บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 การใช้ประโยชน์เถ้าลอยลิกไนต์

เถ้าลอยลิกไนต์เป็นผลพลอยได้จากการเผาไหม้ถ่านหิน เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า มีองค์ประกอบทางกายภาพและทางเคมีสามารถ ที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ทั้งทางวิศวกรรมและทางการเกษตร

2.1.1 องค์ประกอบเถ้าลอยลิกไนต์

การผลิตกระแสไฟฟ้าที่โรงงานไฟฟ้าพลังงานความร้อนแม่เมาะ จ. ลำปาง ใช้ถ่านหินลิกไนต์จากเหมืองแม่เมาะเป็นเชื้อเพลิงประมาณวันละ 40,000 ตัน จะก่อให้เกิดเถ้าลิกไนต์ประมาณวันละ 10,000 ตัน แต่จะเป็นเถ้าลอยลิกไนต์ประมาณ 8,000 ตัน (การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, 2544) โดยเถ้าลอยลิกไนต์ (Lignite fly ash) จะปะปนไปกับก๊าซร้อนออกสู่ปล่องควัน จึงต้องมีการติดตั้งเครื่องดักจับฝุ่นไฟฟ้าสถิตย์ (Electrostatic precipitator) เพื่อแยกฝุ่นออกจากก๊าซร้อนก่อนจะปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อม (การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, 2544)

1) การเกิดเถ้าลอยลิกไนต์

เถ้าลอยลิกไนต์เกิดจากการเผาถ่านหินลิกไนต์เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าหรือเป็นเชื้อเพลิง ถ่านหินที่นำมาใช้ เป็นทรัพยากรพลังงานในรูปของเชื้อเพลิงฟอสซิลเช่นเดียวกับน้ำมัน และก๊าซธรรมชาตินั้น ล้วนมีกำเนิดมาจากแหล่งเดียวกันคือ การทับถมกันของ ซากพืช ซากสัตว์ซึ่งเกิดขึ้นเมื่อหลายสิบล้านปีมาแล้ว ผ่านการเปลี่ยนแปลงของพื้นผิวโลก จากความกดดันของน้ำหนักที่กดทับ รวมทั้งความร้อนจากภายในโลก ทำให้ ซากสิ่งมีชีวิตนี้แปรสภาพเป็นถ่านหิน ในทางธรณีวิทยาได้จัดแบ่งถ่านหินออกเป็น 4 ประเภทได้แก่ ลิกไนต์ (Lignite) ซับบิทูมินัส (Subbituminous) บิทูมินัส (Bituminous) และแอนทราไซต์ (Anthracite) ตามคุณสมบัติต่าง ๆ ได้แก่ ค่าความร้อน ความชื้นเถ้าถ่าน สารระเหยเร็ว และปริมาณคาร์บอน โดยเรียงลำดับตาม อายุและคุณภาพ จากน้อยไปหามาก ดังปรากฏในตารางที่ 2.1

โรงงานไฟฟ้าพลังงานความร้อนแม่เมาะ จ. ลำปาง เป็นโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนที่ใช้ถ่านหินลิกไนต์เป็นเชื้อเพลิงโดยมีวิธีการเปลี่ยนพลังงานที่สะสมในถ่านหินลิกไนต์ให้เป็นพลังงานความร้อนด้วยขบวนการทางเคมีที่เริ่มต้นจากการเผาไหม้ หรือการสันดาปกับออกซิเจนในอากาศ จากนั้นพลังงานความร้อนที่ได้จากการสันดาปจะถูกส่งต่อไปให้น้ำ จนน้ำเดือดกลายเป็นไอ และมี

ความดันสูง ซึ่งจะไปหมุนกังหันไอน้ำของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าต่อไป ส่วนกากที่เหลือจากการเผาไหม้ถ่านหินลิกไนต์ในเตาจะเรียกว่า “เถ้าจากถ่านหิน” เมื่อเกิดการปะทุของอนุภาคเถ้าในบริเวณที่เกิดการสันดาปอุณหภูมิที่สูงในบริเวณนั้นจะหลอมอนุภาคของเถ้าที่เหลือจากการเผาไหม้ให้ปะทะกันเป็นเม็ดหรือ เป็นก้อนที่โตขึ้นและตกลงสู่ก้นเตานอกจากนั้นยังมีบางส่วนของเถ้าซึ่งปะทะกับผนังเตาและหลอมติดกันเป็นก้อนขนาดใหญ่ เรียกว่า ตะกรัน เมื่อมีน้ำหนักรวมกันมากขึ้นก็จะหล่นลงสู่ก้นเตาเช่นกันเถ้าที่หล่นลงมาประเภทนี้เรียกได้หลายอย่าง เช่น เถ้าตะกรัน หรือเถ้าหนัก หรือเถ้าก้นเตา (Bottom ash) ซึ่งจะมีปริมาตรร้อยละ 15-25 โดยน้ำหนักของเถ้าถ่านหินทั้งหมด ในขณะเดียวกันจะมีอนุภาคขนาดเล็กที่หลงเหลืออยู่ (Residue) ในเตาเผาลอยจะลอยออกมาพร้อมกับไอร้อนไปยังบริเวณที่มีการแลกเปลี่ยนความร้อนซึ่งมีอุณหภูมิที่ต่ำลง การลดอุณหภูมิอย่างกระทันหันจากร้อนเป็นเย็นทำให้อนุภาคของเถ้าที่ใกล้จุดหลอมเหลวกลับเย็นตัวลงและรวมตัวกันเกิดเป็นอนุภาคทรงกลมในขนาดต่างๆ ซึ่งเรียกว่า“เถ้าลอย” หรือ “Fly ash” และมีอยู่ประมาณร้อยละ 75-80 ของเถ้าทั้งหมดที่เกิดขึ้นในเตาเผาเถ้าลอยจะถูกดักจับไว้ ไม่ให้ลอยปะปนไปสู่บรรยากาศด้วยเครื่องมือที่เรียกว่าเครื่องดักจับเถ้าลอยด้วยไฟฟ้าสถิตย์ (Electrostatic precipitator) ที่จะดักจับและแยกเถ้าลอยซึ่งมีขนาดเล็กและเบา ออกจากก๊าซร้อน แล้วนำไปรวบรวมเก็บไว้ในไซโล ในระหว่างการเผาไหม้จะมีการเปลี่ยนแปลงสภาพของแร่ธาตุที่มีอยู่ในถ่านหินและเผาไหม้ไม่หมดให้กลายเป็น แร่ธาตุในรูปแบบซึ่งไม่เป็นผลึกที่แน่นอนของโลหะหลายชนิด ส่วนประกอบหลักของเถ้าลอยที่ตรวจพบส่วนใหญ่อยู่ในรูปของ Non-crystalline structure (อัญรูป) ได้แก่ ซิลิกา อลูมินา เหล็ก และมีส่วนประกอบย่อยอื่นๆ เช่น แคลเซียม แมกนีเซียม โพแทสเซียม และโซเดียมในปริมาณเล็กน้อย (การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, 2544)

ตารางที่ 2.1 การจำแนกชนิดของถ่านหิน (การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, 2544)

ชนิดถ่านหิน	ค่าความร้อน (Million btu/ton)	ค่าความชื้น (%)	ปริมาณขี้เถ้า	ปริมาณกำมะถัน
แอนทราไซต์	22-28	< 15	ต่ำ	ต่ำ
บิทูมินัส	21-30	< 20	ต่ำ	ต่ำ
ซับบิทูมินัส	17-24	20-30	ปานกลาง	ปานกลาง
ลิกไนต์	9-17	30-70	สูง	ต่ำ-สูง

2) องค์ประกอบทางเคมี

เถ้าลอยลิกไนต์ซึ่งเป็นผลพลอยได้จากการเผาถ่านหินลิกไนต์เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าหรือเป็นเชื้อเพลิงนั้น มีองค์ประกอบทางเคมีที่บ่งชี้ถึงโอกาสในการเป็นแหล่งธาตุอาหารของข้าวทั้งธาตุอาหารหลักและธาตุอาหารรองได้แก่ ฟอสฟอรัส (P) โพแทสเซียม (K) แคลเซียม (Ca) แมกนีเซียม

(Mg) และซัลเฟอร์ (S) ในปริมาณ 600-2,500 ppm 1534-34,700 ppm 5,400-177,100 ppm 4,900-58,000 ppm และ0.11-0.25 ppm ตามลำดับ นอกจากนี้ยังมีปริมาณจุลธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อการเจริญเติบโตของข้าวปะปนอยู่มากคือ เหล็ก (Fe) แมงกานีส (Mn) ทองแดง (Cu) สังกะสี (Zn) ซิลิกอน (Si) ในปริมาณ 7,800-289,000 ppm 31-4,400 ppm 30-3,020 ppm 14-13,000 ppm และ 196,000-271,000 ppm ตามลำดับ แต่เถ้าลอยที่เกิดขึ้นอาจมี โลหะหนักที่เป็นพิษ ได้แก่ นิกเกิล (Ni) แคดเมียม (Cd) อลูมิเนียม (Al) และสารหนู (As) ในปริมาณ 1.8-8,000.0 ppm 0.1-250.0 ppm 11,500.0-144,000.0 ppm และ 2.3-1,700.0 ppm ตามลำดับ (การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, 2541; อรวรรณ ศิริรัตน์พิริยะ, 2544; U.S.EPA., 1988)

วราภรณ์ คุณาวนากิจ (2530) พบว่า สมบัติทางเคมีสำหรับเถ้าลอยที่ดักเก็บที่โรงงานไฟฟ้าพลังงานความร้อนแม่เมาะ จ. ลำปาง มี pH สูงถึง 11 มี CEC สูง มีปริมาณธาตุต่างๆ ปะปนอยู่จำนวนมาก โดยเฉพาะซิลิกอน (Si) เหล็ก (Fe) อลูมิเนียม (Al) แคลเซียม (Ca) โพแทสเซียม (K) และแมกนีเซียม (Mg) ในปริมาณ 17.0 11.0 9.8 6.4 1.4 และ 1.2 % ตามลำดับ

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบเถ้าลอยลิกไนต์แม่เมาะตั้งแต่ปี พ.ศ. 2533 – พ.ศ. 2542 โดยใช้เทคนิค X-ray fluorescence พบว่าองค์ประกอบทางเคมีของเถ้าลอยลิกไนต์แม่เมาะประกอบด้วยองค์ประกอบออกไซด์ของแร่ธาตุต่าง ๆ เช่น ซิลิกาออกไซด์ (SiO_2) อะลูมินาออกไซด์ (Al_2O_3) เหล็กออกไซด์ (Fe_2O_3) แคลเซียมออกไซด์ (CaO) แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO) ซัลเฟอร์ไตรออกไซด์ (SO_3) และมีสวนประกอบทางเคมีอื่น ๆ อีกหลายชนิดดังแสดงในตารางที่ 2.2 ส่วนประกอบทางเคมีเหล่านี้จะมีค่าต่างกันในเชิงปริมาณตามแหล่งหรือชนิดของถ่านหิน ขบวนการเผา และอุณหภูมิที่ใช้เผา (การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, 2544)

3) องค์ประกอบทางกายภาพ

เถ้าลอยโดยทั่วไปจะมีรูปร่างส่วนใหญ่มีลักษณะค่อนข้างกลมหรือเกือบกลม รูปบางครั้งอาจพบลักษณะเป็นรูพรุน ซึ่งมีน้ำหนักเบาลอยน้ำได้ หรืออาจพบในลักษณะที่มีรูปร่างไม่แน่นอน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิที่เผาถ่านหิน ความละเอียดของถ่านหินก่อนเผา และชนิดของถ่านหิน รูปทรงของเถ้าลอยเปลี่ยนแปลงไปตามขนาดของอนุภาค โดยอนุภาคของเถ้าลอยส่วนใหญ่จะไม่เป็นผลึก มีรูปทรงกลม ซึ่งอาจตันหรือกลวง ลักษณะทรงกลมที่ภายในกลวงเรียกว่า เถ้าลอยกลวง (Cenospheres) บางส่วนจะเป็นทรงกลมกลวงบรรจุด้วยอนุภาคเล็กๆ อยู่ภายในที่รู้จักกันในนามของ Plerospheres อนุภาคที่เหลือมีลักษณะตั้งแต่โปร่งแสงจนทึบแสง มีรูพรุนเล็กน้อยถึงพรุนมาก มีรูปร่างที่กลมจนถึงรูปร่างยาวแบน เถ้าลอยที่มีรูพรุนมากๆมักเกิดจากการเผาถ่านหินด้วยอุณหภูมิที่ไม่สูงพอที่จะทำให้เถ้าลอยหลอมเหลวได้และเถ้าลอยที่ได้มักมีรูปร่างต่างๆกัน

ตารางที่ 2.2 องค์ประกอบทางเคมีของเถ้าลอยลิกไนต์แม่เมาะระหว่างปี พ.ศ. 2533-2542 (การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, 2544)

พ.ศ.	ค่าเฉลี่ยในรอบปี, %								
	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	Na_2O	K_2O	SO_3	LOI
2533	37.80	20.50	14.20	17.40	3.30	0.90	2.10	3.90	0.80
2534	42.80	23.00	14.00	10.50	2.40	0.80	2.30	3.90	0.70
2535	40.30	24.00	15.00	1.20	2.80	1.00	2.60	3.10	0.50
2536	43.10	20.20	13.20	13.00	2.70	1.30	2.40	2.60	0.60
2537	52.80	18.00	8.50	13.30	1.40	0.90	2.00	2.80	0.30
2538	40.60	22.80	12.80	14.40	2.50	0.70	2.00	2.80	0.90
2539	40.60	23.60	13.00	13.00	2.50	1.20	3.00	2.40	0.70
2540	41.50	28.10	12.30	10.00	1.20	0.60	3.30	2.00	0.80
2541	37.30	22.10	14.40	11.40	2.70	1.10	2.70	2.50	0.10
2543	47.20	22.10	9.10	9.40	3.30	1.70	1.30	2.50	0.10

หมายเหตุ : วิเคราะห์โดยใช้เครื่อง X-ray fluorescence

อนุภาคของเถ้าลอยมีหลากหลายขนาดตั้งแต่ขนาดเล็กกว่า 1 ไมโครเมตรจนถึงขนาดใหญ่กว่า 1 มิลลิเมตร. โรงงานผลิตกระแสไฟฟ้าแบบเก่ามักใช้วิธีดักจับเถ้าลอยโดยการแยกเชิงกล ซึ่งจะได้เถ้าลอยที่มีขนาดหยาบกว่าเมื่อเทียบกับเถ้าลอยที่ได้จากโรงงานผลิตกระแสไฟฟ้าสมัยใหม่ซึ่งดักจับเถ้าลอยด้วยเครื่องดักจับแบบไฟฟ้าสถิต (Electrostatic Precipitators) หรือใช้ถุงเก็บ (Bag Filters) โดยทั่วไปการกระจายขนาดอนุภาคของเถ้าลอยจากแหล่งผลิตหนึ่งๆจะค่อนข้างคงที่ แต่ทั้งนี้ต้องไม่มีการเปลี่ยนแปลงแหล่งของถ่านหิน วิธีการบดถ่านหิน ขบวนการเผาถ่านหิน และกำลังการผลิตมากนัก

ความถ่วงจำเพาะของเถ้าลอยมีค่าระหว่าง 1.97 ถึง 3.02 แต่โดยทั่วไปค่านี้จะอยู่ระหว่าง 2.2-2.8 สำหรับเถ้าลอยจากแม่เมาะจะมีค่าความถ่วงจำเพาะประมาณ 2.0 แต่เมื่อทำการแยกให้มีขนาดเล็กลงมีความละเอียดสูงขึ้นจะมีความถ่วงจำเพาะเพิ่มขึ้น เพราะเถ้าลอยที่มีขนาดใหญ่มักมีรูพรุนสูงกว่าเถ้าลอยที่มีขนาดเล็ก เถ้าลอยที่มีอนุภาคกลวงอาจลอยน้ำได้ เนื่องจากมีความถ่วงจำเพาะของอนุภาคโดยรวมน้อยกว่า 1.0 ความถ่วงจำเพาะที่สูงมักเป็นตัวบ่งชี้ว่าอนุภาคส่วนใหญ่มีความละเอียดสูงและตัน เนื่องจากเถ้าลอยที่อนุภาคหยาบมักมีอนุภาคที่กลวงปนอยู่ค่อนข้างมากเถ้าลอยที่ประกอบด้วยแร่เหล็กในปริมาณสูงจะมีความถ่วงจำเพาะสูง ส่วนเถ้าลอยที่มีปริมาณคาร์บอนสูงจะมีความถ่วงจำเพาะต่ำ เถ้าลอย Class C มีแนวโน้มที่จะมีอนุภาคเล็ก และมี

ความละเอียดสูงปนอยู่มากกว่าเถ้าลอย Class F นั่นคือ เถ้าลอย Class C จะมีความถ่วงจำเพาะสูงกว่าเถ้าลอย Class F โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 2.4-2.8 (วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์, 2544)

4) ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของเถ้าลอยลิกไนต์

เถ้าลอยเป็นวัสดุที่ไม่ใช้แล้วซึ่งเข้าข่ายถูกกำหนดให้เป็นสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้วตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรมฉบับที่ 6 (พ.ศ. 2540) ภาคผนวกที่ 1 บัญชีลักษณะและคุณสมบัติของสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ได้ใช้แล้ว หมวด 1 ข้อ 5 ประเภทสารที่ถูกชะล้างได้ (Leachable substances) ในปัจจุบันเถ้าลอยที่ผลิตได้ต่อวันมีปริมาณค่อนข้างสูง ถ้าไม่มีการนำไปใช้ประโยชน์ในเชิงพาณิชย์ จะเป็นภาระในการกำจัดทิ้งซึ่งต้องเสียค่าใช้จ่ายในการดำเนินการและเสียพื้นที่ในการถำจัด นอกจากนี้อนุภาคเถ้าลอยลิกไนต์ ยังก่อความเสียหายต่อพืช โดยอนุภาคที่จับบนพืช (ใบ กิ่ง ก้าน ดอก และผล) อาจเกรอะกังในสภาพแห้ง หรือเป็นคราบเหนียวเหมือนน้ำมันดิบ ส่งผลให้ความสามารถในการสังเคราะห์แสงของพืชลดลง (วงศ์พันธ์ ลิมปเสนีย์ และ คณะ, 2540) ทั้งนี้เถ้าลอยลิกไนต์ซึ่งเป็นของเหลือทิ้งมีองค์ประกอบ ทั้งที่เป็นประโยชน์และเป็นโทษถ้าไม่มีการจัดการที่ดีพอ ย่อมมีโอกาสสร้างปัญหาแก่สิ่งแวดล้อม

2.1.2 การใช้ประโยชน์เถ้าลอยลิกไนต์

1) การใช้ประโยชน์เถ้าลอยลิกไนต์ทางการเกษตร

การเติมเถ้าลอยลิกไนต์มีผลทำให้ผลผลิตเฉลี่ยของข้าวเปลือกเพิ่มขึ้นจาก65 ถัง/ไร่ เป็น 77.5 88.2 91.1 และ 92.2 ถัง/ไร่ ตามลำดับ เมื่อมีการเติมเถ้าลอยลิกไนต์ 0 0.5 1.0 1.5 และ 2 ตัน/ไร่ ในหนึ่งฤดูปลูกข้าว (การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, 2541) นอกจากมีการใช้เถ้าลอยลิกไนต์ในการปลูกข้าวแล้ว ยังมีการเติมเถ้าลอยลิกไนต์เพื่อปรับสภาพดินและปลูกข้าวโพด พบว่าปริมาณนิกเกิล (Ni) ในเมล็ดข้าวโพด เพิ่มขึ้นจาก 0.031 ppm เป็น 0.053 ppm ในชุดดินแม่เมาะ และพบปริมาณนิกเกิล ในซังข้าวโพดเพิ่มขึ้นจาก 0.229 ppm เป็น 0.271 ppm ในชุดดินปากช่อง (สุรเชษฐ์ จึงเกษมโชคชัย และวราภรณ์ คุณาวนากิจ, 2544)

ปิยนุช ปิยะตระกูล และคณะ (2543) ใช้เถ้าลอยลิกไนต์ผสมกับขี้เถ้าแกลบ ทรายหยาบ และขุยมะพร้าว ใช้ทำเป็นวัสดุปักชำปรากฏว่า เมื่อใช้เถ้าลอยลิกไนต์ผสมกับขุยมะพร้าวอัตราส่วน 1:1 โดยปริมาตร ให้จำนวนรากและความยาวมากที่สุดทั้งของเบญจมาศและคาร์เนชั่นโดยน่าจะมีสาเหตุมาจากลักษณะทางกายภาพ และเคมีที่มีความเหมาะสมต่อการเจริญของราก คือเถ้าลอยลิกไนต์ทำให้วัสดุปักชำร่วนทำให้การระบายน้ำและอากาศดี นอกจากนี้เถ้าลอยลิกไนต์ยังมีองค์ประกอบทางเคมีที่อาจจะเพิ่มธาตุอาหารให้แก่กิ่งชำได้

2) การใช้ประโยชน์เถ้าลอยลิกไนต์ทางวิศวกรรม

1. การใช้งานเถ้าลอยลิกไนต์เป็นวัสดุดินถม (Fill material) การประยุกต์ใช้ในงานวัสดุดินถมนี้ จะอยู่บนพื้นฐานที่ว่าเถ้าลอยลิกไนต์ เมื่อผสมกับน้ำในปริมาณที่พอเหมาะแล้วบ่มทิ้งไว้จะเริ่มแข็งตัวได้ภายใน 1 วัน เนื่องจากเถ้าลอยลิกไนต์จะมีคุณสมบัติที่แข็งตัวได้ด้วยตนเอง (Self hardening property) ทั้งนี้เป็นเพราะส่วนใหญ่เถ้าลอยลิกไนต์ จะมีปริมาณ CaO อิสระที่สามารถทำปฏิกิริยากับน้ำจนกลายเป็น $Ca(OH)_2$ ปนอยู่บ้างและทำให้เกิดปฏิกิริยา Pozzolanic กับReactive silica ซึ่งเป็น Non crystalline glass จนเกิดเป็นสารเชื่อมประสาน (การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, 2544)

2. ใช้ในงานคอนกรีตบดอัด (Roller compacting concrete, RCC) คอนกรีตบดอัดเป็นคอนกรีตที่มีเนื้อค่อนข้างกระด้างและมีคุณสมบัติการยุบตัวเป็นศูนย์ (No-slump concrete) คอนกรีตชนิดนี้จะผสมน้ำในปริมาณต่ำเพียงเพื่อให้ได้เนื้อคอนกรีตสดที่อยู่ในสภาพซึ่งสามารถจะทำงานบดอัดได้ด้วยรถบดอัดที่ใช้ความสั่นสะเทือน (Vibration roller) ลักษณะที่ปรากฏของคอนกรีตบดอัดจะคล้ายคลึงกับหินคลุกผสมน้ำ ซึ่งมักใช้ในงานบดอัดชั้นพื้นทาง (Base course) ซึ่งงานคอนกรีตบดอัดในประเทศไทยที่ใช้เถ้าลอยลิกไนต์เป็นส่วนประกอบ เช่นโครงการก่อสร้างเขื่อนปากมูล จ.อุบลราชธานี ได้ใช้เถ้าลอยลิกไนต์ผสมทดแทนปูนซีเมนต์ 68 % คิดเป็นปริมาณเถ้าลอยลิกไนต์ประมาณ 6,450 ตัน และโครงการก่อสร้างเขื่อนคลองท่าด่าน จ.นครนายก ใช้เถ้าลอยลิกไนต์ประมาณ 700,000 ตัน(การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, 2544)

3. การใช้เถ้าลอยลิกไนต์ในงานคอนกรีตความร้อนต่ำ (Low heat concrete, LHC) เพราะความร้อนที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาระหว่างปูนซีเมนต์กับน้ำลดลง เนื่องจากการเพิ่มเถ้าลอยทำให้ปริมาณปูนซีเมนต์ในส่วนของสารเชื่อมประสานในคอนกรีตลดลง ปฏิกิริยาช่วงต้นของปูนซีเมนต์ที่มีอยู่น้อยจึงส่งผลให้เกิดความร้อนสะสมขึ้นในคอนกรีตน้อยลงตามไปด้วย ซึ่งทำให้โอกาสที่จะเกิดการแตกร้าวของคอนกรีตจากความร้อนลดลงได้ นอกจากนี้ยังสามารถลดปริมาณปูนซีเมนต์ในงานก่อสร้างขนาดใหญ่ที่ต้องการใช้คอนกรีตปริมาณมากในการเทแต่ละครั้ง โดยการเพิ่มปริมาณเถ้าลอยลิกไนต์เข้าไปทดแทน (การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, 2544)

4. การใช้เถ้าลอยลิกไนต์ในงานคอนกรีตที่ไหลเข้าแบบได้ง่าย (Self-compacting concrete, SCC) คอนกรีตชนิดนี้ต้องการคุณสมบัติด้านความสามารถที่จะปรับเปลี่ยนรูปทรงได้ดี (High deformability) โดยไม่เกิดการแยกตัวของหินย่อยออกจากปูนทราย (Segregation) หรือการเยิ้มตัว (Bleeding) ดังนั้นจึงต้องการปริมาณ Paste ซึ่งประกอบไปด้วยสารเชื่อมประสาน (Binder) และน้ำค่อนข้างมาก เพราะ Paste จะไปทำหน้าที่เติมช่องว่างระหว่างหินย่อยและทราย

5. การใช้เถ้าลอยลิกไนต์ในคอนกรีตปกติและผลิตภัณฑ์คอนกรีตทั่วไป (Normal concrete and concrete products) การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (2544) ได้นำเถ้าลอยลิกไนต์แม่เมาะไปใช้ทดแทนซีเมนต์ในงานคอนกรีตปกติ โดยใช้เถ้าลอยทดแทนซีเมนต์ในอัตราประมาณ 30-40 % โดยน้ำหนัก

3) การใช้ประโยชน์เถ้าลอยลิกไนต์ด้านอื่น ๆ

1. เบญจมาศ อินทชัย (2544) มีรายงานการนำเถ้าลอยลิกไนต์ไปเป็นส่วนผสมในการผลิตอิฐบล็อคปูพื้น และอิฐบล็อคก่อผนัง ซึ่งมีราคาถูกกว่าท้องตลาด และเป็นการนำวัสดุเหลือทิ้งมาใช้ให้เกิดประโยชน์

2. ชัยศรี สุขสาโรจน์ (2542) ทำการทดลอง การกักเก็บของเสียอันตรายด้วยขี้เถ้าลอย พบว่า การกักเก็บตะกอนโลหะหนักโดยใช้ปูนซีเมนต์และปูนขาวร่วมกับเถ้าลอยลิกไนต์สามารถลดการชะละลายของโลหะหนักลงได้ 60-90 %

3. มนตรี ทองคำ (2542) ทำการทดลอง สังเคราะห์ซีโอไลต์จากเถ้าลอยถ่านหิน พบว่าซีโอไลต์ที่สังเคราะห์ได้ให้ค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนไอออนมากกว่าเถ้าลอยถ่านหินที่ยังไม่ได้ผ่านการกระตุ้น จาก 52.20 มิลลิโมลต่อกิโลกรัมซีโอไลต์ เป็น 619.44 มิลลิโมลต่อกิโลกรัมซีโอไลต์

2.2 ความต้องการธาตุอาหารของข้าว

การปลูกข้าวจะให้ผลผลิตดีต้องมีหรือจัดหาธาตุอาหารให้เพียงพอกับความต้องการของข้าวอย่างสอดคล้องกับการเจริญเติบโต พืชที่ปลูกในดินที่ไม่อุดมสมบูรณ์ด้วยธาตุอาหารมักจะแคระแกรนและให้ผลผลิตต่ำ การใส่ปุ๋ยจะช่วยยกระดับธาตุอาหารที่ขาดแคลน แต่การใส่ปุ๋ยชนิดเดียวกันลงในดินชนิดเดียวกันพืชชนิดเดียวกัน อาจจะให้ผลต่างกันเป็นอย่างมาก ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับระยะเวลาของการให้ปุ๋ยแก่พืชนั้นตรงกับระยะเวลาที่พืชมีความต้องการธาตุอาหารนั้นๆ มากที่สุด (สรสิทธ์ วัชโรทยาน, 2535)

2.2.1 ธาตุอาหารที่ข้าวต้องการ

ธาตุอาหารหลักที่ข้าวต้องการในปริมาณสูงคือธาตุไนโตรเจน (N) ธาตุฟอสฟอรัส (P) และธาตุโพแทสเซียม (K) โดยที่ธาตุไนโตรเจนจำเป็นสำหรับข้าวในการเจริญเติบโตของต้นข้าว ช่วยควบคุม การออกดอกของข้าว และเพิ่มปริมาณโปรตีนในเมล็ดข้าว (อรรควุฒิ ทัศน์สองชั้น, 2527) ธาตุฟอสฟอรัสช่วยในการเจริญเติบโตของรากข้าว ช่วยให้การงอกของเมล็ดดีขึ้นและส่งเสริมการ

ออกดอก ธาตุโพแทสเซียมช่วยเพิ่มจำนวนหน่อในระยะข้าวแตกกอสูงสุดและเพิ่มจำนวนดอกต่อรวง (De Datta, 1981)

จากการศึกษาปริมาณธาตุอาหารที่ข้าวต้องการในการเจริญเติบโตพบว่าผลผลิตข้าว 1 ตัน ต้องการธาตุไนโตรเจน 18.9 กิโลกรัม ฟอสฟอรัส 5.17 กิโลกรัม โพแทสเซียม 35.5 กิโลกรัม แคลเซียม 3.14 กิโลกรัม และซิลิกอน 102 กิโลกรัม (นพรัตน์ ม่วงประเสริฐ, 2541) ถึงแม้ว่าซิลิกอนจะไม่ใช่ Essential element แต่ก็มีประโยชน์ต่อข้าวทางอ้อม โดยทั่วไปฟางข้าวจะมีซิลิกอนประมาณ 5 %

นอกจากนี้ได้มีรายงานการใช้ แคลเซียมซิลิเกต (Calcium silicate) ในนาข้าวซึ่งจะให้ประโยชน์ต่อข้าวดังต่อไปนี้ (ทัศนีย์ อัตตะนันทน์, 2531 ; รัตนชาติ ช่วยบุดดา, 2544 ; สรสิทธิ์ วัชโรทยาน, 2511; Hallmark et al., 1982; Ponnamperuma, 1972; Takahashi, 1968; Yoshida, 1981)

1. เมื่อใส่สารประกอบซิลิเกตลงไปในดินที่มีการตรึงฟอสเฟตสูงจะทำให้ลดปริมาณการตรึงฟอสเฟต คือซิลิเกตจะไปแทนที่ฟอสเฟตที่ถูกตรึงอยู่ที่ผิวอนุภาคดินเหนียว

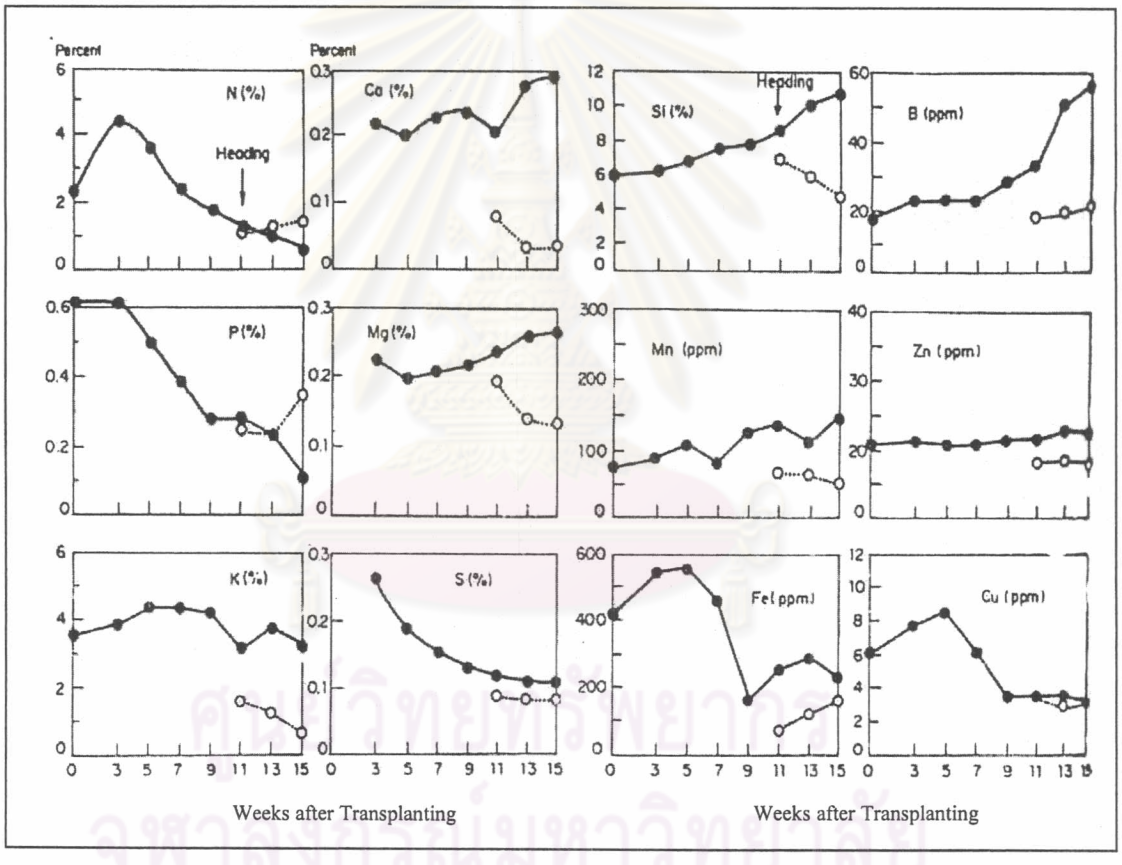
2. เมื่อข้าวดูดดึงซิลิกอนในปริมาณมาก ซิลิกอนก็จะสะสมอยู่ที่ผิวใบและลำต้นทำให้เพิ่มความต้านทานต่อโรคและการล้มของข้าว

3. การที่มีซิลิกอนพอเพียงในข้าวจะทำให้ใบข้าวตั้งตรง เพิ่มพื้นที่ของใบ ทำให้ประสิทธิภาพในการสังเคราะห์แสงดีขึ้น ระบบการดูดซึมธาตุอาหารก็ดีขึ้น

2.2.2 ความต้องการธาตุอาหารตามระยะการเจริญเติบโต

ต้นข้าวจะมีลักษณะการดึงดูดธาตุอาหารที่แตกต่างกันอย่างเด่นชัดอย่างน้อย 3 ช่วงด้วยกัน คือ (1) ช่วงแรกที่ต้นข้าวเริ่มงอกและการเจริญเติบโตในระยะแรก 30-45 วัน ต้นข้าวมักจะต้องการธาตุอาหารน้อยและช้าเพราะระยะนี้ต้นข้าวใช้อาหารจากเมล็ด ประกอบกับระบบรากยังน้อยและต้นยังเล็กอยู่ (2) ช่วงที่มีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว ซึ่งเป็นระยะที่กำลังแตกกอ และเป็นระยะที่กำลังสร้างตาดอก หรือเป็นระยะ ประมาณ 30 วันก่อนออกดอก และ (3) ช่วงที่มีการเจริญเติบโตเต็มที่แล้ว เป็นระยะสร้างเมล็ดหรือสร้างผลความต้องการธาตุอาหารในระยะนี้จะลดลงเรื่อยๆ จนกระทั่งฝักแก่หรือเมล็ดแก่ (สรสิทธ์ วัชโรทยาน, 2535) และพบว่าระยะการเจริญเติบโตของข้าวที่ต้องการธาตุอาหารมากที่สำคัญมี 2 ระยะคือ ระยะต้นข้าวแตกกอ และระยะต้นข้าวตั้งท้อง ในระยะต้นข้าวแตกกอนี้ ต้นข้าวต้องการธาตุอาหารเพื่อสร้างจำนวนกอ ความสูง ความกว้างของใบ เพราะต้นข้าวที่แตกกอมากมีแนวโน้มที่จะให้จำนวนรวงต่อกอมากเช่นกัน ส่วนในระยะต้นข้าวตั้งท้องต้นข้าวต้องการธาตุอาหารมากเพื่อจะนำไปสร้างรวงและเมล็ดที่สมบูรณ์ (อรรควุฒิ ทัศน์สองชั้น,

2527) โดยที่ต้นข้าวต้องการธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และ ซัลเฟอร์ปริมาณสูงในช่วงแรกของการเจริญเติบโต และลดลงในระยะต่อมาตามการเจริญเติบโตของต้นข้าว (รูปที่ 2.1) ในขณะที่ต้นข้าวต้องการธาตุซิลิกอน (Si) และโบรอนในช่วงแรกของการเจริญเติบโตเพียงเล็กน้อย และเพิ่มขึ้นในระยะต่อมาตามการเจริญเติบโตของต้นข้าว (Yoshida, 1981) นอกจากนี้ ก่อนต้นข้าวตั้งท้องซิลิกอนจะเคลื่อนย้ายไปสะสมในใบธง หากขาดแคลนในช่วงนี้ช่อดอกข้าวจะไม่สมบูรณ์ (Ma et al., 1989 อ้างถึงใน ยงยุทธ โอสถสภา, 2543) โดยที่ต้นข้าวต้องการธาตุซิลิกอน 1.5-2.0 ตัน/เฮกตาร์ ในรูปของแคลเซียมซิลิเกต (Calcium silicate) ในการเจริญเติบโต (Takahashi and Miyake, 1977 cited in De Datta, 1981) และมีรายงานว่าใน 1 ฤดูกาลเก็บเกี่ยว ข้าวจะดูดดึงซิลิกอนไป 443 กก. /เฮกตาร์ (Imaizumi and Yoshida, 1958 cited in De Datta, 1981)



รูปที่ 2.1 การดูดดึงธาตุอาหารตามระยะการเจริญเติบโตของต้นข้าว (Yoshida, 1981)

2.3 ข้าว

ข้าวเป็นพืชตระกูลหญ้า (*F. Graminae*) สกุล Oryza โดยที่ข้าวในสกุลนี้จะประกอบด้วยข้าวป่าประมาณ 20 ชนิด และข้าวปลูก 2 ชนิดด้วยกันคือ ข้าวปลูกเอเชีย (*Oryza sativa*) และข้าวปลูกแอฟริกา (*Oryza glaberrima*) (วัชระ ภูรีวิโรจน์กุล, 2543)

2.3.1 ความสำคัญของข้าวต่อประเทศไทย

ประเทศไทยส่งออกข้าวเป็นอันดับหนึ่งของโลกติดต่อกันมากกว่าสิบปี เนื่องจากผลิตข้าวได้ปริมาณมาก และมีคุณภาพดี ข้าวจึงจัดเป็นพืชสำคัญของประเทศไทย เพราะเป็นทั้งอาหารหลักของคนทั้งประเทศและเป็นสินค้าส่งออกสำคัญ และในช่วงปี พ.ศ. 2540 - พ.ศ. 2545 ที่ผ่านมามีปริมาณการส่งออกข้าวสารดังแสดงในตารางที่ 2.3

ตั้งแต่เดือนมกราคม ปี พ.ศ. 2545 จนถึงเดือน กันยายน พ.ศ. 2545 มีปริมาณการส่งออกข้าวสารเป็นจำนวน 5,064,306 ตัน มีมูลค่า 47,707.24 ล้านบาท (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2545) ประเทศไทยมีพื้นที่นาประมาณ 65 ล้านไร่ ผลิตข้าวได้ประมาณปีละ 21-22 ล้านตัน ข้าวเปลือกในจำนวนนี้ใช้บริโภคภายในประเทศประมาณปีละ 12.5-13.5 ล้านตันข้าวเปลือกที่เหลือส่งออกจำหน่ายต่างประเทศประมาณปีละ 4.5-5.5 ล้านตันข้าวสาร โดยเฉลี่ยคนไทยบริโภคข้าวสารประมาณปีละ 120 กิโลกรัมต่อคนต่อปี (ทวี คุปต์กาญจนากุล, 2541)

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

2.3.2 คุณภาพข้าวทางเคมีเชิงพาณิชย์

มาตรฐานสำหรับการส่งออกข้าวของกระทรวงพาณิชย์กำหนดเฉพาะลักษณะทางกายภาพ เช่น ความยาวเมล็ด ปริมาณและขนาดข้าวหัก ความสะอาด สิ่งเจือปน ความชื้นและระดับการสี ซึ่งตรวจสอบได้ง่าย ในขณะที่ข้าวที่มีลักษณะทางกายภาพเหมือนกันเมื่อนำไปหุงต้มอาจมีคุณภาพ

ข้าวสุกแตกต่างกัน ความแตกต่างด้านคุณภาพข้าวสุกนี้เกิดขึ้นจากองค์ประกอบของแป้งในเมล็ดข้าว ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 2 ชนิดปนกันอยู่คือ อมิโลเปคตินและอมิโลส (Amylopectin and Amylose)

อมิโลเปคติน เป็นสารประกอบเชิงซ้อนที่เกิดจากการรวมตัวของโมเลกุลกลูโคส (Glucose) จำนวนมาก และมีโครงสร้างเชื่อมต่อกันแบบแยกเป็นกิ่งก้านสาขา (Branched chain) เมื่อย้อมสีด้วยน้ำยาไอโอดีนจะเป็นสีน้ำตาลแดง เมื่อทำให้สุก (Gelatinized) ในน้ำเดือดจะค่อนข้างคงสภาพเดิมได้นานและเป็นส่วนที่ทำให้ข้าวสุกเหนียวติดกัน

อมิโลส เป็นสารประกอบเชิงซ้อนที่เกิดจากการรวมตัวของโมเลกุลกลูโคสจำนวนมากเช่นกัน มีโครงสร้างเชื่อมต่อกันเป็นแนวยาว (Linear chain) เมื่อย้อมด้วยน้ำยาไอโอดีนจะเป็นสีน้ำเงิน เมื่อทำให้สุกในน้ำเดือดและทำให้เย็นจะเกิดขบวนการคืนตัวเป็นของแข็ง (Retrogradation) ทำให้ความสามารถในการละลายน้ำลดลงและมีผลให้ ข้าวสุกร่วนและแข็งกระด้าง

คุณภาพการหุงต้มและรับประทานของข้าว (Cooking and eating quality) ซึ่งสามารถชี้ชัดได้จากคุณสมบัติเมล็ดทางเคมี (Grain chemical properties) ซึ่งเป็นลักษณะประจำพันธุ์ ทั้งนี้ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพข้าวสุกคือปริมาณอมิโลส และความคงตัวของแป้งสุก (Gel consistency) แม้ว่าแป้งจะมีอมิโลเปคตินมากกว่าอมิโลสแต่โดยทั่วไปนิยมแบ่งประเภทของข้าวโดยถือปริมาณอมิโลสเป็นหลัก ในแป้งข้าวเจ้ามีปริมาณอมิโลสอยู่ประมาณ 10-34 % ซึ่งข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 จัดเป็นข้าวอมิโลสต่ำ (งามชื่น คงเสรี, 2542: ตารางภาคผนวกที่ ผ.2) เมื่อหุงสุกจะได้ข้าวที่เหนียวเกาะติดกันเป็นก้อน และมีความนุ่ม อย่างไรก็ตามแม้ว่าปริมาณอมิโลสจะเป็นปัจจัยสำคัญต่อคุณภาพข้าวสุก แต่ในข้าวที่มีปริมาณอมิโลสเท่ากันอาจมีความแข็งของข้าวสุกแตกต่างกัน ทั้งนี้เนื่องจากคุณสมบัติของแป้งสุกมีอัตราการคืนตัวไม่เท่ากัน ทำให้แป้งสุกมีความแข็งและอ่อนแตกต่างกัน ซึ่งข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 จัดอยู่ในประเภทแป้งสุกอ่อน (งามชื่น คงเสรี, 2542: ตารางภาคผนวกที่ ผ.3) ซึ่งคุณภาพข้าวทางเคมีเชิงพาณิชย์นี้ จะเป็นตัวบ่งชี้ความน่ารับประทานของข้าว

2.3.3 ลักษณะของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105

ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 เป็นพันธุ์ข้าวหอมที่ได้จากการนำข้าวพันธุ์พื้นเมืองจากนาเกษตรกร อำเภอบางคล้า จังหวัดฉะเชิงเทรา จำนวน 199 รวง มาปลูกเพื่อศึกษาพันธุ์และได้ข้าวรวงที่ 105 ที่มีลักษณะพิเศษ คือ มีกลิ่นหอม และเมล็ดอ่อนนุ่มเมื่อนำมาหุงต้ม ดังนั้นจึงมีการปรับปรุงพันธุ์ให้บริสุทธิ์ตามหลักวิชาการจนได้ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และ รัฐบาลประกาศให้ขยายพันธุ์ ส่งเสริมการปลูกได้ตั้งแต่วันที่ 25 พฤษภาคม 2502 เป็นต้นมา สำหรับพื้นที่ปลูกข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 ที่เหมาะสม ได้แก่ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคเหนือ และภาคกลางบางพื้นที่

ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 เป็นพันธุ์ข้าวที่ตอบสนองต่อช่วงแสง หรือไวต่อช่วงแสง (Photo period sensitivity variety) ข้าวพันธุ์ดังกล่าวนี้ จะออกดอกในช่วงเวลากลางวันสั้น หรือได้รับแสงอาทิตย์น้อยกว่าวันละ 12 ชั่วโมง ประเทศในเขตร้อนรวมถึงประเทศไทยด้วย จะได้รับแสงแดดตั้งแต่เช้าตรู่ เรื่อยไปจนพลบค่ำ จึงทำให้เวลากลางวันได้รับแสงแดดไม่น้อยกว่าวันละ 13 ชั่วโมง ทั้งนี้ในปลายเดือนมิถุนายน จะมีกลางวันยาวที่สุด ในทางตรงกันข้ามพบว่าเข้าฤดูหนาวเวลากลางวันกลับสั้นลง เริ่มตั้งแต่ปลายเดือนกันยายน เป็นต้นไป เวลากลางวันจะสั้นที่สุดในปลายเดือนธันวาคม จะได้รับแสงแดดน้อยกว่าวันละ 12 ชั่วโมง จะกระตุ้นให้ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 แต่งตัว อุ้มท้องและแทงช่อดอกในปลายเดือนตุลาคม แล้วจะสุกแก่เก็บเกี่ยวผลผลิตได้ในปลายเดือนพฤศจิกายนถัดไป (กรมวิชาการเกษตร, 2545)

ลักษณะทั่วไปของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 จะเป็นข้าวเจ้าไวต่อช่วงแสง ปลูกได้เฉพาะฤดูนาปีเท่านั้น เมื่อข้าวโตเต็มที่ต้นข้าวสูงประมาณ 140-150 เซนติเมตร โดยที่ข้าวจะออกดอกประมาณวันที่ 20 ตุลาคมและสุกแก่เก็บเกี่ยวได้ ประมาณวันที่ 20 พฤศจิกายน ของทุกปี ระยะพักตัวของเมล็ด ประมาณ 8 สัปดาห์ ลักษณะเมล็ดข้าวเปลือก เมล็ดเรียวยาว ก้นงอน สีฟาง ขนาดเมล็ดข้าวกล้อง ยาว 7.5 มิลลิเมตร กว้าง 2.1 มิลลิเมตร หนา 1.8 มิลลิเมตร

ลักษณะที่ดีของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 คือ มีกลิ่นหอม เมล็ดอ่อนนุ่มเมื่อนำมาหุงต้ม ทนต่อสภาพแล้ง ทนต่อดินเปรี้ยวและดินเค็ม คุณภาพการขัดสีดี เมล็ดข้าวสารใส แข็ง มีท้องไข่น้อย นวดง่าย เนื่องจากเมล็ดหลุดร่วงจากรวงได้ง่าย และเป็นที่ต้องการของตลาด ขายได้ราคาดี แต่ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ก็มีข้อจำกัดคือ ไม่ต้านทานโรคขอบใบแห้ง โรคใบสีส้ม โรคใบจุดสีน้ำตาล โรคใบไหม้ และโรคใบหงิก ไม่ต้านทานแมลงบั่ว เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล ถ้าปลูกในบริเวณที่ดินมีความอุดมสมบูรณ์สูงต้นจะอ่อนล้มง่าย

2.4 ดินปลูกข้าว

ข้าวสามารถปลูก เจริญเติบโต และให้ผลผลิตได้ดีในดินเกือบทุกประเภท แต่เหมาะที่จะปลูกในดินที่มีความสามารถอุ้มน้ำได้ดีและมีความอุดมสมบูรณ์สูง ดินมีความเป็นกรด-ด่าง ประมาณ 5-7 (ทวี คุปต์กาญจนากุล, 2543) โดยทั่วไปจะพบในที่ต่ำ ซึ่งจะมีน้ำขังโดยธรรมชาติหรือบริเวณที่น้ำจากที่อื่นไหลมาท่วมขัง (ทัศนีย์ อัตตะนันทน์, 2531)

ประเทศไทยมีพื้นที่ประมาณ 320.7 ล้านไร่ ปัจจุบันที่ดินถูกใช้เพื่อการเกษตรทุกประเภทรวม 146.9 ล้านไร่ หรือประมาณร้อยละ 46 ของเนื้อที่ทั้งประเทศ โดยเป็นพื้นที่ทำนา 83,783,756 ไร่ (กรมพัฒนาที่ดิน, 2543)

จังหวัดนครนายก มีพื้นที่นา 572,969 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 85 ของพื้นที่การเกษตรทั้งหมดของจังหวัด มีผลผลิตออกสู่ตลาด ในปี 2543 จำนวน 259,186 ตัน ผลผลิตเฉลี่ย 450 กิโลกรัม/ไร่ ในพื้นที่การผลิตข้าวของจังหวัดนครนายก มีพื้นที่ดินเปรี้ยวร้อยละ 76.83 หรือคิดเป็น 554,091 ไร่ ปัญหาหลักของพื้นที่นาดินเปรี้ยวคือ ผลผลิตเฉลี่ยข้าวต่อไร่ต่ำ (กรมพัฒนาที่ดิน, 2543)

2.4.1 ลักษณะทั่วไปของดินสำหรับปลูกข้าว

ดินที่ใช้ปลูกข้าวจะอยู่ในในสภาพน้ำขัง จะมีการเปลี่ยนแปลงเป็นวงจร คือมีสภาพน้ำขังและสภาพดินแห้งสลับกัน ดินที่เหมาะสมที่ใช้ปลูกข้าวโดยทั่วไปจะมีลักษณะเป็นดินลึก เนื้อละเอียด น้ำซึมผ่านได้ช้า พื้นที่มีลักษณะเรียบ ดินมีการระบายน้ำค่อนข้างเลว มีความอุดมสมบูรณ์ปานกลางถึงสูง มีปริมาณเกลือต่ำ ขังน้ำได้ดี และมีน้ำมากพอที่จะปลูกที่จะปลูกพืชได้ครั้งหนึ่งในช่วงหนึ่งปี (ทัศนีย์ อัตตะนันทน์, 2531) ทั้งนี้ได้มีการจัดจำแนกความเหมาะสมของที่ดินที่ใช้สำหรับปลูกข้าวข้าว (Land suitability classification for paddy) ดังนี้ (กรมพัฒนาที่ดิน, 2542; คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2544)

1. ชั้นที่ 1 (P-I) ที่ดินชั้นนี้มักจะไม่มีข้อจำกัดในการปลูกข้าว มีเนื้อดินละเอียด น้ำซึมผ่านได้ช้า จึงดูดซับน้ำได้ดี พื้นที่ราบเรียบ ง่ายต่อการกักเก็บน้ำไว้ทำนา มีความอุดมสมบูรณ์ปานกลางถึงสูง จะมีน้ำพอเพียงสำหรับการปลูกข้าวได้อย่างน้อย 1 ครั้งในรอบปี โดยไม่มีการเสี่ยงต่อความแห้งแล้ง ผลผลิตข้าวโดยเฉลี่ยจะมากกว่า 50 ถังต่อไร่ โดยการเพาะปลูกแบบชาวนาธรรมดา ที่ดินชั้นนี้ยังคงต้องมีการดูแลรักษาหรือมีการใส่ปุ๋ยบำรุงดินบ้าง เพื่อคงความอุดมสมบูรณ์

2. ชั้นที่ 2 (P-IIa) ที่ดินนี้มีข้อจำกัดในการปลูกข้าวบ้างแต่ไม่รุนแรงนัก และสามารถแก้ไขได้ไม่ยากและไม่ต้องลงทุนสูง มีน้ำใช้ในการทำนาได้อย่างน้อย 1 ครั้งต่อปี แต่ก็อาจจะประสบภาวะขาดแคลนน้ำในช่วงเวลาสั้นๆ ซึ่งอาจกระทบต่อผลผลิต ชั้นนี้อาจมีข้อจำกัดเกี่ยวกับความอุดมสมบูรณ์เฉลี่ยในระดับความลึก 0-30 ซม. อยู่ในระดับต่ำ และความเป็นกรดเป็นด่างที่มีค่าอยู่ระหว่าง 4.7-6 จัดเป็นดินเปรี้ยวจัดที่มีระดับความเป็นกรดปานกลาง ข้าวตอบสนองต่อปุ๋ยน้อยในชั้นดินนี้ นอกจากจะมีการใส่ปูนลงไปจึงจะทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น ตัวอย่าง ดินประเภทนี้ได้แก่ ดินชุดดินมหาโพธิ์ ชุดดินเสนา ชุดดินอยุธยา ชุดดินบางน้ำเปรี้ยว และชุดดินฉะเชิงเทรา เมื่อใช้ในการทำนาจะให้ผลผลิตข้าวเฉลี่ยประมาณ 25-50 ถัง/ไร่

3. ชั้นที่ 3 (P-IIIa) ชั้นดินนี้เป็นดินที่เหมาะในการทำนาระดับปานกลาง มีอุปสรรคบ้างในการปลูกข้าว ต้องการการจัดการดินที่ดี ซึ่งอาจจะต้องลงทุนสูงขึ้นบ้าง ที่ดินในชั้นนี้มักจะมีความสามรถดูดซับน้ำ และเก็บน้ำไว้ในระดับปานกลาง เมื่อฝนทิ้งช่วงนานมักจะประสบภาวะขาดแคลนน้ำ จนทำให้ผลผลิตต่ำลง ชั้นดินนี้เป็นดินเปรี้ยวจัดที่มีระดับความเป็นกรดเป็นด่างระหว่าง 4.1-4.7

ความเปรี้ยวเป็นอุปสรรคในการปลูกข้าว ต้นข้าวตอบสนองต่อปุ๋ยในระดับต่ำถ้าไม่ใส่ปูนลงไปในปริมาณที่มากพอ ชั้นดินนี้ได้แก่ ชุดดินรังสิต และชุดดินธัญบุรี ชั้นดินนี้ให้ผลผลิตของข้าวเฉลี่ยประมาณ 15-25 ถัง/ไร่

4. ชั้นที่ 4 (P-IVa) เป็นดินประเภทที่ไม่ค่อยเหมาะสมในการทำนา มีข้อจำกัดเนื่องจากความเป็นกรดเป็นด่างของดินต่ำมากถึง 3 หรือ 3.5 โดยมากจะไม่เกิน 4.1 ยากที่จะปรับปรุงแก้ไขถ้าจะทำก็ต้องลงทุนสูงมากจนอาจไม่คุ้ม จะใช้ปลูกข้าวก็ต่อเมื่อมีความจำเป็นมากจริงๆ เท่านั้น เกษตรกรมักจะปล่อยดินเหล่านี้ทิ้งไว้ไม่ปลูกพืช โดยจะมีหญ้ากกและปรือขึ้นคลุมหนาแน่นทั่วไป ผลผลิตข้าวโดยเฉลี่ยต่ำมากบางแห่งปลูกไม่ขึ้น ถ้าจะทำการเพาะปลูกให้ได้ผลต้องใส่ปูนในปริมาณมากกว่าที่อื่น และต้องใส่ปุ๋ยเพื่อเพิ่มธาตุอาหารในดินร่วมด้วย ดินประเภทนี้ได้แก่ ดินในชุดดินองครักษ์ และชุดดินรังสิตเปรี้ยวจัด ดินประเภทนี้ให้ผลผลิตของข้าวเฉลี่ยประมาณ 5-10 ถัง/ไร่

5. ชั้นที่ 5 (P-V) ที่ดินในชั้นนี้ไม่เหมาะสมที่จะใช้ทำนา เนื่องจากมีข้อจำกัดอย่างรุนแรงมากยากที่จะแก้ไข ไม่คุ้มทุนหรือบางกรณีก็แก้ไขไม่ได้ ควรเปลี่ยนไปใช้ปลูกพืชชนิดอื่น ที่ดินชั้นนี้ มีอุปสรรคเนื่องจาก พบชั้นดานแข็ง ตื้นกว่า 15 ซม. หรือ พบก้อนลูกรัง ก้อนกรวดหรือเศษหินในระดับความลึก 0-30 ซม. มากกว่า 80 % โดยปริมาตร

2.4.2 การปลูกข้าวในพื้นที่ดินเปรี้ยว

ดินเปรี้ยวหรือดินกรดจัดคือดินที่มีปฏิกิริยาดิน (Soil pH) ต่ำมากโดยทั่วไปมี pH ต่ำกว่า 4 เป็นดินที่มีแร่ไพไรต์ (สีเหลืองฟางแห้ง) สะสมอยู่มาก ซึ่งมีผลเสียต่อการปลูกข้าว เนื่องจากมีธาตุเหล็กและอลูมิเนียมละลายออกมามากจนเป็นพิษและส่งผลให้ธาตุอื่น ๆ ได้แก่ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ลดลง ทำให้ข้าวไม่สามารถดูดไปใช้ได้ (ไพบูลย์ ประพฤติธรรม, 2528)

1) การเกิด ดินเปรี้ยวจัด

ดินเปรี้ยวจัดคือดินที่อาจจะมีหรือกำลังมี หรือเคยมีกรดกำมะถันอยู่ในชั้นหน้าตัดของดิน (Soil profile) อันเป็นผลเนื่องมาจากขบวนการกำเนิดของดินชนิดนี้ และมักจะมีจุดประสีเหลืองฟางข้าวซึ่งเป็นสารประกอบพวก Basic ferric sulfate ซึ่งเรียกว่า Jarosite อยู่ในดินชั้นล่าง ดินที่อาจจะมีกรดกำมะถัน (Potential acid sulfate soil) คือดินที่มีกำเนิดมาจากตะกอนของน้ำทะเล ซึ่งมีแร่ไพไรท์ (Pyrite) อยู่สูง ปัจจุบันยังอยู่ในสภาพน้ำขัง หรือยังไม่มีการเติมออกซิเจน (Oxidation) ของแร่ไพไรท์เกิดขึ้น ดินประเภทนี้จะมีสภาพเป็นกลาง หรือด่างอย่างอ่อน (pH = 7.0-8.0) ถ้ามีการระบายน้ำจะมีกรดกำมะถันเกิดขึ้น และมีความเป็นกรดจัด เช่น ดินชุดบางประกง ส่วนดินที่กำลังมีกรดกำมะถัน หมายถึงดิน ที่มีการเปลี่ยนแปลงทางเคมีจนเกิดกรดกำมะถันภายในชั้นหน้าตัดของ

ดิน และดินที่เคยมีกรดกำมะถัน ก็ได้แก่ดินที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงเป็นกรดกำมะถันและกรดนั้นได้ถูกชะล้างออกไปจากชั้นดิน แต่อาจจะมีสารประกอบอื่นซึ่งมีฤทธิ์เป็นกรดรุนแรงเหลืออยู่

ดินเปรี้ยวจัดจะเกิดขึ้นบริเวณน้ำกร่อยหรือที่ลุ่มบริเวณที่น้ำทะเลท่วมถึง ได้แก่ บริเวณป่าชายเลน ซึ่งมีพวกแสม โกงกาง และ จากขึ้นอยู่ทั่ว ๆ ไป ซึ่งพอจะแบ่งขั้นตอนของการเกิดออกเป็น 2 ขบวนการใหญ่ ๆ คือ (กรมพัฒนาที่ดิน, 2542; ไพบูลย์ ประพฤติธรรม, 2528)

1. ขบวนการด้านธรณีวิทยา (Geogenetic processes) ขบวนการนี้ได้แก่การเกิดและสะสมแร่ไพไรท์ (Pyrite) ในดิน การเกิดและสะสมของแร่นี้จะต้องมีองค์ประกอบที่จำเป็น 4 ประการคือ

1.1 บริเวณนั้นต้องอยู่ในสภาพขาดออกซิเจน (Reduced condition) ซึ่งได้แก่การมีสภาพน้ำขัง

1.2 มีอินทรียวัตถุอย่างเพียงพอได้แก่ ซากพืชซึ่งตายทับถมลงไปในบริเวณป่าชายเลน

1.3 จะต้องมีแหล่งให้ซัลเฟตตลอดเวลา ในน้ำทะเล 1 ลิตร จะมีเกลือซัลเฟตอยู่ประมาณ 4 มิลลิกรัม (4 ส่วนในล้านส่วน)

1.4 จะต้องมีปริมาณเหล็กอย่างเพียงพอ

ในสภาพที่ขาดอากาศ (Anaerobic reduced condition) เกลือซัลเฟตในน้ำทะเลจะถูกลดออกซิเจน (Reduced) โดยเชื้อจุลินทรีย์บางชนิด คือ *Desulfovibrio sp.* และ *Desulfotomaculum sp.* เปลี่ยนซัลเฟตไปเป็นซัลไฟด์ (S^{2-}) และทำปฏิกิริยากับสารประกอบของเหล็กกลายเป็น FeS (Ferrous sulphide) ซึ่งในที่สุดจะเปลี่ยนเป็นสารประกอบซัลไฟด์ (FeS_2) หรือแร่ไพไรท์

SO_4^{2-} —anaerobie→ S^{2-}

สารประกอบซัลเฟต → สารประกอบซัลไฟด์

$S^{2-} + Fe^{2+} \longrightarrow FeS$

สารประกอบซัลไฟด์ + เหล็ก → สารประกอบเหล็กซัลไฟด์

$S^{2-} + Fe^{3+}$ or $O_2 \longrightarrow S$

สารประกอบซัลไฟด์ + เหล็ก + ออกซิเจน → แร่กำมะถัน

$FeS + S \longrightarrow FeS_2$

สารประกอบซัลไฟด์ + แร่กำมะถัน → แร่ไพไรท์ ตกตะกอน

2. ขบวนการที่เกิดขึ้นภายในดิน (Pedological processes) เมื่อฝั่งทะเลยื่นออกไปเรื่อย ๆ โดยธรรมชาติ (ปีละประมาณ 4-5 เมตร) ทำให้น้ำทะเลท่วมไม่ถึงบริเวณที่เคยเป็นชายเลน หรือเมื่อมีการระบายน้ำออกไปจากบริเวณดังกล่าว แร่ไพไรท์จะถูกเติมออกซิเจน (Oxidise) กลายเป็น

เฟอริคซัลเฟต $Fe_2(SO_4)_3$ และกรดกำมะถันเฟอริคซัลเฟตจะทำปฏิกิริยาต่อไปเกิดเป็นสารประกอบเหล็กอื่น ๆ และกรดกำมะถันเพิ่มขึ้นอีก กรดกำมะถันที่เกิดขึ้นบางส่วนจะถูกชะล้างออกไปสู่แม่น้ำลำคลอง บางส่วนจะถูกทำลายโดยเกิดปฏิกิริยากับปูนที่ละลายมากับน้ำ และแร่บางอย่างที่สลายตัวง่ายในดิน และอีกส่วนหนึ่งจะยังคงอยู่ในสภาพของกรดที่แลกเปลี่ยนได้ภายในดิน กรดส่วนนี้เองคือตัวการที่ทำให้ดินเปรี้ยว

ส่วนสารประกอบของเหล็กอื่นๆ ที่สำคัญที่สุดตัวหนึ่งได้แก่ Jarosite $[KFe_3(SO_4)_2(OH)_6]$ ซึ่งมีสีเหลืองคล้ายฟางข้าวเป็นลักษณะที่ใช้กำหนดชุดดินของการสำรวจดินในประเทศไทย

$$Fe\ S_2 \xrightarrow[H_2O]{air} Fe^{++} + SO_4^{=}$$

$$Fe^{+++} + Fe\ S_2 \longrightarrow Fe^{++} + S + SO_4$$

$KFe_3(SO_4)_2(OH)_6$ (Jarosite)

$NaFe_3(SO_4)_2(OH)_6$ (Natrojarosite)

FeOOH (Goethite)

2) ลักษณะของดินเปรี้ยว

ดินชั้นบนเป็นดินเหนียวถึงเหนียวจัด สีเทาหรือเทาเข้มถึงดำ ลึกประมาณ 20-40 ซ.ม. อาจจะมีจุดประของสารประกอบของเหล็กสีน้ำตาลหรือสีน้ำตาลแดง โดยเฉพาะอย่างยิ่งตามรอยรากข้าว ดินชั้นล่างเป็นดินเหนียวมีพื้นเป็นสีน้ำตาล หรือน้ำตาลปนเทาจนถึงสีเทา มีจุดประสีเหลืองปนน้ำตาล สีแดงและสีเหลืองคล้ายฟางข้าว จุดประสีเหลืองฟางข้าวนี้ใช้เป็นข้อกำหนดอย่างหนึ่งในการแบ่งแยกชุดดิน ถ้าพบจุดประสีเหลืองฟางข้าว หรือ Jarosite นี้อยู่ลึกไม่เกิน 40 ซ.ม. จากผิวดิน จะเรียกดินชุดนี้เป็นชุดดินองครักษ์ แต่ถ้าพบอยู่ในระหว่าง 40-100 ซ.ม. ก็จะเป็นชุดดินรังสิตหรือธัญบุรี หรือถ้าพบอยู่ลึกกว่า 100 ซ.ม. ก็จะเป็นดินชุดดินอยุธยา หรือเสนา (กรมพัฒนาที่ดิน, 2542)

3) แหล่งดินเปรี้ยวในประเทศไทย

ประเทศไทยมีพื้นที่ดินเปรี้ยวทั้งหมดประมาณ 9 ล้านไร่ ส่วนใหญ่อยู่ในบริเวณที่ราบภาคกลางครอบคลุมพื้นที่ประมาณ 5.5 ล้านไร่ได้แก่บริเวณจังหวัดสระบุรี อยุธยา ปทุมธานี นครนายก ปราจีนบุรี ฉะเชิงเทรา และชลบุรี นอกนั้นกระจัดกระจายตามบริเวณชายฝั่งทะเลตะวันออก บริเวณ

ลุ่มแม่น้ำจันทบุรี และตามชายฝั่งทะเลด้านตะวันตกและตะวันออกของคาบสมุทรภาคใต้บริเวณจังหวัดสงขลา ปัตตานี นครศรีธรรมราช พัทลุง และนราธิวาส

4) สาเหตุที่ดินเปรี้ยวจัดไม่เหมาะสมกับการปลูกพืช

เป็นที่ทราบโดยทั่วไปว่าดินเปรี้ยวจัดไม่เหมาะสมกับการปลูกพืช ได้มีการรายงานว่าระดับความเป็นกรดหรือปริมาณความเข้มข้นของไฮโดรเจนไอออน (H^+) ในดินไม่มีผลโดยตรงต่อการเจริญเติบโตของพืช แต่เหตุที่การปลูกพืชในบริเวณพื้นที่ดินเปรี้ยวไม่ได้ผลนั้น เนื่องจากสภาพทางเคมีและชีวภาพของดินถูกเปลี่ยนไปในทางที่ไม่เหมาะสมกับพืช เหตุที่ดินเปรี้ยวจัดไม่เหมาะสมกับการปลูกพืชเนื่องจาก การขาดธาตุอาหาร ธาตุอาหารที่จำเป็นสำหรับการเจริญเติบโตของพืชมีทั้งหมด 16 ชนิด ในจำนวนนี้มี 3 ชนิด ที่พืชได้รับจากอากาศจึงมักไม่มีการขาดแคลน ได้แก่ คาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจน ส่วนที่เหลือส่วนใหญ่พืชจะได้รับจากดินทั้งธาตุอาหารหลัก ธาตุอาหารรองและจุลธาตุอาหาร จึงมักเป็นปัญหาหรือขาดแคลนในการเพาะปลูก

ระดับธาตุอาหารพืชที่เป็นประโยชน์ในดินจะมีความสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดกับความเป็นกรดในดิน ดินที่เป็นกรดจัด ธาตุอาหารพืชที่เป็นประโยชน์บางชนิดจะเปลี่ยนไปอยู่ในรูปที่พืชไม่สามารถจะใช้ประโยชน์ได้ หรืออาจจะมีธาตุที่ละลายออกมาในปริมาณที่มาก จนถึงระดับที่เป็นพิษต่อพืช

5) ธาตุอาหารที่พืชสามารถดูดดึงได้ในสภาพดินเปรี้ยว

ดินที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ระหว่าง 5.5-8.5 จะมีธาตุแคลเซียม แมกนีเซียม และโพแทสเซียมอย่างเพียงพอ แต่ถ้าความเป็นกรดเป็นด่าง ต่ำกว่า 5.5 หรือเป็นกรดอย่างรุนแรง และความเป็นกรดเป็นด่าง สูงกว่า 8.5 ธาตุทั้ง 3 ตัวนี้จะลดต่ำพืชจะแสดงอาการขาดธาตุดังกล่าวได้และยิ่งรุนแรงในดินที่มีธาตุดังกล่าวน้อย ธาตุแคลเซียม แมกนีเซียม และโพแทสเซียมจะถูกชะล้างออกจากดินได้ง่ายหากดินเป็นกรดรุนแรง

ฟอสฟอรัสในดินที่เป็นกรดจัดจะถูกตรึงในรูป เหล็กและอลูมิเนียมฟอสเฟต ยากที่พืชจะดูดดึงไปใช้ได้ เพราะค่าความเป็นกรดเป็นด่าง ที่ต่ำกว่า 5 เป็นช่วงที่เหล็กและอลูมิเนียมละลายน้ำมากขึ้น ระดับค่าความเป็นกรดเป็นด่าง ที่เหมาะสมที่สุดที่พืชจะนำไปใช้ได้คือ 6-7 แต่ในดินมีปริมาณแคลเซียมไอออนสูง มีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง สูงกว่า 7 หรือดินเป็นด่าง แคลเซียมไอออนก็จะรวมตัวกับไอออนของฟอสฟอรัส เกิดเป็นแคลเซียมฟอสเฟตในรูปที่ไม่ละลายน้ำ (ปฐพีชลวายุอัคคี, 2541; นวลศรี กาญจนกูล และคณะ, 2543) ทำให้ฟอสเฟตที่เป็นประโยชน์ต่อพืชลดลง

โพแทสเซียมเป็นธาตุที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชและช่วยให้พืชแข็งแรงมีความต้านทานโรคได้ดี ถ้ามีอยู่ในปริมาณที่พอเหมาะจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพให้พืชสามารถใช้ธาตุอาหารชนิดอื่นโดยเฉพาะไนโตรเจนได้ดีขึ้น โพแทสเซียมเป็นธาตุที่ถูกชะล้างได้ง่าย โดยเฉพาะดินในเขตศูนย์สูตรที่มีการสลายตัวสูง เนื่องจากแร่ดินเหนียวที่พบในดินแถบนี้เป็นชนิดที่มีความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุธาตุต่ำ ในดินที่มีระดับค่าความเป็นกรด-ด่าง ต่ำหรือเป็นกรดโพแทสเซียมจะถูกชะล้างมากขึ้น (นวลศรี กาญจนกูล และคณะ, 2543)

6) ธาตุพิษที่พืชสามารถดูดดึงได้ในสภาพดินเปรี้ยว

ธาตุพิษ (Toxic element) โดยทั่วไปมักจะหมายถึง ธาตุโลหะหนัก และธาตุอื่นซึ่งเป็นสารมลพิษที่สำคัญในดิน ธาตุพิษเหล่านี้เป็นสารมลพิษได้ เนื่องจากมีการนำมาใช้ประโยชน์ในรูปสารประกอบและเครื่องมือเครื่องใช้ต่าง ๆ แล้วมีการปนเปื้อนสู่สภาพแวดล้อม สำหรับธาตุโลหะหนัก (Heavy metals) หมายถึง ธาตุที่มีความถ่วงจำเพาะตั้งแต่ 5.0 ขึ้นไป ซึ่งเป็นธาตุในตารางธาตุที่มี Atomic number ในช่วง23-92 อยู่ในคาบที่ 4-7 (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2544)

ในดินที่เป็นกรดรุนแรงและมีการระบายน้ำไม่ดี จะมีปริมาณอลูมิเนียมมากเกินไป จะก่อให้เกิดความเป็นพิษต่อพืช เริ่มที่อาการชะงักงันของราก รากจะสั้นกุดและเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล ปริมาณรากแขนงและรากฝอยลดลงอย่างมาก เป็นผลทำให้การเจริญเติบโตทางลำต้นไม่เป็นไปอย่างปกติ (กรมวิชาการเกษตร, 2543)

นิกเกิล ซึ่งมีเลขอะตอม 28 และแคดเมียมซึ่งมีเลขอะตอม 48 สามารถปนเปื้อนลงสู่ดินได้จากการใช้ปุ๋ย เพราะนิกเกิลและแคดเมียมเป็นสารเจือปนในปุ๋ยเคมี โดยที่นิกเกิลในปริมาณสูงจะทำให้พืชเกิดอาการซีดเหลืองระหว่างเส้นใบจากใบอ่อนไปสู่ใบแก่ เกิดการตายของเนื้อเยื่อ (สันติ บุญฟ้าประทาน, 2526; Mengel and Kirkby, 1982) ส่วนอาการผิดปกติจากธาตุแคดเมียมคือ เนื้อเยื่อระหว่างเส้นใบซีดเหลือง ต้นแคระแกรน การเจริญของรากลดลง และเกิดการเน่า เมื่อความเข้มข้นและระยะเวลาที่ได้รับแคดเมียมเพิ่มขึ้น (สันติ บุญฟ้าประทาน, 2526; Hewitt, 1953) ซึ่งปริมาณธาตุนิกเกิล และแคดเมียม ในดิน พืช และระดับความเป็นพิษในข้าว ดังแสดงในตารางที่ 2.4

นอกจากนี้แคดเมียม (Cd) เป็นอันตรายต่อสัตว์มาก เพราะพืชที่สะสมแคดเมียมจะไม่แสดงอาการเป็นพิษ ซึ่งเมื่อเข้าสู่ร่างกายจะยับยั้งการทำงานของระบบเอนไซม์ (ศุภมาศ พนิชศักดิ์พัฒนา, 2540) โดยจะเริ่มเป็นที่ไต ทำให้ไตล้มเหลว ปวดกระดูก กระดูกผิดรูป จะพบได้มากที่สุดในหญิงที่มีบุตรแล้ว อาการของโรคที่พบได้ง่ายที่สุดคือ จะรู้สึกเจ็บจากการกดกระดูกเรียกว่าโรค อิไต-อิไต (Itai- itai byo) ซึ่งในอาหารสัตว์กำหนดให้มีแคดเมียมได้ไม่เกิน 0.5 ppm ในข้าวกล้องให้มีค่าได้ไม่เกิน 1.0 ppm ซึ่งค่าเพียง 0.4 ppm ก็นับว่าสูงมาก ในกรณีแคดเมียมนี้ไม่ได้กำหนดค่าสูงสุดที่ยอมให้

มีได้ในดิน ทั้งนี้เพราะการละลายได้ของแคดเมียมขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายชนิดของดิน เช่นระดับความชื้นและ Redox potential ของดิน ซึ่งผันแปรได้มากในนาข้าว (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2544)

ตารางที่ 2.4 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

7) การแก้ไขดินเปรี้ยว

การปรับปรุงดินเปรี้ยวจัดเพื่อการปลูกข้าว

1. การชะล้างดินเปรี้ยวด้วยน้ำเค็มหรือน้ำธรรมดาช่วยลดความเป็นกรดของดินได้โดยลดความเจือจางของธาตุเหล็กและอลูมิเนียมที่สะสมอยู่ใกล้ ๆ รากข้าวและยังป้องกันการขาดธาตุอาหารบางชนิด

2. การขังน้ำก่อนการเพาะปลูกประมาณ 4-6 สัปดาห์ จะช่วยลดความเป็นพิษของธาตุเหล็กและอลูมิเนียม จะทำให้ข้าวมีความสูงและผลผลิตดี

3. ใช้พันธุ์ต้านทาน ในพื้นที่ที่มีระดับน้ำต่ำกว่า 60 เซนติเมตร ควรใช้ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ105

4. การใส่ปูนพบว่าใส่ปูนมาร์ลในอัตรา 1-2 ตัน/ไร่ ก่อนการปลูกข้าวจะช่วยลดความรุนแรงของดินกรดจัด และเพิ่มผลผลิตข้าวได้ (กรมพัฒนาที่ดิน, 2542)

5. การใส่ปุ๋ยฟอสเฟตในดินกรดจัดบางพื้นที่ เพราะในดินกรดจัดของประเทศไทยจะขาดแคลนฟอสฟอรัสอย่างรุนแรง และในกรณีที่ความเป็นกรดไม่รุนแรงมากนัก การใส่ปุ๋ยฟอสเฟตทำให้ผลผลิตข้าวสูงขึ้นอย่างเห็นได้ชัด (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2544)