังหวัดนราธิวาส เมื่อวันที่ 18 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2547	7
ภาพที่ 10 พื้นที่ดินเปรี้ยวจัดและดินเค็มชายทะเลที่เป็นดินเปรี้ยวแฝงหรือดินเค็มชายทะเลที่มี กำมะถันมาก	12
ภาพที่ 11 การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-ด่าง และอะลูมินัมของดินที่ผ่านการใช้น้ำล้าง ความเป็นกรด	30
ภาพที่ 12 การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-ด่าง และอะลูมินัมของดินที่ผ่านการใช้น้ำล้าง ความเป็นกรดรวมกับการใช้หินปูนฝุ่นอัตรา 1.5 ตันต่อไร่	34
ภาพที่ 13 ผลผลิตของข้าวที่ปลูกในดินเปรี้ยวจัดชุดดินรังสิตกรดจัด และชุดดินมหาโพธิ์ ที่มีการจัดการดินโดยการใส่ปูนร่วมกับการใส่ปุ๋ย	37
ภาพที่ 14 ผลผลิตเฉลี่ยของข้าวที่ปลูกในชุดดินรังสิตกรดจัดที่มีการใส่ปูนร่วมกับการใส่ หินฟอสเฟตและปุ๋ยทรีปเปิลซูเปอร์ฟอสเฟต	38
ภาพที่ 15 น้ำหนักแห้งของข้าวพันธุ์ลูกแดงปัตตานี ขาวดอกมะลิ 105 ฉุยหาย และช่อลู่ ที่ปลูกในดินเปรี้ยวจัดชุดดินระแงงในสภาพที่มีการใส่ปูนและไม่ใส่ปูน	40

สารบัญภาพ (ต่อ)

	หน้า
ภาพที่ 16 การปลูกข้าวนาดำ	42
ภาพที่ 17 การปลูกข้าวนาหว่าน	43
ภาพที่ 18 การปรับระดับพื้นที่กระถางนา	43
ภาพที่ 19 ลักษณะใบข้าวที่ขาดไนโตรเจน และแปลงนาที่ไม่มีการใส่ไนโตรเจน ใบข้าวจะมีสีเขียวอ่อน	45
ภาพที่ 20 ต้นข้าวแคระแกรน ต้นเล็กเรียว และตั้งตรงเมื่อเปรียบเทียบกับต้นปกติ	45
ภาพที่ 21 อาการขาดธาตุโพแทสเซียม	46
ภาพที่ 22 แมลงห้ำ	46
ภาพที่ 23 แมลงสิง	47
ภาพที่ 24 เพลี้ยจักจั่นสีเขียว และอาการต้นข้าวที่เกิดจากการทำลายของเพลี้ยจักจั่นสีเขียว	47
ภาพที่ 25 หนอนกอข้าว	48
ภาพที่ 26 อาการต้นข้าวที่เกิดจากการทำลายของหนอนกอข้าว	48
ภาพที่ 27 หนอนห่อใบข้าว และใบข้าวที่แสดงอาการจากการทำลาย	48
ภาพที่ 28 หนูกุ้งขาว หนูนานาใหญ่ และหนูปุกใหญ่	49
ภาพที่ 29 ระยะข้าวปลับปลิง	50
ภาพที่ 30 การนวดข้าวด้วยเท้า และการนวดข้าวโดยใช้สัตว์	50
ภาพที่ 31 การนวดด้วยวิธีฟาด	51
ภาพที่ 32 การนวดโดยใช้เครื่องนวด และการใช้เครื่องเกี่ยว	51
ภาพที่ 33 การฟัดข้าวด้วยกระด้ง	53

บทที่ 1

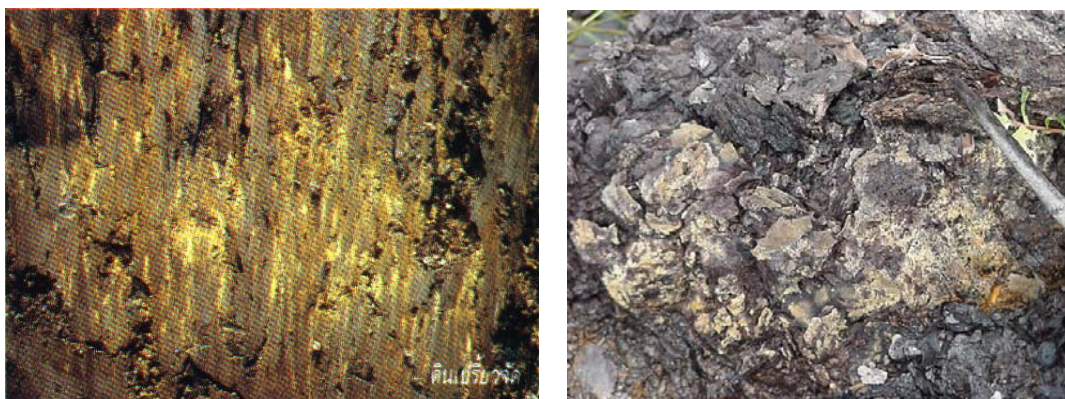
บทนำ

ดินเปรี้ยวจัด (Acid sulfate soil) เป็นดินมีปัญหาดินชนิดหนึ่ง ที่มีความสามารถในการให้ผลผลิตต่ำเมื่อเทียบกับดินโดยทั่วไป พื้นที่ดินเปรี้ยวจัดมีสภาพเป็นพื้นที่ลุ่มมีน้ำท่วมขังในฤดูฝนนาน 120-180 วัน จึงเป็นดินที่ไม่เหมาะสมต่อการปลูกพืชไร่เนื่องจากมีการค้ำมะถันอยู่ในชั้นหน้าตัดดินเป็นปริมาณมาก ดินเปรี้ยวจัดเป็นดินที่เกิดจากตะกอนน้ำกร่อยหรือตะกอนน้ำเค็มซึ่งมีสารประกอบซัลไฟด์ในรูปของไพไรต์เป็นองค์ประกอบอยู่ และเมื่ออยู่ในสภาพแห้งจะกลายเป็นสารประกอบจาร์โรไซด์และกรดกำมะถันทำให้ดินเกิดความเป็นกรดเพิ่มขึ้น ดินเปรี้ยวจัดมีความอุดมสมบูรณ์ค่อนข้างต่ำ และมีเนื้อดินเป็นดินเหนียวน้ำซึมผ่านได้ยากส่วนใหญ่จึงใช้พื้นที่ในการทำนาแต่ให้ผลผลิตต่ำ เนื่องจากปฏิกิริยาดินเป็นกรดจัดมาก ทำให้การละลายได้ของเหล็กและอะลูมิเนียมสูงจนถึงระดับที่อาจเป็นพิษต่อข้าว และทำให้ธาตุอาหารในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในดินอยู่ในระดับต่ำบางครั้งถึงกับขาดแคลน นอกจากนี้ความเป็นกรดของดินยังมีผลต่อการลดประสิทธิภาพกิจกรรมการย่อยสลายอินทรีย์วัตถุของจุลินทรีย์ในดิน ทำให้การทำเกษตรบนพื้นที่ดินเปรี้ยวจัดต้องลงทุนสูงกว่าการเพาะปลูกในพื้นที่อื่น ๆ และให้ผลตอบแทนที่ได้ต่ำกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับการลงทุนในพื้นที่ดินที่ไม่เป็นดินเปรี้ยวจัด อย่างไรก็ตาม พื้นที่ดินเปรี้ยวจัดเป็นทางเลือกหนึ่งของเกษตรกรในการใช้ประโยชน์พื้นที่ในการทำนา ศูนย์ศึกษาการพัฒนาพิกุลทอง ฯ ได้ศึกษาการจัดการดินเปรี้ยวจัดเป็นผลสำเร็จ คือ โครงการแก้มลิงดิน เป็นการศึกษาหาวิธีการ



ภาพที่ 1 พื้นที่ดินเปรี้ยวจัดในสภาพน้ำท่วมขัง

ปรับปรุงดินเปรี้ยวจัดโดยใช้ปูนใช้น้ำล้างดิน และการใช้ปูนควบคู่กับการใช้น้ำล้างดิน เพื่อการปลูกข้าวและการปลูกพืชอื่น ๆ เช่น ผัก พืชไร่ และไม้ผล นอกจากนี้ยังได้นำผลการศึกษาทดลองขยายผลไปสู่พื้นที่ของเกษตรกรโดยเฉพาะในพื้นที่จังหวัดนราธิวาส และพื้นที่ดินเปรี้ยวจัดอื่น ๆ เช่น พื้นที่ลุ่มน้ำปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช พื้นที่ดินเปรี้ยวจัดในภาคกลางตอนล่าง เช่น จังหวัดนครนายก เป็นต้น



ภาพที่ 2 ลักษณะของสารประกอบจอร์ไรต์ที่เกิดขึ้นเมื่อดินอยู่ในสภาพแห้ง



ภาพที่ 3 โครงการแก่งดิน ศูนย์ศึกษาการพัฒนาพิกุลทอง ฯ ตำบลกละลูวเหนือ อำเภอเมือง จังหวัดนราธิวาส

การปลูกข้าวในพื้นที่ดินเปรี้ยวจัดให้ได้ผลผลิตดีนั้น นอกจากมีการจัดการดินที่ดีแล้ว การคัดเลือกพันธุ์ข้าวให้เหมาะสมกับพื้นที่ก็เป็นสิ่งจำเป็น จากการศึกษาของศูนย์วิจัยข้าวปัตตานี ซึ่งเป็นหน่วยงานหลักของกรมการข้าวในการสำรวจข้อมูลและวางแผนการพัฒนาพันธุ์ข้าวในพื้นที่พิเศษ 5 จังหวัดชายแดนภาคใต้ พบว่า เกษตรกรยังมีความต้องการปลูกพันธุ์ข้าวพื้นเมืองถึง 75 เปอร์เซ็นต์ และพันธุ์ข้าวพื้นเมืองที่เกษตรกรนิยมปลูกมากที่สุดจำนวน 2 สายพันธุ์ ได้แก่ ข้าวพันธุ์ ชิบูกันดั่งและข้าวพันธุ์หอมกระดังงาซึ่งเป็นพันธุ์ข้าวที่ทนกรดได้ดี และเกษตรกรในพื้นที่ส่วนใหญ่ นิยมบริโภค ปัจจุบันศูนย์วิจัยข้าวปัตตานีได้มีการส่งเสริมให้เกษตรกรมีการปลูกข้าวพื้นเมืองทั้งสองสายพันธุ์อย่างกว้างขวาง ในขณะเดียวกันก็มีการศึกษาและปรับปรุงพันธุ์อย่างต่อเนื่อง (นิธิศ และคณะ, 2556)



ภาพที่ 4 ลักษณะข้าวพันธุ์ชื่บูกันตัง



ภาพที่ 5 ลักษณะข้าวพันธุ์หอมกระดังงา



ภาพที่ 6 พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวเสด็จศูนย์ศึกษาการพัฒนาพิกุลทอง ฯ
เมื่อวันที่ 7 ตุลาคม พ.ศ. 2533

“...ข้าวต้องปลูก เพราะอีก 20 ปีประชากรอาจจะ 80 ล้านคน ข้าวจะไม่พอ ถ้าลดการปลูกข้าวไปเรื่อย ๆ ข้าวจะไม่พอ เราจะต้องซื้อข้าวจากต่างประเทศ เรื่องอะไร ประชาชนคนไทยไม่ยอม คนไทยนี้ต้องมีข้าว แม้ข้าวที่ปลูกในเมืองไทยจะสู้ข้าวที่ปลูกในต่างประเทศไม่ได้ เราก็ต้องปลูก...”

พระราชดำริกับผู้เฝ้ารับเสด็จ ณ บ้านโคกภูแว จ.นราธิวาส
วันที่ 28 กันยายน พ.ศ. 2536

พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว ทรงมีความสัมพันธ์กับข้าวและชาวนาอย่างลึกซึ้ง สืบเนื่องได้จากพระราชกรณียกิจ และพระราชดำริต่าง ๆ ที่พระองค์ท่านทำเพื่อชาวนา เช่น ทรงฟื้นฟูพระราชพิธีพืชมงคลจรดพระนังคัลแรกนาขวัญใน พ.ศ. 2503 นาข้าวทดลอง โรงสีข้าวตัวอย่าง ธนาคารข้าว เป็นต้น รวมถึงพระองค์ทรงมีพระราชดำริโครงการต่าง ๆ มากมายให้มีการพัฒนาพื้นที่ที่มีศักยภาพในการทำนาให้มีการใช้ทำนาอย่างเต็มศักยภาพ โดยเมื่อเสด็จพระราชดำเนินแปรพระราชฐานประทับแรม ณ พระตำหนักทักษิณราชนิเวศน์ใน พ.ศ. 2527 ได้มีพระราชดำริ ณ ศูนย์ศึกษาการพัฒนาพิกุลทอง ฯ เมื่อวันที่ 16 กันยายน พ.ศ. 2527 ให้กรมพัฒนาที่ดิน กรมชลประทาน และ ดร.สุเมธ ตันติเวชกุล ปรับปรุงดินเปรี้ยวจัดให้สามารถใช้ประโยชน์ทางด้านการเกษตรได้ สรุปได้ ดังนี้ คือ

“...ให้มีการทดลองทำให้ดินเปรี้ยวจัด โดยการระบายน้ำให้แห้งและศึกษาวิธีการแก้ดินเปรี้ยวเพื่อนำผลไปแก้ปัญหาดินเปรี้ยวให้แก่เกษตรกรที่มีปัญหาในเรื่องในเขตจังหวัดนราธิวาส โดยให้ทำโครงการศึกษาทดลองในกำหนด 2 ปี และพืชที่ทำการทดลองควรเป็นข้าว...”



ภาพที่ 7 พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวเสด็จศูนย์ศึกษาการพัฒนาพิกุลทอง ฯ
เมื่อวันที่ 5 ตุลาคม พ.ศ. 2535

บ้านโคกอิฐ-โคกโน ตำบลพร่อน อำเภอดาเก จังหวัดนราธิวาส เป็นพื้นที่ดินเปรี้ยวจัดที่เกษตรกรส่วนใหญ่มีอาชีพทำนา แต่ผลผลิตที่ได้ค่อนข้างต่ำถึงต่ำมาก พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวทรงมีพระราชดำริให้ศูนย์ศึกษาการพัฒนาพิกุลทอง ฯ ดำเนินการพัฒนาพื้นที่เพื่อให้ชาวบ้านสามารถปลูกข้าวได้ ทรงมีพระราชดำริกับผู้อำนวยการศูนย์ศึกษาการพัฒนาพิกุลทองฯ ณ บ้านโคกอิฐ-โคกโน เมื่อวันที่ 3 กันยายน พ.ศ. 2533 ความว่า “...สภาพพื้นที่ดินเปรี้ยวในพื้นที่บ้านโคกอิฐและบ้านโคกโน เกษตรกรมีความต้องการจะปลูกข้าว ทางชลประทานได้จัดส่งน้ำชลประทานมาให้ ก็ให้พัฒนาที่ดินเปรี้ยวเหล่านี้ให้ใช้ประโยชน์ได้และให้ประสานงานกับชลประทานจะต้องควบคุมระดับน้ำได้ดินอยู่เท่าใด...” และได้พระราชทานพระราชดำริแก่นายชัยวัฒน์ สิทธิสุขซ์ ผู้อำนวยการศูนย์ศึกษาการพัฒนาพิกุลทอง ฯ ณ บ้านโคกอิฐ-โคกโน ต.พร่อน อ.ดาเก จ.นราธิวาส ในวันที่ 9 ตุลาคม พ.ศ. 2535 ความตอนหนึ่งว่า “...เราเคยมาโคกอิฐ-

โคกใน มาดูเขาชี้ตรงนั้น เขาทำ แต่ว่าเขาได้เพียง 5 ถึง 10 ถึง แต่ตอนนี้ได้ขึ้นไปถึง 40-50 ถึง ก็ใช้ได้แล้ว ต่อไปดินก็ไม่เปรี้ยวแล้ว เพราะว่าทำให้เปรี้ยวเดิมที่แล้ว โดยที่ขุดอะไร ๆ ทำให้เปรี้ยวแล้วก็ระบาย รู้สึกว่านับวันเขาจะดีขึ้น...อันนี้ก็เป็นชัยชนะที่ดีใจมากที่ใช้งานได้ แล้วชาวบ้านเขาก็ดีขึ้น แต่ก่อนชาวบ้านเขาต้องซื้อข้าว เคี้ยวนี้เขามีข้าวอาจจะขายได้...” หลังจากพัฒนาพื้นที่บ้านโคกอิฐ-โคกใน ได้ผลแล้ว ทรงมีพระราชดำริให้มีการขยายผลไปยังพื้นที่อื่น ๆ ดังพระราชดำริว่า



“...การนำผลการวิจัยจากโครงการศูนย์ศึกษาการพัฒนาพิกุลทองฯ ขยายผลมาสู่บ้านโคกอิฐ บ้านโคกใน โดยการพัฒนาพื้นที่จากที่ใช้ประโยชน์ไม่ได้ให้สามารถปลูกข้าวได้ผลประสบความสำเร็จในการดำเนินการควรจะขยายต่อไปในพื้นที่ที่มีการชลประทานที่สมบูรณ์ เช่น บ้านโคกหมวก บ้านคลองบางเตย บ้านโคกกระท่อม บ้านโคกยาง...”

ภาพที่ 8 พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวเสด็จบ้านโคกอิฐ-โคกใน ตำบลพร่อน อำเภอดาเกา
จังหวัดนราธิวาส เมื่อวันที่ 9 ตุลาคม พ.ศ. 2535

พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวทรงเล็งเห็นความสำคัญของขั้นตอนการผลิตข้าวตั้งแต่การปลูกจนถึงการสีข้าวออกมาเป็นข้าวสาร โดยได้พระราชทานพระราชดำริเกี่ยวกับเรื่องข้าวและโรงสีข้าวของศูนย์ศึกษาการพัฒนาพิกุลทองฯ ดังนี้ “...ศูนย์ศึกษาการพัฒนาจะเป็นฟาร์มตัวอย่างที่เกษตรกรทั่วไปและเจ้าหน้าที่ฝ่ายพัฒนาสามารถมาเยี่ยมชมการสาธิตเกี่ยวกับการเกษตรกรรม เพื่อเป็นการศึกษาหาความรู้ นอกจากนั้น ยังทำหน้าที่เป็นศูนย์กลางการพัฒนาพื้นที่รอบ ๆ บริเวณโครงการให้มีความเจริญขึ้น เมื่อราษฎรเริ่มมีสภาพความเป็นอยู่ดีขึ้น ก็อาจพิจารณาจัดตั้งโรงสีข้าวสำหรับหมู่บ้านแต่ละกลุ่ม ตลอดจนจัดตั้งธนาคารข้าวของแต่ละหมู่บ้านเพื่อฝึกให้รู้จักพึ่งพาตนเองได้ในที่สุด...” และเมื่อวันที่ 24 กันยายน พ.ศ. 2551 สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารีเสด็จพระราชดำเนินไปเยี่ยมราษฎรพื้นที่ 3 จังหวัดชายแดนใต้ และได้พระราชทานพระราชดำริเกี่ยวกับเรื่องข้าวและโรงสี ดังนี้ “...ให้ปรับปรุงโรงสีข้าวพิกุลทองให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น และให้พิจารณาถึงจำนวนประชากรที่มาใช้ประโยชน์ อย่างน้อยควรมีขนาดเท่ากับโรงสีข้าวที่อำเภอปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช และควรประชาสัมพันธ์ให้ประชาชนเข้ามาใช้ประโยชน์ส่วนเครื่องเก่าให้อนุรักษ์ไว้ และปรับปรุงอาคารให้สวยเป็นพิพิธภัณฑ์ โดยให้สำนักงาน กปร. เร่งรัดดำเนินการให้แล้วเสร็จโดยเร็ว...”



ภาพที่ 9 สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารีเสด็จบ้านตอหลัง ตำบลไพรวัน
อำเภอตากใบ จังหวัดนราธิวาส เมื่อวันที่ 18 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2547

บทที่ 2

ดินเปรี้ยวจัด

ดินเปรี้ยวจัด คือ ดินที่อาจจะมีหรือกำลังมีหรือได้เคยมีกรดกำมะถันอยู่ในชั้นหน้าตัดดินซึ่งเป็นผลมาจากกระบวนการสร้างดินนั้น (Pons, 1972) และปริมาณของกรดที่เกิดขึ้นมีมากพอที่จะมีผลต่อการควบคุมการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีของดินนั้น ๆ โดยทั่วไปจะพบจุดประสีเหลืองฟางข้าวของจาโรไซต์ (Jarosite; $\text{KFe}_3(\text{OH})_6(\text{SO}_4)_2$) อยู่ในชั้นใดชั้นหนึ่งของหน้าตัดดินที่ระดับความลึกน้อยกว่า 1.5 เมตรจากผิวดิน จาโรไซต์เป็นผลมาจากการเติมออกซิเจนของไพไรต์ (Pyrite; FeS_2) ซึ่งเป็นตัวบ่งบอกถึงระดับความเป็นกรดของดิน คือ ถ้าพบจาโรไซต์ในปริมาณมากและอยู่ในระดับตื้นระดับความเป็นกรดจะสูง แต่ถ้าพบจาโรไซต์ในปริมาณมากและอยู่ในระดับลึกเกินกว่ารากพืชจะแผ่ไปถึงผลกระทบต่อน้อย (จำเป็น, 2550)

2.1 ลักษณะทั่วไปของดินเปรี้ยวจัด

ลักษณะทั่วไปของดินเปรี้ยวจัดจะมีดินชั้นบนเป็นดินเหนียวถึงเหนียวจัด สีเทาหรือเทาเข้มถึงดำ ดินชั้นล่างมีสีเทาอ่อนและมีจุดประสีเหลืองฟางข้าวของสารประกอบจาโรไซต์ พบได้ในพื้นที่ราบลุ่มหรือพื้นที่ลุ่มที่น้ำทะเลเคยท่วมถึงมาก่อน พื้นที่ที่เป็นดินเปรี้ยวจัดมักมีพืชจำพวกเสม็ด จูดหนู กกสามเหลี่ยมขึ้นปกคลุมอยู่ Brinkman and Pons (1973) และกรมพัฒนาที่ดิน (2548) ได้แบ่งดินเปรี้ยวจัดออกเป็น 3 กลุ่ม ดังนี้

2.1.1 ดินเปรี้ยวจัดแฝง (Potential acid sulfate soil) เกิดจากตะกอนน้ำกร่อย เป็นดินที่มีการระบายน้ำเร็ว มีปริมาณไพไรต์สูงประมาณ 1.0-2.5 เปอร์เซ็นต์ ปฏิกิริยาของดินในสภาพน้ำขังจะเป็นกลางหรือเป็นด่างอย่างอ่อน (ค่าความเป็นกรดด่าง 7.0-8.0) ปัจจุบันดินในกลุ่มนี้ยังอยู่ในสภาพน้ำขัง เช่น ป่าชายเลน เมื่อมีการระบายน้ำหรือมีการถ่ายเทอากาศเกิดขึ้นในชั้นของดินจะทำให้ดินกลายเป็นดินเปรี้ยวจัดทันที เนื่องจากสารประกอบไพไรต์ถูกออกซิไดซ์ทำให้เกิดกรดกำมะถัน (H_2SO_4) ขึ้น ส่งผลให้การเจริญเติบโตของพืชมีปัญหา ชุดดินในกลุ่มดินนี้ ได้แก่ ชุดดินบางปะกง และชุดดินตะกั่วทุ่ง

2.1.2 ดินเปรี้ยวจัดที่กำลังมีกรดกำมะถันเกิดขึ้น (Actual acid sulfate soil) จะพบจุดประสีเหลืองฟางข้าวของจาโรไซต์ภายใน 1.5 เมตรจากผิวดิน ดินมีปฏิกิริยาเป็นกรดรุนแรง ส่งผลโดยตรงต่อการเจริญเติบโตของพืช เนื่องจากความเป็นพิษของอะลูมิเนียมและเหล็กส่งผลทางอ้อม โดยการลดความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสและธาตุอาหารอื่น ๆ ชุดดินในกลุ่มดินนี้ ได้แก่ ชุดดินอยุธยา ชุดดินบางเขน ชุดดินมหาโพธิ์ ชุดดินท่าขวาง ชุดดินบางน้ำเปรี้ยว ชุดดินชะอำ

ชุดดินองครักษ์ ชุดดินมูโนะ ชุดดินเชียรใหญ่ ชุดดินรังสิตกรวดจัด ชุดดินรังสิต ชุดดินเสนา ชุดดินดอนเมือง ชุดดินบางปะอิน ชุดดินระแงะ และชุดดินดั้นไทร

2.1.3 ดินที่เคยเป็นดินเปรี้ยวจัด (Para หรือ Pseudo acid sulfate soil) เป็นดินซึ่งได้เคยเกิดกรดกำมะถันขึ้นในชั้นดิน แต่กรดส่วนใหญ่ได้ถูกชะล้าง (Leached) หรือถูกทำให้สะเทิน (Neutralized) จนมีปริมาณความเป็นกรดเหลืออยู่เพียงเล็กน้อยไม่ถึงกับเป็นอันตรายหรือเป็นปัญหาต่อการปลูกพืช แต่ดินนี้ยังคงมีลักษณะของจุดประสีเหลืองฟางข้าวของจาโรไซด์ในชั้นของดินล่าง มีปริมาณของซัลเฟตที่ละลายได้และเปอร์เซ็นต์การอิมมัลด้วยอะลูมิเนียมสูง ส่วนปริมาณอะลูมิเนียมอิสระที่ละลายได้ (Soluble free-aluminum) มีน้อยและไม่อยู่ในระดับที่เป็นอันตรายต่อพืช ชุดดินที่อยู่ในกลุ่มดินนี้ ได้แก่ ชุดดินตะเข้เกรา ชุดดินวังเปรียง และชุดดินบางแพ

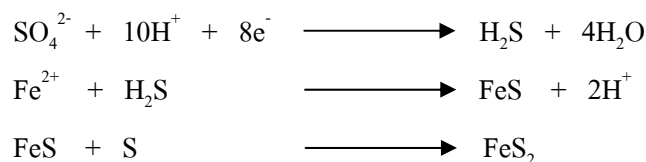
สำหรับดินเปรี้ยวจัดที่พบในภาคใต้มีอยู่ 2 กลุ่ม คือ 1) ดินเปรี้ยวจัดแผ่ พบทั่วไปตามป่าชายเลน ได้แก่ ชุดดินบางปะกง และชุดดินตะกั่วทุ่ง และ 2) ดินเปรี้ยวจัดที่กำลังมีกรดกำมะถันเกิดขึ้น ได้แก่ ชุดดินมูโนะ ชุดดินระแงะ ชุดดินดั้นไทร ชุดดินชะอำ ชุดดินบางน้ำเปรี้ยว ชุดดินธัญบุรี และชุดดินรังสิต ดินกลุ่มนี้ส่วนมากจะพบสารประกอบจาโรไซด์ภายใน 1.5 เมตร จากผิวดิน ปฏิกริยาดินเป็นกรดรุนแรงและมีปัญหาในการปลูกพืช เนื่องจากความเป็นพิษของเหล็กและอะลูมิเนียมที่ละลายออกมามาก อีกทั้งจะเกิดการขาดธาตุฟอสฟอรัสและทำให้ความเป็นประโยชน์ของธาตุอื่นโดยเฉพาะธาตุไนโตรเจนลดลง

2.2 การเกิดดินเปรี้ยวจัด

ดินเปรี้ยวจัดเป็นดินที่เกิดจากตะกอนน้ำกร่อย (Brackish water sediment) หรือตะกอนน้ำทะเล (Sea water sediment) มีสารประกอบซัลไฟด์ในรูปของไพไรต์ในชั้นหน้าตัดดิน เมื่อถูกออกซิไดส์ได้สารประกอบซัลเฟตมีลักษณะเป็นจุดประสีเหลืองฟางข้าวที่เรียกว่า จาโรไซด์ และมีกรดกำมะถันเกิดขึ้นในชั้นหน้าตัดดิน ดินบนมีปฏิกริยาเป็นกรดจัดมาก (มีค่าความเป็นกรด-ด่างต่ำกว่า 4.0) ความอุดมสมบูรณ์ของดินต่ำ การเกิดดินเปรี้ยวจัดของประเทศไทยตามรายงานของ Pons and van der Kevie (1969) ประกอบด้วย 2 กระบวนการ คือ

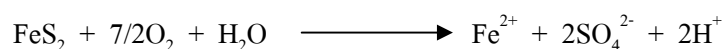
2.2.1 กระบวนการทางธรณีวิทยา (Geogenetic process) หรือกระบวนการเกิดวัตถุต้นกำเนิดดินเปรี้ยวจัด เป็นกระบวนการสะสมของตะกอนน้ำทะเลหรือตะกอนน้ำกร่อยเป็นส่วนใหญ่ โดยที่ตะกอนเหล่านี้จะมีอินทรีย์วัตถุที่ย่อยสลายง่ายประกอบอยู่ และจุลินทรีย์ในดินใช้เป็นแหล่งพลังงานเมื่อมีปริมาณแสง ปริมาณซัลเฟต ปริมาณเหล็กที่เพียงพอ และอยู่ในสภาพน้ำขัง (สภาพที่ไม่มีออกซิเจน) สารประกอบซัลเฟตจะถูกรีดิวซ์โดยจุลินทรีย์พวกที่ไม่ต้องการออกซิเจน ได้แก่ แบคทีเรียพวก *Desulfovibrio* และ *Desulfotomaculum* sp. เปลี่ยนเป็นสารประกอบ

ไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) และจะทำปฏิกิริยากับเฟอร์รัสไอออน (Fe^{2+}) ได้ตะกอนของสารประกอบเหล็กซัลไฟด์ (FeS) เมื่อมีการจัดเรียงตัวกันแน่นเข้าจะแปรสภาพต่อไปเป็นสารไพไรต์ ดังสมการ

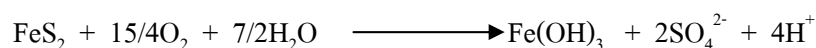


ดินเปรี้ยวจัดเมื่ออยู่ในสภาพน้ำขังเป็นเวลานานอาจจะทำให้เกิดไพไรต์ขึ้นได้อีกถ้ามีสภาพที่เหมาะสม จะพบเกิดอยู่บนชั้นดินบนของดินนั้นแต่จะไม่เกี่ยวข้องกับกระบวนการทางธรณีวิทยา (สรสิทธิ์, 2520) และจากการศึกษาของ Pons and van der Kevie (1969) พบว่ากระบวนการเกิดไพไรต์ของดินเปรี้ยวจัดในประเทศไทยเกิดขึ้นเมื่อประมาณ 2,500-6,000 ปีมาแล้ว

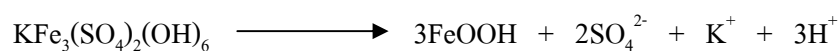
2.2.2 กระบวนการสร้างดินทางปฐพีวิทยา (Pedogenetic process) หรือกระบวนการเกิดขึ้นดินเปรี้ยวจัดที่เกิดขึ้นภายในดินจะเกิดขึ้นเมื่อมีการระบายน้ำและการถ่ายเทอากาศดีขึ้น ไพไรต์ที่สะสมอยู่ในดินจะถูกออกซิไดส์ด้วยออกซิเจนที่แทรกซึมลงมาจากอากาศ ทำให้เกิดกรดกำมะถัน เฟอร์รัสไอออน และซัลเฟตไอออน (SO_4^{2-}) ดังสมการ



เมื่อไพไรต์ถูกออกซิไดส์ และเฟอร์รัสไอออนถูกออกซิไดส์เป็นเฟอร์ริกไฮดรอกไซด์ [$\text{Fe}(\text{OH})_3$] จะทำให้เกิดกรดกำมะถัน 2 โมลต่อไพไรต์ 1 โมล (van Breemen, 1982)



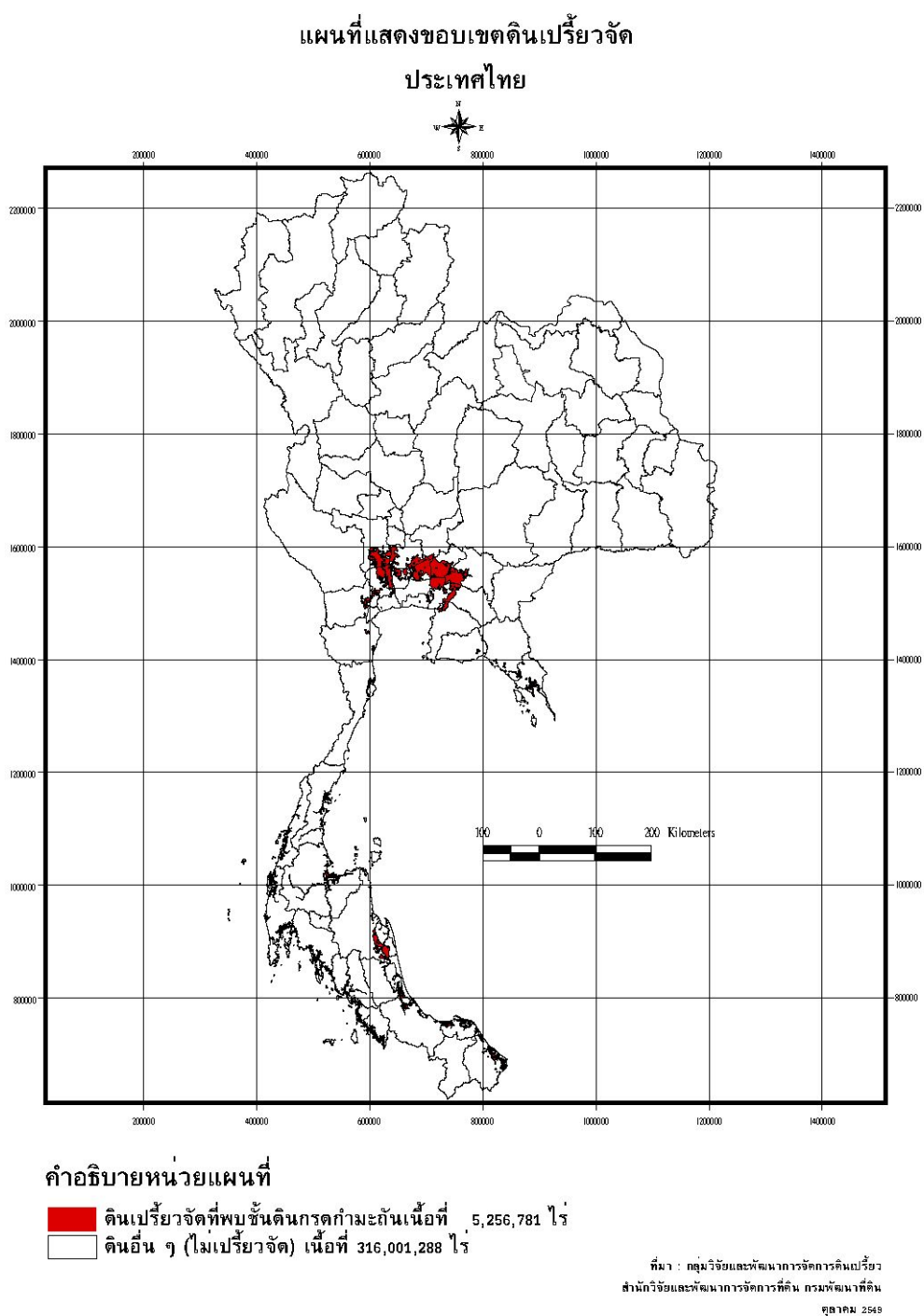
เฟอร์ริกไฮดรอกไซด์ ที่เกิดขึ้นเมื่อรวมกับแคตไอออนที่เป็นต่าง เช่น โพแทสเซียมไอออน (K^+) โซเดียมไอออน (Na^+) เกิดเป็นเกลือเบสิกไอออนซัลเฟต เช่น แร่จาโรไซต์ ซึ่งเป็นสารประกอบสีเหลืองฟางข้าวจะพบเห็นเป็นจุดประในดินเปรี้ยวจัด จาโรไซต์เมื่อไฮโดรไลซ์ต่อไปก็จะเกิดเป็นเกอร์ไทต์ (FeOOH) มีสีเหลืองฟางข้าวเข้มและกรดกำมะถัน ดังสมการ



2.3 การแพร่กระจายของดินเปรี้ยวจัด

van Breemen and Pons (1978) รายงานว่า ภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้มีพื้นที่ดินเปรี้ยวจัดประมาณ 38.9 ล้านไร่ ซึ่งแพร่กระจายอยู่ในประเทศต่าง ๆ โดยพบว่า อินโดนีเซียเป็นประเทศที่มีพื้นที่ดินเปรี้ยวจัดมากที่สุด 12.5 ล้านไร่ หรือคิดเป็น 16 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ดินเปรี้ยวจัดของโลก ประเทศไทยมีพื้นที่ดินเปรี้ยวจัดมากเป็นลำดับที่ 2 คือ ประมาณ 12 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ดินเปรี้ยวจัดของโลก และพบกระจายอยู่ในประเทศเวียดนาม บังกลาเทศ อินเดีย กัมพูชา เมียนมาร์ มาเลเซีย จีน ญี่ปุ่น ฟิลิปปินส์ และเกาหลีใต้

จากการสำรวจการกระจายของดินเปรี้ยวจัดในประเทศไทย โดยกรมพัฒนาที่ดิน (2549ก) พบว่า ประเทศไทยมีพื้นที่ดินเปรี้ยวจัดประมาณ 5.26 ล้านไร่ แพร่กระจายอยู่ในบริเวณที่ราบลุ่มภาคกลางประมาณ 4.06 ล้านไร่ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือประมาณ 0.24 ล้านไร่ และชายฝั่งทะเลภาคใต้ประมาณ 0.96 ล้านไร่ ในภาคกลางกระจายอยู่ในจังหวัดฉะเชิงเทรา นครนายก นครปฐม นนทบุรี ปทุมธานี ประจวบคีรีขันธ์ ปราจีนบุรี พระนครศรีอยุธยา เพชรบุรี ราชบุรี สมุทรปราการ สมุทรสาคร สระบุรี และสุพรรณบุรี ภาคตะวันออกเฉียงเหนือพบกระจายอยู่ในจังหวัดระยอง จันทบุรี ชลบุรี และตราด ในภาคใต้พบกระจายอยู่ในจังหวัดกระบี่ ชุมพร ตรัง นครศรีธรรมราช นราธิวาส ปัตตานี พัทลุง สงขลา สตูล และสุราษฎร์ธานี



ภาพที่ 10 พื้นที่ดินเปรี้ยวจัดและดินเค็มชายทะเลที่เป็นดินเปรี้ยวแฝงหรือดินเค็มชายทะเลที่มี
กำมะถันมาก

ที่มา: กรมพัฒนาที่ดิน (2549ข)

2.4 ผลกระทบของดินเปรี้ยวจัด

การใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ลุ่มบริเวณชายฝั่งทะเล ปากแม่น้ำ และป่าชายเลน โดยไม่เข้าใจในสภาพอันแท้จริงของพื้นที่ดิน เป็นการช่วยเร่งให้เกิดการเปลี่ยนแปลงต่อลักษณะทางกายภาพและเคมีในพื้นที่เหล่านั้นเกิดเป็นพื้นที่ดินเปรี้ยวจัดขึ้นมากมาย และไม่สามารถที่จะใช้ประโยชน์เพื่อกิจกรรมต่าง ๆ ได้อย่างเต็มที่ เนื่องจากดินมีปฏิกิริยาเป็นกรดจัดมากจึงมีผลกระทบต่าง ๆ มากมาย ซึ่งสามารถแยกประเด็นสำคัญ ๆ ได้ดังนี้ คือ

2.4.1 ผลกระทบด้านการใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อการเกษตร

การเกิดพื้นที่ดินเปรี้ยวจัด ส่งผลกระทบต่อการใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อการเกษตรอย่างรุนแรง ทำให้ปลูกพืชได้น้อยชนิดและให้ผลผลิตต่ำ การปลูกพืชจะได้รับผลกระทบโดยตรงจากความรุนแรงของกรดที่เกิดขึ้นในดิน โดยการละลายออกมาของธาตุบางชนิด เช่น อะลูมินัม เหล็ก และแมงกานีส จนถึงระดับที่เป็นพิษต่อพืช อีกทั้งทำให้ธาตุฟอสฟอรัสซึ่งเป็นธาตุอาหารพืชหลัก ถูกตรึงทำให้อยู่ในรูปที่ไม่มีประโยชน์ต่อพืชหรือดูดซับไปใช้ไม่ได้ เมื่อปลูกพืชที่อยู่ในสภาพน้ำแช่ขัง หรือการขุดบ่อปลา แม้จะถือว่าเป็นการลดความเป็นกรดของดินโดยใช้น้ำ แต่ปัญหาที่ติดตามมาก็คือ เกิดความเป็นพิษจากก๊าซไข่เน่าจากเหล็กและจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

นอกเหนือไปจากปัญหาทางเคมีที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชดังที่ได้กล่าวมาแล้ว ปัญหาทางกายภาพของดินที่ส่งผลให้พืชทุกชนิดไม่เจริญเติบโต หรือรากพืชไม่อาจชอนไชหาอาหารได้ คือ การแช่ขังของน้ำและโครงสร้างของดินไม่เหมาะสม ซึ่งปัญหาทางเคมีและกายภาพดังกล่าว นอกจากจะทำให้พืชไม่เจริญเติบโตอ่อนแอต่อการถูกทำลายโดยโรคและแมลง นอกจากนี้ยังมีผลต่อกิจกรรมการย่อยสลายอินทรีย์วัตถุของจุลินทรีย์ในดิน ทำให้อินทรีย์วัตถุไม่อาจปลดปล่อยแร่ธาตุให้แก่พืชได้

ในเรื่องความเป็นพิษของสารประกอบต่าง ๆ ที่ละลายออกมาในสภาพที่ดินเป็นกรดจัดขอกกล่าวพอสังเขป ดังนี้

2.4.1.1 ความเป็นพิษของธาตุอะลูมินัม อะลูมินัมเป็นธาตุที่พบมากในดินเปรี้ยวจัด เนื่องจากธาตุอะลูมินัมสามารถละลายได้เมื่อค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) น้อยกว่า 4.5 โดยปริมาณของอะลูมินัมที่ละลายได้จะมีค่าเป็นปฏิปักษ์ต่อกันกับค่าความเป็นกรด-ด่าง กล่าวคือ เมื่อค่าความเป็นกรด-ด่างลดลง 1 หน่วย ปริมาณของอะลูมินัมที่ละลายได้จะเพิ่มขึ้นประมาณ 10 เท่า อะลูมินัมเป็นพิษต่อพืชได้แม้มีปริมาณน้อยเพียง 1-2 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของพืชและพันธุ์พืชที่มีความทนทานได้มากน้อยเพียงไร อะลูมินัมจะสะสมในเนื้อเยื่อของรากพืช ยับยั้งการแบ่งตัวของเซลล์ทำให้รากไม่สามารถงอกยาวขึ้นได้ นอกจากนั้นยังไปยับยั้งการเกิดเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการสร้างผนังเซลล์ ส่งผลให้ระบบรากพืชไม่เจริญเติบโต

2.4.1.2 ความเป็นพิษของธาตุเหล็ก เหล็กเป็นธาตุอาหารพืชที่มีความสำคัญธาตุหนึ่ง มีส่วนช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของรากพืช แต่ปริมาณเหล็กที่ละลายได้ หากมีในดินมากเกินไปสามารถไปยับยั้งการเจริญเติบโตของพืชได้ ระดับของเหล็กที่เป็นพิษจะมีช่วงกว้างมากขึ้นอยู่กับชนิดหรือรูปของเหล็ก ความเข้มข้นของธาตุอาหารต่างๆ อุณหภูมิและแสงสว่าง ตลอดจนความทนทานของพืชแต่ละชนิดต่อความเป็นพิษที่เกิดจากปริมาณธาตุเหล็ก ความเข้มข้นของเหล็กที่ละลายได้จะเพิ่มขึ้นเมื่อดินเปรี้ยวจัดและอยู่ในสภาพน้ำขังในช่วง 2-10 สัปดาห์ และจะลดลงในเวลาต่อมา ลักษณะเช่นนี้พบบ่อยมากในดินเปรี้ยวจัดที่มีอายุน้อย โดยทั่วไปถ้าดินมีเหล็กละลายอยู่ประมาณ 100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จะมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชที่ปลูกได้

2.4.1.3 ความเป็นพิษจากก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์หรือก๊าซไข่เน่า เกิดมากในดินเปรี้ยวจัดที่อยู่ในสภาพน้ำแช่ขัง ทั้งนี้เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรดของดินทำให้เกิดกิจกรรมของจุลินทรีย์บางชนิดเพิ่มขึ้น ประกอบกับในดินที่มีปริมาณอินทรีย์วัตถุสูงจะยังทำให้เกิดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์มากขึ้น

2.4.1.4 ความเป็นพิษจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เกิดจากการสลายตัวของอินทรีย์วัตถุและสะสมในดินเปรี้ยวจัดที่มีน้ำแช่ขัง โดยจะมีปริมาณเพิ่มสูงมากภายใน 2 สัปดาห์แรกที่น้ำขัง จากนั้นปริมาณจะลดลง ความเป็นพิษจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะทำให้รากพืชเจริญเติบโตได้ช้าเกิดการเหี่ยวเฉาและการดูดธาตุอาหารพืชลดลง

2.4.1.5 การขาดธาตุอาหารพืช ดินเปรี้ยวจัดจะทำให้ธาตุอาหารพืชที่สำคัญถูกตรึงให้อยู่ในรูปที่พืชนำไปใช้ประโยชน์ไม่ได้ ธาตุอาหารพืชที่พบว่าขาดอยู่เสมอ ได้แก่ ธาตุฟอสฟอรัสเป็นธาตุที่ถูกตรึงมากที่สุดที่ดินเปรี้ยวจัด ทั้งนี้เนื่องจากเมื่อดินเป็นกรดรุนแรง ปริมาณของเหล็กและอะลูมิเนียมจะละลายออกมามากแล้วจะรวมกับฟอสฟอรัสในดินเกิดเป็นสารประกอบฟอสเฟตที่ไม่ละลาย พืชไม่สามารถดูดไปใช้ประโยชน์ได้ ขบวนการนี้เรียกว่า การตรึงฟอสฟอรัสในดิน

สภาพดินเปรี้ยวจัดมีผลต่อกิจกรรมการย่อยสลายอินทรีย์วัตถุของจุลินทรีย์ดิน ทำให้การย่อยสลายของอินทรีย์วัตถุน้อยลง ธาตุอาหารพืชที่จะได้จากกิจกรรมของจุลินทรีย์จึงลดลงตามไปด้วย โดยเฉพาะอย่างยิ่งไนโตรเจนและฟอสเฟต นอกจากนี้ยังมีผลต่อการดูดซับธาตุไนโตรเจนของไรโซเบียมในพืชตระกูลถั่ว และการดูดซับฟอสเฟตของไมโครไรซาอีกด้วย

2.4.2 ผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม

ดินเปรี้ยวจัด ส่วนใหญ่มีสภาพเป็นพื้นที่ราบลุ่มมีน้ำท่วมขัง ในสภาพธรรมชาติที่มีน้ำท่วมขังนี้ดินมีสภาพเป็นกลาง ระบบนิเวศไม่ว่าจะเป็นระบบทางกายภาพ ทางเคมี หรือทางชีวภาพล้วนแล้วแต่มีความสัมพันธ์กันอย่างซับซ้อน อยู่ในสภาพที่มีสมดุลทางธรรมชาติ เมื่อมีการนำพื้นที่เหล่านี้มาใช้ประโยชน์ในด้านใดก็ตาม หากปราศจากการวางแผนและการจัดการที่เหมาะสมแล้วทำให้ระบบนิเวศในบริเวณนั้นและในบริเวณใกล้เคียงมีการเปลี่ยนแปลง ซึ่งส่วนใหญ่มักเป็น

ผลเสียมากกว่าผลดี เช่น การนำพื้นที่เหล่านี้มาใช้ประโยชน์ทางการเกษตร จำเป็นต้องมีการระบายน้ำออก แต่โดยธรรมชาติของดินเปรี้ยวจัดมีสภาพเป็นพื้นที่ราบลุ่ม มีน้ำท่วมขังในฤดูฝนนาน 120-180 วัน จึงเป็นดินที่ไม่เหมาะสมต่อการปลูกพืชไร่ เนื่องจากมีกรดกำมะถันอยู่ในชั้นหน้าตัดดินเป็นปริมาณมาก ดินมีความอุดมสมบูรณ์ค่อนข้างต่ำ และมีเนื้อดินเป็นดินเหนียวน้ำซึมผ่านได้ยากส่วนใหญ่จึงใช้พื้นที่ในการทำนาแต่ให้ผลผลิตต่ำมาก เนื่องจากปฏิกิริยาดินเป็นกรดจัดมากทำให้การละลายได้ของเหล็กและอะลูมิเนียมสูงจนถึงระดับที่อาจเป็นพิษต่อข้าวได้ ในทำนองเดียวกันถ้ามีการพัฒนาบริเวณชายฝั่งทะเลเพื่อใช้ที่ดินซึ่งเป็นดินเปรี้ยวจัดหรือดินเค็มโดยไม่มีการวางแผนการพัฒนาที่เหมาะสม ผลกระทบที่มีต่อสิ่งแวดล้อมบริเวณรอบข้างย่อมเกิดขึ้น

2.4.3 ผลกระทบด้านเศรษฐกิจและสังคม

การใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อการเกษตรในพื้นที่ดินเปรี้ยวจัด จำเป็นต้องมีการปรับปรุงพื้นที่ทั้งในด้านกายภาพและสมบัติทางเคมีของดิน รวมถึงการเลือกชนิดของพืชที่จะปลูกให้เหมาะสม ทำให้การทำเกษตรบนพื้นที่ดินเปรี้ยวจัดต้องลงทุนสูงกว่าเกษตรกรที่ทำการเพาะปลูกในพื้นที่อื่น ๆ ไม่ว่าจะเป็นต้นทุนในการปรับปรุงที่ดิน ค่าวัสดุ ค่าแรงงาน และปุ๋ย ซึ่งต้องใช้มากกว่าในพื้นที่ดินทั่วไป เนื่องจากดินเปรี้ยวจัดมีความอุดมสมบูรณ์ตามธรรมชาติต่ำ ส่งผลให้ผลตอบแทนที่ได้ต่ำมากเมื่อเปรียบเทียบกับการลงทุนในพื้นที่ดินที่ไม่เป็นดินเปรี้ยวจัด นอกจากนี้ยังพบว่าเกษตรกรมีอัตราเสี่ยงในการเพาะปลูกจากธรรมชาติ เช่น น้ำท่วม ฝนแล้ง ทำให้การประกอบอาชีพเป็นไปอย่างยากลำบาก เกษตรกรบางรายอาจจะทิ้งที่ทำกินไปหาอาชีพใหม่หรือไปขายแรงงานในเมือง เกิดปัญหาสังคมอื่น ๆ ตามมาอย่างเป็นลูกโซ่

บทที่ 3

ความรู้เรื่องข้าว

ข้าว เป็นพืชจำพวกธัญพืชที่สามารถกินเมล็ดได้ เป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยว ต้นข้าวมีลักษณะภายนอกบางอย่าง เช่น ใบ กาบใบ ลำต้น และรากคล้ายต้นหญ้า เป็นพืชเศรษฐกิจที่ปลูกมากในทวีปเอเชีย ข้าวในท้องที่ต่าง ๆ ของโลกแบ่งได้ 3 พวก คือ 1) ข้าวปลูกเอเชีย (*Oryza sativa*) มีปลูกกันทั่วไป 2) ข้าวปลูกแอฟริกา (*Oryza glaberima*) มีปลูกเฉพาะแอฟริกาเท่านั้น และ 3) ข้าวป่า (Wide rice and weed relatives) เป็นข้าวที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ มีด้วยกันหลายชนิดแต่ที่สำคัญและควรทราบ ได้แก่ ก) *Oryza spontanea* ข) *Oryza perennis* ค) *Oryza officinalis* และ ง) *Oryza nivara* และเป็นที่ยอมรับกันว่าข้าวป่าชนิด *Oryza perennis* เป็นต้น ตระกูลของข้าวที่ปลูกบริโภคกันทุกวันนี้ ซึ่งเป็นข้าวที่มีการเปลี่ยนแปลงพันธุกรรมในธรรมชาติและได้ผ่านการคัดเลือกโดยธรรมชาติ ข้าวที่ปลูกในปัจจุบันมี 2 ชนิด ได้แก่ *Oryza sativa* และ *Oryza glaberima* (สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร, 2557)

3.1 แหล่งกำเนิดข้าว

นักวิทยาศาสตร์ชาวญี่ปุ่นได้ทำการศึกษานิตต่าง ๆ ของข้าวและได้สรุปว่า ข้าวชนิด *Oryza sativa* ซึ่งได้มีการปลูกกันแพร่หลายในประเทศที่ปลูกข้าวต่าง ๆ นั้น ยังแบ่งออกได้เป็น 3 พวก คือ จาпонิกา (Japonica) อินเดียกา (Indica) และจาวานิกา (Javanica) โดยใช้ลักษณะรูปพรรณของลำต้น ใบ และเมล็ด รวมทั้งความเป็นหมันของข้าวลูกผสม (Hybrid sterility) ระหว่างข้าวทั้ง 3 กลุ่มในการจำแนก ดังนี้

3.1.1 จาпонิกา เป็นข้าวที่ปลูกในประเทศจีนตอนเหนือและตะวันออก ญี่ปุ่น เกาหลี และประเทศอื่น ๆ ที่อยู่ในเขตอบอุ่น

3.1.2 อินเดียกา เป็นข้าวที่ปลูกในประเทศต่าง ๆ ในเขตร้อน เช่น ศรีลังกา จีนตอนใต้ และตอนกลาง อินเดีย อินโดนีเซีย บังกลาเทศ ไทย และฟิลิปปินส์ เป็นต้น

3.1.3 จาวานิกา เป็นข้าวที่พบในประเทศอินโดนีเซียเท่านั้น อย่างไรก็ตาม แหล่งที่ปลูกข้าวกันมากในโลกนี้อยู่ระหว่างเส้นรุ้งที่ 50 องศาเหนือ และ 35 องศาใต้

ข้าวเจริญเติบโตได้ดีในบริเวณที่มีอากาศร้อนและมีความชื้นเพียงพอระหว่างเส้นรุ้งที่ 30 องศาเหนือ และ 30 องศาใต้ แต่แหล่งใหญ่ที่สุดที่ปลูกข้าวอยู่ในเขตร้อนระหว่างเส้นรุ้งที่ 23-27 องศาเหนือ และ 23-27 องศาใต้ อุณหภูมิที่พอเหมาะคือ 21 องศาเซลเซียส (70 องศาฟาเรนไฮต์) หรือสูงกว่านี้ อากาศร้อนช่วยให้ข้าวออกดอกเร็วขึ้น เพราะมีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วใน

ระยะแรก ข้าวมีความต้องการน้ำแตกต่างกันตั้งแต่ปริมาณน้ำฝน 203-890 มิลลิเมตรต่อเดือน และบริเวณที่ปลูกข้าวส่วนใหญ่จะมีฝนตกประจำประมาณ 1,016 มิลลิเมตรต่อเดือนหรือสูงกว่านี้ ความต้องการน้ำตั้งแต่ปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยวประมาณ 3,046 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่

3.2 ชนิดของข้าว

การแบ่งชนิดของข้าวขึ้นอยู่กับสิ่งที่ใช้เป็นมาตรการในการแบ่ง ซึ่งกรมการข้าว (2557) ได้แบ่งชนิดของข้าวไว้ 2 ชนิด ได้แก่ แบ่งตามนิเวศการปลูก และแบ่งตามการตอบสนองต่อช่วงแสง

3.2.1 แบ่งตามนิเวศการปลูก

3.2.1.1 ข้าวนาสวน เป็นข้าวที่ปลูกในนาที่มีน้ำขังหรือกักเก็บน้ำได้ระดับน้ำลึกไม่เกิน 50 เซนติเมตร ข้าวนาสวนมีปลูกทุกภาคของประเทศไทย แบ่งออกได้ 2 ชนิด คือ ข้าวนาสวนนาข้าวไร่ และข้าวนาสวนนาชลประทาน

ข้าวนาสวนนาข้าวไร่เป็นข้าวที่ปลูกในฤดูนาปีและอาศัยน้ำฝนตามธรรมชาติ ไม่สามารถควบคุมระดับน้ำได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับ การกระจายตัวของฝน ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกข้าว นาข้าวไร่ประมาณร้อยละ 70 ของพื้นที่ปลูกข้าวทั้งหมด

ข้าวนาสวนนาชลประทานเป็นข้าวที่ปลูกได้ตลอดทั้งปีในนาที่สามารถควบคุมระดับน้ำได้ โดยอาศัยน้ำจากการชลประทาน ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกข้าวนาสวนนาชลประทานร้อยละ 24 ของพื้นที่ปลูกข้าวทั้งหมด และพื้นที่ส่วนใหญ่จะอยู่ในภาคกลาง

3.2.1.2 ข้าวขึ้นน้ำ เป็นข้าวที่ปลูกในนาที่มีน้ำท่วมขังในระหว่างการเจริญเติบโตของข้าว มีระดับน้ำลึกตั้งแต่ 1-5 เมตร เป็นเวลาไม่น้อยกว่า 1 เดือน ลักษณะพิเศษของข้าวขึ้นน้ำ คือ มีความสามารถในการยืดปล้อง (Internode elongation ability) การแตกแขนงและรากที่ข้อเหนือผิวดิน (Upper nodal tillering and rooting ability) และการชูรวง (Kneeing ability)

3.2.1.3 ข้าวไร่ เป็นข้าวที่ปลูกในพื้นที่น้ำลึก ระดับน้ำในนามากกว่า 50 เซนติเมตร แต่ไม่เกิน 100 เซนติเมตร

3.2.1.4 ข้าวไร่ เป็นข้าวที่ปลูกในที่ดอนหรือในสภาพไร่ บริเวณไหล่เขาหรือพื้นที่ซึ่งไม่มีน้ำขัง ไม่มีการทำคันนาเพื่อกักเก็บน้ำ

3.2.1.5 ข้าวนาที่สูง เป็นข้าวที่ปลูกในนาที่มีน้ำขังบนที่สูงตั้งแต่ 700 เมตรเหนือระดับน้ำทะเลขึ้นไป พันธุ์ข้าวนาที่สูงต้องมีความสามารถทนทานอากาศหนาวเย็นได้ดี

3.2.2 แบ่งตามการตอบสนองต่อช่วงแสง แบ่งได้ 2 ชนิด คือ

3.2.2.1 ข้าวไวต่อช่วงแสง เป็นข้าวที่ออกดอกเฉพาะเมื่อช่วงเวลากลางวันสั้นกว่า 12 ชั่วโมง โดยพบว่า ข้าวไวต่อช่วงแสงในประเทศไทยมักจะออกดอกในเดือนที่มีความยาวของกลางวันประมาณ 11 ชั่วโมง 40 นาที หรือสั้นกว่านี้ ดังนั้นข้าวที่ออกดอกได้ในเดือนที่มีความยาว

ของกลางวัน 11 ชั่วโมง 40-50 นาที จึงได้ชื่อว่าเป็นข้าวที่มีความไวต่อช่วงแสงน้อย (Less sensitive to photoperiod) และพันธุ์ที่ออกดอกเฉพาะในเดือนที่มีความยาวของกลางวันประมาณ 11 ชั่วโมง 10-20 นาทีก็ได้ชื่อว่าเป็นพันธุ์ที่มีความไวต่อช่วงแสงมาก (Strongly sensitive to photoperiod) พันธุ์ข้าวประเภทนี้จึงปลูกและให้ผลผลิตได้ปีละหนึ่งครั้งหรือปลูกได้เฉพาะในฤดูนาปี บางครั้งจึงเรียกว่า ข้าวนาปี พันธุ์ข้าวในประเทศไทยที่เป็นพันธุ์พื้นเมืองส่วนใหญ่เป็นพันธุ์ที่มีความไวต่อช่วงแสง

3.2.2.2 ข้าวไม่ไวต่อช่วงแสง เป็นข้าวที่ออกดอกเมื่อข้าวมีระยะเวลาการเจริญเติบโต และให้ผลผลิตตามอายุ จึงใช้ปลูกและให้ผลผลิตได้ตลอดทั้งปี หรือปลูกได้ในฤดูนาปรัง บางครั้งจึงเรียกว่า ข้าวนาปรัง

3.3 ปัจจัยที่เหมาะสมต่อการปลูกข้าว

ปัจจัยที่เหมาะสมต่อการปลูกข้าว นอกจากชนิดพันธุ์ข้าว ยังมีปัจจัยสิ่งแวดล้อมภายนอกที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของข้าว (กรมอุตุฯ, 2555) ดังนี้

3.3.1 ความสูงของพื้นที่ ข้าวขึ้นได้ดีตั้งแต่ระดับน้ำทะเลจนถึงที่สูง 2,500 เมตร สามารถเจริญเติบโตทั้งในที่ดอน (ข้าวไร่) และที่ลุ่มมีระดับน้ำตั้งแต่ 5 เซนติเมตร (ข้าวนาสวน) จนถึงหลายเมตร (ข้าวฟ้างลอย)

3.3.2 ดิน ข้าวสามารถขึ้นได้ในดินเกือบทุกชนิดยกเว้นดินทราย (Sand) ส่วนใหญ่ชอบขึ้นในดินเหนียว (Clay) และดินร่วนเหนียว (Clay loam) มีค่าความเป็นกรด-ด่างตั้งแต่ 3-10 ข้าวสามารถปลูกขึ้นได้แม้กระทั่งในดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ

3.3.3 ปริมาณน้ำ ข้าวมีความต้องการน้ำตั้งแต่ 875 มิลลิเมตร (ข้าวไร่) จนถึง 2,000 มิลลิเมตร (ข้าวนาสวน) ต่อปี แต่ควรมีการกระจายฝนที่ดี ในพื้นที่ที่ไม่ได้รับน้ำชลประทานหรือที่เรียกว่า นาฝน ซึ่งส่วนใหญ่จะปลูกข้าวได้ในนาปีเท่านั้น และการตอบสนองต่อความต้องการน้ำยังขึ้นอยู่กับพันธุ์และช่วงของการเจริญเติบโต ในช่วงการเตรียมดินนั้นควรมีน้ำประมาณ 150-200 มิลลิเมตร ช่วงที่เป็นต้นกล้าต้องการประมาณ 250-400 มิลลิเมตร จนถึงต้นกล้าอายุ 30-40 วัน ส่วนในช่วงปักดำจนกระทั่งเก็บเกี่ยวนั้นควรมีน้ำอยู่ในระหว่าง 800-1,200 มิลลิเมตร

3.3.4 แสงอาทิตย์ ปริมาณแสงมีความจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช โดยนำไปใช้ในกระบวนการสังเคราะห์แสง และช่วงเวลาสั้นยาวของกลางวันกลางคืนยังมีผลต่อการเจริญทางการสืบพันธุ์ของข้าวไวแสง ความเข้มของแสงในฤดูฝนซึ่งมีเมฆหมอกมากนั้นจะน้อยกว่าความเข้มแสงในฤดูร้อน ผลผลิตข้าวส่วนใหญ่จึงน้อยกว่าเมื่อปลูกในฤดูฝน แสงแดดมีความจำเป็นมากในช่วงเริ่มสร้างดอกจนกระทั่ง 10 วันก่อนเมล็ดแก่

3.3.5 อุณหภูมิ ได้มีการศึกษาพบว่า อุณหภูมิมีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตของข้าวและการให้ผลผลิต พบว่า อุณหภูมิที่เหมาะสมจะอยู่ในระหว่าง 25-33 องศาเซลเซียส อุณหภูมิที่ต่ำเกินไปหรือสูงเกินไป (ต่ำกว่า 15 องศาเซลเซียส และสูงกว่า 35 องศาเซลเซียส) จะมีผลต่อการงอกของเมล็ด การยืดของใบ การแตกกอ การสร้างดอกอ่อน และการผสมเกสร เป็นต้น เช่น พบว่า อุณหภูมิที่สูงเกินไปและต่ำเกินไปช่วงที่มีการออกดอกจะทำให้ดอกข้าวเป็นหมัน ซึ่งจะส่งผลทำให้ได้ผลผลิตต่ำกว่าปกติ

3.3.6 ความชื้นสัมพัทธ์ อิทธิพลของความชื้นสัมพัทธ์ของบรรยากาศต่อการเจริญเติบโตของข้าวนั้นมักจะไม่ใช่ชัดเจน เพราะจะมีความสัมพันธ์กับปริมาณความเข้มแสงและอุณหภูมิในเชิงที่กลับกัน กล่าวคือ เมื่อความเข้มของแสงมากและอุณหภูมิสูงมักทำให้ความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ อุณหภูมิเย็นในเวลากลางวันทำให้เกิดน้ำค้างสูง จะมีผลต่อการพัฒนาของเชื้อโรคของข้าวบางชนิด เช่น โรคใบไหม้ เป็นต้น

3.3.7 ลม ลมอ่อนที่พัดถ่ายเทอยู่ตลอดเวลา (ความเร็วประมาณ 0.75-2.25 เซนติเมตรต่อวินาที) จะช่วยให้มีการถ่ายเทก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ใช้ในการสังเคราะห์แสงได้ดี ทำให้พืชสามารถสังเคราะห์แสงได้มากยิ่งขึ้น แต่ถ้าลมแรงจะมีผลโดยตรงทำให้ต้นข้าวหักล้ม เกิดความเสียหายแก่ผลผลิตได้

3.3.8 ฤดูปลูก ข้าวปลูกได้ตลอดปี แต่ควรหลีกเลี่ยงช่วงการปลูกที่ต้นข้าวจะออกดอกในช่วงอุณหภูมิต่ำกว่า 20 องศาเซลเซียส หรือสูงกว่า 33 องศาเซลเซียส และหลีกเลี่ยงการปลูกที่ต้องเก็บเกี่ยวในช่วงที่ฝนตกชุก เพื่อให้ได้ผลผลิตที่มีคุณภาพจำเป็นต้องวางแผนการปลูกที่เหมาะสม

3.4 สถานะการผลิตข้าวของไทย

3.4.1 พื้นที่ปลูกและการผลิตข้าวของไทย

ข้าวเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของไทย แต่ปัจจุบันประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกข้าวลดลงจากรายงานของสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตรพบว่า ใน พ.ศ. 2556 ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกข้าวทั้งหมด 69.55 ล้านไร่ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีพื้นที่ปลูกข้าวมากที่สุดถึง 41.84 ล้านไร่ แต่ผลผลิตต่อพื้นที่ต่ำสุด โดยข้าวนาปีให้ผลผลิตเฉลี่ย 334 กิโลกรัมต่อไร่ ข้าวนาปรังให้ผลผลิตเฉลี่ย 553 กิโลกรัมต่อไร่ ภาคกลางให้ผลผลิตต่อพื้นที่สูงที่สุด คือ ข้าวนาปีให้ผลผลิตเฉลี่ย 601 กิโลกรัมต่อไร่ และข้าวนาปรังให้ผลผลิตเฉลี่ย 727 กิโลกรัมต่อไร่ โดยมีพื้นที่ปลูกข้าวประมาณ 14.84 ล้านไร่ ภาคเหนือมีพื้นที่ปลูกข้าว 19.54 ล้านไร่ ข้าวนาปีให้ผลผลิตเฉลี่ย 585 กิโลกรัมต่อไร่ และข้าวนาปรังให้ผลผลิตเฉลี่ย 685 กิโลกรัมต่อไร่ และภาคใต้มีพื้นที่ปลูกข้าวน้อยที่สุดประมาณ 1.31 ล้านไร่ ข้าวนาปีให้ผลผลิตเฉลี่ย 458 กิโลกรัมต่อไร่ และข้าวนาปรังให้ผลผลิตเฉลี่ย 529 กิโลกรัมต่อไร่ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2556)

ผลผลิตข้าวของประเทศไทยโดยเฉลี่ยประมาณ 433 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งต่ำมากเมื่อเทียบกับผลผลิตข้าวเฉลี่ยของประเทศจีน (1,015 กิโลกรัมต่อไร่) ญี่ปุ่น (1,046 กิโลกรัมต่อไร่) อินโดนีเซีย (750 กิโลกรัมต่อไร่) บังกลาเทศ (621 กิโลกรัมต่อไร่) ฟิลิปปินส์ (602 กิโลกรัมต่อไร่) บราซิล (611 กิโลกรัมต่อไร่) เมียนมาร์ (636 กิโลกรัมต่อไร่) อินเดีย (513 กิโลกรัมต่อไร่) และเวียดนาม (779 กิโลกรัมต่อไร่) ในขณะที่ผลผลิตข้าวโลกเฉลี่ย 667 กิโลกรัมต่อไร่ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2556)

จากรายงานสถิติการเกษตรของประเทศไทยในช่วง 3 ปีที่ผ่านมา (พ.ศ. 2554-2556) ของสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2556) พบว่า พื้นที่เพาะปลูกข้าวและผลผลิตทั้งหมดมีแนวโน้มลดลง (ตารางที่ 1) เนื่องจากเกษตรกรเปลี่ยนพื้นที่ไปปลูกพืชพลังงานบางส่วน เช่น ปาล์มน้ำมัน มันสำปะหลัง ซึ่งให้ราคาสูงและการดูแลรักษาน้อยกว่า

ตารางที่ 1 พื้นที่ปลูกข้าว ผลผลิต และผลผลิตต่อไร่ของประเทศไทย พ.ศ. 2554-2556

รายการ	พ.ศ. 2554	พ.ศ. 2555	พ.ศ. 2556
พื้นที่ปลูกข้าว (ล้านไร่)	83.40	72.04	69.55
ข้าวนาปี	65.30	64.95	65.00
ข้าวนาปรัง	18.10	7.09	4.55
ผลผลิตข้าวเปลือก (ล้านตัน)	38.04	37.97	36.62
ข้าวนาปี	25.81	27.23	28.17
ข้าวนาปรัง	12.23	10.74	8.45
ผลผลิตต่อไร่ (กิโลกรัม)	1,072	1,088	1,106
ข้าวนาปี	396	419	433
ข้าวนาปรัง	676	669	673

ที่มา: สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2556)

หมายเหตุ: ข้าวนาปรัง พ.ศ. 2554, 2555 และ 2556 หมายถึง ปีเพาะปลูก 2553/2554, 2554/2555 และ 2555/2556

3.4.2 การนำเข้าและการส่งออกข้าว

ใน พ.ศ. 2554-2556 การค้าข้าวของโลกมีปริมาณ 36.20, 35.60 และ 35.50 ล้านตันข้าวสาร ตามลำดับ โดยประเทศที่มีการส่งออกข้าวเพิ่มขึ้น คือ อินเดีย ออสเตรเลีย อิหร่าน ปากีสถาน อุรุกวัย และเวียดนาม ในขณะที่ประเทศไทย บราซิล กัมพูชา และจีนมีการส่งออกข้าวลดลง ใน พ.ศ. 2555 และ พ.ศ. 2556 อินเดียมีการส่งออกข้าวเป็นอันดับ 1 ของโลก ประมาณ 10 ล้านตันข้าวสาร เนื่องจากรัฐบาลอินเดียได้ยกเลิกมาตรการห้ามเอกชนส่งออก รองลงมา คือ เวียดนาม

ส่งออกประมาณ 7.20 ล้านตันข้าวสาร มีส่วนแบ่งตลาดร้อยละ 18.8 และไทยตกมาอยู่ที่อันดับ 3 ส่งออกได้ 6.50 ล้านตันข้าวสาร มีส่วนแบ่งการตลาดร้อยละ 17.0 ปริมาณการส่งออกข้าวของไทย ลดลงอย่างชัดเจนในช่วง พ.ศ. 2555 และ 2556 โดยลดลงถึงร้อยละ 37.1 และ 44.7 ตามลำดับเมื่อเทียบกับ พ.ศ. 2554 โดยใน พ.ศ. 2555 และ พ.ศ. 2556 ไทยสามารถส่งออกข้าวได้เพียง 6.73 และ 5.92 ล้านตันข้าวสาร (ตารางที่ 2) ลดลงจาก พ.ศ. 2554 ที่ส่งออกได้ถึง 10.71 ล้านตันข้าวสาร และเป็นผู้ส่งออกข้าวได้มากเป็นอันดับ 1 ของโลก ทั้งนี้เนื่องจากราคาส่งออกข้าวไทยอยู่ในเกณฑ์ที่สูงกว่าเมื่อเทียบกับประเทศคู่แข่งเช่นอินเดียและเวียดนามเฉลี่ยประมาณ 130-170 เหรียญสหรัฐต่อตัน ส่งผลให้ไทยต้องสูญเสียตลาดบางส่วนให้กับประเทศคู่แข่ง (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2556)

ตารางที่ 2 สถานการณ์การส่งออกข้าวของประเทศไทย พ.ศ. 2554-2556

รายการ	พ.ศ. 2554	พ.ศ. 2555	พ.ศ. 2556
การค้าของโลก (ล้านตันข้าวสาร) ^{1/}	36.20	35.60	35.50
ส่วนแบ่งการตลาดโลก (เปอร์เซ็นต์)	29.58	18.74	16.00
ใช้ในประเทศ (ล้านตันข้าวสาร)	10.30	10.40	10.60
ส่งออก (ล้านตันข้าวสาร) ^{2/}	10.71	6.73	5.92
มูลค่าส่งออก (ล้านบาท) ^{2/}	193,842	142,976	120,839

ที่มา: สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2556)

หมายเหตุ: ^{1/} กระทรวงเกษตรสหรัฐอเมริกา

^{2/} กรมศุลกากร

บทที่ 4

ชั้นความเหมาะสมของดินเปรี้ยวจัดสำหรับการปลูกข้าว

ดินเปรี้ยวจัด เป็นดินมีปัญหาชนิดหนึ่ง ที่มีความสามารถในการให้ผลผลิตต่ำเมื่อเทียบกับดินโดยทั่วไป พื้นที่ดินเปรี้ยวจัดมีสภาพเป็นพื้นที่ลุ่มมีน้ำท่วมขังในฤดูฝนนาน 120-180 วัน จึงเป็นดินที่ไม่เหมาะสมต่อการปลูกพืชไร่ เนื่องจากมีกรดกำมะถันอยู่ในชั้นหน้าตัดดินเป็นปริมาณมาก ดินมีความอุดมสมบูรณ์ค่อนข้างต่ำ และมีเนื้อดินเป็นดินเหนียว น้ำซึมผ่านได้ยากส่วนใหญ่จึงใช้พื้นที่ในการทำนาแต่ให้ผลผลิตต่ำ เนื่องจากปฏิกิริยาดินเป็นกรดจัดมาก ทำให้การละลายได้ของเหล็กและอะลูมิเนียมสูงจนถึงระดับที่อาจเป็นพิษต่อข้าวได้ และทำให้ธาตุอาหารในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืชได้ในดินอยู่ในระดับต่ำ บางครั้งถึงกับขาดแคลน นอกจากนี้ความเป็นกรดของดินยังมีผลต่อการลดประสิทธิภาพกิจกรรมการย่อยสลายอินทรีย์วัตถุของจุลินทรีย์ในดิน

4.1 ชั้นความเหมาะสมของดินเปรี้ยวจัดสำหรับการปลูกข้าว

ข้าวเจริญเติบโตได้ดีในดินตั้งแต่ดินทรายจนถึงดินเหนียว แต่ดินเหนียวจะเจริญเติบโตดีกว่าเพราะเก็บรักษาน้ำได้มากกว่า และเหมาะสมสำหรับข้าวซึ่งเจริญเติบโตได้ดีในดินที่มีน้ำขัง ความเป็นกรด-ด่างของดินที่เหมาะสมอยู่ระหว่าง 5.5-6.5 ไม่ชอบกรดจัด (ค่าความเป็นกรด-ด่างน้อยกว่า 4.0) และด่างจัด (ค่าความเป็นกรด-ด่างมากกว่า 7.0)

Kevie and Yenmanas (1972) และวุฒิชชาติ และคณะ (2533) ได้แบ่งสมรรถนะของดินนา (Land suitability class) ในการปลูกข้าวออกเป็น 5 ชั้นความเหมาะสม คือ เหมาะสมมาก (P-I) เหมาะสม (P-II) เหมาะสมปานกลาง (P-III) เหมาะสมน้อย (P-IV) และไม่เหมาะสม (P-V) ในการจำแนกชั้นความเหมาะสมของดินเปรี้ยวจัดตามข้อจำกัดของความเป็นกรดต่อการปลูกข้าว (ไม่นับดินเปรี้ยวแฝง และดินพรุ) ออกเป็น 3 ชั้นความเหมาะสม คือ P-IIa, P-IIIa และ P-IVa (a แสดงถึง ข้อจำกัดของการใช้ที่ดินเนื่องจากความเป็นกรด)

4.1.1 ดินกรดปานกลาง (Moderately acid soil: P-IIa) ดินมีค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ระหว่าง 4.7-5.5 พบจาโรโซลต์อยู่ลึกกว่า 1 เมตรจากผิวดิน เป็นดินที่มีสภาพเหมาะสำหรับการปลูกข้าว แต่มีข้อจำกัดเกี่ยวกับความเป็นกรดของดินที่จะเป็นอุปสรรคต่อการเจริญเติบโตของข้าวอยู่เล็กน้อย ผลผลิตข้าวได้ประมาณ 192-352 กิโลกรัมต่อไร่โดยไม่ใส่ปุ๋ย และข้าวจะตอบสนองต่อปุ๋ยและปุ๋ยเพียงเล็กน้อย (ทัศนีย์, 2550) ชุดดินในชั้นความเหมาะสมนี้ ได้แก่ ชุดดินเสนา ชุดดินอุษยา ชุดดินมหาโพธิ์ และชุดดินท่าขวาง เป็นต้น

4.1.2 ดินกรดรุนแรง (Severely acid soil: P-IIIa) ดินมีค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ระหว่าง 4.2-4.6 พบจาโรไฮต์ในชั้นดินที่ระดับความลึกมากกว่า 50 เซนติเมตรจากผิวดิน เป็นดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ มีความเหมาะสมปานกลางต่อการปลูกข้าว มีข้อจำกัดเกี่ยวกับความเป็นกรดที่รุนแรงของดินที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของข้าว ผลผลิตข้าวได้ประมาณ 144-256 กิโลกรัมต่อไร่ โดยไม่ใส่ปุ๋ย และข้าวตอบสนองต่อการใส่ปุ๋ยด้านนอกจากจะมีการใส่ปุ๋ย (ทัศนีย์, 2550) ชุดดินในชั้นความเหมาะสมนี้ ได้แก่ ชุดดินรังสิต ชุดดินรัชฎยบุรี ชุดดินละเชิงเทรา และชุดดินเสนา/รังสิต เป็นต้น

4.1.3 ดินกรดรุนแรงมาก (Extremely acid soil: P-IVa) มีค่าความเป็นกรด-ด่างน้อยกว่า 4.2 พบจาโรไฮต์ในชั้นดินภายในความลึก 50 เซนติเมตรจากผิวดิน เป็นดินที่ไม่เหมาะสมสำหรับการปลูกข้าว มีข้อจำกัดเนื่องจากดินมีความเป็นกรดรุนแรงมาก ทำให้เป็นอุปสรรคต่อการเจริญเติบโตของข้าวและทำให้ผลผลิตต่ำ บางพื้นที่ถูกทิ้งร้างเนื่องจากดินมีค่าความเป็นกรด-ด่างต่ำมากทำให้ยากต่อการปรับปรุงแก้ไข ต้องมีการจัดการดินแบบระยะหวังเป็นพิเศษ โดยส่วนใหญ่จะให้ผลผลิตข้าวประมาณ 144 กิโลกรัมต่อไร่ (ทัศนีย์, 2550) ชุดดินในชั้นความเหมาะสมนี้ ได้แก่ ชุดดินรังสิตกรดจัด ชุดดินองครักษ์ ชุดดินชะอำ และชุดดินมูโนะ เป็นต้น

4.2 ปัญหาสำคัญบางประการเกี่ยวกับการปลูกข้าวในพื้นที่ดินเปรี้ยวจัด

ปัญหาต่าง ๆ ที่อาจเกิดขึ้นและเป็นผลเสียต่อการปลูกข้าวในดินเปรี้ยวจัดสามารถสรุปได้ดังนี้

4.2.1 ความเป็นกรดของดิน Arnon and Johnson (1942) อ้างโดยสุรัชย์ (2534) รายงานว่า ความเป็นกรดของดินจะเป็นอันตรายต่อพืชโดยตรงเมื่อดินมีค่าความเป็นกรด-ด่างน้อยกว่า 3 และพืชสามารถเจริญเติบโตได้ดีในช่วงค่าความเป็นกรด-ด่างระหว่าง 4-8 ในสภาพที่มีธาตุอาหารต่าง ๆ พอเหมาะ ดังนั้นอิทธิพลของความเป็นกรด-ด่างต่อการเจริญเติบโตของพืชในช่วงค่าความเป็นกรด-ด่างระหว่าง 4-8 จึงเป็นผลทางอ้อมเท่านั้น จากการศึกษาของ Thawornwong and van Diest (1974) พบว่า ในสภาพที่ขาดอะลูมิเนียมความเข้มข้นของไฮโดรเจนไอออน (H^+) ที่ค่าความเป็นกรด-ด่างมากกว่า 3.5 ไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตของรากข้าว แต่ความเป็นกรดของดินมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของธาตุอาหารพืชในดิน ทำให้ธาตุบางชนิดละลายได้เพิ่มขึ้น เช่น เหล็ก อะลูมิเนียม และแมงกานีส ส่งผลให้ธาตุอาหารพืชบางชนิดขาดแคลนได้โดยเฉพาะแคลเซียม แมกนีเซียม ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม (Foy, 1988; Marschner, 1991)

4.2.2 ความเป็นพิษของอะลูมิเนียม โดยทั่วไปความเป็นพิษของอะลูมิเนียมจะเกิดขึ้นเมื่อดิน มีค่าความเป็นกรด-ด่างต่ำกว่า 5.5 เท่านั้น ปริมาณอะลูมิเนียมที่จะทำให้เกิดความเป็นพิษต่อพืชขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย ได้แก่ ความเข้มข้นของอะลูมิเนียมในสารละลายดิน ระดับความเป็นกรด-ด่าง

ของดิน ปริมาณธาตุอาหารที่พืชได้รับ ระยะการเจริญเติบโตและชนิดของพืช ความเป็นพิษของอะลูมิเนียมมักเกิดบริเวณรากข้าวมากกว่าบริเวณลำต้น โดยพบว่า ต้นข้าวที่มีอายุ 21 วัน ความเข้มข้นวิกฤตของอะลูมิเนียมที่จะเป็นพิษจะมีค่าผันแปรตั้งแต่ 1.11-4.34 เซนติโมลต่อกิโกลกรัม (ขึ้นกับสายพันธุ์ข้าว) ทศนิย์ (2531) กล่าวว่า ความเป็นพิษของอะลูมิเนียมจะเกิดขึ้นที่ค่าความเป็นกรด-ด่างต่ำกว่า 4.5 สำหรับกล้าข้าว และที่ค่าความเป็นกรด-ด่างต่ำกว่า 3.5 สำหรับพืชที่มีอายุมากขึ้น ในดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำและข้าวที่ปลูกขาดธาตุอาหารที่จำเป็นบางธาตุความเข้มข้นของอะลูมิเนียมเพียง 1-2 มิลลิกรัมต่อกิโกลกรัมข้าวจะแสดงอาการเป็นพิษได้ Tanaka and Navasero (1966) อาการเป็นพิษของอะลูมิเนียมส่วนใหญ่มักจะแสดงอาการที่ราก มีผลต่อการแบ่งเซลล์ของพืชยับยั้งการพัฒนาของระบบราก สำหรับในรากข้าวมีลักษณะรากเล็กสั้นและแคระแกรนความยาวลดลง ยังผลให้น้ำหนักของรากลดลง บริเวณใบจะมีสีเหลืองส้มระหว่างเส้นใบ แต่ที่ปลายใบและขอบใบจะไม่มีสี ต่อมาใบจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล มักเกิดกับใบแก่ที่อยู่ล่าง ๆ ซึ่งจะแห้งเหี่ยวและตายไปในที่สุด

4.2.3 ความเป็นพิษของเหล็ก ปฏิกริยารีดักชันของเหล็กจะเกี่ยวข้องกับกิจกรรมของจุลินทรีย์ที่เกิดขึ้นในสภาพน้ำขัง ทำให้เหล็กที่อยู่ในรูปของเฟอร์ริก (Fe^{3+}) เปลี่ยนไปอยู่ในรูปของเฟอร์รัส (Fe^{2+}) ถ้าระยะเวลาการขังน้ำนานขึ้นปริมาณความเข้มข้นของเหล็กเฟอร์รัสที่สะสมได้ในสารละลายดินมีค่าเพิ่มขึ้น (Ponnamperuma, 1981) ปริมาณความเข้มข้นของเหล็กเฟอร์รัสในดินนาจะสะสมได้สูงสุดหลังการขังน้ำประมาณ 2 สัปดาห์ หลังจากนั้นจะค่อย ๆ ลดปริมาณลง (International Rice Research Institute, 1965) ระดับความเป็นพิษของเหล็กขึ้นอยู่กับปริมาณเหล็กที่ละลายได้ในดิน พันธุ์ข้าว ระยะการเจริญเติบโต และระดับธาตุอาหารบางธาตุ อาทิ ฟอสฟอรัส แคลเซียม แมกนีเซียม และโพแทสเซียม นงคราญ และจุมพล (2545) รายงานว่า สารละลายดินที่มีปริมาณเหล็กมากกว่า 50 มิลลิกรัมต่อกิโกลกรัมจะทำให้ข้าวชะงักการแตกกอ และถ้าเหล็กมีความเข้มข้นสูงถึง 300-400 มิลลิกรัมต่อกิโกลกรัมผลผลิตข้าวจะลดลง ต้นข้าวมีคุณสมบัติสามารถที่จะสร้างกลไกสกัดกั้นอันตรายจากความเป็นพิษของเหล็กที่อยู่ในดิน แต่ถ้าพืชขาดฟอสฟอรัส แคลเซียม แมกนีเซียม และแมงกานีสโดยเฉพาะอย่างยิ่งโพแทสเซียมหรือไนโตรเจนส่งผลให้กลไกสกัดกั้นความเป็นพิษของเหล็กต่ำกว่าปกติ การที่ข้าวขาดธาตุอาหารที่จำเป็นดังกล่าวทำให้กระบวนการเมตาโบลิซึมและระบบสมดุลภายในต้นข้าวเสียไป เป็นผลให้ระบบป้องกันการดูดดึงธาตุเหล็กหรือความสามารถในการออกซิไดซ์ธาตุเหล็กของรากสูญเสียไป ทำให้ต้นข้าวได้รับอันตรายจากความเป็นพิษจากเหล็กได้ (Benckiser *et al.*, 1982) อาการเป็นพิษของเหล็กมักจะปรากฏอาการที่ใบเป็นส่วนใหญ่ โดยมีลักษณะเป็นจุดสีน้ำตาลแดงเล็ก ๆ ปรากฏอยู่ที่ปลายใบของใบล่างสุดและจะค่อย ๆ กลายเป็นสีน้ำตาลทั้งใบและตายไปในที่สุด (Tanaka and Yoshida, 1970) ความเป็นพิษของเหล็กมักเกิดขึ้นในระยะแตกกอและระยะสร้างรวงอ่อน ซึ่งถ้าเกิดในระยะสร้าง

รวงอ่อนผลผลิตข้าวที่ได้จะลดลงและมีเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบสูง (van Breemen and Moormann, 1978)

4.2.4 ความเป็นพิษของแมงกานีส ในสภาพน้ำขังแมงกานีสในรูปแมงกานิก (Mn^{4+}) จะเปลี่ยนเป็นแมงกานัส (Mn^{2+}) ซึ่งทำให้ความเข้มข้นของแมงกานัสในสารละลายดินเพิ่มขึ้น การเกิดการเปลี่ยนแปลงของแมงกานีสในสภาพรีดักชันสืบเนื่องมาจากกิจกรรมของจุลินทรีย์พวกที่ไม่ต้องการออกซิเจน (Anaerobic) และจะเกิดขึ้นก่อนการเปลี่ยนแปลงของเหล็ก เนื่องมาจากแมงกานีสมีระดับออกซิเดชันสูงกว่าเหล็ก (สรสิทธิ์, 2511) ในดินที่มีปริมาณแมงกานีสสูงความเข้มข้นของแมงกานีสที่ละลายน้ำได้จะมีค่าสูงสุดอย่างรวดเร็วภายใน 2-3 สัปดาห์หลังจากการขังน้ำ ต่อมาจะค่อย ๆ ลดลงอย่างช้า ๆ ทั้งนี้เนื่องจากการตกตะกอนเป็นแมงกานีสคาร์บอเนตเมื่อระยะเวลาขังน้ำยาวนานขึ้น ระดับแมงกานีสที่พอเหมาะต่อการปลูกข้าวคือ 20-25 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และถ้ามีความเข้มข้นเพียง 0.01 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมข้าวจะแสดงอาการขาดแมงกานีสได้ ถ้าเข้มข้นเกิน 25 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมก็จะเกิดอาการเป็นพิษเนื่องมาจากแมงกานีสได้เช่นกัน (Hsu and Chin, 1975) อาการเป็นพิษเนื่องจากแมงกานีสจะมีลักษณะที่สังเกตได้ คือ ต้นข้าวจะชะงักการแตกกอ ลำต้นแคระแกรน บริเวณแผ่นใบและกาบใบจะเกิดจุดสีน้ำตาล มักจะเกิดกับใบล่าง ๆ ของต้นข้าว แต่ในสภาพทั่วไปแล้วความเป็นพิษของแมงกานีสต่อข้าวจะมีโอกาสเกิดขึ้นได้น้อยมาก อาจเป็นเพราะแมงกานีสในดินมักจะมียูไม่มากนักเกิดอันตรายต่อพืช และยังเป็นจุลธาตุอาหารที่ข้าวมีความต้องการมากด้วย (Tanaka and Navasero, 1966)

4.2.5 ปริมาณธาตุอาหารต่ำ ดินเปรี้ยวจัดเป็นดินที่มีธาตุอาหารในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืชต่ำ โดยเฉพาะปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืชต่ำมาก เนื่องจากดินเปรี้ยวจัดมีปริมาณแมงกานีส เหล็ก และอะลูมิเนียมอยู่ในระดับสูงมาก ซึ่งออกไซด์หรือไฮดรอกไซด์ของธาตุเหล่านี้จะทำปฏิกิริยากับฟอสฟอรัสตกตะกอนไปอยู่ในรูปที่ไม่ละลายน้ำ (สุมาลี, 2536) นอกจากนี้ดินเปรี้ยวจัดยังเป็นดินที่ขาดไนโตรเจนอย่างรุนแรงแม้จะมีอินทรีย์วัตถุค่อนข้างสูง เนื่องจากดินมีความเป็นกรดสูงมากส่งผลให้จุลินทรีย์ดินไม่สามารถดำเนินกิจกรรมในการย่อยสลายอินทรีย์วัตถุได้ตามปกติ ปัญหาการขาดฟอสฟอรัสในดินนาที่เป็นดินเปรี้ยวจัดพบมากในประเทศเวียดนาม มาเลเซีย และไทย ซึ่งพบว่า ถ้าปลูกข้าวโดยไม่ใส่ปุ๋ยฟอสเฟตต้นข้าวจะแสดงอาการขาดธาตุฟอสฟอรัสโดยใบจะมีสีเขียวเข้มตั้งตรงและการแตกกอลดลง (Tanaka and Yochida, 1970) สรสิทธิ์ (2520) รายงานว่า ดินเปรี้ยวจัดของประเทศไทยโดยทั่วไปมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในระดับต่ำถึงต่ำมาก มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 3.4-14.8 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ชาลี, 2526)

4.2.6 กิจกรรมของจุลินทรีย์ดินไม่เป็นไปตามปกติ จุลินทรีย์ดินเป็นสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กที่มีบทบาทสำคัญในการทำให้เกิดกระบวนการ หรือกิจกรรมการย่อยสลายอินทรีย์วัตถุในดิน ซึ่งเป็นแหล่งปลดปล่อยธาตุอาหารที่สำคัญให้กับพืช ในดินทั่วไปแบคทีเรียเป็นกลุ่มจุลินทรีย์ดินที่พบมากที่สุด รองลงมา คือ แอคติโนมัยซีท รา สาหร่าย และโพรโตซัว (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548) ในสภาพดินเปรี้ยวจัดจะมีโอออนของอะลูมิเนียม เหล็ก และแมงกานีสละลายออกมาจนถึงระดับที่เป็นพิษ มีจุลินทรีย์ดินเพียงไม่กี่ชนิดที่สามารถเจริญเติบโตได้ จึงมักพบว่าจุลินทรีย์ในเปรี้ยวจัดมีปริมาณน้อยกว่าในดินปกติ ซึ่งจุลินทรีย์ที่สามารถเจริญเติบโตได้ในดินเปรี้ยวจัดจะมีกลไกในการต้านทานความเป็นพิษของอะลูมิเนียม โดยการที่จุลินทรีย์ดูดเอาอะลูมิเนียมไปไว้ภายในเซลล์ อะลูมิเนียมในเซลล์จะไปจับกับโปรตีนบางชนิดเปลี่ยนเป็นรูปที่ไม่เป็นพิษกับเซลล์ หรือจุลินทรีย์ดินมีการปลดปล่อยสารอินทรีย์บางชนิดออกมา เช่น กรดอินทรีย์หรือเอนไซม์บางชนิดมาตกตะกอนกับอะลูมิเนียมที่อยู่รอบเซลล์เปลี่ยนเป็นรูปที่ไม่เป็นพิษต่อเซลล์ (Jo *et al.*, 1997) ในดินเปรี้ยวจัดกระบวนการต่าง ๆ ซึ่งเกิดจากกิจกรรมของจุลินทรีย์ดินจะถูกยับยั้งไม่ให้เป็นไปตามปกติ การสลายตัวของอินทรีย์วัตถุที่เกิดขึ้นโดยกิจกรรมของจุลินทรีย์พวกที่สร้างอาหารเองไม่ได้ต่ำ (Heterotrophic microorganism) เช่น พวกรา และแบคทีเรีย ซึ่งอัตราการเร็วของการสลายตัวของอินทรีย์วัตถุขึ้นกับสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม ในสภาพน้ำขังกระบวนการแอมโมนิฟิเคชันของดินจะเกิดขึ้นช้ามาก (จงรักษ์, 2530) ดินเปรี้ยวจัดที่ขาดฟอสฟอรัสและมีความเป็นกรดสูงจะยิ่งทำให้กระบวนการแอมโมนิฟิเคชันช้าลงไปอีก (Kawaguchi and Kyuma, 1969)

4.3 กลไกการทนกรดของข้าว

ข้อจำกัดที่สำคัญของการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของข้าวที่ปลูกในดินเปรี้ยวจัดคือ ความเป็นพิษของธาตุบางธาตุโดยเฉพาะธาตุอะลูมิเนียม เหล็ก และแมงกานีส และ/หรือการละลายได้ของธาตุอาหารพืชบางธาตุ อาทิ โพแทสเซียม ไนโตรเจน แคลเซียม และแมกนีเซียม โดยเฉพาะอย่างยิ่งฟอสฟอรัสต่ำ การที่ข้าวขาดธาตุอาหารที่จำเป็นดังกล่าวทำให้กระบวนการเมแทบอลิซึมและระบบสมดุลภายในต้นข้าวเสียไป ทำให้มีความอ่อนแอต่อความเป็นพิษของธาตุดังกล่าวได้

กลไกพื้นฐานของการทนทานต่ออะลูมิเนียมในพืชมี 2 อย่าง คือ ความสามารถต่อต้านอะลูมิเนียมจากภายนอก (External detoxification) และความทนทานต่อการสะสมของอะลูมิเนียมในรากและลำต้น (Internal detoxification) (Kochian *et al.*, 2004) กรดอินทรีย์มีบทบาทสำคัญในกลไกการต้านทานอะลูมิเนียมจากภายนอก และอาจจะเป็นตัวการสำคัญสำหรับกลไกการทนทานต่ออะลูมิเนียมในพืช (Ma *et al.*, 2001; Kochian *et al.*, 2005) Dellhaize *et al.* (1993)

รายงานว่ หมู่คาร์บอกซิล (Carboxyl groups) และ หมู่ไฮดรอกซิล (Hydroxyl groups) ของกรดอินทรีย์ที่หลังจากการากสามารถจับกับอะลูมิเนียมไอออน (Al^{3+}) ได้สารประกอบเชิงซ้อนมีโครงสร้างเป็นวงแหวนที่เสถียรซึ่งไม่เป็นพิษต่อพืช และพบว่า รากของพืชพันธุ์ที่ทนทานต่ออะลูมิเนียมสามารถหลังกรดอินทรีย์ที่มีความจำเพาะมากกว่าพันธุ์ที่ไวต่ออะลูมิเนียม การหลังกรดอินทรีย์อาจจะไม่ใช่เป็นกลไกเดียวของการทนทานต่ออะลูมิเนียมในพืช ความทนทานต่อการสะสมของอะลูมิเนียมในรากและลำต้นเป็นอีกกลไกหนึ่งในการกำจัดพิษของอะลูมิเนียมหลังจากเข้าไปในพืช พืชบางกลุ่มสามารถสะสมอะลูมิเนียมในลำต้นได้สูงโดยไม่แสดงอาการเป็นพิษ เช่น พืชตระกูลชาสามารถสะสมอะลูมิเนียมได้ถึง 30,000 มิลลิกรัมอะลูมิเนียมต่อกิโลกรัม ในใบแก่ (Watanaba and Ozaki, 2002) ข้าวบัค-ฮวีท (Buckwheat) เป็นอีกพืชหนึ่งที่มีความทนทานต่ออะลูมิเนียมสูง โดยกรดออกซาลิกที่หลังจากการากจะจับตัวเป็นสารประกอบเชิงซ้อนกับอะลูมิเนียมภายนอกและได้ถูกดูดซึมโดยรากส่งต่อไปสะสมที่ใบ ซึ่งพบว่า ใบแก่สามารถสะสมอะลูมิเนียมได้ถึง 10,000 มิลลิกรัมอะลูมิเนียมต่อกิโลกรัม (Ma and Hiradate, 2000)

ข้าวถือเป็นพืชที่มีความทนทานต่ออะลูมิเนียม ถึงแม้ว่าข้าวจะมีความแปรปรวนระหว่างพันธุ์ค่อนข้างสูงในการตอบสนองต่อความทนทานของอะลูมิเนียม (Iskikawa *et al.*, 2000) Jan and Petersson (1995) รายงานว่า ข้าวสายพันธุ์ที่ทนทานต่ออะลูมิเนียมมีการสะสมของอะลูมิเนียมในรากน้อยกว่าพันธุ์ที่ไวต่ออะลูมิเนียม เนื่องจากการเคลื่อนย้ายอย่างรวดเร็วของอะลูมิเนียมจากรากไปสะสมที่ลำต้น กลไกการทนทานต่ออะลูมิเนียมในข้าวมีความเกี่ยวข้องกับประสิทธิภาพการดูดซึมธาตุอาหารในข้าว คือ พันธุ์ข้าวที่ทนทานอะลูมิเนียมมีการขัดขวางการดูดซึมธาตุอาหารน้อยกว่าพันธุ์ที่ไวต่ออะลูมิเนียม (Fageria, 1985) โดยพบว่า ข้าวพันธุ์ที่ทนทานต่ออะลูมิเนียมมีการดูดซึมแคลเซียม และฟอสฟอรัสและนำไปใช้ประโยชน์ได้สูง ในขณะที่พันธุ์ข้าวที่ไวต่ออะลูมิเนียมและพันธุ์ที่มีความทนทานปานกลางต่ออะลูมิเนียมมีการดูดซึมแคลเซียมและฟอสฟอรัสและนำไปใช้ประโยชน์ได้น้อย (Sivaguru and Palival, 1993) การทนทานต่ออะลูมิเนียมในข้าวมีความสัมพันธ์กับการผลิตโปรตีนและกิจกรรมของเอนไซม์ (Peroxidase activities) การลดลงของโปรตีนในข้าวพันธุ์ที่ไวต่ออะลูมิเนียมมีความสัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้นของกิจกรรมของเอนไซม์ และตรงข้ามกับพันธุ์ที่ทนทานต่ออะลูมิเนียม (Jan *et al.*, 2001)

บทที่ 5

การจัดการดินเปรี้ยวจัดเพื่อปลูกข้าว

เนื่องจากดินเปรี้ยวจัดส่วนใหญ่เกิดในบริเวณที่ราบลุ่ม มีเนื้อดินเป็นดินเหนียวน้ำซึมผ่านได้ยาก ส่วนใหญ่จึงใช้พื้นที่ในการทำนาแต่ให้ผลผลิตต่ำ เมื่อเทียบกับการปลูกข้าวในดินปกติทั่วไป เนื่องจากปฏิกิริยาดินเป็นกรดจัดมาก ทำให้การละลายได้ของเหล็กและอะลูมิเนียมสูงจนถึงระดับที่อาจเป็นพิษต่อข้าวได้ และทำให้ไนโตรเจน และฟอสฟอรัสอยู่ในระดับต่ำ บางครั้งถึงกับขาดแคลน นอกจากนี้ความเป็นกรดของดินยังมีผลต่อการลดประสิทธิภาพกิจกรรมการย่อยสลายอินทรีย์วัตถุของจุลินทรีย์ในดิน ดังนั้นการปรับปรุงดินเปรี้ยวจัดให้เหมาะกับการปลูกข้าวจำเป็นต้องมีวิธีการจัดการที่เหมาะสมมีหลายวิธี ขึ้นอยู่กับสภาพความเป็นกรดของดิน หรือความลึกของจาโรโซท์ในชั้นหน้าตัดดิน โดยมีการจัดการด้านดิน ด้านน้ำ และด้านพืชควบคู่กันไป

การปลูกข้าวในดินเปรี้ยวจัดเพื่อให้ได้ผลผลิตสูงมีความจำเป็นต้องปรับค่าความเป็นกรด-ด่างของดินให้อยู่ในระดับที่ไม่เป็นอันตรายต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของข้าว โดยต้องมีวิธีการจัดการดินและน้ำที่เหมาะสมก่อน จึงจะสามารถใช้พื้นที่ในการปลูกข้าวได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยวิธีการจัดการดินในรูปแบบต่าง ๆ ดังนี้

5.1 การควบคุมระดับน้ำใต้ดิน

การควบคุมระดับน้ำใต้ดินเป็นการป้องกันการเกิดกรดกำมะถัน โดยการควบคุมระดับน้ำใต้ดินให้อยู่เหนือชั้นดินเลนที่มีไพไรต์เป็นองค์ประกอบอยู่ เพื่อป้องกันไม่ให้สารประกอบไพไรต์ทำปฏิกิริยากับออกซิเจนและมีกรดกำมะถันเกิดขึ้นได้ สามารถทำได้โดยการวางระบบระบายน้ำทั้งพื้นที่ ควบคู่ไปกับการจัดระบบชลประทานที่เหมาะสมเพื่อป้องกันน้ำท่วมและช่วยในการระบายน้ำออกจากพื้นที่ ในขณะที่เดียวกันระบบชลประทานจะช่วยให้มีน้ำใช้ในการชะล้างความเป็นกรด และช่วยรักษาระดับน้ำใต้ดินให้อยู่ในระดับที่ต้องการ การระบายน้ำออกจากพื้นที่ดำเนินการเฉพาะส่วนบนออกเพื่อล้างความเป็นกรด และยังคงรักษาระดับน้ำในคุ้ระบายน้ำให้อยู่ในระดับที่ไม่ต่ำกว่า 1 เมตรจากผิวดิน ตลอดทั้งปี

ตัวอย่างการดำเนินการเช่นนี้ได้ผลชัดเจนจากโครงการพัฒนาลุ่มน้ำบางนรา โดยโครงการดังกล่าวเป็นโครงการพัฒนาแหล่งน้ำขนาดใหญ่ ในเขตที่ราบลุ่มชายฝั่งทะเลของจังหวัดนราธิวาสมีการก่อสร้างประตูปิดกั้นแม่น้ำบางนรา 2 แห่งเพื่อบรรเทาปัญหาการเกิดน้ำท่วมบริเวณสองฝั่งแม่น้ำ เก็บกักน้ำจืดไว้ใช้ในการเกษตร อุปโภค บริโภค ป้องกันไม่ให้น้ำเค็มจากปากแม่น้ำไหลเข้ามายังพื้นที่ด้านใน และช่วยควบคุมระดับน้ำใต้ดินในพื้นที่ราบลุ่มสองฝั่งแม่น้ำ

ไม่ให้ลดต่ำลง จึงช่วยป้องกันการเกิดกรดในดินเปรี้ยวจัดที่กระจายอยู่ทั่วไปในบริเวณที่ราบลุ่มของ จังหวัดนราธิวาส (จำเป็น, 2550) อย่างไรก็ตาม การป้องกันการเกิดกรดกำมะถันในดินเปรี้ยวจัดโดยการรักษาระดับน้ำใต้ดินนั้นต้องอาศัยโครงการขนาดใหญ่ที่มีการลงทุนสูงจากรัฐบาลเนื่องจากการจัดการทั้งระบบและจัดทำในพื้นที่ขนาดใหญ่ สำหรับเกษตรกรที่ต้องการใช้ประโยชน์จากพื้นที่ดินเปรี้ยวจัดซึ่งไม่ได้อยู่ในพื้นที่ที่มีการจัดการระบบน้ำอย่างเป็นระบบเช่นเดียวกับในเขตที่ราบลุ่มชายฝั่งของจังหวัดนราธิวาสอาจจำเป็นต้องเลือกใช้วิธีการอื่น ๆ ที่มีความเหมาะสมและสามารถใช้ประโยชน์จากพื้นที่ได้อย่างยั่งยืน

5.2 การแก้ไขความเป็นกรดจัดของดิน

ในดินเปรี้ยวจัดที่มีความเป็นกรดเกิดขึ้นแล้วมักมีค่าความเป็นกรด-ด่างต่ำมากจนธาตุอาหารบางชนิด เช่น อะลูมินัม เหล็ก และแมงกานีสละลายออกมาจนเป็นพิษกับพืช ดังนั้นการแก้ปัญหาค่าความเป็นกรดของดินจึงเป็นหนทางหนึ่งที่จะป้องกันไม่ให้พืชได้รับความเป็นพิษจากธาตุเหล่านี้ และช่วยให้พืชสามารถเจริญเติบโตได้ โดยมีวิธีการแก้ไขความเป็นกรดของดินดังนี้

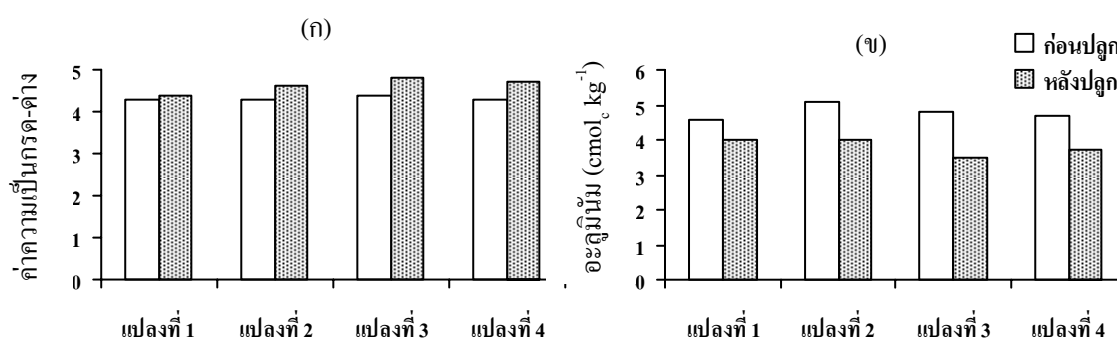
5.2.1 การใช้น้ำล้างความเป็นกรด

การใช้น้ำล้างความเป็นกรด เป็นวิธีการที่ง่ายแต่ต้องอาศัยน้ำในปริมาณมากพอที่จะใช้ชะล้างควบคู่กับการควบคุมระดับน้ำใต้ดินให้อยู่เหนือระดับชั้นดินเลนที่มีไพไรต์มาก หรือควบคุมให้ดินชั้นอยู่เสมอ การใช้น้ำล้างดินนอกจากจะช่วยล้างกรดและทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างของดินเพิ่มสูงขึ้นแล้ว ยังช่วยให้สารละลายอะลูมินัม เหล็กและแมงกานีสที่เป็นพิษเจือจางลง ช่วยให้ข้าวมีการเจริญเติบโตได้ดีขึ้น อย่างไรก็ตาม การใช้น้ำล้างความเป็นกรดจำเป็นต้องมีการกระทำอย่างต่อเนื่อง โดยทั่วไปแล้วความเป็นกรดของดินจะเกิดรุนแรงเฉพาะในช่วงที่ดินแห้งหรือในฤดูแล้ง ดังนั้นวิธีการใช้น้ำล้างควรเริ่มตั้งแต่ในช่วงฤดูฝน โดยปล่อยให้น้ำท่วมขังพื้นที่แล้วระบายออกประมาณ 2-3 ครั้ง โดยทิ้งช่วงการระบายน้ำประมาณ 1-2 สัปดาห์ต่อครั้ง (พิสุทธิ์ และคณะ, 2553)

ชัยวัฒน์ และคณะ (2541) รายงานว่า การใช้น้ำชะล้างความเป็นกรดและสารพิษภายในดินในระยะแรกอาจไม่เห็นผลทันที ต้องมีการดำเนินการต่อเนื่องกันไปจึงจะทำให้ความเป็นกรดในดินลงเรื่อย ๆ การขังน้ำไว้นาน 4 สัปดาห์ แล้วระบายออกจากนั้นใช้น้ำดีขังใหม่แล้วระบายออกอีกเมื่อครบ 4 สัปดาห์เป็นช่วงที่เหมาะสมที่สุดในการชะล้างความเป็นกรดของดิน จากการศึกษาในดินเปรี้ยวจัดชุดดินมูโนะพบว่า ค่าความเป็นกรด-ด่างของดินมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยเมื่อเริ่มปรับปรุงดินค่าความเป็นกรด-ด่างของดินมีค่าอยู่ระหว่าง 4.1-4.3 เมื่อดำเนินการปลูกข้าวติดต่อกันทุก ๆ ปีพบว่า ในปีที่ 6 ค่าความเป็นกรด-ด่างของดินเพิ่มขึ้นอยู่ระหว่าง 4.5-4.6 ขณะที่ปริมาณอะลูมินัมที่สกัดได้มีค่าลดลงจาก 4.4-4.5 เซนติโมลต่อกิโลกรัมในปีแรก เหลือเพียง 2.1-2.8 เซนติโมลต่อ

กิโลกรัมในปีที่ 6 และปริมาณเหล็กมีแนวโน้มลดลง โดยในปีแรกมีค่าระหว่าง 282-289 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และลดลงอยู่ระหว่าง 224-277 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมในปีที่ 6 จากการศึกษาของ Sittibush *et al.* (1996) ซึ่งทำการปลูกข้าวจำนวน 4 สายพันธุ์ในพื้นที่ดินเปรี้ยวจัดชุดดินมูโนะ โดยวางแผนการทดลองแบบ Spilt plot in Randomized Complete Block ปัจจัยหลัก คือ ขังน้ำเป็นเวลา 0, 2, 4 และ 6 สัปดาห์ ปัจจัยรองประกอบด้วยพันธุ์ข้าว 4 สายพันธุ์ ได้แก่ พันธุ์ลูกแดง ขาวดอกมะลิ กข7 และ กข21 พบว่า ข้าวทั้งสามพันธุ์ตอบสนองต่อช่วงการขังน้ำต่างกัน การเจริญเติบโตของพันธุ์ข้าวทุกพันธุ์อ่อนแออย่างมากภายใต้สภาพดินที่เป็นกรดในปีแรก และเจริญเติบโตได้ดีขึ้นในปี 2 และ 3 สำหรับพันธุ์ลูกแดงปัตตานี เจริญเติบโตดีที่สุดเมื่อขังน้ำเป็นเวลา 4 สัปดาห์ ส่วนการขังน้ำ 6 สัปดาห์ทำให้ผลผลิตข้าวลดลง (ตารางที่ 3)

จากการศึกษาของถาวร และคณะ (2545) ได้ทดลองใช้น้ำล้างความเป็นกรดของดินในชุดดินมูโนะซึ่งใช้ปลูกข้าวโดยเปรียบเทียบการไม่ใช้น้ำล้างดิน และการล้างดินทุก 2, 4 และ 6 สัปดาห์ พบว่า การใช้น้ำล้างดินทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างของดินเพิ่มสูงขึ้น และช่วยให้อะลูมิเนียมในดินลดต่ำลงอย่างชัดเจนในช่วง 2 ปีหลังการจัดการดิน โดยไม่มีความแตกต่างกันมากนักระหว่างการใช้น้ำล้างดินทุก ๆ 2, 4 และ 6 สัปดาห์ (ภาพที่ 11)



แปลงที่ 1 = ไม่ใช้น้ำล้างดิน

แปลงที่ 2 = ใช้น้ำล้างดินทุก 2 สัปดาห์

แปลงที่ 3 = ใช้น้ำล้างดินทุก 4 สัปดาห์

แปลงที่ 4 = ใช้น้ำล้างดินทุก 6 สัปดาห์

ภาพที่ 11 การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-ด่าง (ก) และอะลูมิเนียม (ข) ของดินที่ผ่านการใช้น้ำล้างความเป็นกรด

ที่มา: ถาวร และคณะ (2545)

ตารางที่ 3 ผลผลิตของข้าวหลังจากการชะล้างดิน

กรรมวิธี	ผลผลิต (กก./ไร่)		
	พ.ศ. 2534	พ.ศ. 2535	พ.ศ. 2536
ไม่ระบายน้ำ			
- กข 7	0.00	85.00	129.00
- กข 21	26.63	125.00	102.00
- ลูกแดงปัตตานี	14.75	205.00	253.00
- ขาวดอกมะลิ 105	0.00	205.00	164.00
ขังน้ำ 2 สัปดาห์			
- กข 7	0.00	130.00 ^b	141.00 ^b
- กข 21	0.00	100.00 ^b	177.00 ^b
- ลูกแดงลูกแดงปัตตานี	0.00	300.00 ^a	287.00 ^a
- ขาวดอกมะลิ 105	0.00	200.00 ^{ab}	188.00 ^b
ขังน้ำ 4 สัปดาห์			
- กข 7	0.00 ^d	335.00	293.00
- กข 21	50.35 ^c	375.00	318.00
- ลูกแดงลูกแดงปัตตานี	231.10 ^a	350.00	326.00
- ขาวดอกมะลิ 105	114.60 ^b	440.00	300.00
ขังน้ำ 6 สัปดาห์			
- กข 7	0.00 ^b	115.00 ^b	224.00 ^b
- กข 21	0.00 ^b	95.00 ^b	234.00 ^{ab}
- ลูกแดงลูกแดงปัตตานี	53.30 ^a	395.00 ^a	294.00 ^a
- ขาวดอกมะลิ 105	44.30 ^a	310.00 ^a	262.00 ^{ab}

ที่มา: Sittibush *et al.*, (1996)

การใช้น้ำล้างความเป็นกรดออกจากดินช่วยให้ข้าวให้ผลผลิตสูงขึ้นเมื่อเทียบกับการไม่ใช้น้ำล้างดิน จากการศึกษาของถาวรและคณะ (2545) ได้ปลูกข้าวพันธุ์ กข7 กข21 ลูกแดง-ปัตตานี และขาวดอกมะลิ 105 แล้วทำการขังน้ำและระบายน้ำออก 2, 4 และ 6 สัปดาห์ในช่วง พ.ศ. 2534-2541 ผลการปลูกข้าวในปีแรกพบว่าข้าวให้ผลผลิตต่ำในทุกตำรับการทดลอง แต่ผลผลิตข้าวเริ่มสูงขึ้นตั้งแต่ปีที่ 2 เป็นต้นไป เนื่องจากการชะล้างความเป็นกรดของดินในปีแรกยังไม่มากพอ

เมื่อดำเนินการต่อไปดินมีการชะล้างมากขึ้นทำให้ความเป็นกรดของดินลดลง การปลูกข้าว ค่อย ๆ ได้ผลในปีถัดมา โดยพบว่า ข้าวพันธุ์ลูกแดงปัตตานีให้ผลผลิตเฉลี่ยสูงสุด 295.4 กิโลกรัมต่อไร่ รองลงมา คือ ขาวดอกมะลิ 105 วิธีการขังน้ำในแปลงและระบายออกทุก 4 สัปดาห์ข้าวทุกสายพันธุ์ให้ผลผลิตเฉลี่ยสูงที่สุด 312.7 กิโลกรัมต่อไร่ (ตารางที่ 4) ทั้งนี้เนื่องจากเมื่อขังน้ำไว้นาน 4 สัปดาห์กระบวนการชะล้างความเป็นกรดและสารพิษในดินสามารถละลายออกมาได้มากที่สุด ถ้าหากยังมีการขังน้ำต่อไปทำให้เกิดปฏิกิริยารีดักชันมีแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์เกิดขึ้นจนส่งผลต่อการเจริญเติบโตของข้าว

ตารางที่ 4 ผลผลิตเฉลี่ยของข้าว (กิโลกรัมต่อไร่) ที่ปลูกโดยการขังน้ำและระบายน้ำออกทุก 2, 4 และ 6 สัปดาห์ ในช่วง พ.ศ. 2534-2541

พันธุ์ข้าว	การระบายน้ำ				เฉลี่ย
	ไม่มีการระบายน้ำ	ทุก 2 สัปดาห์	ทุก 4 สัปดาห์	ทุก 6 สัปดาห์	
กข7	187.9 ^b	202.6 ^b	286.5 ^b	230.9 ^b	226.9 ^c
กข21	198.3 ^b	205.8 ^b	287.1 ^b	248.3 ^b	234.7 ^c
ลูกแดงปัตตานี	254.3 ^a	277.0 ^a	342.6 ^a	307.9 ^a	295.4 ^a
ขาวดอกมะลิ 105	226.0 ^{ab}	248.8 ^a	334.7 ^a	296.2 ^a	276.4 ^b
เฉลี่ย	216.6	233.5	312.7	270.8	258.4

ที่มา: ถาวร และคณะ (2545)

หมายเหตุ: ตัวอักษรที่เหมือนกันอยู่ในคอลัมน์เดียวกันไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ $p = 0.05$

5.2.2 การใช้วัสดุปูนคลุกเคล้ากับหน้าดิน

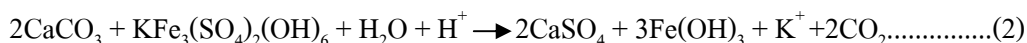
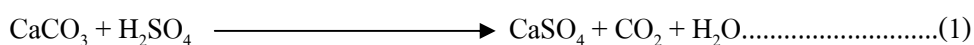
การใช้วัสดุปูนคลุกเคล้ากับหน้าดิน เป็นวิธีที่ช่วยลดความเป็นกรดของดินได้อย่างมีประสิทธิภาพและให้ผลระยะยาว แต่อาจมีข้อจำกัดในกรณีที่มีพื้นที่ขนาดใหญ่ เนื่องจากต้องใช้วัสดุปูนในปริมาณมาก การที่จะผสมคลุกเคล้าวัสดุปูนให้กระจายในหน้าดินอย่างสม่ำเสมอจึงทำได้ยาก และต้องใช้แรงงานมาก วัสดุปูนที่ใช้ในการปรับปรุงดินเปรี้ยวจัดมีหลายชนิด เช่น ปูนขาว ปูนมาร์ล และปูนเผา เป็นต้น โดยในพื้นที่ภาคใต้ของประเทศไทยนิยมใช้วัสดุปูนที่เรียกว่า หินปูนฝุ่น เนื่องจากเป็นวัสดุเหลือใช้จากโรงงานไหมหินที่มีมากในภาคใต้จึงเป็นวัสดุที่หาได้ง่ายในพื้นที่

หินปูนฝุ่นเป็นปูนที่ได้จากหินปูน (Limestone) มีองค์ประกอบเป็นแร่แคลไซต์มา จากภูเขาหินปูนซึ่งมีอยู่ทั่วไปในประเทศไทย ทางภาคใต้พบในจังหวัดกระบี่ ตรัง พังงา หินปูนส่วนใหญ่ถูกนำมาบดเป็นวัสดุก่อสร้าง ทำถนน และใช้ในการผลิตปูนซีเมนต์ หินปูนที่บดละเอียดเพื่อใช้แก้ไขความเป็นกรดนั้นมีความบริสุทธิ์ของหินปูนโดยทั่วไปอยู่ที่ประมาณ 75-99 เปอร์เซ็นต์ เมื่อใส่ปูนซึ่งเป็นสารที่ออกฤทธิ์เป็นด่างลงไปดินอนุมูลไฮดรอกไซด์จากปูนจะทำปฏิกิริยากับ

ไฮโดรเจนไอออนในสารละลายดิน ทำให้ไฮโดรเจนไอออนในสารละลายดินลดลง ไฮโดรเจนไอออนที่อยู่ในรูปกรดแผลงของดินจะถูกปลดปล่อยออกมาแทนที่เพื่อรักษาสภาพสมดุลของดินนั้นไว้ ปฏิกริยาเช่นนี้จะดำเนินไปอย่างต่อเนื่องจนปริมาณไฮโดรเจนไอออนในสารละลายดินหมดไป การแก้ไขดินเปรี้ยวจัดต้องใช้ปูนในปริมาณมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับไฮโดรเจนไอออนที่อยู่ในสารละลายดิน หรือถ้าดินที่มีค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน (Cation exchange capacity: CEC) สูงก็จะมีกรดแผลง ดังนั้น ย่อมมีความต้องการปูนในปริมาณที่มากกว่า เช่น ดินที่มีระดับค่าความเป็นกรด-ด่างเป็นกรดเท่ากันแต่มีเนื้อดินต่างกัน ดินที่มีเนื้อดินละเอียดกว่าจะใช้ปูนในการแก้ไขความเป็นกรดมากกว่า

การใช้ปูนในการแก้ความเป็นกรดของดินควรใส่ในปริมาณที่เหมาะสม เพราะหากใส่ปูนในปริมาณที่น้อยไปดินกรดก็อาจยังคงมีฤทธิ์เป็นกรดอยู่ แต่หากใส่ในปริมาณมากเกินไปดินกรดอาจกลายเป็นดินด่างได้ จึงควรทำการวิเคราะห์ความต้องการปูนของดิน และนำมาคำนวณปริมาณปูนที่เหมาะสมสำหรับใช้กับดินเปรี้ยวจัดแต่ละพื้นที่

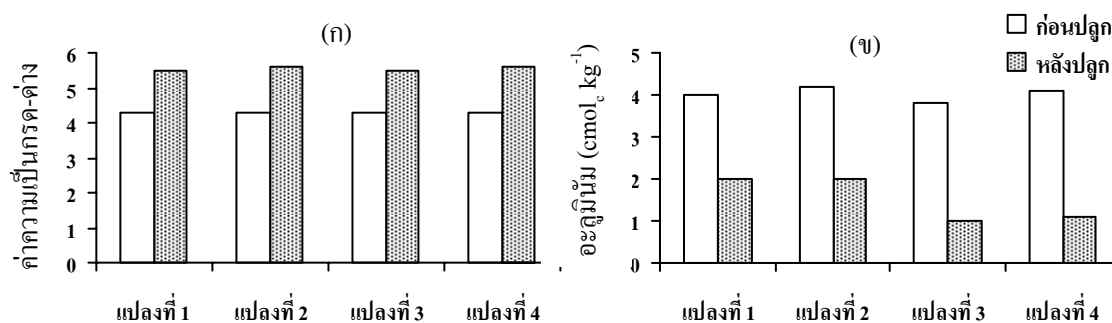
ปูนแคลเซียมคาร์บอเนต (CaCO_3) สามารถทำปฏิกิริยากับกรดซัลฟิวริกได้โดยตรง เมื่อใส่วัสดุปูนลงไปบนดิน นอกจากนี้แคลเซียมคาร์บอเนตเข้าทำปฏิกิริยากับกรดและสารจากริโซต์ในดินทำให้ความเป็นกรดสะเทินไปได้ดังสมการ



การหาค่าความต้องการปูนเพื่อปรับค่าความเป็นกรด-ด่างของดินให้เหมาะสมกับการปลูกพืชนั้น หากจะให้ค่าที่ได้ใกล้เคียงกับความเป็นจริงในสภาพสนามก็ควรทำการทดลองใส่ปูนที่จะใช้จริงในอัตราต่าง ๆ กับพืชที่จะปลูก หรือหาอัตราปูนที่ทำให้พืชเจริญเติบโตได้ดี หรือทำให้ได้ค่าความเป็นกรด-ด่างตามที่ต้องการ อย่างไรก็ตาม วิธีการดังกล่าวนี้ใช้เวลานานและค่าใช้จ่ายสูง จึงได้มีการคิดแปลงและพัฒนาให้มีความสะดวกที่จะใช้ในห้วงปฏิบัติการ ในปัจจุบันการวิเคราะห์ค่าความต้องการปูนมีหลายวิธี ซึ่งในแต่ละวิธีก็มีความเหมาะสมแตกต่างกัน วิธีที่ใช้ในห้วงปฏิบัติการโดยทั่วไป ได้แก่ การใช้สารแขวนลอยปูนทำปฏิกิริยากับดิน (Soil-base titration) เพื่อสร้างความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเป็นกรด-ด่างและปูนที่เติมลงไป แล้วจึงคำนวณหาปริมาณปูนที่ต้องใช้เพื่อปรับให้ดินมีค่าความเป็นกรด-ด่างตามที่ต้องการ และเพื่อความสะดวกรวดเร็วห้วงปฏิบัติการโดยทั่วไปจะใช้วิธีการเติมสารละลายบัฟเฟอร์ให้ทำปฏิกิริยากับดิน (Soil-buffer equilibration) แล้ววัดค่าความเป็นกรด-ด่างของดิน โดยค่าความเป็นกรด-ด่างที่ลดลงจะสัมพันธ์กับกรดในสารละลายดินซึ่งนำค่าที่ได้ไปเทียบเป็นค่าความต้องการปูนได้

ศูนย์ศึกษาการพัฒนาพิกุลทอง ฯ ได้ศึกษาการปรับปรุงดินเปรี้ยวจัดตามแนวพระราชดำริเพื่อลดความเป็นกรดของดินในพื้นที่ดินเปรี้ยวจัด โดยการทำให้ดินมีความเป็นกรดให้มากที่สุดก่อน หรือ ที่เรียกว่าการแกล้งดิน เป็นการเร่งปฏิกิริยาทางเคมีของดิน โดยการทำให้ดิน

เปียกและแห้งสลับกัน เมื่อดินแห้งดินจะสัมผัสกับอากาศทำให้กำมะถันเปลี่ยนเป็นสารประกอบออกไซด์ของเหล็กและซัลเฟต เมื่อดินเปียกซัลเฟตจะรวมตัวกับน้ำเกิดเป็นกรดกำมะถัน หลังจากที่ดินถูกแก้งสลับไปมาจนเกิดเป็นดินเปรี้ยวจัดจึงหาทางแก้ไขความเป็นกรดโดยวิธีการต่าง ๆ ซึ่งศูนย์ศึกษาการพัฒนาพิกุลทอง ฯ อำเภอเมือง จังหวัดนราธิวาส ได้รับสนองพระราชดำริในการศึกษาหาวิธีการที่เหมาะสม คือ การใช้น้ำล้างดินควบคู่กับการใช้ปูนและควบคุมระดับน้ำใต้ดินให้อยู่ลึกไม่เกิน 1 เมตร วิธีการนี้จะใช้ได้ผลมากในพื้นที่ซึ่งเป็นดินกรดจัดรุนแรง และปล่อยให้กร้างว่างเปล่าเป็นเวลานาน โดยทำการใส่ปูนและไถกลบ จากนั้นใช้น้ำล้างความเป็นกรดและควบคุมระดับน้ำใต้ดินให้อยู่เหนือชั้นดินเลนที่มีสารประกอบไฟโรต์ เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดปฏิกิริยากับออกซิเจนและปลดปล่อยกรดออกมา การใช้ปูนในระยะแรกจะช่วยลดความเป็นกรดของดิน และการล้างดินด้วยน้ำช่วยให้สารละลายของอะลูมิเนียมและเหล็กที่ละลายออกมาถูกชะล้างออกไป และเมื่อสารประกอบไฟโรต์ไม่มีโอกาสทำปฏิกิริยากับออกซิเจนความเป็นกรดก็จะไม่เกิดขึ้นอีก ส่งผลให้ความเป็นกรดในดินลดลงเรื่อย ๆ จนถึงจุดที่ดินมีคุณภาพดีสามารถปลูกพืชได้ *Sittibush et al.* (1996) ได้ทดลองปลูกข้าว 4 สายพันธุ์ คือ ลูกแดงปัตตานี ขาวดอกมะลิ 105 กข7 และกข21 ในดินเปรี้ยวจัดชุดดินมูโนะ โดยศึกษาอัตราปูนที่ใช้ระหว่างการไม่ใส่ปูน ใส่ปูน 1/8 ใส่ปูน 1/4 และใส่ปูน 1/2 ของความต้องการปูน ตามลำดับ พบว่า ในปีแรกข้าวทั้ง 4 สายพันธุ์ให้ผลผลิตต่ำ และสูงขึ้นอย่างชัดเจนในปีที่ 2 และ 3 โดยการใส่ปูนในอัตรา 1/2 ของความต้องการปูนนั้นทำให้ข้าวทุกพันธุ์ให้ผลผลิตสูงกว่าการใส่ปูนในอัตราอื่น ๆ (ตารางที่ 5) และจากการศึกษาของถาวร และคณะ (2545) ซึ่งศึกษาเปรียบเทียบระยะเวลาในการขังน้ำเพื่อศึกษาความเป็นกรดของดิน โดยการล้างดินทุก 2, 4 และ 6 สัปดาห์ร่วมกับการใส่หินปูนฝุ่นอัตราครึ่งหนึ่งของความต้องการปูน พบว่า ในปีที่ 2 ค่าความเป็นกรด-ด่างของดินเพิ่มสูงขึ้นจาก 4.3 เป็น 5.5 ส่วนความเข้มข้นของอะลูมิเนียมในสารละลายดินลดต่ำลงอย่างชัดเจน (ภาพที่ 12)



แปลงที่ 1 = ไม่ใช้น้ำล้างดิน+ใส่หินปูนฝุ่น

แปลงที่ 2 = ใช้น้ำล้างดินทุก 2 สัปดาห์+ใส่หินปูนฝุ่น

แปลงที่ 3 = ใช้น้ำล้างดินทุก 4 สัปดาห์+ใส่หินปูนฝุ่น

แปลงที่ 4 = ใช้น้ำล้างดินทุก 6 สัปดาห์+ใส่หินปูนฝุ่น

ภาพที่ 12 การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-ด่าง (ก) และ อะลูมิเนียม (ข) ของดินที่ผ่านการใช้น้ำล้างความเป็นกรดร่วมกับการใช้หินปูนฝุ่นอัตรา 1.5 ตันต่อไร่

ที่มา: ถาวร และคณะ (2545)

ตารางที่ 5 ผลผลิตข้าวในแต่ละพันธุ์หลังการใส่ปุ๋ยในอัตราต่าง ๆ กัน

กรรมวิธี	ผลผลิต (กก./ไร่)		
	พ.ศ. 2534	พ.ศ. 2535	พ.ศ. 2536
ไม่ใส่ปุ๋ย			
- กข 7	143.50	148.00	189.00 ^b
- กข 21	131.52	101.00	223.00 ^{ab}
- ลูกแดง	151.07	165.00	246.00 ^a
- ขาวดอกมะลิ 105	83.95	170.00	230.00 ^{ab}
ปุ๋ย 1/8 ของค่าความต้องการปุ๋ย			
- กข 7	176.88	303.00 ^b	231.00 ^b
- กข 21	111.05	285.00 ^b	276.00 ^{ab}
- ลูกแดง	182.20	285.00 ^b	310.00 ^a
- ขาวดอกมะลิ 105	85.30	260.00 ^a	237.00 ^b
ปุ๋ย 1/4 ของค่าความต้องการปุ๋ย			
- กข 7	228.85 ^b	381.00	383.50 ^{ab}
- กข 21	113.30 ^b	440.00	433.00 ^a
- ลูกแดง	235.50 ^a	360.00	383.00 ^{ab}
- ขาวดอกมะลิ 105	168.86 ^{ab}	415.00	342.00 ^b
ปุ๋ย 1/2 ของค่าความต้องการปุ๋ย			
- กข 7	334.20 ^a	600.00 ^a	410.50 ^{ab}
- กข 21	239.95 ^b	585.00 ^a	459.50 ^a
- ลูกแดง	346.63 ^a	415.00 ^b	373.75 ^{bc}
- ขาวดอกมะลิ 105	152.40 ^b	360.00 ^b	338.75 ^c

ที่มา: Sittibush *et al.*, (1996)

จากการศึกษาของ ถาวร และคณะ(2545) พบว่า การให้ผลผลิตของข้าวทั้ง 4 สายพันธุ์ที่ปลูกโดยใช้หินปูนฝุ่นในอัตราครึ่งหนึ่งของความต้องการปุ๋ยควบคู่กับการระบายน้ำทุก 4 สัปดาห์ให้ผลผลิตสูงที่สุดและมีค่าเฉลี่ยสูงถึง 389.0 กิโลกรัมต่อไร่ รองลงมา คือ การใส่ปุ๋ยร่วมกับการระบายน้ำทุก 6 สัปดาห์และ 2 สัปดาห์มีค่าเฉลี่ย 365.9 และ 352.4 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ ส่วนใส่หินปูนฝุ่นและไม่มีการระบายน้ำร่วมด้วยข้าวทั้ง 4 สายพันธุ์ให้ผลผลิตต่ำที่สุดมีค่าเฉลี่ย 336.5 กิโลกรัมต่อไร่ (ตารางที่ 6)

ตารางที่ 6 ผลผลิตเฉลี่ยของข้าวที่ปลูกโดยการใส่หินปูนฝุ่นครั้งหนึ่งของความต้องการปูนร่วมกับ การขังน้ำและระบายน้ำออกทุก 2, 4 และ 6 สัปดาห์ ในช่วง พ.ศ. 2534-2541

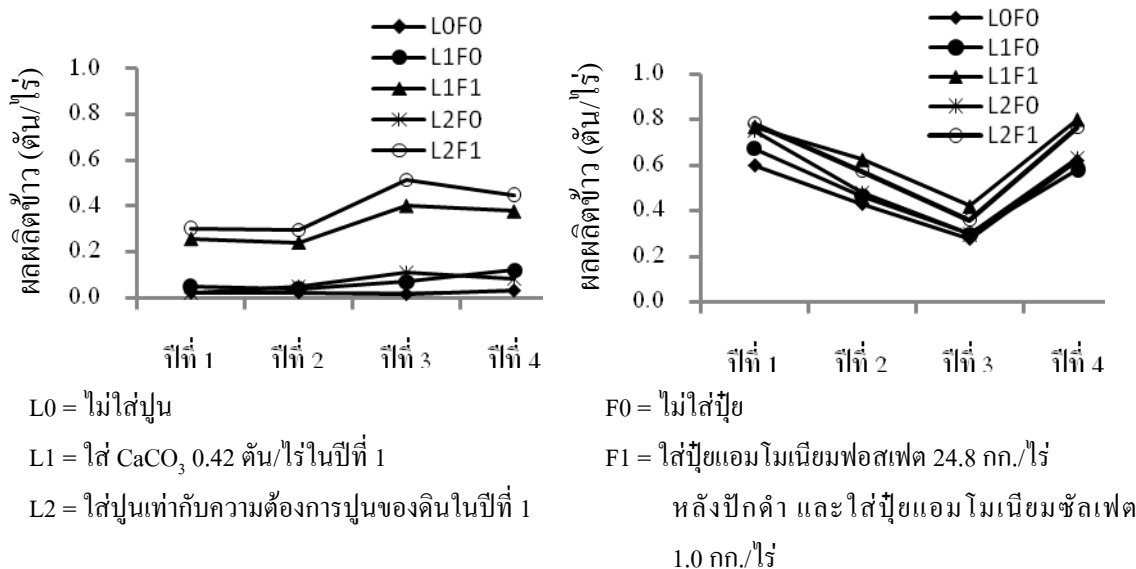
พันธุ์ข้าว	การระบายน้ำ				เฉลี่ย
	ไม่มีการระบายน้ำ	ทุก 2 สัปดาห์	ทุก 4 สัปดาห์	ทุก 6 สัปดาห์	
กข 7	325.7	349.4	384.8	363.7	356.0 ^b
กข 21	346.6	355.8	425.5	388.8	379.4 ^a
ลูกแดงปัตตานี	344.7	367.0	383.9	357.6	363.3 ^{ab}
ขาวดอกมะลิ 105	329.2	337.4	360.7	353.4	345.2 ^b
เฉลี่ย	336.5	352.4	389.0	365.9	360.9

ที่มา: ถาวร และคณะ (2550)

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยอักษรเหมือนกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ โดยวิธี DMRT

5.3 การแก้ปัญหาการขาดธาตุอาหารในดินเปรี้ยวจัด

ดินเปรี้ยวจัดมีธาตุอาหารในดินอยู่ในระดับต่ำมากทั้งไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และ โพแทสเซียม โดยเฉพาะฟอสฟอรัสจะอยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์น้อยมาก เนื่องจากเกิดกระบวนการตรึงฟอสฟอรัสในดิน โดยสารประกอบฟอสเฟตต่าง ๆ ทั้งในสภาพธรรมชาติและจากปุ๋ยที่ใส่ จะทำปฏิกิริยากับแร่ธาตุสารประกอบต่าง ๆ ในดินเปลี่ยนจากรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืชไปเป็นรูปที่ไม่ละลายน้ำและเป็นประโยชน์ต่อพืชได้ยาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในดินกรดจัดมีอะลูมิเนียมไอออน (Al^{3+}) และเฟอร์รัสไอออน (Fe^{2+}) ละลายออกมามาก ฟอสฟอรัสจะทำปฏิกิริยากับไอออนเหล่านี้ กลายเป็นอะลูมิเนียมฟอสเฟตและเหล็กฟอสเฟตที่ละลายยากจึงเป็นประโยชน์กับพืชได้ยาก ดังนั้น การปลูกข้าวในดินเปรี้ยวจัดให้ได้ผลผลิตสูงหลังจากมีการปรับสภาพดินแล้ว จำเป็นต้องมีการจัดการธาตุอาหารในดินด้วย จากการศึกษาของ Maneewon *et al.* (1982) อ้างโดยจำเริญ (2550) ที่ศึกษาผลของการจัดการดินเปรี้ยวจัดโดยการใส่ปูนรวมกับการใช้ปุ๋ยไนโตรเจน และฟอสฟอรัส ต่อการให้ผลผลิตของข้าวที่ปลูกในดินเปรี้ยวจัดชุดดินรังสิตกรดจัดและชุดดินมหาโพธิ์ พบว่า ข้าวที่ปลูกในดินที่มีการใส่ปูนรวมกับการใส่ปุ๋ยแอมโมเนียมฟอสเฟตและแอมโมเนียมซัลเฟตในช่วงปักดำให้ผลผลิตสูงกว่าข้าวที่ปลูกโดยไม่ใส่ปูนและไม่ใส่ปุ๋ยประมาณ 6 เท่า (ภาพที่ 13)



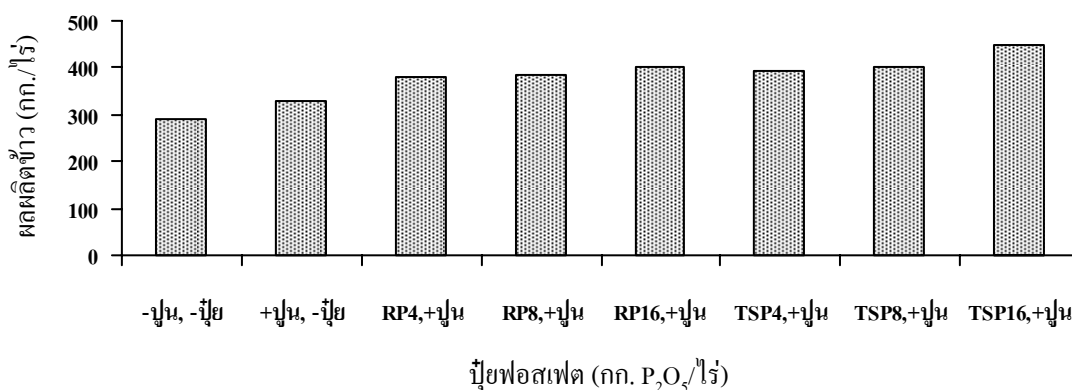
ภาพที่ 13 ผลผลิตของข้าวที่ปลูกในดินเปรี้ยวจัดชุดดินรังสิตกรดจัด (ก) และชุดดินมหาโพธิ์ (ข) ที่มีการจัดการดินโดยการใส่ปุ๋ยร่วมกับการใส่ปุ๋ย

ที่มา: Maneewon *et al.* (1982) อ้างโดยจำเริญ (2550)

การแก้ปัญหาคาขาดฟอสฟอรัสในดินเปรี้ยวจัดที่ได้ผลดีและรวดเร็ว คือ การใช้ปุ๋ยที่มีฟอสเฟตเป็นองค์ประกอบ เช่น ปุ๋ยทริปเลตซูเปอร์ฟอสเฟต แต่ทริปเลตซูเปอร์ฟอสเฟตเป็นปุ๋ยที่ละลายได้อย่างรวดเร็ว ฟอสเฟตที่ถูกปลดปล่อยออกมาส่วนใหญ่มักจะตกตะกอนกับเหล็กและอะลูมิเนียมกลายเป็นรูปที่พืชนำไปใช้ได้ยาก ปัจจุบันจึงมีการนำหินฟอสเฟต (Rock Phosphate) มาใช้ในดินเปรี้ยวจัดมากขึ้น เนื่องจากหินฟอสเฟตเป็นหินที่มีแคลเซียมฟอสเฟต ($\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$) เป็นองค์ประกอบ หินฟอสเฟตมีสมบัติละลายช้าทำให้สามารถปลดปล่อยฟอสฟอรัสให้ออกมาเป็นประโยชน์ต่อพืชได้อย่างช้า ๆ ประสิทธิภาพของปุ๋ยหินฟอสเฟตโดยทั่วไปในสภาพของดินที่เป็นกรดจัดมีประสิทธิภาพสูงกว่าดินที่เป็นกลาง โดยประสิทธิภาพจะใกล้เคียงกับปุ๋ยฟอสเฟตชนิดอื่น เช่น ปุ๋ยซูเปอร์ฟอสเฟต และมีผลตกค้างที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในฤดูกาลถัดไปอีกด้วย นอกจากนี้ยังมีสมบัติในการปรับสภาพความเป็นกรดของดินทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างของดินเพิ่มขึ้นเล็กน้อย และทำให้ปริมาณอะลูมิเนียมที่มีอยู่ในดินเปรี้ยวจัดและเป็นพิษกับพืชต่ำลง (จำเริญ, 2550)

โสภณ และคณะ (2543) ได้ศึกษาผลของปุ๋ยฟอสเฟตร่วมกับปุ๋ยมาร์ลในการปรับปรุงดินเปรี้ยวจัดชุดดินรังสิตกรดจัดที่ปลูกข้าว โดยมีการใส่หินฟอสเฟต (RP) ในอัตรา 4, 8 และ 16 กิโลกรัม (P_2O_5) ต่อไร่ และปุ๋ยทริปเลตซูเปอร์ฟอสเฟต (TSP) 100 เปอร์เซ็นต์ ในอัตรา 4, 8 และ 16 กิโลกรัม (P_2O_5) ต่อไร่ ร่วมกับการใส่ปุ๋ยมาร์ล 1 ตันต่อไร่ พร้อมทั้งใส่ยูเรียอัตรา 12 กิโลกรัม (N) ต่อไร่ และปุ๋ยโพแทสเซียม 6 กิโลกรัม (K_2O) ต่อไร่ พบว่า ผลผลิตเฉลี่ยของข้าวในดำรับควบคุมซึ่งไม่ใส่ปุ๋ยและดำรับที่ใส่ปุ๋ยแต่ไม่ใส่ปุ๋ย ให้ผลผลิตต่ำกว่าดำรับที่มีการใส่ปุ๋ยฟอสเฟตทุกอัตรา และดำรับที่มีการใส่หินฟอสเฟตทุกอัตราให้ผลผลิตสูงกว่าดำรับควบคุมซึ่งให้ผลผลิต

เพียง 283 กิโลกรัมต่อไร่ ส่วนการใช้ปุ๋ยฟอสเฟตในอัตราต่าง ๆ นั้นไม่ทำให้ผลผลิตข้าวแตกต่างกันมากนัก (ภาพที่ 14)



ภาพที่ 14 ผลผลิตเฉลี่ยของข้าวที่ปลูกในชุดดินรังสิตกรดจัดที่มีการใส่ปุ๋ยรวมกับการใส่หินฟอสเฟตและปุ๋ยทริปเปิลซูเปอร์ฟอสเฟต
ที่มา: โสภณ และคณะ (2543)

ถาวร และคณะ (2541) รายงานว่า การใส่ปุ๋ยหินฟอสเฟตในอัตราตั้งแต่ 100-400 กิโลกรัมต่อไร่เพียงอย่างเดียวมีผลทำให้ข้าวที่ปลูกในดินเปรี้ยวจัดชุดดินมูโนะมีการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตต่ำมาก การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนและโพแทสเซียมร่วมด้วยข้าวสามารถเจริญเติบโตและให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน ในขณะที่นงคราญ และจุมพล (2545) พบว่า การจัดการดินเปรี้ยวจัดในชั้นความเหมาะสม P-IVa เช่น ชุดดินมูโนะ ในสภาพที่ปรับปรุงดินด้วยหินปูนบดในอัตรา 1.5 ตันต่อไร่โดยใช้ปุ๋ยแอมโมเนียมฟอสเฟตในอัตรา 40 กิโลกรัมต่อไร่ร่วมกับปุ๋ยยูเรีย (46-0-0) ในอัตรา 10 กิโลกรัมต่อไร่ ข้าวให้ผลผลิตสูงสุด ทศนีย์ และคณะ (2539) รายงานว่า การเลือกใช้ชนิดของปุ๋ยฟอสเฟตเป็นเรื่องที่ต้องพิจารณากันอย่างรอบคอบ ถ้ามีการใส่ปุ๋ยเพื่อยกระดับค่าความเป็นกรด-ด่างของดินให้สูงประมาณ 4.5 ควรเลือกใช้ปุ๋ยหินฟอสเฟต แต่ถ้าค่าความเป็นกรด-ด่างของดินสูงกว่า 4.5 ควรพิจารณาใช้ปุ๋ยทริปเปิลซูเปอร์ฟอสเฟต

เนื่องจากมีในดินเปรี้ยวจัดมีสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมต่อกิจกรรมการย่อยสลายอินทรีย์วัตถุของจุลินทรีย์ดิน ทำให้กระบวนการต่าง ๆ ที่เกิดจากกิจกรรมของจุลินทรีย์ดินเกิดขึ้นได้น้อยมาก โดยเฉพาะกระบวนการไนตริฟิเคชัน (Nitrification) ดีไนตริฟิเคชัน (Denitrification) และแอมโมนิฟิเคชัน (Ammonification) ซึ่งเกี่ยวข้องกับความเป็นประโยชน์ของไนโตรเจนในดินเปรี้ยวจัด ทำให้ดินเปรี้ยวจัดส่วนใหญ่เกิดปัญหาการขาดไนโตรเจนในดิน วิธีการหนึ่งที่จะช่วยเพิ่มไนโตรเจนในดินเปรี้ยวจัดได้ คือ การใช้ปุ๋ยพืชสด เช่น พืชตระกูลถั่ว คุณสมบัติที่เหมาะสมของพืชปุ๋ยสดที่จะนำมาใช้ในนาข้าวควรมีลักษณะที่สำคัญ คือ มีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว ลำต้นปราะสามารถไถกลบได้ง่าย ย่อยสลายได้ง่ายและรวดเร็ว ให้น้ำหนักสดหรือมวลชีวภาพ (Biomass) สูง

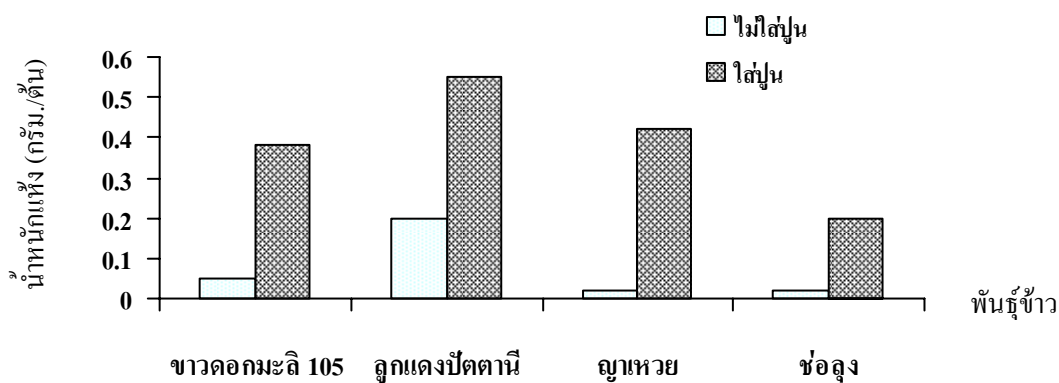
ปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมของดินนาได้ดี และต้านทานต่อโรคและแมลง พืชที่มีศักยภาพที่จะนำมาใช้เป็นปุ๋ยพืชสดในนาข้าว ได้แก่ โสนต่าง ๆ ปอเทือง ถั่วพุ่มดำ ถั่วพรี ถั่วเขียว และแห่นาง (ประชา และคณะ, 2540)

การใส่ปุ๋ยพืชสดในดินมีผลต่อสมบัติของดิน 2 ประการ คือ เป็นแหล่งไนโตรเจนของพืช และเป็นการสะสมอินทรีย์วัตถุในดิน ปุ๋ยพืชสดที่ย่อยสลายเร็วจะปลดปล่อยไนโตรเจนได้อย่างรวดเร็วและเป็นประโยชน์มากต่อพืชแรกที่ปลูกตามในระยะเวลาสั้น ๆ ถ้าเป็นปุ๋ยพืชสดที่ย่อยสลายช้าก็จะปลดปล่อยไนโตรเจนให้แก่พืชแรกที่ปลูกเป็นปริมาณน้อย แต่จะมีปริมาณการสะสมอินทรีย์วัตถุและเป็นแหล่งไนโตรเจนแก่พืชที่ปลูกในระยะเวลายาว (Bouldin, 1987) จากการศึกษาของเมธิน และสุรชัย (2548) อ้างโดย นงคราญ และชูจิต (2549) พบว่า การปลูกข้าวในดินเปรี้ยวจัดชุดดินรังสิตที่มีอินทรีย์วัตถุสูงกว่า 40 กรัมต่อกิโลกรัมและมีฟอสฟอรัสสะสมอยู่เฉลี่ยสูงกว่า 21 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมดินข้าวจะตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนที่ใส่ ในแง่เศรษฐกิจการใส่ปุ๋ยพืชสดร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์น้ำในอัตรา 10 ลิตรต่อไร่ก็เพียงพอ ข้าวให้ผลผลิตสูงและผลตอบแทนสูงกว่าการใช้ปุ๋ยเคมี ในขณะที่ นงคราญ และนัฐพล (2548) อ้างโดย นงคราญ และชูจิต (2549) พบว่า การปลูกข้าวในดินเปรี้ยวจัดชุดดินองครักษ์ที่มีอินทรีย์วัตถุสูงกว่า 40 กรัมต่อกิโลกรัมและมีฟอสฟอรัสอยู่สูงเฉลี่ย 48 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งเพียงพอต่อความต้องการของข้าวไม่จำเป็นต้องใช้ปุ๋ยเคมี ใช้ปุ๋ยพืชสด (มวลชีวภาพสูงกว่า 1.0 ตันต่อไร่) อย่างเดียวก็เพียงพอให้ผลผลิตข้าวสูงและผลตอบแทนสูงกว่าการใช้ปุ๋ยเคมีร่วมด้วย รสมาลิน และศักดา (2548) อ้างโดย นงคราญ และชูจิต (2549) รายงานว่า การปลูกข้าวในดินเปรี้ยวจัดชุดดินอยุธยาที่มีอินทรีย์วัตถุสูงกว่า 40 กรัมต่อกิโลกรัมและมีฟอสฟอรัสเฉลี่ย 10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมไม่จำเป็นต้องใช้ปุ๋ยเคมี ใช้ปุ๋ยพืชสด (มวลชีวภาพสูงกว่า 1.0 ตันต่อไร่) อย่างเดียวก็เพียงพอ นอกจากนั้น ถาวร (2549) รายงานว่า การปลูกข้าวในพื้นที่ดินเปรี้ยวจัดโดยใส่หินปูนบดอัตรา 1,100 กิโลกรัม แคลเซียมคาร์บอเนต (CaCO_3) ต่อไร่ร่วมกับปุ๋ยเคมีสูตร 16-16-8 ในอัตรา 40 กิโลกรัมต่อไร่ และปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 ในอัตรา 10 กิโลกรัมต่อไร่ โดยใส่ปุ๋ยพืชสดร่วมด้วยทำให้ผลผลิตข้าวสูงถึง 473 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งสูงกว่าการไม่ใช้ปุ๋ยพืชสดที่ให้ผลผลิตเพียง 431 กิโลกรัมต่อไร่อย่างชัดเจน

5.4 การใช้พันธุ์ข้าวที่เหมาะสมต่อพื้นที่ดินเปรี้ยวจัด

การเลือกพันธุ์ข้าวที่เหมาะสมกับการปลูกในดินเปรี้ยวจัดจะช่วยลดต้นทุนในการปรับปรุงดิน และลดความเสี่ยงต่อการไม่ได้รับผลผลิต ทั้งนี้เนื่องจากข้าวบางสายพันธุ์มีกลไกในการปรับตัวเพื่อให้สามารถเจริญเติบโตได้ในสภาพที่เป็นดินเปรี้ยวจัด เช่น กลไกในการต้านทานความเป็นพิษของอะลูมิเนียม และกลไกการปรับตัวในสภาพที่มีฟอสฟอรัสต่ำ เป็นต้น มีข้าวหลายสายพันธุ์ที่สามารถเจริญเติบโตและให้ผลผลิตได้อย่างปกติแม้ปลูกในดินเปรี้ยวจัด แต่เกษตรกรต้องมีการเตรียมดินที่ดีพร้อมทั้งใส่ปุ๋ยไนโตรเจนและฟอสฟอรัสรวมด้วย เช่น ข้าวพันธุ์ลูกแดงปัตตานี

ข้าวฉาวเหวย ข้าวขาวตายก ไช้มัด และซ่อมูก เป็นต้น โดยข้าวทั้งหมดเป็นข้าวพันธุ์พื้นเมือง นอกจากนี้ยังมีข้าวพันธุ์ลูกผสมที่สามารถทนต่อสภาพดินเปรี้ยวจัดได้ในระดับปานกลาง แต่สามารถเจริญเติบโตได้ดีในสภาพดินเปรี้ยวจัดที่ได้รับการปรับปรุงแล้ว เช่น ข้าวพันธุ์ กข21 กข23 กข7 สุพรรณบุรี 90 และขาวดอกมะลิ 105 โดยข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 นั้นเป็นข้าวที่ตลาดมีความต้องการสูง มีราคาสูง จากการศึกษาของสายใจ (2549) ซึ่งทดลองปลูกข้าว 4 พันธุ์คือ พันธุ์ลูกแดงปัตตานี ขาวดอกมะลิ 105 ฉาวเหวย และซ่อมูก ที่ปลูกในสภาพดินเปรี้ยวจัดชุดดินระแงะ (ค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 4) ที่มีการใส่ปูนและไม่ใส่ปูน พบว่า ข้าวพันธุ์ลูกแดงปัตตานีสามารถเจริญเติบโตในสภาพดินเปรี้ยวจัดได้ดีกว่าข้าวพันธุ์อื่น ๆ ทั้งในสภาพใส่ปูนและไม่ใส่ปูน ในขณะที่ข้าวพันธุ์ฉาวเหวย ซ่อมูก และขาวดอกมะลิ 105 สามารถเจริญเติบโตได้ในดินเปรี้ยวจัดที่มีการใส่ปูน (ภาพที่ 15)



ภาพที่ 15 น้ำหนักแห้งของข้าวพันธุ์ลูกแดงปัตตานี ขาวดอกมะลิ 105 ฉาวเหวย และซ่อมูก ที่ปลูกในดินเปรี้ยวจัดชุดดินระแงะในสภาพที่มีการใส่ปูนและไม่ใส่ปูน
ที่มา: สายใจ (2549)

5.4.1 พันธุ์ข้าวที่แนะนำ

การใช้พันธุ์ข้าวที่เหมาะสมกับดินเปรี้ยวจัดที่ปรับปรุงแล้วเป็นวิธีที่สะดวกและง่ายต่อการปฏิบัติของเกษตรกร ซึ่งกรมวิชาการเกษตร (2547) ได้แนะนำพันธุ์ข้าวที่สามารถปลูกได้ในดินเปรี้ยวจัดโดยแบ่งตามลักษณะพื้นที่ของการปลูกข้าว ดังนี้

5.4.1.1 ข้าวนาปี (พื้นที่ลุ่มอาศัยน้ำฝน) พันธุ์ข้าวที่สามารถปลูกได้ ได้แก่ พันธุ์แก่นจันทร์ นางพญา 132 สังข์หยด หอมกะดังงา เล็บนกปัตตานี เจียงพัทลุง และลูกแดงปัตตานี ปลูกเดือนกันยายน ถึงกุมภาพันธ์ ผลผลิตเฉลี่ย 550-600 กิโลกรัมต่อไร่

5.4.1.2 ข้าวนาปี (พันธุ์พื้นเมือง) พันธุ์ข้าวที่เกษตรกรนิยมปลูก ได้แก่ ลูกขาว ลูกนาคน ลูกคำ จันทร์ตะ และช่อนางเอียง ปลูกเดือนกันยายน ถึงกุมภาพันธ์ ผลผลิต 550-600 กิโลกรัมต่อไร่

5.4.1.3 ข้าวนาปรัง (อาศัยน้ำชลประทาน) ปลุกได้ตลอดปี ใช้พันธุ์ข้าวไม่ว่าต่อช่วงแสงอายุสั้น (120-130 วัน) พันธุ์ข้าวที่สามารถปลุกได้ ได้แก่ พันธุ์ชัยนาท 1 สุพรรณบุรี 60 ชีบุบาเต สุพรรณบุรี 90 ปทุมธานี 1 และพันธุ์ข้าวเจ้าพัทลุง 1 เป็นต้น ผลผลิตเฉลี่ย 550-600 กิโลกรัมต่อไร่ แบ่งช่วงปลุกได้ 2 ช่วง คือ 1) ปลุกเดือนมกราคมถึงกุมภาพันธ์และเดือนเมษายน และ 2) ปลุกเดือนมิถุนายนถึงกุมภาพันธ์และเดือนกันยายน

5.4.2 พันธุ์ข้าวที่แนะนำจากการทดลอง

การใช้พันธุ์ข้าวทนเปรี้ยวจากผลการทดลองของโครงการเร่งรัดพัฒนาดินเปรี้ยวจัด ผลการทดลองของศูนย์ศึกษาการพัฒนาพิกุลทอง ฯ และผลการทดลองของกรมวิชาการเกษตรและกรมพัฒนาที่ดิน (พิสุทธิ และคณะ, 2553) สามารถสรุปพันธุ์ข้าวที่เหมาะสมสำหรับแนะนำให้ปลูกในพื้นที่ดินเปรี้ยวจัดภาคใต้ได้ ดังนี้

5.4.2.1 พันธุ์ข้าวที่ทนทานต่อสภาพดินเปรี้ยวจัดได้ดี คือ พันธุ์ลูกแดง-ปัตตานี พันธุ์ขาวตายก พันธุ์ไข่มุก พันธุ์หอมก พันธุ์สีม่วง พันธุ์อัลฮัมดุลลอห์ พันธุ์ดอนทราย พันธุ์ลูกเหลือง และพันธุ์น้อยมีทแคนดูล

5.4.2.2 พันธุ์ข้าวที่ทนทานต่อสภาพดินเปรี้ยวจัดปานกลาง คือ พันธุ์ข้างแดง พันธุ์เหลืองประทิว 123 พันธุ์อะพอลโล พันธุ์ยาไทร พันธุ์ทุ่งทอง พันธุ์ดอกมุด พันธุ์นวลแก้ว พันธุ์ข้าวตุล พันธุ์ลูกนก พันธุ์ลูกขาว พันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 พันธุ์เคจีที 7219-4-3-2-9 พันธุ์ กข21 พันธุ์ กข23 พันธุ์สุพรรณบุรี พันธุ์ กข13 พันธุ์แก่นจันทร์ พันธุ์ดอกมะลิ 3 พันธุ์สะกุก 19 พันธุ์ตะเภาแก้ว 161 พันธุ์เล็บมือนาง 3 พันธุ์ กข19 พันธุ์ กข27 พันธุ์ข้าวตาแห้ง และพันธุ์ กข215

จากการศึกษาของศูนย์วิจัยข้าวปัตตานีในการสำรวจข้อมูลและวางแผนการพัฒนาพันธุ์ข้าวในพื้นที่พิเศษ 5 จังหวัดชายแดนภาคใต้ พบว่า เกษตรกรยังมีความต้องการปลูกพันธุ์ข้าวพื้นเมืองถึง 75 เปอร์เซ็นต์ และพันธุ์ข้าวพื้นเมืองที่เกษตรกรนิยมปลูกมากที่สุด จำนวน 2 สายพันธุ์ ได้แก่ ข้าวพันธุ์ชิบูกันดั่ง และข้าวพันธุ์หอมกระดังงา ซึ่งเป็นพันธุ์ข้าวที่ทนกรดได้ดี และเกษตรกรในพื้นที่ส่วนใหญ่นิยมบริโภค ปัจจุบันศูนย์วิจัยข้าวปัตตานีได้มีการส่งเสริมให้เกษตรกรมีการปลูกข้าวพื้นเมืองทั้งสองสายพันธุ์อย่างกว้างขวาง ในขณะเดียวกันก็มีการศึกษาและปรับปรุงพันธุ์อย่างต่อเนื่อง (นิธิศ และคณะ, 2556)

บทที่ 6

ขั้นตอนการปลูกข้าวในพื้นที่ดินเปรี้ยวจัด

การปลูกข้าวในพื้นที่ดินเปรี้ยวจัด มีวิธีการปลูกเช่นเดียวกับในพื้นที่ทำนาทั่วไป แต่จะมีความแตกต่างกันในขั้นตอนการเตรียมพื้นที่ จำเป็นต้องมีการปรับสภาพดินให้เหมาะสมกับการปลูกข้าว ควบคู่กับการเลือกใช้พันธุ์ข้าวที่ทนต่อดินเปรี้ยวจัด จึงจะสามารถปลูกข้าวให้ได้ผลผลิตตามที่ต้องการได้ ศูนย์ศึกษาการพัฒนาพิกุลทอง ฯ (2553) ได้สรุปขั้นตอนการปลูกข้าวในพื้นที่ดินเปรี้ยวจัดไว้ดังนี้

6.1 วิธีการปลูกข้าว

การปลูกข้าวในประเทศไทยสามารถแบ่งออกได้ตามวิธีการเพาะปลูกได้ 2 วิธีการ คือ การปลูกข้าวนาดำ และการปลูกข้าวนาหว่าน

6.1.1 การปลูกข้าวนาดำ เป็นวิธีการทำนาที่นำเมล็ดข้าวไปเพาะให้งอกเป็นต้นกล้า เมื่ออายุต้นกล้าประมาณ 30-35 วัน ทำการถอนและนำไปปักดำในพื้นที่ที่มีน้ำขังท่วมสูง ประมาณ 5-10 เซนติเมตร ระยะปักดำ 25x25 เซนติเมตร ปักดำกอละ 3 ต้น (ตกลำเมล็ดพันธุ์ 5 กิโลกรัม ปักดำได้พื้นที่ 1 ไร่)



ภาพที่ 16 การปลูกข้าวนาดำ

6.1.2 การปลูกข้าวนาหว่าน เป็นการปลูกข้าวโดยหว่านเมล็ดลงไปบนกระถางนาโดยตรง ใช้เมล็ดพันธุ์แช่น้ำ 12 ชั่วโมง หุ้มไว้ 24-36 ชั่วโมง จะได้เมล็ดพันธุ์ซึ่งแตกตุ่มตา จากนั้นนำไปหว่านในแปลงที่เตรียมไว้ อัตราเมล็ดพันธุ์ 15-20 กิโลกรัมต่อไร่ (ต้องเตรียมพื้นที่นาให้สม่ำเสมอ)



ภาพที่ 17 การปลูกข้าวนาหว่าน

6.2 ขั้นตอนการปลูกข้าวพื้นที่ดินเปรี้ยวจัด

ขั้นตอนการปลูกข้าวในพื้นที่ดินเปรี้ยวจัดเหมือนกับขั้นตอนการปลูกข้าวโดยทั่วไป เพียงแต่ก่อนที่จะทำการปักดำข้าวลงในแปลงจะต้องแก้ไขความเป็นกรดของดินให้หมดไปหรือลดลงจนถึงระดับที่ไม่เป็นอันตรายต่อข้าวที่ปลูก สามารถสรุปได้ดังนี้

6.2.1 ปรับระดับพื้นที่กระตังน้ำและคันนาเพื่อให้สะดวกในการขังน้ำและการระบายน้ำ



ภาพที่ 18 การปรับระดับพื้นที่กระตังน้ำ

6.2.2 ตรวจสอบความเป็นกรดของดินเพื่อคำนวณปริมาณการใช้วัสดุปูนในการลดความเป็นกรดของดิน พื้นที่ดินเปรี้ยวจัดในจังหวัดนครราชสีมาส่วนใหญ่ใช้หินปูนฝุ่นในอัตรา 1.4-1.6 ตันต่อไร่ ทำการไถคลุกเคล้ากับดินให้ทั่วแปลงทิ้งไว้ 15 วัน ก่อนทำการปักดำ

6.2.3 สำหรับในกรณีที่มีแหล่งน้ำมากพอ เพื่อลดภารกิจเรื่องการใช้ปูนอาจใช้น้ำช่วยลดความเป็นกรดประมาณ 4-5 ครั้งตลอดฤดูเพาะปลูก ดังนี้

ครั้งที่ 1 หลังจากไถดะปล่อยให้น้ำแช่ขัง 1 สัปดาห์แล้วระบายออก

ครั้งที่ 2 หลังจากไถแปรปล่อยให้น้ำแช่ขัง 10 วันแล้วระบายออก

ครั้งที่ 3 หลังปักดำปล่อยน้ำแช่ขังประมาณ 4 สัปดาห์ แล้วระบายออก

อย่างไรก็ตามในกรณีที่ดินเปรี้ยวจัดที่มีความเป็นกรดรุนแรงมาก คือ มีค่าความเป็นกรด-ด่างน้อยกว่า 3.5 การใช้น้ำล้างความเป็นกรดในช่วงปีแรกอาจยังไม่เห็นผล จำเป็นต้องใช้ปูนช่วยในระยะแรก

6.2.4 การปักดำข้าว ใช้ต้นกล้าข้าวอายุ 30-35 วัน ปักดำกอละ 3 ต้น ระยะปักดำ 25x25 เซนติเมตร

6.2.5 การใช้ปุ๋ยเคมี เป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการปลูกข้าวในพื้นที่ดินเปรี้ยวจัด ตารางที่ 7 แสดงถึงอัตราการใช้ปุ๋ยเคมีสำหรับการปลูกข้าวในพื้นที่ดินเปรี้ยวจัด

ตารางที่ 7 การใช้ปุ๋ยเคมีสำหรับการปลูกข้าวในพื้นที่ดินเปรี้ยวจัด

การใส่ปุ๋ยรองพื้น (กก./ไร่)		ชนิดของปุ๋ยและอัตราการใช้ปุ๋ย (กก./ไร่)			
สูตรปุ๋ยที่แนะนำ	อัตราการใช้ปุ๋ย		ใส่ปุ๋ยแต่งหน้าครั้งที่ 1 *		ใส่ปุ๋ยแต่งหน้าครั้งที่ 2 **
	ข้าวไวค้อ	ข้าวไม่ไวค้อ	ปุ๋ยยูเรีย	ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต	ปุ๋ยยูเรีย
	ช่วงแสง (กก./ไร่)	ช่วงแสง (กก./ไร่)			ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต
16-20-0					
18-22-0	20-25	23-25	5	10	5
20-20-0					10

ที่มา: ศูนย์ศึกษาการพัฒนาพิกุลทอง ฯ (2553)

หมายเหตุ: การปลูกข้าวสำหรับดินเหนียว, * ใส่ระยะข้าวแตกกอ, ** ใส่ระยะข้าวกำลังออกรวง

6.3 อาการขาดธาตุอาหาร

เนื่องจากดินเปรี้ยวจัดเป็นดินที่มีความเป็นกรดที่รุนแรง ส่งผลให้อะลูมิเนียม เหล็ก และแมงกานีส ละลายออกมาจนถึงระดับที่เป็นพิษต่อข้าวที่ปลูก และทำให้ธาตุอาหารบางชนิดถูกตรึงไว้ในรูปที่พืชไม่สามารถดูดไปใช้ประโยชน์ได้ อาการขาดธาตุอาหารพืชในดินข้าว เป็นดังนี้

6.3.1 การขาดธาตุไนโตรเจน ข้าวแสดงการขาดธาตุอาหารไนโตรเจนในส่วนของใบที่อยู่ส่วนล่างของลำต้น ทำให้มีการเจริญเติบโตช้าเนื่องจากขบวนการสร้างโปรตีนของพืชผิดปกติ ลำต้นและใบจะมีสีเหลืองเพราะคลอโรฟิลล์ลดลง ปุ๋ยไนโตรเจนที่ใส่ในนาข้าว คือ ปุ๋ยยูเรีย (46% N)

6.3.2 การขาดธาตุฟอสฟอรัส ข้าวแสดงการขาดธาตุฟอสฟอรัสโดยใบจะมีสีเขียวเข้ม ปลายใบเป็นสีม่วง ลำต้นแคระแกรน ไม่ออกดอก และข้าวมีลักษณะต้นเตี้ยมีทรงพุ่มแตกต่างจากต้นปกติ ควรใส่ปุ๋ยที่ให้ฟอสฟอรัสสูง เช่น ปุ๋ยเดี่ยวซูเปอร์ฟอสเฟตหรือปุ๋ยผสมสูตรที่ให้ธาตุฟอสฟอรัสสูง เช่น ปุ๋ยสูตร 12-24-6



(ก)

(ข)

ภาพที่ 19 ลักษณะใบข้าวที่ขาดไนโตรเจน (ก) และแปลงนาที่ไม่มีการใส่ไนโตรเจนใบข้าวจะมีสีเขียวอ่อน (ข)



ภาพที่ 20 ต้นข้าวแคระแกรน ต้นเล็กเรียว และตั้งตรงเมื่อเปรียบเทียบกับต้นปกติ

6.3.3 การขาดธาตุโพแทสเซียม ต้นข้าวที่ขาดธาตุโพแทสเซียมจะมีลำต้นแคระแกรน มีสีเขียวซีดถ้าขาดมากขึ้นจะมีการใบเป็นสีเหลือง ต่อมาใบแก่อาจมีจุดแห้งตายหรือขอบใบแห้งมีสีน้ำตาลเข้มคล้ายสนิมที่ปลายใบและขอบใบ ในใบอ่อนจะมีจุดประสีแดงหรือสีเหลืองระหว่างเส้นใบและผิวใบเป็นมันลื่นกว่าปกติ รวงข้าวสามารถโผล่พ้นกาบใบได้บางส่วนเท่านั้น

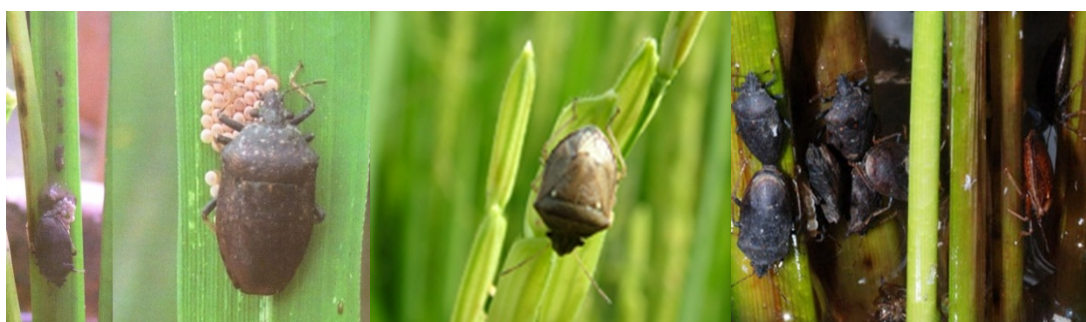


ภาพที่ 21 อาการขาดธาตุโพแทสเซียม

6.4 ศัตรูข้าวและการป้องกันกำจัด

แมลงหรือสัตว์ศัตรูของข้าวมีหลายชนิด มีทั้งชนิดที่ระบาดทำลายนาข้าว และชนิดที่ระบาดทำความเสียหาย เช่น หนู มักจะระบาดทำความเสียหายแก่นาข้าวอยู่เสมอ โดยหนูจะทำลายทุกระยะการเจริญเติบโตของต้นข้าว หนอนกอข้าวซึ่งจะทำลายข้าวตั้งแต่ต้นข้างยังเล็กจนถึงระยะข้าวออกรวง เป็นต้น

6.4.1 แมลงห้ำ สามารถป้องกันและกำจัดโดยใช้กับดักแสงไฟ การกำจัดวัชพืชหรือใช้สารฆ่าแมลงคาร์โบซัลเฟน (พอสซ์ 20% EC) อัตรา 80 มิลลิตรต่อน้ำ 20 ลิตรฉีดพ่นบริเวณโคนต้นข้าว



ภาพที่ 22 แมลงห้ำ

6.4.2 แมลงสี สามารถกำจัดโดยใช้สวิงจับตัวอ่อน ทำลายตัวแก่ หรือ ใช้สารฆ่าแมลงเฟนิโทไรโทอน (50% EC) อัตรา 30 มิลลิตรต่อน้ำ 20 ลิตร พ่นเมื่อตรวจพบแมลง 4 ตัวต่อตารางเมตรในระยะข้าวออกรวงระยะเมล็ดเป็นนํ้านม



ภาพที่ 23 แมลงสิง

6.4.3 เพี้ยจักจั่นสีเขียว สามารถกำจัดโดย

6.4.3.1 ใช้สารฟิโปรนิล (0.2% G) ปริมาณ 4 กิโลกรัมต่อไร่หรืออีโทเฟนพรอกซ์ (5% EC) ปริมาณ 40 มิลลิลิตร อัตราการใช้น้ำ 20 ลิตร พ่นเมื่อตรวจพบแมลงมากกว่า 10 ตัวต่อกอ หรือ 1 ตัวต่อต้น

6.4.3.2 ใช้สารไอโซโปรคาร์บ (50% WP) ปริมาณ 60 กรัม อัตราการใช้น้ำ 20 ลิตร และควรใช้ขณะแมลงส่วนใหญ่เป็นตัวอ่อน



(ก)



(ข)

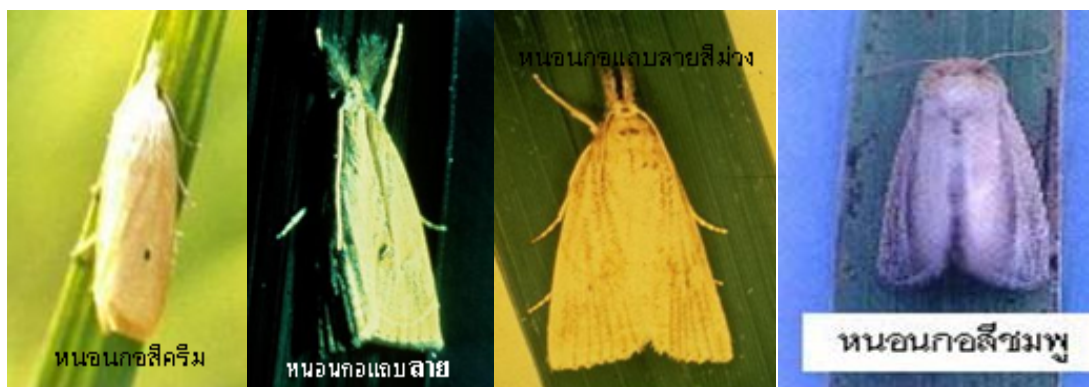
ภาพที่ 24 เพี้ยจักจั่นสีเขียว (ก) และอาการต้นข้าวที่เกิดจากการทำลายของเพี้ยจักจั่นสีเขียว (ข)

6.4.4 หนอนกอข้าว สามารถกำจัดโดย

6.4.4.1 ใช้สารคาร์แทป (4% G) หรือฟิโปรนิล (0.2% G) ปริมาณ 4 กิโลกรัมต่อไร่ อัตราการใช้น้ำ 20 ลิตร โดยใช้ในระยะกล้าจนถึงแตกกอระดับน้ำในนาประมาณ 5 เซนติเมตร

6.4.4.2 ใช้สารคาร์แทป/ไอโซโปรคาร์บ (3%/3% G) ปริมาณ 3 กิโลกรัมต่อไร่ อัตราการใช้น้ำ 20 ลิตร โดยไม่ใช้สารในระยะข้าวตั้งท้องถึงออกรวง

6.4.4.3 ใช้สารคลอร์ไพริฟอส (20% EC) หรือคาร์โบซัลเฟน (2% EC) ปริมาณ 80 มิลลิลิตร อัตราการใช้น้ำ 20 ลิตร โดยพ่นเมื่อตรวจพบข้าวยอดเหี่ยวมากกว่า 5 เปอร์เซ็นต์



ภาพที่ 25 หนอนกอข้าว



ภาพที่ 26 อาการต้นข้าวที่เกิดจากการทำลายของหนอนกอข้าว

6.4.5 หนอนห่อใบข้าว สามารถกำจัดโดย

6.4.5.1 ใช้สารคาโบซัลเฟน (20% EC) อัตรา 80 มิลลิกรัมต่อน้ำ 20 ลิตร พ่นเมื่อพบข้าวถูกหนอนห่อใบทำลายมากกว่า 15 เปอร์เซ็นต์

6.4.5.2 ใช้สารฟิโปรนิล (5% EC) อัตรา 50 มิลลิกรัมต่อน้ำ 20 ลิตร พ่นเมื่อพบข้าวถูกหนอนห่อใบทำลายมากกว่า 15 เปอร์เซ็นต์



(ก)



(ข)

ภาพที่ 27 หนอนห่อใบข้าว (ก) และใบข้าวที่แสดงอาการจากการทำลาย (ข)

6.4.6 หนู สามารถกำจัดได้หลายวิธี

6.4.6.1 ใช้กับดักหรือร้วกันหนู

6.4.6.2 ศัตรูธรรมชาติ เช่น หนู นกเค้าแมว และเหยี่ยว เป็นต้น

6.4.6.3 สารกำจัดหนูประเภทสำเร็จรูป เช่น สะตอม (0.005%) คลีเร็ด (0.005%)

6.4.6.4 ใช้สารซิงค์ฟอสไฟด์ (80% ชนิดผง) โดยใช้เป็นเหยื่อพิษประกอบด้วย สารซิงค์ฟอสไฟด์ผสมปลายข้าวและรำข้าวอัตราส่วน 1:77:2 โดยน้ำหนัก

ข้อควรระวังสารนี้ออกฤทธิ์เร็วใช้ลดประชากรหนูก่อนปลูกข้าว หรือเมื่อมีการระบาดของหนูโดยวางเหยื่อเป็นจุดตามร่องรอยหนูหรือวางจุดละ 1 ช้อนชาห่างกัน 5-10 เมตร ใช้เกลบรองพื้นและกลบเหยื่อพิษอย่างละ 1 กำมือ เนื่องจากเป็นเหยื่อพิษที่ทำให้หนูเจ็บช้ำตายจึงไม่ควรใช้บ่อยครั้ง

6.4.6.5 กำจัดวัชพืชทำความสะอาดแปลงทำลายแหล่งอาศัย



(ก)



(ข)



(ค)

ภาพที่ 28 หนูท้องขาว (ก) หนูนานาใหญ่ (ข) และหนูพุกใหญ่ (ค)

6.5 การเก็บเกี่ยวและการจัดการหลังการเก็บเกี่ยว

การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตข้าวทั้งด้านปริมาณและคุณภาพให้สูงขึ้นนอกจากจะมีแนวทางการปฏิบัติตามคำแนะนำในขั้นตอนต่าง ๆ ที่กล่าวมาแล้วการเก็บเกี่ยวและการปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยวก็มีความสำคัญเช่นเดียวกัน โดยเริ่มตั้งแต่การเก็บเกี่ยว การนวด การตาก การทำความสะอาด และการเก็บรักษา

6.5.1 การเก็บเกี่ยว (Harvesting) ประกอบด้วยขั้นตอน ดังนี้

6.5.1.1 จดบันทึกวันที่ข้าวในแปลงออกดอกร้อยละ 80 แล้วนับจากวันนั้นไปอีก 30 วันจะเป็นวันเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม หรือใช้วิธีสังเกตจากเมล็ดในรวงข้าวส่วนใหญ่เปลี่ยนเป็นสีฟางหรือสีน้ำตาล เรียกว่า ระยะเวลาข้าวพลับพลึง

6.5.1.2 ก่อนเก็บเกี่ยวประมาณ 7-10 วัน ระบายน้ำออกจากแปลงทั้งหมด เพื่อให้ข้าวสุกแก่สม่ำเสมอทั้งพื้นที่นาแห้งสะดวกต่อการปฏิบัติงาน



ภาพที่ 29 ระยะข้าวปล้ำปล้าง

6.5.2 การนวดข้าว (Threshing)

ในปัจจุบันสามารถทำได้หลายวิธี ทุกวิธีจะต้องใช้ความระมัดระวังป้องกันไม่ให้เมล็ดข้าวร่วงหล่นกระเด็นไปกับฟางข้าวเมล็ดเกิดการแตกร้าวหรือแตกหัก วิธีการนวดข้าวมีดังนี้

6.5.2.1 การนวดด้วยเท้า การใช้คนนวดหรือนวดด้วยเท้าเป็นวิธีที่ดีทำให้ข้าวไม่เสียคุณภาพและมีการสูญเสียน้อยแต่ต้องใช้เวลาและเปลืองแรงงานมากไม่เหมาะกับการทำนามาก ๆ แต่เหมาะกับข้าวที่จะเก็บไว้เป็นเมล็ดพันธุ์

6.5.2.2 การใช้สัตว์นวด การใช้สัตว์นวดไม่มีผลกระทบต่อคุณภาพการสีแต่จะมีการสูญเสียเนื่องจากการนวดไม่หมดและมีสิ่งเจือปนมากถ้าลานนวดไม่สะอาด



(ก)

(ข)

ภาพที่ 30 การนวดข้าวด้วยเท้า (ก) และการนวดข้าวโดยใช้สัตว์ (ข)

6.5.2.3 การนวดด้วยวิธีฟาด การนวดด้วยวิธีฟาดอาจฟาดกับลานโดยตรงในครุหรือภาชนะอื่น ๆ การนวดวิธีนี้จะทำให้เกิดการสูญเสียจากแรงของการฟาดทำให้เมล็ดบางส่วนกระเด็นสูญหายและบางส่วนก็ตกค้างอยู่ในรวงอันเกิดจากการนวดไม่หมด



ภาพที่ 31 การนวดด้วยวิธีฟาด

6.5.2.4 การนวดโดยใช้รถไถหรือแทรกเตอร์ การนวดโดยรถไถหรือแทรกเตอร์วิธีนี้ เมล็ดข้าวจะมีการแตกร้าวและแตกหักเวลาสีบ้าง แต่ส่วนมากการสูญเสียจะเกิดเนื่องจากเมล็ดข้าวเปลือกถูกรถบดแตกหักและมีการนวดไม่หมด

6.5.2.5 การนวดโดยใช้เครื่องนวด ปัจจุบันนิยมใช้กันอยู่ในบริเวณที่ยังไม่มีรถเกี่ยว นวดใช้ ซึ่งส่วนใหญ่ก็มีเครื่องทำความสะอาดอยู่ในตัวทำให้สะดวกและรวดเร็วเสียค่าใช้จ่ายต่ำ เหมาะแก่เกษตรกรที่มีการทำนามาก ๆ และใช้คนเกี่ยว แต่มีข้อควรระวัง คือ จะต้องปรับเครื่องนวดให้เหมาะสม มิฉะนั้นจะทำให้เกิดการสูญเสียอย่างมากทั้งในด้านปริมาณและคุณภาพ เช่น เครื่องดูดลมมากไปเมล็ดดีก็จะถูกดูดติดออกไปมากหรือเกิดการแตกหักสูง การปรับแต่งเครื่องให้เหมาะสมหรือไม่ดูได้จากข้าวดีที่นวดว่ามีการแตกหักหรือไม่ ถ้ามีมากแสดงว่าตั้งเครื่องแรงไป เป็นต้น

6.5.2.6 การใช้เครื่องเกี่ยว ซึ่งเครื่องจะทำการเก็บเกี่ยวและนวดข้าวออกมาเลยเมล็ดข้าวที่นวดได้จะออกมาจากเครื่องนวดและบรรจุในถังเก็บหรือในกระสอบ ความสูญเสียข้าวขึ้นอยู่กับความเร็วของรถเกี่ยว อายุข้าว ความชื้นของเมล็ด และการล้มของข้าว



(ก)



(ข)

ภาพที่ 32 การนวดโดยใช้เครื่องนวด (ก) และการใช้เครื่องเกี่ยว (ข)

6.6 การสูญเสียของข้าวในการเก็บเกี่ยวและการปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยว

การสูญเสียของข้าวในการเก็บเกี่ยวมีทั้งการสูญเสียข้าวทางด้านปริมาณซึ่งทำให้ผลผลิตหรือน้ำหนักข้าวที่ควรจะได้ลดลงเกิดเนื่องจากการร่วงหล่นขณะเก็บเกี่ยว เกี้ยวไม่หมด รวงข้าวตกหล่นในแปลงนา การนวดที่มีข้าวติดไปกับเศษฟางมากเกินไป ถูคนกหนูแมลงทำลาย และการสูญเสียข้าวทางด้านคุณภาพ เช่น คุณภาพสีต่ำหรือลดลง เกิดเมล็ดข้าวเหลืองข้าวขึ้นรา มีกลิ่นเหม็นหรือในกรณีของเมล็ดพันธุ์ เช่น เสื่อมความงอกเร็ว และมีความงอกต่ำกว่ามาตรฐาน (มาตรฐานเมล็ดพันธุ์หลักกรมวิชาการเกษตรจะต้องมีความงอกไม่ต่ำกว่า 80 เปอร์เซ็นต์) คุณภาพการสีของข้าวสูงหรือต่ำขึ้นอยู่กับวิธีการร่อนของเมล็ดข้าวเป็นปัจจัยสำคัญ ซึ่งมีสาเหตุเนื่องจากการปฏิบัติที่ไม่ถูกต้อง เช่น การเก็บเกี่ยวและการนวด การลดความชื้นเมล็ด และข้าวที่แห้งแล้วได้รับความชื้นซ้ำ เป็นต้น โดยเมล็ดข้าวมีความชื้นลดลงหรือแห้งเมล็ดจะหดตัวแต่เมื่อได้รับความชื้นอีกครั้งเมล็ดก็เกิดการขยายตัวการหดตัวและขยายตัวของเมล็ดสลับกันเช่นนี้ทำให้เกิดการร้าวอาจเกิดได้

6.6.1 การทำความสะอาดข้าว

การทำความสะอาดข้าว เป็นขั้นตอนการแยกสิ่งปะปนหรือสิ่งเจือปนต่างๆ ออกจากข้าว เช่น เมล็ดพืชอื่น ๆ เมล็ดวัชพืช เมล็ดข้าวที่เสียหาย (แตกหัก, ป่น, ร้าว ฯลฯ) ชิ้นส่วนต่าง ๆ ของข้าว เช่น ส่วนของใบ ลำต้น กระจัง วัตถุอื่น ๆ เช่น กรวด หิน ดิน ทราย และเศษโลหะต่าง ๆ ตลอดจนเมล็ดข้าวลีบและเมล็ดข้าวที่ไม่สมบูรณ์ ซึ่งสิ่งปะปนเหล่านี้ส่วนใหญ่จะมาจากแปลงนา แต่มีบางอย่างอาจจะปะปนมากับเครื่องมือเครื่องใช้รวมทั้งวัสดุอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่นำมาใช้ในขั้นตอนการนวดข้าว สิ่งที่เจือปนเหล่านี้จะต้องกำจัดออกไปให้หมดโดยการนำไปทำความสะอาดคัดแยกสิ่งเหล่านี้ออกจากเมล็ดข้าว เพราะถ้าปล่อยให้มีสิ่งเหล่านี้ปะปนจะทำให้เกิดความเสียหายกับข้าวได้ง่ายในขณะเก็บรักษาและยังสิ้นเปลืองเวลาแรงงานและสถานที่เก็บเพิ่มขึ้น หรือเมื่อนำข้าวไปแปรรูปหรือใช้ประโยชน์สิ่งปะปนบางอย่าง เช่น เศษโลหะและก้อนหินอาจทำความเสียหายให้กับเครื่องสีหรืออุปกรณ์อื่น ๆ ได้ การทำความสะอาดข้าวอาศัยความแตกต่างของขนาดและน้ำหนักของเมล็ดข้าวที่นวดแล้วเป็นหลักซึ่งทำได้หลายวิธี เช่น การฟัดด้วยกระด้ง การสาดข้าว การใช้เครื่องสีฟัด หรือการใช้เครื่องคัดและเครื่องทำความสะอาดขนาดใหญ่

การปฏิบัติในการเก็บเกี่ยวและหลังการเก็บเกี่ยวที่ถูกต้องเหมาะสมเป็นการลดการสูญเสียข้าวให้เกิดขึ้นน้อยที่สุด ทำให้เกษตรกรได้ผลผลิตข้าวต่อไร่เพิ่มขึ้น



ภาพที่ 33 การฟัดข้าวด้วยกระด้ง

6.6.2 การเก็บรักษาข้าว

เป้าหมายหลักของการเก็บรักษาข้าว คือ ต้องมีการสูญเสียของข้าวในขณะที่เก็บรักษาให้น้อยที่สุด ซึ่งมีหลักการเก็บรักษาโดยทั่วไป คือ ต้องเก็บรักษาข้าวไว้ในสภาพหรือโรงเก็บที่มีความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิของอากาศต่ำ (ต้องเก็บไว้ในที่แห้งและเย็น) การเก็บรักษาข้าวโดยทั่วไปแบ่งออกได้เป็น 4 วิธี ดังนี้

6.6.2.1 การเก็บในสภาพปกติไม่มีการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ (Uncondition) หมายถึง การเก็บข้าวไว้ในโรงเก็บปกติที่ไม่มีการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงเก็บ เป็นวิธีที่นิยมใช้อยู่เป็นส่วนใหญ่ในประเทศไทย เพราะมีการลงทุนน้อยและเสียค่าใช้จ่ายต่ำ แต่โอกาสที่จะเกิดความเสียหายในระหว่างการเก็บรักษามีสูง เช่น การเก็บในโรงเก็บขี้เถ้าของเกษตรกร โรงสี หรือโกดังส่งออกข้าวขนาดใหญ่

6.6.2.2 การเก็บในที่ที่มีการควบคุมอุณหภูมิข้าวแต่ไม่ควบคุมความชื้นของอากาศ เช่น การเก็บข้าวไว้ในตู้แช่ตู้เย็นหรือในไซโลเก็บข้าวที่มีการเป่าลมเย็น เป็นต้น

6.6.2.3 การเก็บในที่ควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศแต่ไม่ควบคุมอุณหภูมิ ได้แก่ การเก็บข้าวไว้ในฐานเก็บที่มีฉนวนสามารถป้องกันการเคลื่อนที่ผ่านเข้าออกของอากาศได้ เช่น การเก็บเมล็ดพันธุ์ไว้ในปี๊บสังกะสี (Sealed tin) หรือเก็บในถุงโพลีเอทิลีนที่มีความหนาแน่นมากกว่า 700 เกจ เป็นต้น การเก็บข้าวในสภาพปิดแบบนี้ความชื้นของข้าวจะเป็นตัวกำหนดความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศภายในภาชนะที่เก็บ ถ้าความชื้นของข้าวต่ำความชื้นสัมพัทธ์ของภาชนะบรรจุต่ำข้าวที่เก็บก็จะมีความเสียหายเกิดขึ้นน้อย ถ้าความชื้นของข้าวสูงความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศในภาชนะบรรจุก็จะสูงข้าวที่เก็บก็จะเกิดความเสียหายสูง ดังนั้น การเก็บรักษาข้าวด้วยวิธีนี้ความชื้นของข้าวก่อนเก็บต้องต่ำแต่จะต่ำเท่าไรขึ้นอยู่กับระยะเวลาที่ต้องการเก็บรักษา อย่างไรก็ตาม โดยทั่วไปต้องมีความชื้นไม่เกิน 10 เปอร์เซ็นต์

6.6.2.4 การเก็บในที่ควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพดีที่สุด สามารถป้องกันและลดการเสียหายของข้าวได้ เก็บรักษาข้าวให้คงคุณภาพดีได้เป็นเวลานาน แต่วิธีนี้จะต้องมีการลงทุนสูงและเสียค่าใช้จ่ายในการดูแลรักษาสูงมาก ส่วนใหญ่จึงนิยมใช้สำหรับงานวิจัยเป็นหลัก โดยเฉพาะเพื่อการอนุรักษ์สายพันธุ์พืชต่าง ๆ เช่น การเก็บเมล็ดพันธุ์ข้าวต่าง ๆ ไว้ในธนาคารสายพันธุ์ข้าว (Germplasm) เพื่อการอนุรักษ์สายพันธุ์ข้าวไว้ใช้ในการปรับปรุงพันธุ์ข้าวที่ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี

6.7 ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ

จากการรวบรวมข้อมูลผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของการปลูกข้าวในพื้นที่ดินเปรี้ยวจัด โดยใช้หินปูนฝุ่นในการปรับปรุงดินในอัตรา 1.6 ตันต่อไร่ ทั้งข้าวพันธุ์ไวแสงซึ่งเป็นพันธุ์ข้าวพื้นเมืองที่ปลูกได้เฉพาะนาปี เช่น พันธุ์หอมกระดังงา พันธุ์เล็บนก และพันธุ์สังข์หยด และพันธุ์ข้าวไม่ไวแสงซึ่งเป็นพันธุ์ข้าวลูกผสมที่ปลูกได้ทั้งนาปีและนาปรัง เช่น พันธุ์สุพรรณบุรี 90 และพันธุ์ชัยนาท พบว่า การปลูกข้าวพันธุ์พื้นเมือง และพันธุ์ลูกผสมใช้ต้นทุนในการผลิตใกล้เคียงกัน คือ 3,698 บาทต่อไร่ และ 3,648 บาทต่อไร่ ตามลำดับ แต่ผลตอบแทนที่ได้ พบว่าการปลูกข้าวพันธุ์พื้นเมืองให้ผลตอบแทนถึง 15,400 บาทต่อไร่ ในขณะที่การปลูกพันธุ์ข้าวลูกผสมให้ผลตอบแทน 11,700 บาทต่อไร่ กำไรสุทธิต่างกันถึง 3,650 บาทต่อไร่ (ตารางที่ 8)

ตารางที่ 8 ผลตอบแทนจากการปลูกข้าวในพื้นที่ดินเปรี้ยวจัดต่อพื้นที่ 1 ไร่

รายการ	ราคา	
	ข้าวพันธุ์ไวต่อ	ข้าวพันธุ์ไม่ไวต่อ
	ช่วงแสง*	ช่วงแสง**
ค่าลงทุนคงที่		
- วัสดุปรับปรุงดิน 1.6 ตัน	2,720 บาท	2,720 บาท
ค่าลงทุนผันแปร		
- ค่าเมล็ดพันธุ์ข้าวเปลือก 5 กิโลกรัม	140 บาท	90 บาท
- ค่าปุ๋ย	1,050 บาท	1,050 บาท
- ไถดะ ไถแปร ทำเทือก (แปลงตกกล้าปักดำ)	418 บาท	418 บาท
- ไถดะ ไถแปร ทำเทือก (แปลงปลูกข้าวนาดำ)	418 บาท	418 บาท
- ค่าปลูกนาดำ	418 บาท	418 บาท
- ค่าแรงหว่านปุ๋ย 2 ครั้ง	836 บาท	836 บาท
- ค่าเก็บเกี่ยว	418 บาท	418 บาท
รวมเป็นเงิน	3,698 บาท	3,648 บาท
ผลตอบแทน		
- ผลผลิตที่ได้	550 กก./ไร่	650 กก./ไร่
- ราคาเฉลี่ย	28 บาท/กก.	18 บาท/กก.
- รายได้	15,400 บาท/ไร่	11,700 บาท/ไร่
- ค่าลงทุนผัน	3,698 บาท/ไร่	3,648 บาท/ไร่
- กำไรสุทธิ	11,702 บาท/ไร่	8,052 บาท/ไร่

ที่มา: ศูนย์ศึกษาการพัฒนาพิภพทอสงฯ (2553)

หมายเหตุ: * เป็นพันธุ์ข้าวนาปี เช่น พันธุ์หอมกระดังงา พันธุ์เล็บนก และพันธุ์สังข์หยด

** เป็นพันธุ์ข้าวที่ปลูกได้ทั้งนาปีและนาปรัง เช่น พันธุ์สุพรรณบุรี 90 และพันธุ์ชัยนาท

บทที่ 7

สรุปและข้อเสนอแนะ

7.1 สรุป

ดินเปรี้ยวจัดเป็นดินที่มีศักยภาพในการผลิตต่ำเนื่องจากปฏิกิริยาความเป็นกรดรุนแรงมากของดินทำให้ความเป็นพิษของเหล็ก และอะลูมิเนียมที่ละลายออกมาจนเป็นพิษต่อการเจริญเติบโตของพืช และส่งผลให้เกิดอาการขาดธาตุอาหารพืชรุนแรง อาทิ ไนโตรเจน และฟอสฟอรัสอยู่ในระดับต่ำมาก ซึ่งปัญหาปฏิกิริยาความเป็นกรดรุนแรงมากของดินต่อการปลูกพืชสามารถแก้ไขได้ โดยศูนย์ศึกษาการพัฒนาพิกุลทอง ฯ ได้ทำการศึกษาการจัดการดินเปรี้ยวจัดภายใต้ “โครงการแก้แล้งดิน” ของพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวจนเป็นผลสำเร็จ โดยผสมผสานวิธีการจัดการดิน จัดการน้ำและจัดการพืชเข้าด้วยกัน สำหรับปรับปรุงดินเปรี้ยวจัดให้เหมาะสมกับการปลูกข้าวมีวิธีการที่สำคัญ คือ การควบคุมระดับน้ำใต้ดินเพื่อป้องกันการเกิดกรดกำมะถัน การแก้ความเป็นกรดของดินโดยใช้น้ำล้างกรดออกจากดินหรือการใช้วัสดุปูนเพื่อลดความเป็นกรด และการเลือกพันธุ์ข้าวที่เจริญเติบโตและให้ผลผลิตดีในสภาพดินเปรี้ยวจัด

การควบคุมระดับน้ำใต้ดินเป็นการป้องกันการเกิดกรดกำมะถัน โดยการควบคุมระดับน้ำใต้ดินให้อยู่เหนือชั้นดินเลนที่มีไพไรต์เป็นองค์ประกอบอยู่ เพื่อป้องกันไม่ให้สารประกอบไพไรต์ทำปฏิกิริยากับออกซิเจนและมีกรดกำมะถันเกิดขึ้นได้ สามารถทำได้โดยการวางระบบระบายน้ำทั้งพื้นที่ ควบคู่ไปกับการจัดระบบชลประทานที่เหมาะสม เพื่อป้องกันน้ำท่วมและช่วยในการระบายน้ำออกจากพื้นที่ ในขณะที่เดียวกันระบบชลประทานจะช่วยให้มีน้ำใช้ในการชะล้างความเป็นกรด และช่วยรักษาระดับน้ำใต้ดินให้อยู่ในระดับที่ต้องการ การระบายน้ำออกจากพื้นที่ดำเนินการเฉพาะส่วนบนนอกเพื่อล้างความเป็นกรด และยังคงรักษาระดับน้ำในคุระบายน้ำให้อยู่ในระดับที่ไม่ต่ำกว่า 1 เมตรจากผิวดินตลอดทั้งปี

การแก้ไขความเป็นกรดของดินสามารถทำได้หลายวิธี อาทิ การใช้น้ำล้างความเป็นกรดออกจากดินเป็นวิธีการที่ง่ายแต่ต้องมีน้ำเพียงพอ วิธีการใช้น้ำล้างควรเริ่มตั้งแต่ในช่วงฤดูฝน โดยปล่อยให้น้ำท่วมขังพื้นที่แล้วระบายออกประมาณ 2-3 ครั้ง โดยทั้งช่วงการระบายน้ำประมาณ 1-2 สัปดาห์ต่อครั้ง ต้องใช้ระยะเวลาอย่างน้อย 2-3 ปี และต้องทำอย่างต่อเนื่องจึงจะลดความเป็นกรดของดินได้ การใช้วัสดุปูนจะช่วยลดความเป็นกรดของดินได้อย่างรวดเร็วแต่จำเป็นต้องใช้ในปริมาณมาก (1.5-2.0 ตันต่อไร่) และต้องใส่ 2-4 ปีต่อครั้งจึงจะได้ผลผลิตที่ดีต่อเนื่อง การใช้น้ำล้างความเป็นกรดควบคู่กับการใช้วัสดุปูนจะเป็นวิธีการที่ดี โดยใช้วัสดุปูนในปริมาณที่น้อยลงให้พอที่จะปรับความเป็นกรดของดินให้อยู่ในระดับที่ข้าวสามารถเจริญเติบโตได้แล้วจึงใช้น้ำช่วยล้างความเป็นกรดภายหลัง

ดินเปรี้ยวจัดโดยทั่วไปมักขาดธาตุอาหารพืชที่สำคัญ โดยเฉพาะอย่างยิ่งไนโตรเจน และฟอสฟอรัส การแก้ปัญหาคาดขาดธาตุไนโตรเจนทำได้โดยการใส่ปุ๋ยยูเรีย ส่วนแก้ปัญหาคาดขาดฟอสฟอรัสในดินเปรี้ยวจัดที่ได้ผลดีและรวดเร็ว คือ การใช้ปุ๋ยที่มีฟอสเฟตเป็นองค์ประกอบ เช่น ปุ๋ยทริปเปิลซูเปอร์ฟอสเฟต แต่ทริปเปิลซูเปอร์ฟอสเฟตเป็นปุ๋ยที่ละลายได้อย่างรวดเร็ว ฟอสเฟตที่ถูกปลดปล่อยออกมาส่วนใหญ่มักจะตกตะกอนกับเหล็กและอะลูมิเนียมกลายเป็นรูปที่พืชนำไปใช้ได้น้อย จึงควรใช้หินฟอสเฟตเป็นแหล่งของฟอสฟอรัส เนื่องจากหินฟอสเฟตสามารถปลดปล่อยฟอสฟอรัสให้ออกมาเป็นประโยชน์กับพืชอย่างช้า ๆ และมีผลตกค้างที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในฤดูกาลถัดไปอีกด้วย นอกจากนั้นยังมีสมบัติในการปรับสภาพความเป็นกรดของดินทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างของดินเพิ่มขึ้นเล็กน้อย และทำให้ปริมาณอะลูมิเนียมที่มีอยู่ในดินเปรี้ยวจัดและเป็นพิษกับพืชต่ำลง

การปลูกข้าวในพื้นที่ดินเปรี้ยวจัดให้ได้ผลผลิตดีนั้น นอกจากมีการจัดการดินที่ดีแล้ว การคัดเลือกพันธุ์ข้าวให้เหมาะสมกับพื้นที่ก็เป็นสิ่งจำเป็น ทั้งนี้เนื่องจากข้าวบางสายพันธุ์มีกลไกในการปรับตัวเพื่อให้สามารถเจริญเติบโตได้ในสภาพที่เป็นดินเปรี้ยวจัด เช่น กลไกในการต้านทานความเป็นพิษของอะลูมิเนียม และกลไกการปรับตัวในสภาพที่มีฟอสฟอรัสต่ำ เป็นต้น มีข้าวหลายสายพันธุ์ที่สามารถเจริญเติบโตและให้ผลผลิตได้อย่างปกติแม้ปลูกในดินเปรี้ยวจัด แต่เกษตรกรต้องมีการเตรียมดินที่ดีพร้อมทั้งใส่ปุ๋ยไนโตรเจนและฟอสฟอรัสรวมด้วย ข้าวพันธุ์พื้นเมืองที่สามารถปลูกได้ในดินเปรี้ยวจัด เช่น ข้าวลูกแดงปัตตานี ข้าวฉาวเหว ข้าวขาวตายก ข้าวไข่มด ข้าวหอมก ข้าวชันกัณฑ์ และข้าวหอมกระดังงา เป็นต้น ซึ่งเกษตรกรในพื้นที่พิเศษ 5 จังหวัดชายแดนภาคใต้มีความต้องการปลูกพันธุ์ข้าวพื้นเมืองถึง 75 เปอร์เซ็นต์ และพันธุ์ข้าวพื้นเมืองที่เกษตรกรนิยมบริโภคและปลูกมากที่สุดจำนวน 2 สายพันธุ์ ได้แก่ ข้าวพันธุ์ชันกัณฑ์ และข้าวพันธุ์หอมกระดังงา ซึ่งปัจจุบันศูนย์วิจัยข้าวปัตตานีได้มีการส่งเสริมให้เกษตรกรมีการปลูกข้าวพื้นเมืองทั้งสองสายพันธุ์อย่างกว้างขวาง และในขณะเดียวกันก็มีการศึกษาและปรับปรุงพันธุ์อย่างต่อเนื่อง ส่วนข้าวพันธุ์ลูกผสมที่สามารถทนต่อสภาพดินเปรี้ยวจัดได้ในระดับปานกลาง แต่สามารถเจริญเติบโตได้ดีในสภาพดินเปรี้ยวจัดที่ได้รับการปรับปรุงแล้ว เช่น ข้าวพันธุ์ กข21 กข23 กข7 สุพรรณบุรี 90 และข้าวดอกมะลิ 105 โดยข้าวพันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105 เป็นข้าวที่ตลาดมีความต้องการสูงและมีราคาสูง

การปลูกข้าวในพื้นที่ดินเปรี้ยวจัดมีวิธีการปลูกเช่นเดียวกับในพื้นที่นาทั่วไป แต่จะมีความแตกต่างกันในขั้นตอนการเตรียมพื้นที่ที่ต้องมีการปรับสภาพดินให้เหมาะสมกับการปลูกข้าวและเลือกใช้พันธุ์ข้าวที่ทนต่อดินเปรี้ยวจัด และเพื่อให้ได้ผลผลิตที่สูงทั้งปริมาณและคุณภาพ จึงจำเป็นต้องมีการดูแลรักษา การกำจัดโรคและแมลง ตลอดจนขั้นตอนการเก็บเกี่ยว และการเก็บรักษาข้าวหลังการเก็บเกี่ยวที่ถูกต้องเหมาะสม เพื่อลดการสูญเสียข้าวให้เกิดขึ้นน้อยที่สุด นั่นหมายถึงกำไรสุทธิที่จะเพิ่มขึ้นด้วย และจากการรวบรวมข้อมูลผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของการปลูกข้าวในพื้นที่เปรี้ยวจัด โดยใช้หินปูนฝุ่นในการปรับปรุงดินในอัตรา 1.6 ตันต่อไร่ ทั้งข้าว

พันธุ์ไผ่แสงซึ่งเป็นพันธุ์ข้าวพื้นเมืองที่ปลูกได้เฉพาะนาปี เช่น พันธุ์หอมกระดังงา พันธุ์เล็บนก และพันธุ์สังข์หยด และพันธุ์ข้าวไม่ไผ่แสงซึ่งเป็นพันธุ์ข้าวลูกผสมที่ปลูกได้ทั้งนาปีและนาปรัง เช่น พันธุ์สุพรรณบุรี 90 และพันธุ์ชัยนาท พบว่า การปลูกข้าวพันธุ์พื้นเมือง และพันธุ์ลูกผสมใช้ต้นทุนในการผลิตใกล้เคียงกัน คือ 3,698 บาทต่อไร่ และ 3,648 บาทต่อไร่ ตามลำดับ แต่ผลตอบแทนที่ได้ พบว่าการปลูกข้าวพันธุ์พื้นเมืองให้ผลตอบแทนถึง 15,400 บาทต่อไร่ ในขณะที่การปลูกพันธุ์ข้าวลูกผสมให้ผลตอบแทน 11,700 บาทต่อไร่ ถ้าไร่อายุต่างกันถึง 3,650 บาทต่อไร่

7.2 ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากสภาพพื้นที่ของดินเปรี้ยวจัดโดยทั่วไปเป็นพื้นที่ลุ่มมีน้ำท่วมขังเป็นระยะเวลานานในรอบปีหรือมีน้ำท่วมขังตลอดทั้งปี มีเนื้อดินเป็นดินเหนียวน้ำซึมผ่านได้ยาก จึงเป็นพื้นที่ที่เหมาะสมในการทำนาข้าว ไม่เหมาะต่อการปลูกพืชไร่ ไม้ผล ปาล์มน้ำมัน หรือไม้ยืนต้นอื่น ๆ ที่ไม่ใช่ไม้ในพื้นที่พรุ แม้จะมีการขุดยกร่องแล้วก็ตาม เพราะพืชเหล่านี้ต้องการดินที่มีการระบายน้ำดี มีความร่วนซุย อย่างไรก็ตาม การทำนาในพื้นที่ดินเปรี้ยวจัดให้ได้ผลผลิตที่ดีนั้นจำเป็นต้องมีการจัดการดินที่เหมาะสมโดยผสมผสานวิธีการจัดการดิน จัดการน้ำและจัดการพืชเข้าด้วยกัน แต่การจัดการดินโดยวิธีการต่าง ๆ นั้น ถิ่นนาซึ่งต้นทุนทางการผลิตที่เพิ่มสูงขึ้นด้วย ดังนั้นการที่เกษตรกรจะเลือกใช้วิธีการจัดการดินแบบใดนั้นสิ่งที่ต้องคำนึง คือ ผลตอบแทนที่เกษตรกรควรจะได้รับต้องคุ้มค่ากับการลงทุน

การใช้ปุ๋ยเคมีสำหรับการปลูกข้าวในพื้นที่ดินเปรี้ยวจัดเป็นสิ่งที่มีความจำเป็นเนื่องจากดินเปรี้ยวจัดมักมีธาตุอาหารหลักในปริมาณต่ำ การใช้ปุ๋ยเคมีในดินเปรี้ยวจัดเป็นปัจจัยสำคัญในการเพิ่มผลผลิตต่อไร่ให้สูงขึ้น แม้ว่าในปัจจุบันมีการใช้ปุ๋ยข้าวกันอย่างกว้างขวาง แต่ปริมาณการใช้ปุ๋ยเคมีข้าวต่อพื้นที่ยังต่ำมากและยังมีการใช้ปุ๋ยเคมีที่ไม่ถูกต้องตามหลักวิชาการ ดังนั้นการวิเคราะห์ตัวอย่างดินจึงเป็นแนวทางหนึ่งในการประเมินปริมาณปุ๋ยที่จะใช้ในการปรับสภาพของดิน และประเมินธาตุอาหารที่มีอยู่ในดินเพื่อใช้เป็นข้อมูลในการพิจารณาการใช้ปุ๋ยในพื้นที่ปลูกข้าวในแต่ละแปลง เป็นการใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินซึ่งจะช่วยให้เกษตรกรมีการใช้ปุ๋ยเคมีอย่างมีประสิทธิภาพ ส่งผลให้ผลผลิตและคุณภาพของผลผลิตที่ได้สูงขึ้น

เอกสารอ้างอิง

- กรมการข้าว. 2557. องค์ความรู้เรื่องข้าว (Rice Knowledge Bank). สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการข้าว กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. (ออนไลน์). ที่มา: <http://www.brrd.in.th> (วันที่สืบค้น 1 ธันวาคม 2557).
- กรมพัฒนาที่ดิน. 2548. รายงานการจัดการทรัพยากรดินเพื่อการปลูกพืชเศรษฐกิจหลักตามกลุ่ม ชุดดิน เล่มที่ 1 ดินบนพื้นที่ราบต่ำ. กรุงเทพฯ ฯ: กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 576 น.
- กรมพัฒนาที่ดิน. 2549ก. ดินมีปัญหของประเทศไทย เอกสารทางวิชาการเผยแพร่. กรุงเทพฯ ฯ: สำนักสำรวจดินและวางแผนการใช้ที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 13 น.
- กรมพัฒนาที่ดิน. 2549ข. แผนที่แสดงขอบเขตดินเปรี้ยวจัด ประเทศไทย. กลุ่มวิจัยและพัฒนาการจัดการดินเปรี้ยว สำนักวิจัยและพัฒนาการจัดการที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. (ออนไลน์). ที่มา: <http://www.ldd.go.th> (วันที่สืบค้น 23 ธันวาคม 2556).
- กรมวิชาการ. 2547. ข้าว. เอกสารวิชาการลำดับที่ 18/2547. กรุงเทพฯ ฯ: กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 158 น.
- กรมอุตุณิยมวิทยา. 2555. สภาพอากาศ...กับฤดูปลูกข้าวของไทย. *ศูนย์ภูมิอากาศ*. 2(3), 1-3.
- คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2548. ปฐพีวิทยาเบื้องต้น. กรุงเทพฯ ฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 547 น.
- จรงักษ์ จันเจริญสุข. 2530. เคมีของดิน. กรุงเทพฯ ฯ: ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 279 น.
- จำเริญ อ่อนทอง. 2550. ดินมีปัญหและการจัดการ. สงขลา: ภาควิชาธรณีศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. 262 น.
- ชาติ นาวานุเคราะห์. 2526. การจำแนกดินระบบอนุกรมวิธานของประเทศไทย. ใน รายงานประจำปี 2526. หน้า 182-202 . กรุงเทพฯ ฯ: กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- ชัยวัฒน์ สิทธิบุษย์, พิสุทธิ วิจารณ์, ปัญญา เอี่ยมอ่อน, พงนิษฐ์ มอญเจริญ, อภิชาติ จงสกุล และถาวร มีชัย. 2541. ศึกษาการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรดของดินกรดกำมะถัน ตอนที่ 2. ใน ผลการวิจัย/ทดสอบ การพัฒนาพื้นที่พรุจังหวัดนราธิวาส. หน้า 2-24. นราธิวาส: โครงการศูนย์ศึกษาการพัฒนาพิกุลทองอันเนื่องมาจากพระราชดำริ.

ถาวร มีชัย, ชัยรัตน์ นิพนธ์ และจำเป็น อ่อนทอง. 2550. การจัดการดินเปรี้ยวจัดเพื่อปลูกข้าว

โดยใช้วัสดุปูน ปุ๋ยเคมี และปุ๋ยอินทรีย์. ว.วิทยาศาสตร์เกษตร 38 (5) : 415-424.

ถาวร มีชัย, ปัญญา เอี่ยมอ่อน และอวยพร สุวรรณรัตน์. 2541. การศึกษาการใช้หินฟอสเฟตในการปรับปรุงดินเปรี้ยวจัดชุดดินหมู่โนะเพื่อการปลูกข้าว. ใน ผลการวิจัย/ทดสอบ การพัฒนาพื้นที่พรังหวัคนราธิวาส. หน้า 56-69. นราธิวาส: โครงการศูนย์ศึกษาการพัฒนาพิกุลทอง อันเนื่องมาจากพระราชดำริ.

ถาวร มีชัย, ชัยวัฒน์ สิทธิบุษย์, อภิชาติ ขวสกุล และปัญญา เอี่ยมอ่อน. 2545. รายงานการวิจัยเรื่อง การศึกษาวิธีการปรับปรุงดินเปรี้ยวจัดชุดดินหมู่โนะเพื่อการปลูกข้าว. นราธิวาส: โครงการศูนย์ศึกษาการพัฒนาพิกุลทองอันเนื่องมาจากพระราชดำริ. 51 น.

ทัศนีย์ อัดตะนันท์. 2531. ดินที่ใช้ปลูกข้าว. กรุงเทพฯ ฯ: ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์. 393 น.

ทัศนีย์ อัดตะนันท์. 2550. ดินที่ใช้ปลูกข้าว. กรุงเทพฯ ฯ: ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์. 359 น.

ทัศนีย์ อัดตะนันท์, พงนิย มอญเจริญ, พิสุทธิ วิจารณ์, และไพบุลย์ ประพุดิธรรม. 2539. รายงานการวิจัย เรื่อง ศักยภาพการให้ผลผลิตพืชของดินกรดจัดและดินพีทในประเทศไทย. กรุงเทพฯ ฯ: ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 72 น.

นงคราญ มณีวรรณ และจุมพล ยูนิยม. 2545. การศึกษาวิธีวิเคราะห์การจัดการดินเปรี้ยวจัดสามชั้น ความเหมาะสมเพื่อเพิ่มผลผลิตข้าวในพื้นที่ดินเปรี้ยวจัดภาคกลาง. ใน เอกสารวิชาการ กองอนุรักษ์ดินและน้ำ ฉบับที่ 2. หน้า 23-36. กรุงเทพฯ ฯ: กลุ่มปรับปรุงดินเปรี้ยวและดินอินทรีย์ กองอนุรักษ์ดินและน้ำ กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

นงคราญ มณีวรรณ และชูจิต สงวนทรัพย์ากร. 2549. ผลของปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมีในการจัดการดินเปรี้ยวจัดตามกลุ่มชุดดิน สำหรับการปลูกข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1. ใน เอกสารประกอบการประชุมวิชาการกรมพัฒนาที่ดิน ประจำปี 2549. หน้า 1/1-1-1/1-9. กรุงเทพฯ ฯ: กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

นิติศ แสงอรุณ, รชนิส พานิชกิจ, สมบูรณ์ สุวรรณโณ, จำเนียร เจียมสวัสดิ์, บุญนะ หนูคง, กัณธิกานต์ ปลอดปล้อง, มาเรียม มูนะ, จรูญ ศรีสุวรรณ, ชุน พุฒสกุล, สำเริง แซ่ตัน, ขวัญใจ ษภักดี, รุจิรา ปรีชา, ชนสิริน กลิ่นมณี, สุเทพ ฤทธิ์แสวง, สายัณห์ หนูเอก, วัฒนา โพธิ์ศิริ, กัญญา เชื้อพันธุ์, สุนันทา วงศ์ปิยชน และเกรียงไกร พันธุ์วรรณ. 2556. พันธุ์ข้าวยอดนิยมนายแดนใต้ ชีวภัณฑ์ (PTNC09001) หอมกระดังงา (PTNC09002-59). หน้า 294-295. ใน เอกสารประกอบการประชุมวิชาการข้าวและธัญพืชเมืองหนาว ครั้งที่ 30. กรุงเทพฯ ฯ: กรมการข้าว กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

ประชา นาคะประเวศ, ปรัชญา รัชญาดี และพิรัชมา วาสนานุกูล. 2540. ปุ๋ยพืชสด. ใน คู่มือ
เจ้าหน้าที่ของรัฐ เรื่อง การปรับปรุงดินด้วยอินทรีย์วัตถุ. หน้า127-144. กรุงเทพฯ ฯ:
กลุ่มอินทรีย์วัตถุและวัสดุเหลือใช้ กองอนุรักษ์ดินและน้ำ กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวง
เกษตรและสหกรณ์.

พิสุทธิ์ วิจารณ์, ชัยวัฒน์ สิทธิบุญ, อภิชาติ จงสกุล, ถาวร มีชัย, สายหยุด เพ็ชรสุข,
เจริญ ศิริอุดมภาส, สมจิต อินทรมณี, สามารถ เดี่ยวทิพย์สุนนท์, นวลศรี กาญจนกุล
สุพร บุญประดับ และพจนีย์ มอญเจริญ. 2553. คู่มือการปรับปรุงดินเปรี้ยวจัดเพื่อ
การเกษตร. นราธิวาส: โครงการศูนย์ศึกษาการพัฒนาพิกุลทองอันเนื่องมาจาก
พระราชดำริ. 76 น.

วุฒิชัย ศิริช่วยชู, พิสุทธิ์ วิจารณ์, ปญญะ เผ่าศรีทองคำ และณรงค์ ศรีสุวรรณ. 2533. การกำหนด
ลักษณะและวินิจฉัยความเหมาะสมของดินในภาคใต้และพื้นที่ชายฝั่งทะเลภาคตะวันออก.
เอกสารวิชาการฉบับที่ 290. กรุงเทพฯ ฯ: กองสำรวจและจำแนกดิน กรมพัฒนาที่ดิน
กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 395 น.

ศูนย์ศึกษาการพัฒนาพิกุลทอง ฯ. 2553. คู่มือการปลูกข้าวในพื้นที่ดินเปรี้ยวจัด. นราธิวาส: ศูนย์
ศึกษาการพัฒนาพิกุลทองอันเนื่องมาจากพระราชดำริ. 32 น.

สรสิทธิ์ วัชรโรทยาน. 2511. เหมี่และความอุดมสมบูรณ์ของดินนา. กรุงเทพฯ ฯ: ภาควิชาปฐพีวิทยา
คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 250 น.

สรสิทธิ์ วัชรโรทยาน. 2520. ดินกรดจัดของประเทศไทย. กรุงเทพฯ ฯ: โครงการวิจัยดินและปุ๋ย
ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 77 น.

สายใจ กิมสงวน. 2549. การเพิ่มความเป็นประโยชน์ของอินทรีย์ฟอสฟอรัสและการดูแลใช้
ฟอสฟอรัสของข้าวโดยใช้จุลินทรีย์จากดินกรดจัด. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. 82 น.

สุมาลี สุทธิประดิษฐ์. 2536. ความอุดมสมบูรณ์ของดิน. สงขลา: ภาควิชาธรณีศาสตร์ คณะ
ทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. 336 น.

สุรัชย์ หมั่นสังข์. 2534. ปฏิกริยาสัมพันธ์ระหว่างปุ๋ยมาร์ลและหินฟอสเฟตต่อปริมาณธาตุอาหารที่
สกัดได้ การเจริญเติบโตและผลผลิตข้าวที่ปลูกในดินเปรี้ยวจัดสามชั้นความเหมาะสม.
วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตร์ดุษฎีบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 438 น.

โสภณ จันทรเจริญสุข, บรรเจิดลักษณ์ จินตฤทธิ์, จุมพล ยูะนิยม และเจริญ เจริญจำรัสชีพ. 2543.
รายงานผลการวิจัย เรื่อง ประสิทธิภาพของปุ๋ยฟอสเฟตร่วมกับปุ๋ยมาร์ลต่อดินชุดรังสิตและ
รังสิตกรดจัดในระบบการปลูกข้าว-ถั่วพุ่ม. กรุงเทพฯ ฯ: กองอนุรักษ์ดินและน้ำ กรมพัฒนา
ที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 44 น.

- สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร. 2557. ประวัติความเป็นมาของข้าว. คลังข้อมูลข้าวสารสนเทศ
ข้าวเชิงลึก. (ออนไลน์). ที่มา: <http://www.arda.or.th/kasetinfo/rice/rice-histories.html>
(วันที่สืบค้น 6 ธันวาคม 2557).
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2556. สถานการณ์ข้าวปี 2556. สำนักนโยบายและแผนพัฒนา
การเกษตร สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. (ออนไลน์). ที่มา:
<http://www.oac.th> (วันที่สืบค้น 10 มกราคม 2557).
- Benckiser, G., J.C.G. Ottow, S. Santiago and I.L. Watanabe. 1982. Physiochemical
Acharacterization of Iron-toxic Soils in some Asian Countries. IRRI Res. Paper series
No. 85. pp. 1-12. Int. Rice Res. Inst., Los Banos, Laguna, Philippines.
- Bouldin, D.R. 1987. Effect of green manure on soil organic matter content and nitrogen
availability. *In* Proceeding of a symposium on sustainable agriculture. The rule of green
manure crop rice farming system. pp. 151-164. Int. Rice Res. Inst., Los Banos,
Philippines.
- Brinkman, R. and L.J. Pons. 1973. Recognition and prediction of acid sulfate soil condition. *In*
Acid Sulfate Soils. Proc. Int. Symp. ILRI. 18, Vol.I. pp. 169-203. Wageningen,
Netherlands.
- Cate, R.B. and A.P. Sukhai. 1964. A Study of aluminum in rice soils. *Soil Sci.* 98: 85-93.
- Delhaize, E., P.R. Ryan and P.J. Randall. 1993. Aluminum tolerance in wheat (*Triticum
aestivum* L.) II. Aluminum-stimulated excretion of malic acid from root apices. *Plant
Physiol.* 103: 695-702.
- Fageria, N.K. 1985. Influence of Aluminum in nutrient solutions on chemical-composition in 2
rice cultivars at different growth-stages. *Plant and Soil* 85: 423-429.
- Foy, C.D. 1988. Plant adaptation to acid, aluminum-toxicity soils. *Communications in Soil Science
and Plant Analysis* 19: 959-987.
- Hsu, S.C. and T.F. Chin. 1975. Effects of some minor elements on the nursery bed of rice plants.
II Effects of minor elements on rice seedlings. *J. Agr. Res.* 7: 1-6.
- International Rice Research Institute. 1965. Annual Report 1964. Int. Rice. Res. Inst., Los Banos,
Laguna, Philippines. 357 p.

- Ishikawa, S., T. Wagatsuma, R. Sasaki and P. Ofei-Manu. 2000. Comparison of the amount of citric and malic acids in Al media of seven plant species and two cultivars each in five plant species. *Soil Sci. and Plant Nutr.* 46: 751-758.
- Jan, F. and S. Pettersson. 1995. Aluminum sensitivity of 2 upland rice cultivars at various levels of nutrient supply. *J. Plant Nutr.* 18: 1323-1335.
- Jan, F., K. Yamashita, H. Matsumoto and M. Maeda. 2001. Protein and peroxidase changes in various root-cell fractions of two upland rice cultivars differing in Al tolerance. *Environmental and Experimental Botany* 46: 141-146.
- Jo, J., Y.S. Jang, K.Y. Kim, M.H. Kim, I.J. Kim and W.I. Chung. 1997. Isolation of *ALU1-P* gene encoding a protein with aluminum tolerance activity from *Arthrobacter viscosus*. *Biochem. Biophys. Res. Commun.* 239: 835-839.
- Kawaguchi, K. and K. Kyuma. 1969. Lowland Rice Soils in Thailand. Natural Science. Series N-14. The Center for Southeast Asian Studies, Kyoto University, Kyoto, Japan. 270 p.
- Kevie, W. and B. Yenmanas. 1972. Detailed reconnaissance soil survey of southern Central Plain Area. In *Influences of Phosphate and Potassium Fertilizers on the Growth and Yield of Rice in the Bangkok Plain*, pp. 12. S. Sassanarakkit (ed.). M.S. thesis. Kasetsart University, Bangkok.
- Kochian, L.V., O.A. Hoekenga and M.A. Pineros. 2004. Mechanism of aluminum tolerance and phosphorous efficiency. *Annual Review of Plant Biology* 55: 459-493.
- Kochian, L.V., M.A. Pineros and O.A. Hoekenga. 2005. The physiology, genetics and molecular biology of plant aluminum resistance and toxicity. *Plant and soil* 274: 175-195.
- Ma, J.F. and S. Hiradate. 2000. Form of aluminum for uptake and translocation in buckwheat (*Fagopyrum esculentum Moench*). *Planta* 211: 355-360.
- Ma, J.F., P.R. Ryan and E. Delhaize. 2001. Aluminum tolerance in plants and the complexing role of organic acids. *Trends in Plant Science* 6: 273-278.
- Marschner, H. 1991. Mechanisms of adaptation of plants to acid soils, In: Wright, R.J., V.C. Baligar and R.P. Murrmann (Eds.), *Plant-Soil Interactions at Low pH*. Kluwer Academic Publishers, Netherlands. 683-702.
- Ponnamperuma, F.N. 1981. Some aspects of physical chemistry of paddy soils. In *Proc. of Symp. On Paddy Soil* Institute of Soil Science, Academia Sinica.

- Pons, L.J. and W. Van der Kevie. 1969. Acid Sulfate Soils in Thailand; Studies on the Morphology, Genesis, and Agricultural Potential of Soils with Cat-Clay. Soil Survey Report No.81-1969, Department of Land Development, Bangkok, Thailand. 65 p.
- Pons L.J. 1972. Outline of Genesis, Characteristics, Classification and Improvement of Acid Sulphate Soils, Proc. of Int. Symp. 13-20 August 1972 Wageningen. 3-27.
- Sitthibush. C, A. Jongskul, P. Eamon, T. Meechi and Dumnoenngam S. 1996. Techniques of peat/Acid sulfate Soil Management in Swampy Area of Narathiwat. Proceeding of the International Seminar on Environment Conservation and Sustainable Agricultural Land Development in Boggy Regions on 5-8 November 1996, Narathiwat. 241 p.
- Sivaguru, M. and K. Palival. 1993. Defferential Aluminum Tolerance in some Tropical Rice Cultivars. II Machanism of Aluminum Tolerance. J. Plant Nutr. 16: 1717-1732.
- Tanaka, A. And S. A. Navasero., 1966. Aluminum Toxicity of the Rice Plant under Water Culture Conditions. Soil Sci. and Plant. Nutr. 12: 9-14.
- Tanaka, A. and S. Yoshida 1975. Nutritional disorders of rice in Asia. International Rice Research Institute Technical Bulletin 10. 51 p.
- Thawornweng, N. and A. van Diest. 1974. Influence of Hight Acidity and Aluminum on the Growth of Lowland Rice. Plant and Soil 41: 141-159.
- van Breemen. 1982. Genesis, morphology and classification of acid sulfate soils in coastal plains. Soil Sci. Soc. Amer. Spec. Publ. No.10, 95-108.
- van Breemen and L.J. Pons. 1978. Acid sulfate soils and rice. *In* Soils and Rice, pp.739-762. Int. Rice Res. Inst., Los Banos, Philippines.
- van Breemen and F.R. Moormann. 1978. Iron-Toxic soils. *In* Soils and Rice. pp.781-800. Int. Rice Res., Inst., Los Banos, Laguna, Philipines.
- Watanabe, T. and M. Osaki. 2002. Machanism of adaptation to hight aluminum condition in native plant species growing in acid soils: A review. Communications in Soil Science and Plant Analysis 33: 1247-1260.