สำนักงานวิทยทรัพยากร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 การปลูกข้าวในดินเปรี้ยวจัด

2.1.1 ปัญหาสำหรับการปลูกข้าวในดินเปรี้ยวจัด

ประเทศไทยมีพื้นที่ดินเปรี้ยวทั้งหมดประมาณ 9 ล้านไร่ ส่วนใหญ่อยู่ในบริเวณที่ราบภาคกลางครอบคลุมพื้นที่ประมาณ 5.5 ล้านไร่ ได้แก่ บริเวณจังหวัดสระบุรี อยุธยา ปราจีนบุรี ฉะเชิงเทรา ชลบุรี ปทุมธานี และนครนายก นอกนั้นกระจัดกระจายตามบริเวณชายฝั่งทะเลตะวันออก บริเวณลุ่มแม่น้ำจันทบุรี และตามชายฝั่งทะเลด้านตะวันตกและตะวันออกของคาบสมุทรภาคใต้ บริเวณจังหวัดสงขลา ปัตตานี นครศรีธรรมราช พัทลุง และนราธิวาส (กรมพัฒนาที่ดิน, 2544)

ลักษณะทั่วไปของดินเปรี้ยวจัด พบว่าดินชั้นบนจะเป็นดินเหนียวถึงเหนียวจัด สีเทาหรือเทาเข้มถึงดำ ลึกประมาณ 20-40 ซ.ม. อาจจะมีจุดประของสารประกอบของเหล็กสีน้ำตาลหรือสีน้ำตาลแดง โดยเฉพาะอย่างยิ่งตามรอยรากข้าว ดินชั้นล่างเป็นดินเหนียวมีพื้นเป็นสีน้ำตาล หรือน้ำตาลปนเทาจนถึงสีเทา มีจุดประสีเหลืองปนน้ำตาล สีแดงและสีเหลืองคล้ายฟางข้าว จุดประสีเหลืองฟางข้าวนี้ใช้เป็นข้อกำหนดอย่างหนึ่งในการแบ่งแยกชุดดิน เช่น ถ้าพบจุดประสีเหลืองฟางข้าวหรือจาโรไซต์ (jarosite) นี้อยู่ลึกไม่เกิน 40 ซ.ม. จากผิวดิน จะเรียกดินชุดนี้เป็นชุดดินองครักษ์ แต่ถ้าพบอยู่ในระหว่าง 40-100 ซ.ม. ก็จะเป็นชุดดินรังสิตหรือธัญบุรี หรือถ้าพบอยู่ลึกกว่า 100 ซ.ม. ก็จะเป็นดินชุดอยุธยา หรือเสนา เป็นต้น (สุรชัย หมื่นสังข์, 2546)

การปลูกข้าวในพื้นที่ดินเปรี้ยวจัด ซึ่งเป็นดินที่มีปฏิกิริยาดิน (soil pH) ต่ำมากโดยทั่วไป มี pH ต่ำกว่า 4 เป็นดินที่มีแร่จาโรไซต์ (สีเหลืองฟางแห้ง) สะสมอยู่มาก มีผลเสียต่อการปลูกข้าวมาก เนื่องจากมีธาตุเหล็กและอลูมิเนียมละลายออกมามากจนเป็นพิษและส่งผลให้ธาตุอื่น ๆ ได้แก่ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ลดลง ทำให้ข้าวไม่สามารถดูดไปใช้ได้ (นพรัตน์ ม่วงประเสริฐ, 2541)

ข้าวสามารถปลูก เจริญเติบโต และให้ผลผลิตได้ดีในดินเกือบทุกประเภท แต่เหมาะที่จะปลูกในดินที่มีความสามารถอุ้มน้ำได้ดีและมีความอุดมสมบูรณ์สูง ดินมีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ประมาณ 5-7 (ทวี คุปต์กาญจนากุล, 2544) โดยทั่วไปจะพบในที่ต่ำ ซึ่งจะมีน้ำขังโดยธรรมชาติหรือบริเวณที่น้ำจากที่อื่นไหลมาท่วมขัง (นพรัตน์ ม่วงประเสริฐ, 2541) ดินที่ใช้ปลูกข้าวจะอยู่ในสภาพน้ำขัง และมีการเปลี่ยนแปลงเป็นวงจร คือ มีสภาพน้ำขังและสภาพดินแห้งสลับกัน ดินที่เหมาะสมที่ใช้ปลูกข้าวโดยทั่วไปจะมีลักษณะเป็นดินลึก เนื้อละเอียด น้ำซึมผ่านได้ช้า พื้นที่มีลักษณะเรียบ ดินมีการระบายน้ำค่อนข้างเลว มีความอุดมสมบูรณ์ปานกลางถึงสูง มีปริมาณเกลือต่ำ ขังน้ำได้ดี และมีน้ำมากพอที่จะปลูกพืชได้ครั้งหนึ่งในช่วงหนึ่งปี (ทัศนีย์ อัตตะนันทน์ , 2531)

2.1.1.1 ปัญหาการขาดธาตุอาหาร

เป็นที่ทราบโดยทั่วไปว่าดินเปรี้ยวจัดไม่เหมาะสมกับการปลูกข้าวหรือพืชทุกชนิด จากการทดลองพบว่าระดับความเป็นกรดหรือปริมาณความเข้มข้นในดินไม่มีผลโดยตรงต่อการเจริญเติบโตของข้าวหรือพืช แต่สาเหตุที่ทำให้การปลูกข้าวหรือพืชในบริเวณพื้นที่ดินเปรี้ยวจัดไม่ได้ผลนั้น เนื่องมาจากสภาพทางเคมีและชีวภาพของดินถูกเปลี่ยนไปในทางที่ไม่เหมาะสมกับข้าวหรือพืชมากกว่า สาเหตุหลักที่ดินเปรี้ยวจัดไม่เหมาะสมกับการปลูกข้าวหรือพืชอื่น ๆ ก็เนื่องมาจากการขาดธาตุอาหาร รวมถึงการตรึงธาตุอาหารหลักของข้าวไว้ ทำให้ต้นข้าวขาดแคลนอาหารได้ ดังนี้

- การขาดธาตุไนโตรเจน (N)

ธาตุไนโตรเจนในดินเปรี้ยวจัดอยู่ในเกณฑ์ต่ำที่สุดในขั้นที่เรียกว่าขาดแคลน ถึงแม้ปริมาณอินทรียวัตถุในดินเปรี้ยวจัดค่อนข้างสูงกว่าดินนาอื่นๆ ก็จริง แต่ปริมาณแอมโมเนียมไนเตรด(available nitrogen)ประเมินค่าของ ammonium production และ ammonification percentage จะต่ำที่สุด ระดับความเป็นประโยชน์ของไนโตรเจนที่ค่อนข้างต่ำนี้ หากมีการเพิ่มปุ๋ยฟอสเฟตและปูนมาร์ลเป็นปริมาณที่พอเหมาะลงในดินเปรี้ยวจัดดังกล่าว จะปรากฏว่าระดับความเป็นประโยชน์ของไนโตรเจนในดินจะสูงขึ้น (สรสิทธ์, 2520)

ข้าวต้องการไนโตรเจนเป็นปริมาณที่สูงเพื่อเพิ่มจำนวนต้นต่อกอต่อพื้นที่ในระยะการเจริญเติบโตทางลำต้น (vegetative phase) และเพิ่มจำนวนดอกต่อรวงในระยะการเจริญเติบโตเพื่อการสืบพันธุ์ (reproductive phase) และยังมีความจำเป็นในระยะสุกแก่ (ripening phase) อีกด้วย ไนโตรเจนยังเป็นองค์ประกอบของคลอโรฟิลล์ รงควัตถุสีเขียวส่งเสริมการสังเคราะห์แสง (photosynthesis) และคุณภาพของเมล็ด การขาดธาตุไนโตรเจนจะทำให้ข้าวแคระแกร็น เจริญเติบโตช้า ใบสั้น ตั้งตรง มีสีเขียวจาง ใบอ่อนแสดงอาการปกติแต่ใบแก่จะมีสีเขียวจางและแห้งตายไปในที่สุด (De Datta, 1981)

- การขาดธาตุฟอสฟอรัส (P)

ดินเปรี้ยวจัดที่พบ ส่วนใหญ่จะมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืชน้อยมาก เนื่องจากถูกตรึงให้อยู่ในรูปที่ไม่สามารถเป็นประโยชน์ต่อพืชได้ (Hesse, 1963) โดยเฉพาะดินที่มีระดับ pH ต่ำ เหล็กและอลูมิเนียมจะมีบทบาทสำคัญต่อปฏิกิริยาการตรึงฟอสฟอรัส เนื่องจากในสภาพที่ดินมีการระบายอากาศดีฟอสฟอรัสจะตกตะกอนร่วมกับเหล็กและอลูมิเนียม แต่เมื่อดินอยู่ในสภาพน้ำขัง ฟอสฟอรัสที่ถูกตรึงจะถูกปลดปล่อยออกมา (Patrick และ Mahapata, 1968)

หอสมุดกลาง สำนักงานวิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ฟอสฟอรัสช่วยในการเจริญเติบโตของราก ส่งเสริมให้ข้าวออกดอกและสุกแก่เร็วขึ้น หรือตามอายุ ส่งเสริมให้เปอร์เซ็นต์เมล็ดดีและคุณภาพเมล็ดดีสูงขึ้น และผลผลิตสูงขึ้น และช่วยให้การงอกของเมล็ดดีขึ้น โดยอาการขาดธาตุฟอสฟอรัสของข้าวที่ปลูกในดินเปรี้ยวจัด คือ ข้าวจะมีใบธงเขียวเข้มและตั้งตรง การแตกตอลดลง ต้นเตี้ยแคระ เจริญเติบโตช้า ข้าวบางพันธุ์จะมีจุดประสีม่วงอมแดงบนใบแก่ส่วนใบอ่อนยังเขียวปกติ (De Datta, 1981)

โดยเฉพาะเมื่อข้าวขาดธาตุฟอสฟอรัสแล้ว ความเข้มข้นของอลูมิเนียมเพียง 15 ppm สามารถทำให้ข้าวแสดงความเป็นพิษได้ และถ้าข้าวมีปริมาณฟอสฟอรัสสะสมอยู่สูงก็จะไม่ได้รับอันตรายจากอลูมิเนียม แม้ว่าจะมีความเข้มข้นสูงถึง 40 ppm ก็ตาม ในกรณีที่ดินมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำและข้าวที่ปลูกขาดธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโต ความเข้มข้นของอลูมิเนียมเพียง 1–2 ppm เท่านั้น ข้าวก็จะแสดงอาการเกิดพิษได้ (Tanaka และ Yoshida, 1975)

- การขาดธาตุโพแทสเซียม (K)

โพแทสเซียมเป็นธาตุที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชและช่วยให้พืชแข็งแรงมีความต้านทานโรคได้ดี ถ้ามีอยู่ในปริมาณที่พอเหมาะจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพให้พืชสามารถใช้ธาตุอาหารชนิดอื่นโดยเฉพาะไนโตรเจนได้ดีขึ้น โพแทสเซียมเป็นธาตุที่ถูกชะล้างได้ง่าย โดยเฉพาะดินในเขตศูนย์สูตรที่มีการสลายตัวสูง เนื่องจากแร่ดินเหนียวที่พบในดินแถบนี้เป็นชนิดที่มีความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุธาตุต่ำ ในดินที่มีระดับค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ต่ำโพแทสเซียมจะถูกชะล้างมากขึ้น (นวลศรี กาญจนกูล, สุวรรณีย์ ภูธรธราช และขนิษฐศรี ฮุ่นตระกูล. 2543)

ความเป็นกรดจัดของดินส่งผลโดยตรงต่อการดูดดึงธาตุอาหารบางชนิดของข้าว โดยเมื่อรากพืชสัมผัสกับดินที่มีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ต่ำๆ เป็นเวลานาน จะมีผลทำให้ข้าวไม่สามารถดูดธาตุอาหารโลหะไอออนบวกได้ดี (Thaworn wong และ Van Dicst, 1974) ในขณะเดียวกันเมื่อปลูกข้าวในสารละลายที่ให้ความเป็นค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ที่มีค่าต่ำกว่า 3.5–4.0 ทำให้ไฮโดรเจนที่แลกเปลี่ยนได้สูงส่งผลเสียโดยตรงต่อข้าว (ทัศนีย์ อัตตะนันท์, 2531) นอกจากนี้การที่ดินเป็นดินเปรี้ยวจัดทำให้ดินขาดสารประกอบของแคลเซียมและแมกนีเซียม โดยจะมีสารประกอบของเหล็กและอลูมิเนียมเข้ามาแทนที่ในปริมาณสูงถึงระดับที่อาจเป็นพิษต่อข้าวได้ และทำให้ไนโตรเจนซึ่งอยู่ในรูปเกลือแอมโมเนียมในดินสลายตัวเป็นก๊าซแอมโมเนียมระเหยขึ้นไปในอากาศและฟอสฟอรัสในดินอยู่ในรูปที่พืชไม่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ (ทัศนีย์ อัตตะนันทน์ ,2531) ดินเปรี้ยวจึงมีไนโตรเจนต่ำและขาดฟอสฟอรัสด้วย ข้าวจึงไม่สามารถเจริญเติบโตได้

ธาตุโพแทสเซียมเป็น co-factor enzyme ต่าง ๆ มากกว่า 40 ชนิด ช่วยส่งเสริมการแตกกอของข้าว เพิ่มขนาดและน้ำหนักเมล็ด ถ้าข้าวขาดธาตุโพแทสเซียมจะทำให้ลำต้นแคระแกรน แตกกอน้อย ใบสั้นโน้ม สีเขียวเข้ม รวงลีบเล็ก

ดังนั้น ในการเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ให้แก่ดิน หรือการผลิตปุ๋ยเพื่อเพิ่มธาตุอาหารให้แก่พืชจึงมีธาตุอาหารที่สำคัญซึ่งพืชต้องการในปริมาณมากที่สุด คือ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมเป็นหลัก เพราะนอกจากพืชจะต้องการในปริมาณที่มากดังได้กล่าวแล้ว ธาตุดังกล่าวยังมีการสูญเสียได้ง่ายในดิน นอกจากระดับธาตุอาหารพืชที่เป็นประโยชน์ในดินจะมีความสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดกับความเป็นกรดในดินแล้ว ดินที่เป็นดินเปรี้ยวจัดก็มีผลทำให้ธาตุอาหารพืชที่เป็นประโยชน์บางชนิดเปลี่ยนไปอยู่ในรูปที่พืชไม่สามารถจะใช้ประโยชน์ได้ หรืออาจจะมีธาตุที่ละลายออกมาในปริมาณที่มากจนถึงระดับที่เป็นพิษต่อพืชได้โดยเฉพาะธาตุพิษ (Toxic element)

2.1.1.2 ปัญหาความเป็นพิษจากธาตุต่าง ๆ ในดินเปรี้ยวจัด

เป็นที่ทราบโดยทั่วไปว่าดินเปรี้ยวจัดไม่เหมาะสมกับการปลูกพืช จากการทดลองพบว่าระดับความเป็นกรดหรือปริมาณความเข้มข้นของไฮโดรเจนในดินไม่มีผลโดยตรงต่อการเจริญเติบโตของพืช แต่เหตุที่การปลูกพืชในบริเวณพื้นที่ดินเปรี้ยวจัดไม่ได้ผลนั้น เนื่องจากสภาพทางเคมีและชีวภาพของดินถูกเปลี่ยนไปในทางที่ไม่เหมาะสมกับพืชมากกว่า อีกทั้งการที่ดินมีสภาพเป็นกรดอย่างรุนแรง จึงส่งผลให้ธาตุอาหารบางชนิดในดินละลายออกมามากจนอาจเป็นพิษต่อข้าวที่ปลูกได้ ดังนี้

- ความเป็นพิษของอลูมิเนียม (Al)

ในดินที่เป็นดินเปรี้ยวจัดและมีการระบายน้ำไม่ดี จะมีปริมาณอลูมิเนียม (Al) มากเกินไปจนอาจก่อให้เกิดความเป็นพิษต่อพืชได้ เริ่มที่อาการชะงักงันของราก รากจะสั้นกุดและเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล ปริมาณรากแขนงและรากฝอยลดลงอย่างมาก เป็นผลทำให้การเจริญเติบโตทางลำต้นไม่เป็นไปอย่างปกติ (กรมวิชาการเกษตร, 2543) ความเป็นพิษของอลูมิเนียมส่วนใหญ่จะแสดงอาการที่ราก โดยจะยับยั้งการเจริญเติบโตของรากข้าว ซึ่งความเข้มข้นของอลูมิเนียมเพียง 1-2 ppm สามารถทำอันตรายต่อรากข้าว (Cate และ Sukhai, 1964 ; Sanchez, 1976) และส่งผลต่อการสร้าง DNA ในรากข้าวทำให้การเจริญเติบโตของรากหยุดชะงักได้ (Anderson, 1984) ทำให้การสร้างระบบรากไม่สมบูรณ์ รากจะสั้นและแคระแกรน ความยาวลดลง ยังผลให้น้ำหนักแห้งของรากข้าวลดลงไปด้วย ส่วนบริเวณใบก็จะมีสีเหลืองส้มระหว่างเส้นใบ แต่ที่ปลายใบและขอบใบจะมีสีขาวซีด ซึ่งต่อมาใบก็จะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล มักเกิดกับใบแก่ที่อยู่ด้านล่างๆ และจะแห้งเหี่ยวตายไปในที่สุด (Tanaka และ Navasero, 1966 ; Rorison, 1973 ; Fegeria, 1983)

- ความเป็นพิษของแมงกานีส (Mn)

ในดินเปรี้ยวจัดที่มีระดับค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของดินต่ำ ข้าวที่ปลูกอาจได้รับอันตรายเนื่องจากความเป็นพิษของแมงกานีสได้ โดยความเข้มข้นของแมงกานีสที่ละลายน้ำได้จะมีค่าสูงสุดอย่างรวดเร็วภายใน 2-3 สัปดาห์แรก หลังจากขังน้ำ ต่อมาจะค่อยๆ ลดลงอย่างช้าๆ ทั้งนี้เนื่องจากเกิดการตกตะกอนในรูปแมงกานีสคาร์บอเนต เมื่อระยะเวลาขังน้ำยาวนานขึ้น (Ponnamperuma, 1972) ซึ่งปริมาณที่เป็นพิษหรือเป็นอันตรายต่อข้าวอันเนื่องมาจากแมงกานีสจะมีค่าอยู่ระหว่าง 20-1,000 ppm (Hus และ Chin, 1957) ระดับที่พอเหมาะของแมงกานีสคือ 20-25 ppm และถ้ามีความเข้มข้นน้อยกว่า 0.01 ppm ข้าวก็จะแสดงอาการขาดแมงกานีสได้ แต่ถ้ามีความเข้มข้นเกิน 25 ppm ก็จะเกิดอาการเป็นพิษ สำหรับอาการเป็นพิษอันเนื่องมาจากแมงกานีสนั้น คือ ข้าวจะมีการชะงักการแตกกอ ลำต้นแคระแกรน บนบริเวณแผ่นใบและก้านใบจะเกิดจุดสีน้ำตาล ซึ่งมักเกิดกับใบล่างๆ ของต้นข้าว แต่ในสภาพทั่วๆ ไปแล้ว ความเป็นพิษของแมงกานีสต่อข้าวจะมีโอกาสเกิดขึ้นได้น้อยมาก ทั้งนี้เพราะในดินทั่วๆ ไป มักมีแมงกานีสอยู่ไม่มาก จนถึงระดับที่จะก่อให้เกิดอันตรายต่อพืช และยังจัดได้ว่าเป็นธาตุอาหารเสริมที่ข้าวมีความต้องการในปริมาณมากด้วย (Tanaka และ Navasero, 1966)

- ความเป็นพิษของเหล็ก (Fe)

ในดินเปรี้ยวจัดที่มีการขังน้ำเพื่อปลูกข้าว ดินจะอยู่ในสภาพขาดออกซิเจน (reduction) มีผลทำให้เหล็กมีการเปลี่ยนแปลงทางเคมี ส่งผลทำให้ความเข้มข้นของเหล็กในรูป Fe^{3+} เปลี่ยนไปอยู่ในรูป Fe^{2+} (Motomura, 1962 ; Tanaka และ Navasero, 1966) และถ้าเวลายาวนานขึ้น ปริมาณความเข้มข้นของเหล็กในรูป Fe^{2+} ที่สะสมได้ในสารละลายดินก็จะมีค่าเพิ่มขึ้น (Ponnamperuma และ Solivas, 1989) โดยเฟอรัสไอออน (Fe^{2+}) ในดินนาจะสะสมได้สูงสุดหลังขังน้ำประมาณ 2 สัปดาห์ หลังจากนั้นจะค่อยๆ ลดปริมาณลง (IRRI, 1964)

สำหรับระดับความเป็นพิษของเหล็กต่อต้นข้าวนั้น พบว่าสารละลายที่มีเหล็กมากกว่า 50 ppm มีผลทำให้ต้นข้าวที่ปลูกชะงักการแตกกอและผลผลิตลดลง ถ้าปริมาณเหล็กสูง 300-400 ppm ข้าวก็จะแสดงอาการเป็นพิษ (IRRI, 1972) อย่างไรก็ตามความเป็นพิษของเหล็กที่เป็นพิษต่อข้าวจะมีค่าตั้งแต่ 30-20,000 ppm ซึ่งขึ้นอยู่กับความอุดมสมบูรณ์ของดิน โดยในดินเปรี้ยวจัดที่มีปริมาณฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมต่ำ แม้ว่าจะมีปริมาณเหล็กเพียง 30 ppm ก็ทำให้ข้าวแสดงอาการเป็นพิษได้แล้ว ทั้งนี้เนื่องจากข้าวไม่สามารถป้องกันการดูดดึงธาตุเหล็กเข้าไปสะสมได้ (Tadano และ Yoshida, 1978)

สำหรับอาการเป็นพิษเนื่องจากเหล็กนั้น มักจะปรากฏอาการที่ใบเป็นส่วนใหญ่ โดยมีลักษณะเป็นจุดสีน้ำตาลแดงเล็กๆ ปรากฏอยู่ที่ปลายใบของใบล่างสุด และจะค่อยๆ กลายเป็นสีน้ำตาลทั้งใบและตายไปในที่สุด (Tanaka และ Yoshida, 1970 ; Yoshida, 1982) ความเป็นพิษของเหล็กนั้นมักจะเกิดขึ้นในระยะแตกกอ และระยะสร้างรวงอ่อน ซึ่งถ้าเกิดในระยะสร้างรวงอ่อนผลผลิตข้าวที่ได้จะลดลง และมีเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบสูง (Breemen และ Moormann, 1978)

- ความเป็นพิษของนิกเกิล (Ni) และแคดเมียม (Cd)

นิกเกิล (Ni) และแคดเมียม (Cd) สามารถปนเปื้อนลงสู่ดินได้จากการใช้ปุ๋ย เพราะนิกเกิล (Ni) และแคดเมียม (Cd) เป็นสารเจือปนในปุ๋ยเคมี และที่สำคัญแคดเมียม (Cd) เป็นอันตรายต่อสัตว์มาก เพราะพืชที่สะสมแคดเมียมจะไม่แสดงอาการเป็นพิษ ซึ่งเมื่อเข้าสู่ร่างกายจะยับยั้งการทำงานของระบบเอนไซม์ (ศุภมาศ พนิชศักดิ์พัฒนา, 2540) โดยจะเริ่มเป็นที่ไตทำให้ไตล้มเหลว ปวดกระดูก กระดูกผิดรูป จะพบได้มากที่สุดในหญิงที่มีบุตรแล้ว อาการของโรคที่พบได้ง่าย คือ จะรู้สึกเจ็บจากการกดกระดูก เรียกว่า โรคอิไต-อิไต (Itai- itai byo) ซึ่งในอาหารสัตว์กำหนดให้มีแคดเมียมได้ไม่เกิน 0.5 ppm ในข้าวกล้องให้มีค่าได้ไม่เกิน 1.0 ppm ในกรณีแคดเมียมนี้ไม่ได้กำหนดค่าสูงสุดที่ยอมให้มีได้ในดิน ทั้งนี้เพราะการละลายได้ของแคดเมียมขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายชนิดของดิน เช่นระดับความชื้นและ Redox potential ของดิน ซึ่งผันแปรได้มากในนาข้าว (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2544)

ตารางที่ 2.1 ปริมาณธาตุนิกเกิล และแคดเมียมในดินและพืช และระดับความเป็นพิษในข้าว (ppm) (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2544; ทัศนีย์ อัตตะนันทน์. 2531)

ธาตุ	ปริมาณที่พบ		ระดับความเป็นพิษในข้าว		ปริมาณที่พบในข้าวกล้อง
	ดิน	พืช	ต้น	ราก	
นิกเกิล	10-1,000	1.0	20-50	200-400	0.19
แคดเมียม	0.1-7.0	0.2-0.8	5-10	100-600	0.09

2.1.2 วิธีการปรับปรุงแก้ไขดินเปรี้ยวจัดเพื่อเพิ่มผลผลิตของข้าว

เนื่องจากดินเปรี้ยวจัดส่วนใหญ่เกิดในบริเวณที่ราบลุ่ม ดินมีการระบายน้ำเลว การใช้ประโยชน์พื้นที่ดังกล่าวส่วนใหญ่ก็ใช้ในการทำนาปลูกข้าว แต่ก็ต้องประสบกับปัญหาเรื่องของผลผลิตที่ต่ำเมื่อเทียบกับผลผลิตข้าวที่ปลูกในดินปกติทั่วไป เนื่องจากสภาพปัญหาความเป็นกรดของดิน ความเป็นพิษของธาตุบางชนิดและการขาดแคลนอาหารพืชไนโตรเจนและฟอสฟอรัส ดังนั้นจึงต้องมีการจัดการปรับปรุงแก้ไขดินเปรี้ยวจัดเพื่อให้เหมาะสมสำหรับการปลูกข้าว อันประกอบด้วยวิธีการต่างๆ ดังต่อไปนี้

2.1.2.1 การชะล้างดิน

การชะล้างดินด้วยน้ำเค็มหรือน้ำธรรมดาสามารถขจัดธาตุที่อาจก่อให้เกิดพิษแก่พืชซึ่งสะสมตกค้างอยู่ในดิน และช่วยลดความเป็นกรดของดินเปรี้ยวจัดได้ การระบายน้ำออกจากนา จะช่วยลดอันตรายเนื่องจากเหล็กและอลูมิเนียมได้ ซึ่งเป็นการระบายสารที่เป็นพิษที่สะสมในบริเวณรากข้าวออกไป และยังป้องกันการขาดธาตุอาหารพืชบางชนิดได้อีกด้วย (Ponnamperuma, 1965) การจัดระบบระบายน้ำที่มีประสิทธิภาพจะเป็นวิธีการปรับปรุงแก้ไขดินเปรี้ยวจัดที่ดีวิธีหนึ่ง อีกทั้งปริมาณไพไรต์ในดินสามารถลดลงจากร้อยละ 2-3 เหลือเพียงร้อยละ 0.5 ในระยะ 5-10 ปี ภายใต้สภาพการชะล้างและการระบายน้ำที่ดี (Coulter, 1972) และการศึกษาการชะล้างดินเปรี้ยวจัดของประเทศเวียดนาม พบว่า สามารถลดความเข้มข้นของอลูมิเนียมในสารละลายดินจาก 69 ppm เหลือเพียง 0.6 ppm (Ponnamperuma, Attanandana and Beye, 1972)

วิธีการนี้นับเป็นวิธีการที่ง่ายที่สุดแต่จำเป็นต้องมีน้ำในปริมาณที่มากพอที่จะใช้ชะล้างดินควบคู่ไปกับการควบคุมระดับน้ำใต้ดินให้อยู่เหนือดินเลนที่มีไพไรต์มากเมื่อล้างดินเปรี้ยวให้คลายลงแล้วดินจะมีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) เพิ่มขึ้นอีกทั้งสารละลายเหล็กและอลูมิเนียมที่เป็นพิษเจือจางลงจนทำให้ข้าวสามารถเจริญเติบโตได้ดีอีกด้วย

2.1.2.2 การขังน้ำก่อนปลูก

การขังน้ำในดินเปรี้ยวจัดตลอดเวลาเป็นอีกวิธีหนึ่งในการปรับปรุงดินเปรี้ยวจัดโดยเฉพาะ เมื่อดินเปรี้ยวจัดอยู่ในสภาพขังน้ำค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของดินจะเพิ่มขึ้น ความเป็นพิษเนื่องจากเหล็กและอลูมิเนียมจะลดน้อยลง (IRRI, 1981) ซึ่งวิธีการนี้เกษตรกรของหลายประเทศในแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ได้นำมาใช้โดยการปล่อยน้ำให้ท่วมขังในนาข้าวเป็นระยะเวลาประมาณ 4-6 สัปดาห์ก่อนใช้ทำการปลูกข้าว (Ponnamperuma และคณะ, 1973)

การปลูกข้าวโดยวิธีปักดำในพื้นที่ดินเปรี้ยวจัดหากมีการขังน้ำในแปลงนาประมาณ 1 เดือนก่อนการเพาะปลูกก็จะช่วยลดความเป็นพิษของธาตุเหล็กและอลูมิเนียมลงได้ ซึ่งจะทำให้ข้าวมีความสูงและผลผลิตที่ดีขึ้นอีกด้วย โดยอลูมิเนียมที่แลกเปลี่ยนได้จะลดลงจาก 15 มิลลิอิคิววาเลนส์ต่อดิน 100 กรัม เป็น 1 มิลลิอิคิววาเลนส์ต่อดิน 100 กรัม ในเวลา 6 เดือนหลังจากขังน้ำในดินเปรี้ยวจัด (Cate และSukhai, 1964)

2.1.2.3 การเติมสารแมงกานีสไดออกไซด์ (MnO_2)

วิธีการเติมสารแมงกานีสไดออกไซด์ (MnO_2) ลงในพื้นที่ดินเปรี้ยวจัดสามารถช่วยในการปรับปรุงดินเปรี้ยวจัดเพื่อเพิ่มผลผลิตของข้าวได้อีกวิธีหนึ่ง เนื่องจากสารแมงกานีสไดออกไซด์ (MnO_2) สามารถยับยั้งการลดออกซิเจนของดินได้ จึงทำให้ปริมาณของเหล็กและอลูมิเนียมที่ละลายได้ลดน้อยลง (Nhung และ Ponnamperuma, 1966 : Ponnamperuma และคณะ, 1965 : Ponnamperuma และ Solivas, 1981 : IRRI, 1981)

2.1.2.4 การเติมปุ๋ยฟอสฟอรัส

ดินเปรี้ยวจัดจะมีปัญหาเกี่ยวกับการขาดธาตุฟอสฟอรัสอย่างรุนแรง เพราะปกติดินเปรี้ยวจัดมักจะมีปริมาณของธาตุเหล็กและอลูมิเนียมที่ละลายน้ำได้ จึงทำให้เกิดการตกตะกอนของฟอสฟอรัสที่ละลายได้หรือเกิดการตรึงของฟอสฟอรัส แม้แต่การเติมปุ๋ยฟอสฟอรัสลงไปก็มักจะเกิดปัญหาการตรึงของฟอสฟอรัสอย่างรวดเร็วได้ (สรสิทธ์ วัชโรทยาน, 2520) ดังนั้น ความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสในดินเปรี้ยวจัดจึงอยู่ในระดับค่อนข้างต่ำ

การใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสให้ได้ผลจึงต้องคำนึงถึงสภาพของดินร่วมด้วย กล่าวคือ การเติมปุ๋ยฟอสฟอรัสจะให้ผลดีก็ต่อเมื่อในกรณีที่ความเป็นกรดของดินไม่รุนแรงมากนัก จึงจะมีส่วนในการช่วยทำให้ผลผลิตของข้าวสูงขึ้นได้ (ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2544)

2.1.2.5 การเติมปูนมาร์ล

การปรับปรุงดินเปรี้ยวจัดด้วยวิธีการนี้เป็นที่ยอมรับกันมานาน โดยเฉพาะการเติมปูนมาร์ลในการปรับปรุงดินเปรี้ยวจัด กรมพัฒนาที่ดินได้แนะนำให้ใช้ปูนมาร์ลในอัตรา 2-3 ตัน/ไร่ ในการปรับปรุงดินเปรี้ยวจัดที่มีความเป็นกรดที่รุนแรงมาก เช่น ในดินชุดองครักษ์หรือรังสิตเปรี้ยวจัด เป็นต้น

การใช้ปูนมาร์ลนอกจากจะช่วยทำให้ความเป็นพิษของสารต่างๆ ลดน้อยลงแล้ว ยังช่วยเพิ่มความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารบางชนิดต่อพืชด้วย (Ponnamperuma, 1960) จากการทดลองในดินเปรี้ยวจัด พบว่า การเติมปูนมาร์ลทำให้ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของดินเพิ่มขึ้น

อย่างรวดเร็วและยังช่วยลดความเข้มข้นของเหล็กและอลูมิเนียม เป็นผลให้น้ำหนักแห้งตอซังและน้ำหนักเมล็ดดีมีค่าสูงขึ้น (IRRI, 1983)

อัตราการเติมปูนมาร์ลที่ใช้ปรับปรุงดินเปรี้ยวจัดจะมีความแตกต่างกันแล้วแต่ระดับความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของดินเดิม ตลอดจนคุณสมบัติทางเคมีในแต่ละชั้นสมรรถนะของดินด้วย (เจริญ เจริญจำรัสชีพและจุมพล ยุวนิยม, 2527) โดยการเติมปูนมาร์ลในอัตรา 1-2 ตัน/ไร่ ก่อนการปลูกข้าวจะช่วยลดความรุนแรงของดินเปรี้ยวจัดและเพิ่มผลผลิตข้าวได้ (นพรัตน์ ม่วงประเสริฐ, 2541) นอกจากนี้การเติมปูนมาร์ลในดินชุดรังสิตกรดจัดในอัตรา 2 และ 4 ตัน/ไร่ จะส่งผลให้ผลผลิตของข้าวสูงกว่าการไม่เติมปูนมาร์ลอย่างมีนัยสำคัญ นับว่าการเติมปูนมาร์ลเป็นผลดีต่อการปรับปรุงดินเปรี้ยวจัดอย่างแน่นอน (เจริญ เจริญจำรัสชีพและคณะ, 2526)

2.1.2.6 การใช้พันธุ์ข้าวทนเปรี้ยว

การใช้พันธุ์ข้าวทนเปรี้ยวหรือใช้พันธุ์ข้าวที่มีความต้านทานต่อสภาพของดินที่มีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ต่ำ ๆ ได้นั้นก็เป็นอีกวิธีหนึ่งที่นิยม เนื่องจาก เกษตรกรไม่จำเป็นต้องดูแลต้นข้าวมากนักข้าวก็สามารถเจริญเติบโตได้ในสภาพดังกล่าว ซึ่งการคัดเลือกพันธุ์ข้าวทนเปรี้ยวก็เป็นสิ่งจำเป็นมากเพราะข้าวทนเปรี้ยวในแต่ละสายพันธุ์ก็จะมีความทนทานต่อสภาพของดินที่มีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ได้ต่างกัน ดังนี้

- พื้นที่ดินเปรี้ยวจัด ควรใช้พันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 เหลืองบังใบ หอมมะลิเล็บมือนาง 111 ตะเภาแก้ว 161 และขาวตาแห้ง 17
- พื้นที่ดินเปรี้ยวปานกลาง ควรใช้พันธุ์เผือกน้ำ 43 เหลืองหลวง หางยี 71 นางมล S-4 แดงมันปู ขาวปากหม้อ 148 ขาวเศรษฐี และขาวห้าร้อย
- พื้นที่ดินเปรี้ยวเล็กน้อย ควรใช้พันธุ์จำปาเป๋เมล็ดสั้นและเมล็ดยาว เหลืองเตี้ย และเหลืองประทิว 123

2.2 พันธุ์ข้าวทนเปรี้ยว

ข้าวทนเปรี้ยวเป็นข้าวที่มีความต้านทานต่อสภาพของดินที่มีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ต่ำๆ ได้ดี การใช้พันธุ์ข้าวทนเปรี้ยวที่ต้านทานต่อความเป็นพิษของเหล็กและอลูมิเนียมนั้น จะช่วยลดค่าใช้จ่ายในการปรับปรุงดินเปรี้ยวจัดเป็นอย่างมาก (เจริญ เจริญจำรัสชีพ, 2541) โดยทั้งนี้พันธุ์ข้าวทนเปรี้ยวที่ปลูกกัน มีทั้งที่เป็นพันธุ์พื้นเมืองและพันธุ์ข้าวลูกผสมเนื่องจากความต้องการได้ข้าวพันธุ์ใหม่ตามความต้องการของชาวนา จนปัจจุบันมีพันธุ์ข้าวลูกผสมของประเทศไทยให้เลือกปลูกมากมาย แต่ทั้งนี้พันธุ์ข้าวลูกผสมส่วนใหญ่มีลำต้นที่ค่อนข้างเตี้ย จึงต้องระวังเรื่องของการรักษาระดับน้ำ ในขณะที่ข้าวพันธุ์พื้นเมืองมักไม่พบในปัญหาดังกล่าว จึงยังคงพบว่าในบางพื้นที่มีการปลูกข้าวพันธุ์พื้นเมืองอยู่ เนื่องจากมีความต้านทานต่อโรคและแมลงศัตรูพืช ตลอดจนทนทานต่อสภาพแวดล้อมได้เป็นอย่างดี แม้ว่าปลูกในพื้นที่นาของเกษตรกรที่ซึ่งอาจจะขาดการดูแลรักษาอย่างเต็มที่และเต็มไปด้วยโรคหรือแมลงรบกวน (สถาบันวิจัยข้าว, 2546)

2.2.1 ข้าวพันธุ์พื้นเมือง

การรวบรวมพันธุ์ข้าวพื้นเมืองในประเทศไทยเริ่มตั้งแต่ พ.ศ. 2480 และกระทำอย่างจริงจังระหว่างปี พ.ศ. 2489 ถึง พ.ศ. 2493 โดยระยะแรกได้รวบรวมพันธุ์เพื่อค้นหาและคัดเลือกหาข้าวพันธุ์ดีไว้แนะนำให้เกษตรกรปลูกในนามข้าวรัฐบาล ต่อมาได้มีการรวบรวมบ้างแต่ไม่มากนักจนกระทั่ง ในปี พ.ศ. 2525 สถาบันวิจัยข้าวได้มีศูนย์ปฏิบัติการและเก็บเมล็ดเชื้อพันธุ์ข้าวแห่งชาติ (Genebank) โดยได้รับความสนับสนุนทางด้านงบประมาณจากรัฐบาลญี่ปุ่น เพื่อเป็นศูนย์รวบรวมและอนุรักษ์เชื้อพันธุ์ข้าวไทย เนื่องจากพันธุ์ข้าวเดิมเป็นจำนวนมากที่รวบรวมไว้ได้เสื่อมพันธุ์ไปประกอบกับเกษตรกรนิยมปลูกข้าวพันธุ์ใหม่ที่ให้ผลผลิตสูงเป็นเหตุหนึ่งที่ทำให้พันธุ์ข้าวพื้นเมืองดั้งเดิมสูญพันธุ์ไปอย่างรวดเร็ว ถ้าไม่รีบดำเนินการรวบรวมไว้ในอนาคตอันใกล้นี้จะไม่มีพันธุ์ข้าวพื้นเมืองเหลืออีกต่อไป สถาบันวิจัยข้าวจึงได้ตั้งโครงการรวบรวมพันธุ์ข้าวทั่วประเทศระหว่างปี 2525-2529 หลังจากนั้นได้มีการรวบรวมพันธุ์ข้าวอย่างต่อเนื่อง กรมวิชาการเกษตรได้ตระหนักถึงเรื่องดังกล่าวจึงจัดตั้งโครงการรวบรวมและอนุรักษ์ทรัพยากรเชื้อพันธุ์ข้าวพื้นเมือง ขึ้นอีกครั้งหนึ่งในปี พ.ศ. 2538 - 2542 โดยสถาบันวิจัยข้าวเป็นผู้รับผิดชอบดำเนินงาน ขณะนี้ศูนย์ปฏิบัติการและเก็บเมล็ดเชื้อพันธุ์ข้าวแห่งชาติได้รวบรวมพันธุ์ข้าวปลูกทุกชนิด (*Oryza* spp L.) ไว้จำนวน 23,903 ตัวอย่าง (genetic stock number) จัดเป็นข้าวพันธุ์พื้นเมืองทั่วประเทศ 17,093 ตัวอย่าง ข้าวสายพันธุ์ดี 2,335 ตัวอย่าง ข้าวสายพันธุ์ต่างประเทศ 3,391 ตัวอย่าง ข้าวป่า (*Oryza* spp.) 1,065 ตัวอย่าง และข้าวอื่น ๆ (*Oryza gluberina*) 19 ตัวอย่าง

สำหรับพันธุ์ข้าวพื้นเมืองไทยทั้งหมดที่เก็บรวบรวมไว้จาก 76 จังหวัด โดยจำแนกชื่อในเบื้องต้นที่ไม่ซ้ำกันได้ทั้งหมด 5,928 ชื่อพันธุ์ จากความหลากหลายของพันธุ์ข้าวพื้นเมือง

ของประเทศไทยทำให้คาดเดาได้ว่าน่าจะมีพันธุ์ข้าวพื้นเมืองไทยมากกว่านี้ เพราะว่าพันธุ์ข้าวยังมีอีกหลายตัวอย่างที่ยังไม่ได้ทราบชื่อ (unknown) ที่เก็บรวบรวมไว้ยังไม่ได้ประเมินลักษณะประจำพันธุ์หรือจำแนกชื่อพันธุ์ออกมา มีหลายหมายเลขที่มาจากแหล่งรวบรวมที่แตกต่างกัน มีหลายหมายเลขที่มีชื่อซ้ำกัน อีกทั้งยังมีพันธุ์ข้าวพื้นเมืองอีกมากที่ยังมิได้มีการศึกษามาก่อนหรือรวบรวมพันธุ์ไว้ ซึ่งจะต้องใช้เวลาเพื่อศึกษาและค้นคว้าต่อไป

2.2.1.1 ข้าวพันธุ์ขาวตาแห้ง 17

ข้าวพันธุ์ขาวตาแห้ง 17 เป็นข้าวพันธุ์พื้นเมืองที่ส่งเสริมให้ปลูกแบบข้าวนาสวนในภาคกลาง ปลูกได้เฉพาะฤดูนาปี ชนะการประกวดเมื่อ พ.ศ. 2499 แล้วนำไปปลูกคัดเลือกแบบคัดเลือกพันธุ์บริสุทธิ์ตามสถานีทดลองข้าวต่างๆ ทั่วประเทศ คณะกรรมการพิจารณาพันธุ์ให้ใช้ขยายพันธุ์เมื่อ พ.ศ. 2499 เป็นข้าวเจ้าที่ส่งเสริมให้ปลูกในพื้นที่ที่ประสบปัญหาดินเปรี้ยวจัด มีลำต้นสีเขียว กอแผ่กระจายแตกกอดี ฟางแข็งปานกลาง เมล็ดข้าวมีรูปร่างเรียว ข้าวเปลือกสีเหลืองจาง (พัธกุล จันทนมัฏฐะ, 2532)

- **ลักษณะทางพฤกศาสตร์ของข้าวพันธุ์ขาวตาแห้ง 17**

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของข้าวโดยทั่วไปเป็นพืชล้มลุก อยู่ในตระกูลหญ้า ประกอบไปด้วยราก (Root) ลำต้น (Stem) ใบ (Leaf) ดอกข้าว (Spikelet) และเมล็ดข้าว (Rice grain) ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของข้าวพันธุ์ขาวตาแห้ง 17 (วิไลลักษณ์ สมมติ, 2545) คือ

ประเภท	: พืชล้มลุก ตระกูลหญ้า ข้าวเจ้านาสวน
ทรงกอ	: กอแผ่
สีของปล้อง	: สีเขียว
สีของกาบใบ	: สีเขียว
สีของใบ	: สีเขียว
การมีขนบนแผ่นใบ	: มีบ้าง
สีของลิ้นใบ	: สีขาว
รูปร่างของลิ้นใบ	: มี 2 ยอด
สีของยอดเกสรตัวเมีย	: สีขาว
สีของยอดดอก	: สีฟาง
สีกลีบรองดอก	: สีฟาง
หางข้าว	: ไม่มี
ความยาวรวง	: 25 เซนติเมตร

สีของเปลือกเมล็ด : สีฟาง
ขนบนเปลือกเมล็ด : มีสั้น
ขนาดเมล็ดข้าวเปลือก : เฉลี่ยยาว 10.03 มิลลิเมตรและ กว้าง 2.60 มิลลิเมตร
น้ำหนัก 100 เมล็ดของข้าวเปลือก : 2.7 กรัม
สีของข้าวกล้อง : สีน้ำตาลมัน
ขนาดของเมล็ดข้าวกล้อง : เฉลี่ยยาว 7.37 มิลลิเมตรและ กว้าง 2.26 มิลลิเมตร

- **ลักษณะทางการเกษตรของข้าวพันธุ์ขาวตาแห้ง 17**

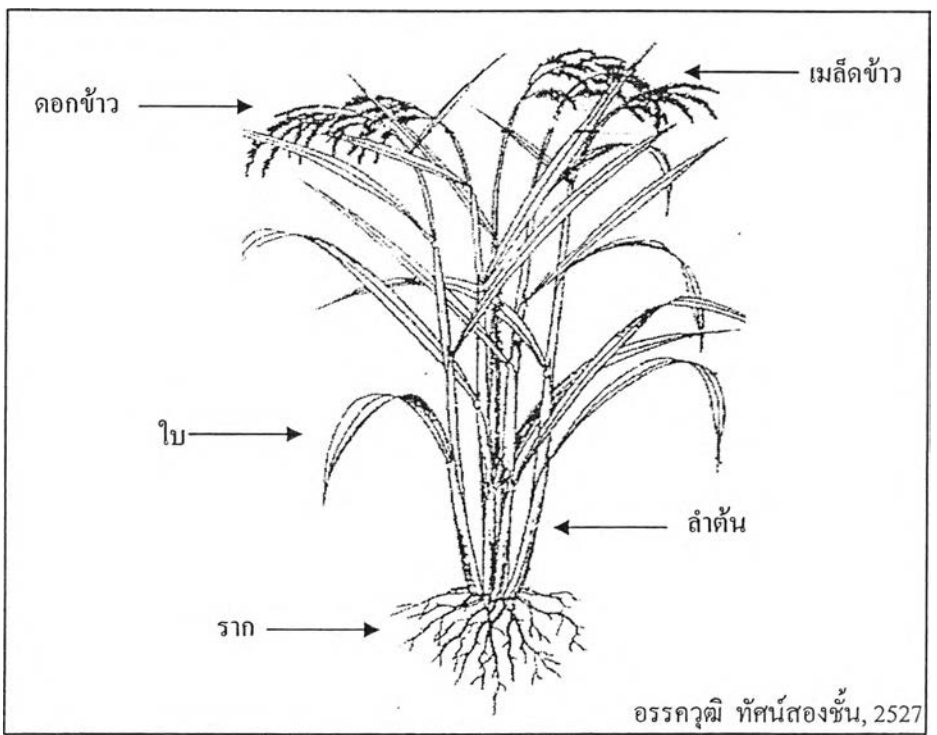
ลักษณะทางการเกษตรของข้าว เป็นลักษณะที่เกี่ยวกับการเจริญเติบโต การให้ผลผลิตสูงของต้นข้าวในพื้นที่ที่ปลูก การทนต่อสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงเสมอๆ ตลอดถึงคุณภาพเมล็ดข้าว โดยลักษณะทางการเกษตรของข้าวพันธุ์ขาวตาแห้ง 17 (วิไลลักษณ์ สมมติ, 2545) มีดังนี้

ลักษณะใบธง : หักลง
ลักษณะรวง : รวงแน่นปานกลาง
การยืดของคอรวง : คอรวงสั้น
ความแข็งของลำต้น : ค่อนข้างแข็ง
การแก่ของใบ : ใบแก่ช้า
ความสูง : 167 เซนติเมตร
ความไวต่อช่วงแสง : ไวต่อช่วงแสง
อายุการเก็บเกี่ยว : นาปักดำ 150 วัน
องค์ประกอบผลผลิต : จำนวนรวง/ตารางเมตร
นาปักดำ 220-280 รวง/ตารางเมตร
นาหว่านน้ำตม 280-350 รวง/ตารางเมตร
จำนวนเมล็ดดี/รวง 152 เมล็ด
น้ำหนักเมล็ดข้าวเปลือก 1,000 เมล็ด เฉลี่ย 24 กรัม
ผลผลิตข้าวเปลือกต่อไร่ 473 กิโลกรัม
ระยะพักตัวของเมล็ด : 8 สัปดาห์

2.2.2 ข้าวพันธุ์ส่งเสริม

ข้าวเป็นพืชตระกูลหญ้า (*F. Graminae*) สกุล Oryza โดยที่ข้าวในสกุลนี้จะประกอบด้วยข้าวปลูก 2 ชนิดด้วยกัน คือ ข้าวปลูกเอเชีย (*Oryza sativa*) และข้าวปลูกอาฟริกา (*Oryza glaberrima*) และข้าวป่าอีกประมาณ 20 ชนิด (วัชระ ภูรีวิโรจน์กุล, 2544)

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของข้าวโดยทั่วไปแบ่งเป็น 5 ส่วน คือ ราก (Root) ลำต้น (Stem) ใบ (Leaf) ดอกข้าว (Spikelet) และเมล็ดข้าว (Rice grain) (อรรควุฒิ ทัศน์สองชั้น, 2527)



รูปที่ 2.1 ส่วนต่าง ๆ ของต้นข้าว

สำหรับข้าวที่ปลูกในไทยเป็นพันธุ์ข้าวเมล็ดยาว คือ ข้าวอินดิกา แต่ประกอบด้วยหลายพันธุ์ทั้งที่มีการพัฒนาขึ้นใหม่ และข้าวพันธุ์พื้นเมืองซึ่งมีอยู่ประมาณ 3,500 พันธุ์ ซึ่งมีข้าวป่า ข้าวพื้นเมือง และข้าวที่ผสมโดยมนุษย์ขึ้นมาใหม่ แต่ข้าวพันธุ์ที่สร้างชื่อเสียงให้กับไทยมากที่สุด คือ ข้าวหอมมะลิ (ประพาส วีระแพทย์, 2517)

ทั้งนี้ข้าวพันธุ์ดีที่มีการส่งเสริมให้ปลูกในเขตพื้นที่ภาคกลาง ในฤดูนาปีได้แสดงดังรายละเอียดในตารางที่ 2.2 (อรรควุฒิ ทัศน์สองชั้น, 2527)

สำนักงานบริหารทรัพยากร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2.2 รายชื่อข้าวพันธุ์ดี ปลูกได้เฉพาะฤดูนาปี สำหรับพื้นที่ภาคกลาง

ชื่อพันธุ์	ชนิด	ประมาณวันเก็บเกี่ยว	ความสูง	เมล็ด					คุณสมบัติพิเศษและข้อควรระวัง
				ระยะเมล็ดพักตัว (สัปดาห์)	สีเปลือก	ข้าวกล้อง		ข้าวสุก	
						ความยาว (มม.)	รูปร่าง		
เก้ารวง 88	ข้าวเจ้า	21 พ.ย.	สูง	8	สีฟาง กระ น้ำตาล	7.5	เรียว	ค่อนข้างนุ่ม	ต้านทานเพลี้ยจักจั่นสีเขียวปานกลาง
นางมลเอส-4	ข้าวเจ้า	26 พ.ย.	สูง	5	สีฟาง	7.8	เรียว	นุ่ม หอม	ปลูกเป็นข้าวไร่ได้ เป็นโรคไหม้ โรคขอบใบแห้ง และโรคใบจุดสีน้ำตาล ระดับปานกลาง
ขาวปากหม้อ 148	ข้าวเจ้า	3 ธ.ค.	สูง	8	สีฟาง	7.7	เรียว	ค่อนข้างนุ่ม	เป็นโรคไหม้ โรคขอบใบแห้ง และโรคใบจุดสีน้ำตาล ระดับปานกลาง
เหลืองประทิว 123	ข้าวเจ้า	19 ธ.ค.	สูง	6	สีฟาง กระ น้ำตาล	7.4	เรียว	ร่วน	เป็นโรคไหม้ โรคใบสีส้ม และโรคใบจุดสีน้ำตาล ระดับปานกลาง
กข 27	ข้าวเจ้า	10 ธ.ค.	สูง	8	สีฟาง	7.5	เรียว	ค่อนข้างนุ่ม	ต้านทานโรคจู๋ในสภาพธรรมชาติ แต่ไม่ต้านทานเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล และโรคใบสีส้ม
ขาวตาแห้ง 17	ข้าวเจ้า	20 ธ.ค.	สูง	-	สีฟาง	7.5	เรียว	ร่วน	ต้านทานบั่วปานกลาง ไม่ต้านทานโรคไหม้ โรคใบสีส้ม เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล

2.3 คุณภาพข้าว

ข้าวเป็นพืชสำคัญของประเทศไทย เพราะเป็นอาหารหลักของคนทั้งประเทศ โดยเฉลี่ยคนไทยบริโภคข้าวสารประมาณปีละ 120 กิโลกรัมต่อคนต่อปี (ทวี คุปต์กาญจนากุล, 2541) นอกจากนี้แล้วข้าวยังเป็นสินค้าส่งที่ออกสำคัญที่สำคัญ สามารถนำเข้าเงินตราต่างประเทศเป็นจำนวนมาก ซึ่งในช่วงปี พ.ศ. 2540 - พ.ศ. 2545 ที่ผ่านมามีปริมาณการส่งออกข้าวสารดังแสดงในตารางที่ 2.2

ประเทศไทยสามารถครองตำแหน่งผู้ส่งออกข้าวเป็นอันดับ 1 ของโลกติดต่อกันมากว่าสิบปี โดยในการส่งออกข้าวสิ่งที่จะต้องคำนึงถึง คือ คุณภาพข้าวเชิงพาณิชย์โดยจะแบ่งเป็น 2 ประเภท ได้แก่ คุณภาพข้าวทางกายภาพและคุณภาพข้าวทางเคมีเชิงพาณิชย์

ตารางที่ 2.3 ปริมาณการส่งออกข้าวสารและมูลค่าการส่งออก ในช่วงปี พ.ศ. 2540 - พ.ศ. 2545 (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2545)

ปี พ.ศ.	ปริมาณการส่งออก (ตัน)	มูลค่า (ล้านบาท)
2540	5,567,360	65,088.05
2541	6,540,235	86,805.34
2542	6,838,793	73,810.42
2543	6,141,341	65,516.28
2544	7,685,051	70,122.98

2.3.1 คุณภาพข้าวทางกายภาพเชิงพาณิชย์

คุณภาพข้าวทางกายภาพเชิงพาณิชย์ เป็นการแบ่งเกรดข้าวโดยพิจารณาจากขนาดของเมล็ดข้าว (ตารางที่ 2.4) อัตราส่วนระหว่างข้าวเต็มกับข้าวหัก (ตารางที่ 2.5) และสิ่งที่ปะปนมากับเมล็ดข้าว ซึ่งประกอบด้วย เมล็ดแดง (red kernel) คือเมล็ดข้าวที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดหุ้มอยู่ เมล็ดเหลือง (yellow kernel) คือเมล็ดข้าวที่มีบางส่วนของเมล็ดกลายเป็นสีเหลือง อาจเกิดจากการเก็บข้าวไว้นาน เมล็ดเสีย (Damaged kernel) คือ เมล็ดข้าวเสียที่เกิดจากความชื้น ความร้อน เชื้อรา และแมลงต่างๆ ข้าวเมล็ดดำ (Black kernel) คือเมล็ดข้าวที่เป็นสีดำ หรือสีน้ำตาลแก่ และท้องไข่ (chalky kernel) คือเมล็ดข้าวเจ้าที่มีสีขุ่นขาวเหมือนชอล์ค นอกจากนี้ยังกำหนดระดับการสีข้าว และความชื้นไม่เกิน 14% โดยการแบ่งเกรดเป็นไปตามข้อกำหนดในประกาศกระทรวงพาณิชย์ ซึ่งมีการปรับปรุง ตามประกาศกระทรวงพาณิชย์ เรื่อง มาตรฐานสินค้าข้าวใหม่ ในปี พ.ศ. 2540 (ตารางที่ 2.6) (งามชื่น คงเสรี, 2542)

ตารางที่ 2.4 การแบ่งเกรดข้าวตามความยาวของเมล็ดข้าว (ประกาศกระทรวงพาณิชย์, 2540)

เกรดข้าว	ความยาว (มิลลิเมตร)
เมล็ดยาว ชั้น 1	ยาวกว่า 7.0
เมล็ดยาว ชั้น 2	6.6-7.0
เมล็ดยาว ชั้น 3	6.2-7.0
เมล็ดสั้น	สั้นกว่า 6.2

ตารางที่ 2.5 การแบ่งเกรดของต้นข้าวและข้าวหัก (ประกาศกระทรวงพาณิชย์, 2540)

เกรดข้าว	ต้นข้าว (ส่วน)	ข้าวหัก (ส่วน)
ข้าว 100% ชั้น 1, 2 และ 3	$\geq$ 8	5-8
ข้าว 5%	$\geq$7.5	3.5-7.5
ข้าว 10%	$\geq$ 7	3.5-7
ข้าว 15%	$\geq$6.5	3-6
ข้าว 25-45%	$\geq$ 5	<5

คุณภาพข้าวทางกายภาพเชิงพาณิชย์ของข้าวพันธุ์ขาวตาแห้ง 17 คือ เมล็ดมีลักษณะยาวเรียว ความยาวเฉลี่ยของข้าวเต็มเมล็ด ไม่ต่ำกว่า 7.0 มิลลิเมตร และอัตราส่วนความยาวเฉลี่ยต่อความกว้างเฉลี่ยของข้าวเต็มเมล็ด ไม่ต่ำกว่า 3.0 (งามชื่น คงเสรี, 2545)

ตารางที่ 2.6 มาตรฐานคุณภาพข้าวทางกายภาพตามประกาศกระทรวงพาณิชย์ ปี พ.ศ. 2540 (ประกาศกระทรวงพาณิชย์, 2540)

ชนิดข้าวขาว	พื้นข้าว (หน่วย/ร้อยละ)				ส่วนของต้นข้าว	ส่วนของข้าวหัก	ส่วนผสม (หน่วย/ร้อยละ)					ข้าวและสิ่งที่อาจปนได้ไม่เกิน (หน่วย/ร้อยละ)							ระดับการสี
	เมล็ดขาว			เมล็ดสั้น (< 6.2 มม.)			ข้าวเต็มเมล็ด	ต้นข้าว	ข้าวหักและปลายข้าวขาว			เมล็ดแดง/หรือข้าวสีต่ำกว่ามาตรฐาน	เมล็ดเหลือง	ท้องไข่	เมล็ดเสีย	ข้าวเหนียวขาว	เมล็ดลีบ เมล็ดอ่อน เมล็ดพืชอื่นและวัตถุอื่นๆ	ข้าวเปลือก (เมล็ด/กก.)	
	ชั้น 1 (> 7.0 มม.)	ชั้น 2 (6.6-7.0 มม.)	ชั้น 3 (6.2-6.6 มม.)						ข้าวหักไม่ผ่านตะแกรงเบอร์ 7 และปลายข้าวขาว	ไม่ผ่านตะแกรงเบอร์ 7	ปลายข้าวขาว								
100% ชั้น1	≥70	-	≤5	0	≥8	≥5-<8	≥60	-	≤4	0	0	0	0	3.0	0	1.5	0	5	ดีพิเศษ
100% ชั้น2	≥40	-		≤5	≥8	≥5-<8	≥60	-	≤4.5	≤0.5	≤0.1	0	0.2	6.0	0.25	1.5	0.2	7	ดีพิเศษ
100% ชั้น3	≥30	-		≤5	≥8	≥5-<8	≥60	-	≤5	≤0.5	≤0.1	0	0.2	6.0	0.25	1.5	0.2	7	ดีพิเศษ
5%	≥20	-		≤10	≥7.5	≥3.5-<7.5	≥60	-	≤7	≤0.5	≤0.1	2.0	0.5	6.0	0.25	1.5	0.3	10	สีดี
10%	≥10	-		≤15	≥7	≥3.5-<7	≥55	-	≤12	≤0.7	≤0.3	2.0	1.0	7.0	0.5	1.5	0.4	15	สีดี
15%	≥5	-		≤30	≥6.5	≥3-<6.5	≥55	-	≤17	≤2.0	≤0.5	5.0	1.0	7.0	1.0	2.0	0.4	15	สีดีปานกลาง
25% (เลิศ)	≥50			≤50	≥5	<5	≥40	-	≤28	-	≤1.0	5.0	1.0	7.0	1.0	2.0	1.0	15	สีดีปานกลาง
25%	≥50			≤50	≥5	<5	≥40	-	≤28	-	≤2.0	7.0	1.0	8.0	2.0	2.0	2.0	20	สีธรรมดา
35%	≥50			≤50	≥5	<5	≥32	-	≤40	-	≤2.0	7.0	1.0	10.0	2.0	2.0	2.0	20	สีธรรมดา
45%	≥50			≤50	≥5	<5	≥8	-	≤50	-	≤3.0	7.0	1.0	10.0	2.0	2.0	2.0	20	สีธรรมดา

หมายเหตุ : ≤ น้อยกว่าหรือเท่ากับ

≥ มากกว่าหรือเท่ากับ

- ไม่มีกำหนด

2.3.2 คุณภาพข้าวทางเคมีเชิงพาณิชย์

นอกจากคุณภาพข้าวทางกายภาพเชิงพาณิชย์แล้ว คุณภาพข้าวทางเคมีเชิงพาณิชย์ก็เป็นปัจจัยสำคัญต่อการส่งออก โดยจะบ่งบอกถึงลักษณะเฉพาะพันธุ์ประเมินคุณภาพการหุงต้มและบริโภค (cooking and eating quality) คุณภาพข้าวเชิงพาณิชย์ทางเคมีสามารถวัดได้จากการยืดตัวของเมล็ดข้าวสุก (elongation ratio during cooking) ปริมาณอมิโลส (apparent amylose) ค่าความคงตัวแป้งสุก (gel consistency) และค่าการสลายตัวในด่าง (alkali test)

2.3.2.1 การยืดตัวของเมล็ดข้าวสุก (elongation ratio during cooking)

ในระหว่างการหุงต้ม เมล็ดข้าวจะมีการขยายตัวทุกด้าน โดยเฉพาะตามด้านยาว คุณลักษณะนี้เป็นคุณภาพพิเศษของข้าว ซึ่งจะช่วยเสริมให้เมล็ดข้าวสุกขยายขนาดเพิ่มขึ้นและหากข้าวสุกเป็นข้าวที่ไม่เหนียวติดกัน การขยายขนาดเมล็ดข้าวสุกจะช่วยให้ข้าวขึ้นหม้อดียิ่งขึ้น นอกจากนี้ยังช่วยให้ข้าวนุ่มมากขึ้นเพราะการขยายตัวทำให้เนื้อข้าวโปร่งขึ้นไม่อัดกันแน่น ซึ่งการที่เมล็ดข้าวยืดตัวตามยาวโดยไม่มีการขยายตัวตามเส้นรอบวงนี้ถือเป็นลักษณะเด่นที่ลูกค้าในตะวันออกกลางมีความต้องการสูง

2.3.2.2 ปริมาณอมิโลส (apparent amylose)

ข้าวมีอมิโลเปคติน (Amylopectin) เป็นองค์ประกอบหลักและมีปริมาณอมิโลสเป็นองค์ประกอบรอง อัตราส่วนของอมิโลสต่ออมิโลเปคตินเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้ข้าวสุกมีคุณภาพต่างกัน กล่าวคือ อมิโลเปคตินทำให้ข้าวสุกเหนียว ในขณะที่อมิโลสทำให้ความเหนียวของข้าวสุกลดลง การแบ่งข้าวตามปริมาณอมิโลส สามารถแบ่งได้ 4 ประเภท ดังตารางที่ 2.7 (ละม้ายมาศ ยังสุข, 2541) โดยข้าวหอมต้องมีปริมาณอมิโลสระหว่าง 12.0-19.0%

ตารางที่ 2.7 การจำแนกประเภทข้าวตามปริมาณอมิโลส (International Rice Research Institue, 1972)

ประเภทข้าวตามปริมาณอมิโลส	ปริมาณอมิโลสในข้าวสาร (%)	ลักษณะข้าวสุก
ข้าวเหนียว	0-2	เหนียวมาก
ข้าวอมิโลสต่ำ	10-19	เหนียวนุ่ม
ข้าวอมิโลสปานกลาง	20-25	นุ่ม ค่อนข้างเหนียว
ข้าวอมิโลสสูง	26-34	แข็ง ร่วน

หอสมุดกลาง สำนักงานวิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข้าวที่มีปริมาณอมิโลสสูงจะดูดน้ำ และจะขยายปริมาตรระหว่างการหุงต้มได้มากกว่าข้าวที่มีปริมาณอมิโลสต่ำ ทำให้ข้าวสุกแข็งและร่วน โดยปริมาณอมิโลสมีความสัมพันธ์ทางบวกกับการขยายปริมาตรและการดูดน้ำระหว่างการหุงต้ม และมีความสัมพันธ์ ทางลบนุ่มเหนียวของข้าวสุก อย่างไรก็ตาม ข้าวที่มีปริมาณอมิโลสเท่ากัน หรือใกล้เคียงกันก็ยังมีความแตกต่างกันอยู่ในความนุ่มของข้าวสุก ซึ่งอาจเกี่ยวเกี่ยวข้องกับค่าการสลายตัวในด่าง (Alkali spreading value) หรือค่าความคงตัวของแป้งสุก (Gel consistency) หรือทั้งสองค่า (Juliano, 1979; Perez, 1979) นอกจากนี้ Juliano and Pascual (1980) พบว่า ปริมาณอมิโลสมีความสัมพันธ์ทางลบกับค่าการสลายตัวในด่าง ค่าความคงตัวของแป้งสุก และมีความสัมพันธ์ทางบวกกับความแข็งของข้าวสุก

2.3.2.3 ค่าความคงตัวแป้งสุก (gel consistency)

แม้ว่าปริมาณอมิโลสจะเป็นปัจจัยสำคัญต่อคุณภาพข้าวสุก แต่ในระหว่างข้าวที่มีปริมาณอมิโลสเท่ากันอาจมีความแข็งของข้าวสุกต่างกัน ทั้งนี้เนื่องจากคุณสมบัติของแป้งสุกมีอัตราการคืนตัวไม่เท่ากัน ทำให้แป้งสุกมีความแข็งและอ่อนแตกต่างกัน การทดสอบความแข็งของแป้งสุกสามารถทดสอบโดยการหาค่าคงตัวแป้งสุกซึ่งอาศัยหลักการทำให้แป้งใสโดยการต้มในสารละลายด่าง แล้วทำให้เย็นที่อุณหภูมิห้องและวัดระยะทางที่แป้งสุกไหลไปเมื่อวางบนพื้นราบ โดยจัดแบ่งประเภทของข้าวตามความคงตัวของแป้งสุก ดังตารางที่ 2.8 (ละม้ายมาศ ยังสุข, 2541) ซึ่งค่าคงตัวแป้งสุกในข้าวหอมจะต้องไม่ต่ำกว่า 61 มิลลิเมตร

ตารางที่ 2.8 การแบ่งประเภทข้าวตามความคงตัวของแป้งสุก (International Rice Research Institue, 1972)

ความคงตัวของแป้งสุก	ระยะทางที่แป้งไหล (มิลลิเมตร)
แป้งสุกแข็ง	ต่ำกว่า 40
แป้งสุกอ่อนปานกลาง	41-60
แป้งสุกอ่อน	61-100

2.3.2.4 ค่าการสลายตัวในด่าง (alkali test)

การสลายตัวในด่างเป็นวิธีที่ใช้ในการประมาณระดับของอุณหภูมิแป้งสุก (Galatinization temperature) ซึ่งเป็นการต้มเมล็ดข้าวให้สุกโดยใช้เวลา 14-24 นาที เมล็ดข้าวที่สุกนั้นจะต้องไม่มีไตของแป้งดิบภายในเมล็ด และการใช้ค่าการสลายตัวในด่างนั้นสามารถประมาณระดับอุณหภูมิแป้งสุกได้ดังตารางที่ 2.9 โดยค่าการสลายตัวในข้าวหอมจะอยู่ในช่วง 6-7

ตารางที่ 2.9 การประมาณระดับอุณหภูมิแป้งสุกโดยใช้ค่าการสลายตัวในด่าง (International Rice Research Institue, 1972)

อุณหภูมิแป้งสุก	ระดับ	ค่าการสลายเมล็ดในด่าง	ระยะเวลาการหุงต้ม (นาที)
ต่ำกว่า 65	ต่ำ	6-7	12-16
70-74	ปานกลาง	4-5	16-24
มากกว่า 75	สูง	1-3	>24

คุณภาพข้าวทางเคมีเชิงพาณิชย์นั้น เมล็ดมีปริมาณอมิโลส (apparent amylose) ประมาณ 24-28 เปอร์เซ็นต์ ค่าความคงตัวแป้งสุก (gel consistency) 61-100 มิลลิเมตร และค่าการสลายตัวในด่าง (alkali test) เท่ากับ 5 จัดได้ว่ามีคุณภาพข้าวสุกที่ค่อนข้างร่วนและแข็ง (งามชื่น คงเสรี, 2545)

2.4 การใช้ประโยชน์จากเถ้าลอยลิกไนต์ทางการเกษตร

เนื่องจากคุณสมบัติทางเคมีของเถ้าลอยลิกไนต์ที่ประกอบไปด้วยธาตุอาหารหลัก ธาตุอาหารรอง และจุลธาตุอาหาร ประกอบกับประเทศไทยของเราเป็นประเทศเกษตรกรรม ดังนั้น การนำเถ้าลอยลิกไนต์มาใช้ประโยชน์ทางการเกษตร จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่น่าสนใจในการจัดการเถ้าลอยลิกไนต์จากกระบวนการผลิตกระแสไฟฟ้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ และเหมาะสม

2.4.1 การใช้เป็นสารปรับปรุงดิน

เถ้าลอยลิกไนต์มีศักยภาพที่จะปรับปรุงสมบัติทางด้านกายภาพ และเคมีของดินได้ ดังเช่น การปรับปรุงเนื้อดินจากเนื้อดินที่มีลักษณะหยาบ ให้เป็นเนื้อดินที่มีความละเอียดมากขึ้น หรือจากเนื้อดินที่มีความละเอียดมาก ให้กลายเป็นเนื้อดินที่หยาบขึ้น การเพิ่มความจุในการอุ้มน้ำให้แก่ดิน ที่มีเนื้อหยาบ และการเพิ่มปริมาณของธาตุอาหารให้แก่พืช อย่างไรก็ตามการใช้เถ้าลอยลิกไนต์ก็ยังทำให้เกิดผลกระทบในทางตรงกันข้ามกับที่ได้กล่าวมาแล้วอีกด้วย เช่น ปริมาณของเกลือที่ละลายได้ (soluble Salt) มีมากเกินไป และธาตุพิษอื่นๆ (toxic trace elements) เป็นต้น (Carlson and Adriano, 1993)

2.4.1.1 การใช้เถ้าลอยลิกไนต์เพื่อปรับปรุงคุณสมบัติทางกายภาพของดิน

เนื่องจากเถ้าลอยลิกไนต์ประกอบด้วยอนุภาคที่มีขนาดเท่ากับทรายแป้ง (silt) เป็นส่วนใหญ่ เมื่อเติมเถ้าลอยลิกไนต์ลงสู่ดินในปริมาณที่มากๆ ในดินทรายและดินเหนียวสามารถปรับปรุงเนื้อดิน (soil texture) ให้มีโครงสร้างดีขึ้นได้ เพราะเถ้าลอยลิกไนต์จะลดความหนาแน่น

รวมของดิน และเพิ่มการระบายอากาศในเนื้อดิน (Chang et al., 1977, 1989) และลักษณะทรายแป้งของเถ้าลอยลิกไนต์นี่เองยังช่วยทำให้เกิดช่องว่างในเนื้อดินสำหรับเก็บกักน้ำที่เป็นประโยชน์ต่อการเจริญเติบโตของพืชได้อีกด้วย (Millar, Turk and Foth, 1965)

ซึ่งความสามารถในการเก็บกักน้ำในดินขึ้นอยู่กับโครงสร้างที่ดีของเนื้อดิน ดินที่มีโครงสร้างละเอียดจะมีความจุอุ้มน้ำ (Water holding capacity) หรือการเก็บกักน้ำของดินสูงสุด แต่ปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์สูงสุดคือส่วนที่อยู่ในช่องว่างระหว่างอนุภาคดิน (Interparticle pore space) แสดงให้เห็นว่าการเก็บกักน้ำที่เป็นประโยชน์ในดินสูงนั้นสัมพันธ์กับปริมาณของดินทรายแป้ง (silt) โดยพบว่าการเติมเถ้าลอยลิกไนต์ลงในดินร่วนทราย (sandy loam) และดินทราย (sand) ช่วยเพิ่มความจุอุ้มน้ำที่เป็นประโยชน์ (availability water holding capacity) ให้แก่ดินได้ (Salter et al., 1971; Aitken and Bell, 1985)

นอกจากนี้การเติมเถ้าลอยลิกไนต์ลงในดินร่วนปนทราย (sandy loam) และดินทราย (sand) จะช่วยเพิ่มความชื้นในดิน (soil moisture) จาก 25% ให้กลายเป็น 70% (Jacob et al., 1991) ซึ่งความชื้นที่เพิ่มขึ้นในดินนี้จะเป็นประโยชน์ต่อการเจริญเติบโตของพืชอย่างมาก และยังส่งผลให้ปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในดินทั้ง 2 ชนิดเพิ่มขึ้นอีกด้วย แต่ไม่สามารถทำให้ผลผลิตของแครอท (Carrot) ผักกาดหอม (Lettuce) หัวผักกาด (Radish) และผักกาด (Beet) เพิ่มขึ้นได้ (Salter et al, 1971)

เนื่องจากสมบัติของเถ้าลอยลิกไนต์ที่สามารถเป็นสารปอซโซลานได้นั้น จึงทำให้การเติมเถ้าลอยลิกไนต์ลงในดินเป็นสาเหตุให้การก่อซีเมนต์ (Cementation) ในดินนั้นได้ โดยจะทำให้การซึมของน้ำ และการชอนไชของรากพืชเป็นไปได้ลำบาก Chang et al. (1977) พบว่าเถ้าลอยลิกไนต์ที่เป็นด่าง (pH = 12.5) จะลดอัตราการไหลซึมของน้ำเมื่อเติมลงในดินกรด (acidic soil) ในอัตราที่มากกว่า 10 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร หรือเมื่อเติมลงในดินที่มีปริมาณแคลเซียมสูง (Calcareous soil) ในอัตราที่มากกว่า 20 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร และยังพบอีกว่าเมื่อเติมเถ้าลอยลิกไนต์ที่เป็นกรด (pH = 5) ลงในดินร่วนปนทรายทำให้เกิดปฏิกิริยาปอซโซลานิคได้ (Pozzolanic Reacton) (Furr et al., 1978) แต่ทั้งนี้ผลจากการเป็นสารปอซโซลานของเถ้าลอยลิกไนต์เมื่อเติมลงดินแล้วนั้น ก็ยังต้องขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของเถ้าลอยลิกไนต์นั้นๆ และประวัติการใช้ที่ดินในบริเวณนั้นด้วย (Weeldreyer and Fine, 1981)

2.4.1.2 การใช้เถ้าลอยลิกไนต์เพื่อปรับปรุงคุณสมบัติทางเคมีของดิน

เถ้าลอยลิกไนต์สามารถปรับปรุงคุณสมบัติทางเคมีของดินได้ เนื่องจากเถ้าลอยลิกไนต์ส่วนใหญ่มีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) สูง ซึ่งการเติมเถ้าลอยลิกไนต์ลงในดินเปรี้ยวจะช่วยยกระดับความเป็นกรดเป็นด่างของดินได้ (Plank et al., 1975; Martens and Beahm, 1976; Moliner and Street, 1982; Elseewi and Page, 1984; Riekerk, 1984; Petruzzelli et al., 1987)

นอกจากนี้การศึกษาของฐิติยา อังสัจจะพงษ์ (2539) ที่ทำการเติมเถ้าลอยลิกไนต์จากโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนแม่เมาะ จังหวัดลำปาง ในปริมาณ 0 1.8 และ 3.6 ตัน/ไร่ ในชุดดินโคราชซึ่งเป็นดินร่วนปนทราย พบว่า ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) เพิ่มขึ้นตามปริมาณการใส่ เถ้าลอยลิกไนต์ที่เพิ่มขึ้น และยกระดับความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) จาก 5.3 ไปอยู่ที่ระดับ 6.5-6.7 เมื่อเติมเถ้าลอยลิกไนต์ในปริมาณ 1.8 ตัน/ไร่ ส่วนการเติมเถ้าลอยลิกไนต์ที่ปริมาณ 3.6 ตัน/ไร่ จะยกระดับความเป็นกรเป็นด่าง (pH) ไปอยู่ที่ 7.3-7.5 โดยการที่จะยกระดับความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของดินให้อยู่ที่ 7.00 สำหรับดินเหนียว (pH 5.87) และดินร่วน (pH 5.00) จะต้องเติมเถ้าลอยลิกไนต์ 14.2 และ 16 ตัน/ไร่ ตามลำดับ (อรวรรณ ศิริรัตน์พิริยะ, 2544)

ขณะเดียวกันเถ้าลอยลิกไนต์ก็ทำหน้าที่เพิ่มธาตุอาหารเมื่อเติมลงในดิน เนื่องจาก เถ้าลอยลิกไนต์มีส่วนประกอบของธาตุอาหารหลัก ธาตุอาหารรอง และจุลธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อพืช ได้แก่ ฟอสฟอรัส (P) โพแทสเซียม (K) แคลเซียม (Ca) แมกนีเซียม (Mg) ซัลเฟอร์ (S) แมงกานีส (Mn) ทองแดง (Cu) สังกะสี (Zn) (Adriano et al, 1980; U.S. EPA, 1988) ซึ่งช่วยในการเจริญเติบโตของพืช

2.4.2 การใช้เป็นแหล่งธาตุอาหารสำหรับพืช

เนื่องจากในเถ้าลอยลิกไนต์มีธาตุต่างๆในปริมาณมาก จึงทำให้งานวิจัยส่วนใหญ่ยังคงทำการศึกษาถึงประโยชน์ของเถ้าลอยลิกไนต์ในด้านการเป็นธาตุอาหารให้แก่พืช และพบว่าเถ้าลอยลิกไนต์สามารถใช้เป็นแหล่งธาตุอาหารที่จำเป็นให้แก่พืชได้ โดยธาตุอาหารที่จำเป็นเหล่านี้ได้แก่ โบรอน (B) (Martens, 1971; Mulford and Martens, 1971; Plank and Martens,1974; Wallace and Wallace, 1986), แคลเซียม (Ca) (Martens and Beahm, 1976; Wallace et al., 1980), ทองแดง (Cu) (Wallace et al., 1980), โพแทสเซียม (K) (Martens et al., 1970a), แมกนีเซียม (Mg) (Hill and Lamp, 1980), โมลิบดีนัม (Mo) (Doran and Martens, 1972; Furr et al., 1976; Wallace et al., 1980; Elseewi and Page, 1984), ซัลเฟอร์ (S) (Hill and Lamp, 1980) และสังกะสี (Zn) (Martens, 1971; Schnappinger et al., 1975; Wallace et al., 1980) และในขณะเดียวกันเถ้าลอยลิกไนต์ยังเพิ่มปริมาณของโลหะหนักที่จำเป็นสำหรับสัตว์โดยเฉพาะซีลีเนียม (Se) แก่พืชได้อีกด้วย

การเติมเถ้าลอยลิกไนต์มีผลทำให้ผลผลิตเฉลี่ยของข้าวเปลือกเพิ่มขึ้นจาก 650 กก./ไร่ เป็น 775, 882, 911 และ 922 กก./ไร่ ตามลำดับ เมื่อมีการเติมเถ้าลอยลิกไนต์ 0.5 1.0 1.5 และ 2 ตัน/ไร่ ในหนึ่งฤดูปลูกข้าว (การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย และกรมพัฒนาที่ดิน, 2541) และการเติมเถ้าลอยลิกไนต์ในอัตรา 0.25, 0.5 และ 1 ตัน/ไร่ ร่วมกับการเติมปุ๋ยเคมีส่งผลให้ผลผลิตข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 สูงกว่าการเติมปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียวจาก 366.86 กก./ไร่ เป็น 474.57, 440.49 และ 480.67 กก./ไร่ ตามลำดับ (กนกพร ชัยวุฒิกุล,2544) และการเติมเถ้าลอยลิกไนต์ในอัตรา 2 ตัน/ไร่ที่ระยะข้าวงอก ระยะข้าวแตกกอ และที่ระยะข้าวออกรวงร่วมกับการเติมปุ๋ยเคมี ส่งผลให้ผลผลิตข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับดินเดิมหรือการเติมปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว (อรวรรณ ศิริรัตน์พิริยะและเจนจิรา พวงทับทิม,2547)

นอกจากมีการใช้เถ้าลอยลิกไนต์ในการปลูกข้าวแล้ว ยังมีการเติมเถ้าลอยลิกไนต์เพื่อปรับสภาพดินเพื่อปลูกข้าวโพดอีกด้วย ซึ่งพบว่าปริมาณนิกเกิล (Ni) ในเมล็ดข้าวโพด จะเพิ่มสูงขึ้นจาก 0.031 ppm เป็น 0.053 ppm ในชุดดินแม่เมาะ และพบปริมาณนิกเกิล (Ni) ในซังข้าวโพดเพิ่มขึ้นจาก 0.229 ppm เป็น 0.271 ppm ในชุดดินปากช่อง (สุรเชษฐ์ จึงเกษมโชคชัย และวราภรณ์ คุณาวนากิจ, 2544) ปิยนุช ปิยะตระกูล และคณะ (2543) ได้ใช้เถ้าลอยลิกไนต์ผสมกับขี้เถ้าแกลบ ทรายหยาบ และขุยมะพร้าว ใช้ทำเป็นวัสดุปักชำปรากฏว่า เมื่อใช้เถ้าลอยลิกไนต์ผสมกับขุยมะพร้าวอัตราส่วน 1:1 โดยปริมาตร ทำให้จำนวนรากและความยาวของรากมีมากที่สุดทั้งในเบญจมาศและคาร์เนชั่น ซึ่งน่าจะมีสาเหตุมาจากลักษณะทางกายภาพ และเคมีที่มีความเหมาะสมต่อการเจริญของราก คือ เถ้าลอยลิกไนต์ช่วยทำให้วัสดุปักชำร่วนตลอดจนมีการระบายของน้ำและอากาศดี นอกจากนี้เถ้าลอยลิกไนต์ยังมีองค์ประกอบทางเคมีที่อาจจะเพิ่มธาตุอาหารให้แก่กิ่งชำได้ และการเติมเถ้าลอยลิกไนต์ยังมีส่วนช่วยเพิ่มผลผลิตของ Rhodes grass และ French bean (Aitken and Bell, 1985) นอกจากนี้ผลของการศึกษาของ Rees and Sidrak (1956) ยังพบอีกว่า การเติมเถ้าลอยลิกไนต์ทำให้การเจริญเติบโตของเนื้อเยื่อใบสูงขึ้นในข้าวบาร์เล่ย์ และผักขมได้อีกด้วย

2.4.3 ความเสี่ยงและผลกระทบจากการนำเถ้าลอยลิกไนต์มาใช้ประโยชน์ทางการเกษตร

นอกจากเถ้าลอยลิกไนต์จะประกอบไปด้วยธาตุอาหารต่างๆ แล้ว เถ้าลอยลิกไนต์ยังมีจุลธาตุอาหาร และธาตุพิษเป็นส่วนประกอบ ดังนั้น การเติมเถ้าลอยลิกไนต์ลงไปในดินเพื่อให้เป็นแหล่งธาตุอาหารพืชก็อาจส่งผลให้เกิดการสะสมของธาตุพิษในดิน น้ำใต้ดิน หรือถูกดูดดึงและสะสมในพืชแล้วถ่ายทอดไปตามห่วงโซ่อาหารซึ่งจะส่งผลต่อมนุษย์และสัตว์ได้ในที่สุด หากมีการจัดการที่ไม่ดีพอ (Silveria, 1986; Paris, Robotti and Gavazzi, 1987)

2.4.3.1 การสะสมของธาตุพิษในดินและพืช

การสะสมของธาตุพิษในดินบางชนิดที่เป็นโลหะหนัก มีความสามารถยึดเกาะ (fixation capacity) ในส่วนที่เป็น clay fraction ได้ดี ดินที่เป็นดินเหนียว (clay) จึงมีการสะสมของธาตุพิษที่เป็นโลหะหนักได้ดีกว่าดินทราย (sand) ซึ่งมีส่วนที่เป็น clay fraction น้อยกว่า (Dias and Polo, 1988) อย่างไรก็ตาม การเคลื่อนย้ายของธาตุพิษส่งผลต่อสภาพการละลายได้ ซึ่งระดับปกติและระดับที่ก่อให้เกิดความเป็นพิษในพืชของธาตุพิษในดินแสดงดังตารางที่ 2.10

การสะสมธาตุพิษในพืช ขึ้นอยู่กับชนิดของพืช รูปทางเคมีในดิน ธาตุอื่นซึ่งเกี่ยวข้องกับการตกตะกอนและการถูกดูดซับ ปริมาณที่ละลายได้ ชนิดของดิน และสภาพอากาศ (ศุภมาศ พนิชศักดิ์พัฒนา, 2540) ซึ่งปริมาณปกติที่เป็นพิษในพืช และปริมาณที่ทำให้ผลผลิตลดลงแสดงดังตารางที่ 2.11

พืชที่มีการเจริญเติบโตบนเถ้าลอยลิกไนต์จะมีการสะสมจุลธาตุอาหารและธาตุพิษต่างๆ ได้แก่ อาร์เซนิก (As) แคดเมียม (Cd) ทองแดง (Cu) สังกะสี (Zn) นิกเกิล (Ni) โบรอน (B) และซีลีเนียม (Se) (Townsend and Gillham, 1975) นอกจากนี้ยังพบว่ามีปริมาณของอาร์เซนิก (As) ทองแดง (Cu) โบรอน (B) โพแทสเซียม (K) อลูมิเนียม (Al) และซีลีเนียม (Se) เพิ่มขึ้นใน White sweet clover ที่เจริญเติบโตบนเถ้าลอยลิกไนต์ (Furr et al., 1978)

ตารางที่ 2.10 ปริมาณจุลธาตุอาหารและธาตุพิษในดินที่ระดับปกติ และระดับที่ก่อให้เกิดความเป็นพิษในพืช (Schlipkoter and Brockhaus, 1988; Alloway, 1990; Pendias and Pendias, 1992)

ธาตุ	ปริมาณทั้งหมดที่ระดับปกติในดิน (ppm)	ปริมาณในดินที่เริ่มเกิดอาการเป็นพิษในพืช (ppm)
อาร์เซนิก (As)	0.1-50	15-50
แคดเมียม (Cd)	0.1-2	3-5
ทองแดง (Cu)	2-100	60-100
ปรอท (Hg)	0.1-1	2-5
ตะกั่ว (Pb)	0.1-30	100-400
สังกะสี (Zn)	3-50	250-400
นิกเกิล (Ni)	2-50	100

ตารางที่ 2.11 ปริมาณจุลธาตุอาหารและธาตุพิษในพืชที่ระดับปกติ ระดับที่ก่อให้เกิดความเป็นพิษในพืช และค่าที่ทำให้ผลผลิตลดลง 10% (Schlipkoter and Brockhaus, 1988; Alloway, 1990; Pendias and Pendias, 1992)

ธาตุ	ปริมาณทั้งหมดที่ระดับปกติในพืช (ppm)	ปริมาณในพืช (ppm น้ำหนักแห้ง)	
		เกิดอาการในพืชที่ไวต่อพิษ	ค่าที่ทำให้ผลผลิตลดลง 10%
อาร์เซนิก (As)	0.1-5	n.a.	1-20
แคดเมียม (Cd)	0.2-0.8	5-10	10-20
ทองแดง (Cu)	4-15	15-20	10-30
ปรอท (Hg)	n.a.	0.5-1	1-8
ตะกั่ว (Pb)	0.1-10	n.a.	n.a.
สังกะสี (Zn)	15-200	20-30	10-30

หมายเหตุ n.a. หมายถึง ไม่มีในรายงาน

อย่างไรก็ดีการเพิ่มความเข้มข้นของจุลธาตุอาหาร และธาตุพิษบางชนิดจะเป็นไปตามการเพิ่มปริมาณเถ้าลอยลิกไนต์ลงในดิน ดังนั้น การพิจารณาการนำเถ้าลอยลิกไนต์ไปใช้ประโยชน์ทางการเกษตร จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องรู้ปริมาณจุลธาตุอาหาร และธาตุพิษก่อนนำไปใช้ ซึ่งเป็นการนำไปสู่การนำเถ้าลอยลิกไนต์มาใช้ประโยชน์ทางการเกษตรได้ถูกต้องเหมาะสม และปลอดภัยในที่สุด

2.4.3.2 ผลกระทบต่อคุณสมบัติของดินและองค์ประกอบธาตุของพืช

เนื่องจากเถ้าลอยลิกไนต์มีค่าความเป็นด่างสูง และมีปริมาณของธาตุอัลคาไลน์เอิร์ธมาก จึงทำให้มีการศึกษาถึงศักยภาพในการนำเถ้าลอยลิกไนต์มาใช้เพื่อแก้ไขความเป็นกรดของดิน เช่น การนำไปใช้ทดแทนสารประเภทปูน ทั้งนี้ได้มีรายงานการวิจัยว่าเมื่อเปรียบเทียบความสามารถของการยกระดับ pH ของดินระหว่างเถ้าลอยลิกไนต์ (pH = 12.5) กับแคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$) โดยนำมาเติมในดินเหนียวปนทรายแป้ง (pH = 4.1) ที่อัตราต่างๆกัน พบว่า ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของดินจะเพิ่มขึ้นในระดับที่เท่ากันได้ เมื่อเติมเถ้าลอยลิกไนต์มากเป็น 5 เท่าของแคลเซียมคาร์บอเนต (Phung et al., 1978) และค่าความเป็นกรดเป็น ด่าง (pH) ที่เพิ่มขึ้นจะเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยเท่านั้น โดยเพิ่มขึ้น 0.04 pH units (Petruzzelli et al., 1987) และอรวรรณ ศิริรัตน์พิริยะ (2544) ก็พบเช่นเดียวกันว่า เมื่อนำเถ้าลอยลิกไนต์ (pH = 10) เติมลงในดินเหนียว (pH = 5.87) และดินร่วน (pH = 5.00) จะต้องทำการเติมเถ้าลอยลิกไนต์ถึง 14.2

และ 16 ตัน/ไร่ จึงสามารถยกระดับค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของดินให้เท่ากับ 7.00 ได้ ในขณะที่มีการเติมปูนมาร์ล ($CaCO_3$) เพียง 0.9 ตัน/ไร่ นอกจากนี้เมื่อเติมเถ้าลอยลิกไนต์ลงสู่ดินเหนียวและดินร่วน 4 ตัน/ไร่ (อัตราแนะนำในการเติมปูนมาร์ล) ในแปลงทดลองในภาคสนาม ก็ไม่พบการเปลี่ยนค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) อย่างมีนัยสำคัญแต่อย่างใด จึงอาจกล่าวได้ว่าการใช้ประโยชน์ของเถ้าลอยลิกไนต์ในรูปของปูนเพื่อยกระดับค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของดินมีความเป็นไปได้น้อย

นอกจากนี้การเติมเถ้าลอยลิกไนต์ลงในดินยังส่งผลต่อดินและองค์ประกอบทางเคมีของพืชได้อีกด้วย โดยเฉพาะอย่างยิ่งปริมาณของโลหะหนัก (trace element) ซึ่งการเปลี่ยนแปลงนั้นก็มีผลมาจากความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของดิน การละลายออกมาของธาตุที่จะมีผลต่อดินและองค์ประกอบทางเคมีของพืช รวมทั้งปริมาณของธาตุต่างๆที่มีอยู่ในเถ้าลอยลิกไนต์ Petruzzelli et al. (1987) พบว่า ข้าวสาลี (Wheat) ที่ปลูกบนดินที่ถูกทำให้ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) เพิ่มขึ้นด้วยเถ้าลอยลิกไนต์ จะมีปริมาณของโลหะลดลง แต่อย่างไรก็ตามข้าวสาลีที่ปลูกบนดินอีกสอง ชนิดมีปริมาณของโลหะเพิ่มขึ้น เนื่องจากโลหะจากเถ้าลอยลิกไนต์

2.4.3.3 ผลกระทบต่อจุลินทรีย์ดิน

เนื่องจากการเติมเถ้าลอยลิกไนต์ลงในดินส่งผลต่อดินจึงมีผลกระทบต่อจำนวนประชากรและกิจกรรมของจุลินทรีย์ในดินบ้างแต่ก็ยังพบในอัตราที่น้อย ซึ่งจากผลการศึกษาโดยทำการเปรียบเทียบการหายใจของจุลินทรีย์ในดิน 2 ชนิดที่มีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของดินเริ่มต้นที่ 6.4 และ 6.7 ตามลำดับ และได้เติมเถ้าลอยลิกไนต์ร่วมด้วยที่อัตรา 20 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก พบว่า การหายใจของดิน (soil respiration) ลดลง 97 ถึง 100 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งก็นับว่ามีผลต่อกิจกรรมของจุลินทรีย์ในดินค่อนข้างน้อย (Pichtel, 1990)