สำนักงานวิทยทรัพยากร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 รากข้าว (rice root)

ข้าวเป็นพืชที่ขึ้นได้ทั้งในดินที่มีสภาพการถ่ายเทอากาศดี เช่น ดินไร่ และดินที่ขังน้ำ ซึ่งมีการถ่ายเทอากาศเลวหรือไม่มีการถ่ายเทอากาศเลย ข้าวมีลักษณะและความต้องการในสิ่งแวดล้อมและธาตุอาหารเช่นเดียวกับธัญพืชอื่น ๆ เช่น ข้าวสาลีและข้าวบาร์เล่ย์ แต่ข้าวเป็นพืชชนิดเดียวที่สามารถเจริญเติบโตได้ดีในสภาพดินที่ขาดออกซิเจนอย่างรุนแรงได้ ดังนั้น ข้าวจะต้องมีระบบรากซึ่งมีคุณสมบัติพิเศษ ที่ทำให้รากข้าวหาออกซิเจนมาใช้ในกระบวนการหายใจได้โดยไม่เดือดร้อนเหมือนพืชไร่อื่น ๆ (สรสิทธิ์ วัชโรทยาน, 2511; ทัศนีย์ อัตตะนันทน์, 2543)

2.1.1 ระบบรากข้าว (root system of rice)

รากข้าวมีระบบรากฝอย (fibrous root system) ทำหน้าที่ค้ำจุนลำต้นและดูดซับธาตุอาหารและน้ำ นอกจากนั้นรากยังทำหน้าที่พิเศษคือเก็บสะสมอาหารที่เหลือเอาไว้ใช้ในยามขาดแคลนและทำหน้าที่ในการหายใจ

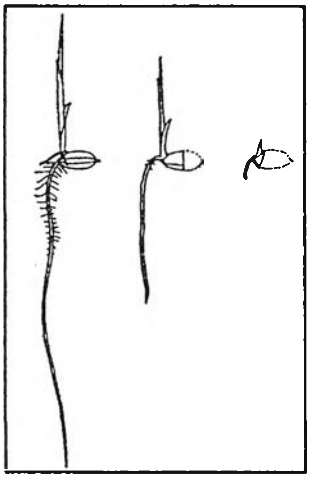
รากของข้าวแบ่งออกเป็น 2 ประเภท

1) รากชุดแรก (primary root) ได้แก่รากแรกเกิด (radicle) ที่งอกออกมาจากเมล็ดข้าวด้านติดกับก้านคอกตรงส่วนที่เรียกว่าจมูกข้าว (embryo) ดังรูปที่ 2.1 ขนาดโตแต่สั้น รากแรกเกิดนี้มีการแตกแขนง (seminal root) น้อยมาก เมื่องอกแล้วก็จะพุ่งลงในทางดิ่งมีความยาวสูงสุด 15 เซนติเมตร เมื่อต้นกล้าอายุได้ประมาณ 25-30 วันหรือระยะใบที่ 7 ดังรูปที่ 2.2 รากแรกที่งอกออกมาจากเมล็ดก็จะหมดประสิทธิภาพในการหาอาหารและจะฝ่อหลุดไป ในขณะเดียวกันต้นข้าวจะได้รับอาหารจากรากชุดที่สองแทน (จำรัส โปร่งศิริวัฒนา, 2536; Yoshida, 1981)

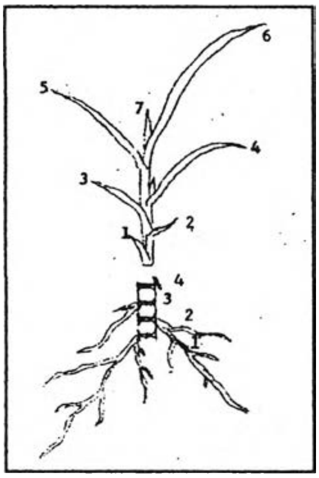
2) รากชุดที่สอง(secondary root หรือ crown root หรือ adventitious root หรือ nodal root) ได้แก่ รากชุดที่สองที่งอกออกมาจากส่วนข้อต่าง ๆ ดังรูปที่ 2.3 มีจำนวน 5-25 รากต่อข้อ รากชนิดนี้มีขนาดเล็กกว่ารากชุดแรกแต่ยาวและมีรากแขนงมาก ในขั้นแรกรากข้าวที่เกิดขึ้นนี้จะเจริญแผ่ในบริเวณผิวดินรอบๆก่อนจนเต็มที่ หลังจากนั้นจึงจะเจริญลึกลงไปในดิน โดยปกติรากข้าวจะหยั่งลึกลงดินประมาณ 15-45 เซนติเมตร ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของพันธุ์ข้าวและชนิดของดินเป็นส่วนใหญ่ ในระยะแตกกอรากข้าวเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วและจะ

หอสมุดกลาง สำนักงานวิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

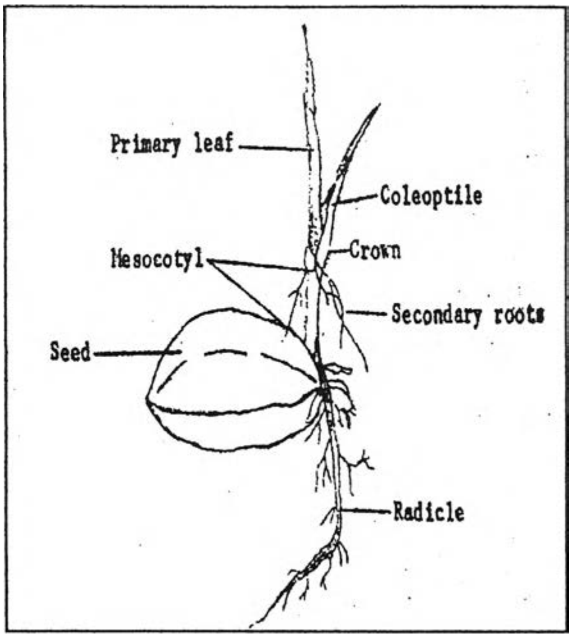
เจริญเติบโตสูงสุดในระยะข้าวออกดอก เมื่อใกล้ระยะข้าวสุกแก่ หากอากาศในดินน้อย รากข้าวได้รับความเสียหายมากจากสภาพของดินที่ไม่เหมาะสมจะมีรากเจริญออกจากข้อเหนือดินรากชุดนี้เรียกว่ารากผิวดิน (superficial roots หรือ mat root) ดังรูปที่ 2.4 เมื่องอกออกมาจะแผ่ออกไปในแนวระดับตามผิวดิน บางส่วนอาจลอยพุ่งขึ้นมาเหนือดิน และลอยอยู่ในน้ำที่ขังอยู่ที่ผิวดิน ประโยชน์ของรากพวกนี้ก็คือช่วยถ่ายทอดออกซิเจนจากบริเวณผิวดินไปให้แก่รากประเภทที่อยู่ลึกลงไปในดินชั้นล่างที่ไม่มีออกซิเจน ซึ่งในขณะนั้นเป็นระยะที่การถ่ายทอดออกซิเจนโดยตรงจากยอดลงมายังรากลำบากขึ้น เนื่องจากการยืดปล้องของข้าว (จำรัส โปร่งศิริวัฒนา, 2536; พัชราภรณ์ ตั้งมั่น ,2539; วาสนา ผลารักษ์, 2523; สรสิทธิ์ วัชโรทยาน, 2511; อรรควุฒิ ทัศน์สองชั้น, 2526; Matsuo and Hoshikawa, 1993; Yoshida, 1981)



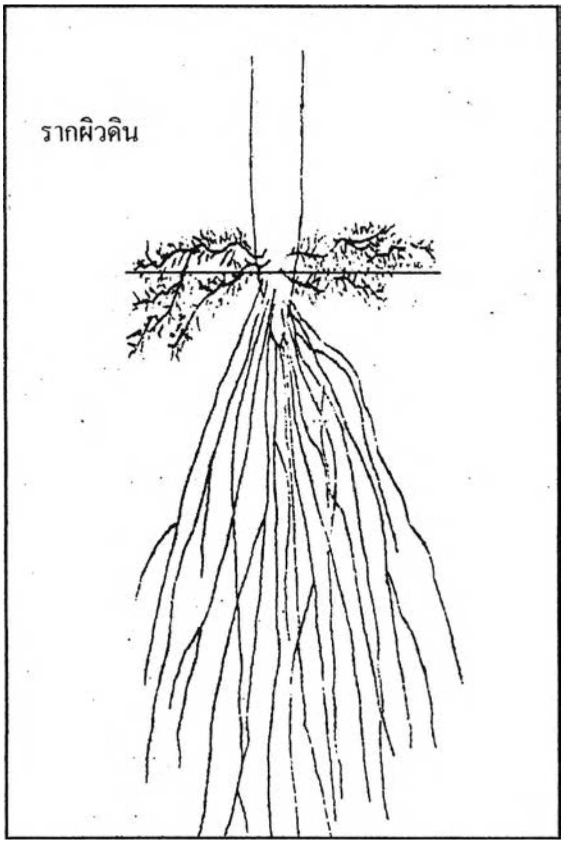
รูปที่ 2.1 การงอกของรากแรกเกิด (Hoshikawa, 1975 อ้างถึงใน Matsuo and Hoshikawa, 1993)



รูปที่ 2.2 รากชุดแรกจะหมดประสิทธิภาพเมื่อถึงระยะใบที่ 7 (Yoshida, 1981)



รูปที่ 2.3 ภาพการงอกของรากข้าวชนิดต่างๆ (จำรัส โปร่งศิริวัฒนา, 2536)



รูปที่ 2.4 การเจริญเติบโตของรากผิวดิน (จำรัส โปร่งศิริวัฒนา, 2536)

2.1.2 ปัจจัยที่มีผลต่อการกระจายของรากข้าวในดิน (root distribution)

การเจริญเติบโตของรากข้าว เกี่ยวข้องกับปัจจัยหลายประการเช่น ลักษณะทางกายภาพของดิน ลักษณะทางเคมีของดิน สิ่งแวดล้อมและพันธุกรรม (Russell, 1977; Yoshida, 1981) ส่งผลให้การประเมินค่าระบบรากข้าวมีความยากลำบากเนื่องจากมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุกรรมกับสิ่งแวดล้อม (เกรียงไกร พันธุ์วรรณ์ และ สุพจน์ สัตยากุล, 2537) พันธุกรรมของข้าวที่มีความหลากหลายมีส่วนสัมพันธ์อย่างยิ่งกับลักษณะเฉพาะของระบบรากข้าว (root traits) โครงสร้างของราก (root morphology) และความสามารถในการแผ่กระจายในดิน (Nguyen, Ray, and Long, 1994) ยกตัวอย่างเช่นข้าวไร่ (upland rice) รากข้าวอาจจะเจริญเติบโตได้ถึง 1 เมตรหรือมากกว่าแต่รากข้าวนาสวน (lowland rice) จะพบได้น้อยที่รากจะยาวเกิน 40 เซนติเมตร รากข้าวส่วนใหญ่ 90 % จะเจริญอยู่ที่ความลึกไม่เกิน 20 เซนติเมตร (Pradeep et al., 1994)

การกระจายของรากข้าวในดิน (root distribution) ขึ้นอยู่กับปัจจัยดังต่อไปนี้ (เบนิโต เอส เวอการา, 2542)

1) ความหนาของดินชั้นบน ชั้นความลึกของหน้าดินจะเป็นตัวกำหนดพื้นที่สำหรับการเจริญเติบโตหรือการแพร่กระจายของรากข้าวในดิน ดินชั้นบนยิ่งลึกหรือระยะระหว่างผิวดินกับดินดานยิ่งมากรากข้าวยิ่งแทงลงไปลึก

2) ความลึกของชั้นไถพรวน การไถพรวนยิ่งลึกจะทำให้รากข้าวแทงลงไปได้ลึก การไถพรวนจะช่วยทำให้สมบัติทางกายภาพของดินดีขึ้น ซึ่งจะทำให้ดินโปร่ง ความหนาแน่นรวมของดินลดลงเพียงชั่วคราวเท่านั้น กล่าวคือจะมีผลดีในช่วงแรกๆของการเจริญเติบโตเท่านั้น แต่หากมีการไถพรวนดินมากเกินไปหรือบ่อยครั้ง ดินอาจเกิดชั้นดินดาน (hardpan) ทำให้ความหนาแน่นรวมของดินสูงจนรากไม่สามารถเจริญเติบโตได้ (วิโรจ อิ่มพิทักษ์, 2531) ส่งผลให้ข้าวนาสวนมีรากที่สั้น (Pantuwan et al., 1996) แต่การปลูกข้าวในดินร่วนปนทรายมีผลทำให้ความหนาแน่นของรากข้าวในรูปความยาวราก (root length density; RLD) และน้ำหนักแห้งราก (root mass density; RMD) สูงกว่าในดินเหนียว (เกรียงไกร พันธุ์วรรณ์ และ สุพจน์ สัตยากุล, 2537)

3) การไหลของน้ำลงไปในดิน ถ้าน้ำซึมลงในดินเร็ว รากข้าวจะเจริญลงไปลึกทั้งนี้เนื่องจากการซึมของน้ำลงสู่ดินชั้นล่างทำให้มีอากาศและปุ๋ยในดินชั้นล่างมากด้วย นอกจากนั้นลักษณะดังกล่าวยังแสดงว่าพื้นที่นั้นมักจะขาดน้ำ

4) ปริมาณของอากาศในดินที่รากข้าวใช้ การขาดอากาศในดินทำให้รากข้าวเน่าและเป็นอุปสรรคต่อการเจริญของรากทำให้รากเจริญอยู่ตื้นๆ แต่อย่างไรก็ตามการเคลื่อนตัวของอากาศที่ละลายในน้ำขึ้นอยู่กับความลึกและประเภทของดินชั้นบน

5) วิธีการใส่ปุ๋ย การคลุกปุ๋ยให้ผสมเข้ากับดินที่ไถพรวนอย่างดี ทำให้รากหยั่งลึกและแผ่กระจายไปดีกว่าดินที่ใส่ปุ๋ยโดยขาดการคลุกผสมลงสู่ด้านล่างของชั้นดินบน

2.1.3 ความสัมพันธ์ระหว่างรากกับผลผลิตข้าว

การศึกษาระบบรากข้าวในปัจจุบันนั้นเป็นการศึกษาเพื่อหาแนวทางการเพิ่มผลผลิตและปรับปรุงศักยภาพการผลิต (Kirk, 1994) ถ้าสามารถทำให้รากข้าวเจริญเติบโตได้อย่างดีแล้วก็จะส่งผลให้ผลผลิตข้าวเพิ่มขึ้น (Matsuo and Hoshikawa, 1993) การที่ต้นข้าวเจริญเติบโตในส่วนเหนือดินมากเท่าไรต้นข้าวก็ต้องการให้รากเจริญเติบโตในดินมากเท่านั้น แต่ปกติแล้วการเจริญเติบโตของรากไม่สามารถเจริญตามที่ต้นข้าวต้องการได้ เนื่องจากมีข้อจำกัดหลายปัจจัยดังที่กล่าวไว้แล้วข้างต้นได้มีการศึกษาวิจัยในเขตร้อนพบว่าถ้าสามารถเพิ่มความลึกของการเจริญเติบโตของรากข้าวให้มากขึ้นได้ จะมีผลทำให้ผลผลิตข้าวเพิ่มสูงขึ้น (วิโรจ อิ่มพิทักษ์, 2531) นอกจากนี้รากข้าวยังเกี่ยวข้องกับความอุดมสมบูรณ์ของดิน (Lynch, 1990)

ลักษณะของรากข้าวมีส่วนสำคัญอย่างมากต่อผลผลิตข้าว โดยสามารถสรุปได้ว่ารากข้าวที่ดีมีลักษณะดังนี้ (Matsuo and Hoshikawa, 1993)

1) มีจำนวนเส้นรากและความยาวรากมากกับมีการแผ่กระจายได้ดี
2) มีรากแขนง (lateral roots) และ รากขน (root hair) ที่มีการเจริญเติบโตดี
3) รากมีการเจริญในบริเวณผิวดินได้อย่างดีเยี่ยม
4) รากสามารถกระจายลงไปในดินชั้นล่างได้อย่างดี

แต่ในสภาพแวดล้อมที่มีการขาดแคลนน้ำโดยใช้พันธุ์ข้าวนาสวน 4 พันธุ์ ผลการศึกษาพบว่าความยาวและน้ำหนักแห้งของรากที่ระดับความลึกต่างๆแสดงความแตกต่างระหว่างพันธุ์ไม่เด่นชัด และไม่มีความสัมพันธ์ต่อการเจริญเติบโตทางลำต้นและการให้ผลผลิตข้าว (เกรียงไกร พันธุ์วรรณ์ และ สุพจน์ สัตยากุล, 2537)

2.2 ข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1

2.2.1 ความสำคัญของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1

การส่งออกข้าวคุณภาพดีเป็นทางเลือกที่ใช้ในการแข่งขันกับประเทศผู้ผลิตข้าว อาทิ เวียดนาม จีน อินโดนิเซีย ซึ่งต้นทุนการผลิตด้านแรงงานต่ำกว่าประเทศไทย ในขณะที่การส่งออก ข้าวหอมมะลิเป็นข้าวคุณภาพดีของไทย ได้รับความนิยมจากตลาดต่างประเทศ แต่ปริมาณการส่งออกข้าวหอมมะลิ ของไทย ยังไม่เพียงพอต่อความต้องการของตลาด

ข้าวขาวดอกมะลิ 105 เป็นข้าวคุณภาพดีที่มีแนวโน้มความต้องการของตลาดสูง แต่การผลิตมีปริมาณไม่เพียงพอเพราะข้าวขาวดอกมะลิ 105 ปลูกได้เฉพาะนาปีเพราะเป็นพันธุ์ข้าวที่ไวต่อช่วงแสง กรมวิชาการเกษตรจึงได้รับรองพันธุ์ข้าวพันธุ์ใหม่ คือ ข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 โดยได้จากการผสมพันธุ์ระหว่างสายพันธุ์ข้าว BKNA6-18-3-2 เป็นพันธุ์แม่ กับสายพันธุ์ PTT8506-86-3-2-1 เป็นสายพันธุ์พ่อ เริ่มดำเนินการผสมพันธุ์ที่ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานีเมื่อ ปี พ.ศ. 2533 (สถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร, 2544)

2.2.2 ลักษณะของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1

ข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 หรือสายพันธุ์ PTT90071-93-8-1-1 มีลักษณะเป็นข้าวเจ้าหอม ไม่ไวต่อช่วงแสง ปลูกได้ทั้งฤดูนาปีและนาปรัง อายุการเก็บเกี่ยวนาดำ 113-126 วัน นาหว่านน้ำตม 104-114 วัน ต้นสูงประมาณ 104-113 เซนติเมตร ทรงกอตั้ง ใบสีเขียวมีขน ใบแก่ช้า กาบใบและปล้องสีเขียว ใบธงยาว ตั้งตรงปานกลาง คอรวงสั้น รวงอยู่ใต้ใบธง เปลือกเมล็ดสีฟาง มีขน มีหาง กลีบรอบดอกสีฟาง เมล็ดข้าวเปลือกเฉลี่ย ยาว 10.52 มิลลิเมตร กว้าง 2.47 มิลลิเมตร และหนา 1.95 มิลลิเมตร เมล็ดข้าวกล้องเฉลี่ยยาว 7.60 มิลลิเมตร กว้าง 2.17 มิลลิเมตร และหนา 1.72 มิลลิเมตร ระยะพักตัวของเมล็ด 3-4 สัปดาห์ (ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี สถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร, 2543)

ลักษณะเด่นของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 คือเป็นข้าวที่ต้านทานเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล และเพลี้ยกระโดดหลังขาว ต้านทานต่อโรคขอบใบแห้ง และโรคไหม้ เป็นข้าวเจ้าหอม ไม่ไวต่อแสง คุณภาพเมล็ดคล้ายพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ105 ข้าวสุกนุ่มเหนียวมีกลิ่นหอม และให้ผลผลิตเฉลี่ย 650-774 กิโลกรัม/ไร่

ข้อควรระวังในการปลูก ข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ค่อนข้างไม่ต้านทานเพลี้ยจักจั่นสีเขียว โรคใบหงิก และโรคใบสีส้ม ไม่ควรใช้ปุ๋ยในอัตราสูงโดยเฉพาะปุ๋ยไนโตรเจน ถ้าใส่มากเกินไปทำให้ฟางอ่อนต้นข้าวล้มและผลผลิตลดลง (สถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร, 2544)

2.2.3 แหล่งปลูกข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1

พื้นที่ปลูกข้าวนาชลประทานภาคกลาง ข้าวนาชลประทาน (irrigated rice ecosystem) จัดอยู่ในระบบนิเวศน์การปลูกแบบข้าวนาสวน (lowland rice ecosystem) เป็นข้าวที่ปลูกในสภาพที่มีน้ำขัง มีการทำคันนาเพื่อกักเก็บน้ำ และมีการให้น้ำโดยระบบชลประทาน

2.3 ปุ๋ยหมัก

2.3.1 ความหมาย

ปุ๋ยหมัก (compost) หมายถึงปุ๋ยที่ได้มาจากการสลายตัวของอินทรียวัตถุโดยการกระทำของ จุลินทรีย์ ซึ่งเตรียมได้จากการนำเศษของวัสดุอินทรีย์หรือส่วนผสมของวัสดุอินทรีย์มากองสุมกัน รดน้ำให้ชื้นและปล่อยทิ้งไว้ให้เกิดการสลายตัวทางชีวภาพ อาจผสมปุ๋ยเคมีเข้าไปด้วยเพื่อช่วยให้ปุ๋ยหมักมีธาตุอาหารพืชเพิ่มขึ้นและยังช่วยให้อินทรียวัสดุสลายตัวได้เร็วขึ้นอีกด้วย (คณะกรรมการจัดทำปทานุกรมปฐพีวิทยา, 2541) ปุ๋ยหมักที่สามารถนำไปใช้ได้จะมีสีน้ำตาลปนดำ ยุ่ย ละเอียด ไม่มีกลิ่นเหม็น มีอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิภายนอกและมีพืชงอกและเจริญบนกองปุ๋ยหมัก (กรมพัฒนาที่ดิน, 2546) ทั้งนี้ปริมาณธาตุอาหารหลักในปุ๋ยหมักแต่ละชนิดจะสูงต่ำแตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดเศษซากของวัสดุอินทรีย์ที่นำมาใช้และกรรมวิธีในการหมัก

2.3.2 ความสำคัญและประโยชน์ของปุ๋ยหมัก

ในปัจจุบันการทำนา เกษตรกรส่วนใหญ่นิยมใช้แต่ปุ๋ยเคมีเนื่องจากสะดวกในการปฏิบัติ และสอดคล้องกับวิถีชีวิตในปัจจุบัน นอกจากนี้มีเกษตรกรบางส่วนถอนฟางข้าวรวมทั้งตอซังออกจากพื้นที่เพื่อนำไปเพาะเห็ดฟาง ดินนาสูญเสียอินทรียวัตถุไปโดยขาดการนำอินทรียวัตถุมาใส่ทดแทน ส่งผลให้โครงสร้างดินเสีย และความอุดมสมบูรณ์ลดลงในที่สุด

ในการเกษตรของประเทศไทยมีเศษพืชและมูลสัตว์เหลือทิ้งมากมาย การนำวัสดุเหลือทิ้งกลับมาใช้ประโยชน์ในการเพิ่มธาตุอาหาร และปรับปรุงบำรุงดินในรูปของปุ๋ยหมักมีความสำคัญมากเนื่องจากช่วยลดปัญหาความเสื่อมโทรมทางสภาพแวดล้อม และช่วยประหยัดต้นทุนทางการเกษตร (กลุ่มอินทรียวัตถุและวัสดุเหลือใช้, 2545)

ในดินที่เนื้อละเอียด อัดตัวกันแน่น เช่น ดินเหนียว ปุ๋ยหมักมีอินทรียสารซึ่งช่วยให้ดินมีสภาพร่วนซุยมากขึ้น ไม่อัดตัวกันแน่นทึบ ทำให้การระบายน้ำและการระบายอากาศดีขึ้น ส่งผลให้ดินมีความสามารถในการอุ้มน้ำ หรือดูดซับน้ำที่จะเป็นประโยชน์ต่อพืชไว้ได้มากขึ้น ทำให้รากพืชเจริญเติบโตได้อย่างรวดเร็ว แข็งแรง นอกจากนั้นปุ๋ยหมักยังเป็นแหล่งแร่ธาตุอาหารที่สามารถปลดปล่อยออกมาให้แก่ต้นพืชอย่างช้า ๆ และสม่ำเสมออีกด้วย (สมศักดิ์ วังใน, 2521) แต่การใส่ปุ๋ยหมักยังไม่ได้รับความสนใจเท่าที่ควรเนื่องจากเกษตรกรยังขาดความรู้ ความเข้าใจถึงประโยชน์และคุณค่า ในการทำปุ๋ยหมักอย่างถูกวิธีจึงไม่เห็นความสำคัญของปุ๋ยหมัก การทำปุ๋ยหมักต้องใช้แรงงานมากและต้องดูแลเอาใจใส่อยู่เสมอ นอกจากนั้นเวลานำไปใช้ในปริมาณมากและมักไม่เห็นผลอย่างชัดเจนในเวลาอันสั้นแต่จะเห็นผลในระยะยาว (ทิพวรรณ สิทธิรังสรรค์, 2547; ธงชัย มาลา, 2546; ประเสริฐ สองเมือง, 2543)

2.3.3 ฟางข้าว

ประเทศไทยมีปริมาณฟางข้าวเฉลี่ยประมาณ 25.45 ล้านตัน/ปี โดยพบว่าปริมาณฟางข้าวส่วนใหญ่ได้มาจากฟางข้าวนาปีมี 23,813,101 ตัน ในขณะที่ฟางข้าวจากนาปรังมี 1,641,287 ตัน (กลุ่มอินทรียวัตถุและวัสดุเหลือใช้, 2545) ซึ่งควรจะมีการนำกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่แทนการเผาทิ้งไป

ฟางข้าวมีองค์ประกอบของคาร์บอนประมาณ 45-50 เปอร์เซ็นต์ และมีไนโตรเจนประมาณ 0.5 เปอร์เซ็นต์ หรือมี C:N ratio เท่ากับ 90:1-100:1 จะเห็นได้ว่าฟางข้าวมีปริมาณไนโตรเจนน้อยมากเมื่อเทียบกับปริมารคาร์บอน ส่งผลให้ฟางข้าวเกิดการย่อยสลายได้ช้าเมื่อคลุกเคล้าลงไปในดิน และเกิดกระบวนการอิมโมบิไลเซชั่น (immobilization) โดยจุลินทรีย์ดึงเอาไนโตรเจนในดิน เช่น NH_4^+ หรือ NO_3^- ไปใช้ในการสร้างองค์ประกอบของเซลล์ ทำให้ไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในดินลดปริมาณลงจนอาจทำให้พืชเกิดการชะงักการเจริญเติบโตเนื่องจากขาดธาตุไนโตรเจนได้ แต่การเจริญเติบโตน่าจะดีขึ้นในระยะต่อมาเนื่องจากเซลล์จุลินทรีย์จะตายและย่อยสลายออกมา (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2544; ทัศนีย์ อัตตะนะนทน์, 2543)

นอกจากนั้นการไถกลบฟางข้าวโดยตรงอาจทำให้พืชที่ปลูกใหม่ แห้งตาย เนื่องจากการย่อยสลายในบริเวณใกล้เขตรากพืชมากเกิดความร้อนซึ่งเป็นอันตรายต่อพืช และในบางกรณีอาจมีเชื้อสาเหตุของโรคพืชอาศัยอยู่ซึ่งอาจจะเป็นอันตรายต่อพืช (ธงชัย มาลา, 2546) อีกทั้งการใส่ฟางข้าวจะช่วยให้ผลผลิตข้าวเพิ่มขึ้นน้อยกว่าการใส่ปุ๋ยหมักฟางข้าว (กรรณิกา นากลาง และคณะ, 2540) ดังนั้นการใส่ฟางข้าวลงในดินในรูปปุ๋ยหมักฟางข้าวจึงน่าจะเป็นทางเลือกดีกว่าการไถกลบฟางข้าว

โดยตรงเพราะสารประกอบต่างๆที่ก่อให้เกิดผลเสียต่อต้นข้าวจะสลายตัวหมด และโรคต่างๆที่ติดมากับฟางข้าวจะตายหมดในระหว่างการทำปุ๋ยหมักฟางข้าว (ทัศนีย์ อัตตะนันทน์, 2543)

2.3.4 ผลดีของปุ๋ยหมักฟางข้าวที่มีต่อดิน การเจริญเติบโตของต้นและราก และผลผลิตข้าว

ดินนาส่วนใหญ่เป็นดินที่มีเนื้อดินค่อนข้างเหนียว มีอนุภาคของดินที่เป็นดินเหนียวและทรายแป้งอยู่เป็นจำนวนมากซึ่งทำให้ดินมีคุณสมบัติในการขังน้ำได้ดี เมื่อดินนาอยู่ในสภาพขังน้ำสมบัติทางกายภาพจะเปลี่ยนไปจากเดิมที่อยู่ในสภาพที่แห้งแล้ง โดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้าดินถูกไถคราดให้เป็นตมหรือการทำเทือก (puddling) สมบัติทางกายภาพของดินก็จะยิ่งเปลี่ยนแปลงไปมากยิ่งขึ้น แต่จะเปลี่ยนแปลงไปมากน้อยสักแค่ไหนนั้น จะขึ้นอยู่กับสมบัติทางกายภาพเดิมของดิน อาทิเช่น ชนิดของเนื้อดิน ความพรุนของดิน เป็นต้น ดินนาเมื่อแห้งจะแข็งมาก ทั้งนี้เนื่องจากอนุภาคของดินโดยเฉพาะพวกทรายแป้งและดินเหนียวเมื่อแห้งลงจะอัดตัวกันแน่น อนุภาคของทรายแป้งและดินเหนียวมีลักษณะเป็นแผ่นที่แบนและบาง การตกตะกอนซ้อนทับกันในขณะที่ดินมีน้ำขังอยู่จะเป็นแบบเรียบซ้อนกันอย่างมีระเบียบในทางราบ ซึ่งทำให้สามารถอัดตัวกันแน่นที่สุดและเมื่อดินนานี้แห้งลง อนุภาคของดินเหล่านี้จะมีพื้นที่เกาะและประสานกันได้มากที่สุด ดังนั้นจึงมีผลทำให้ดินมีสภาพแข็งมากเมื่อแห้ง โดยเฉพาะอย่างยิ่งส่วนที่เป็นพื้นผิวของดิน ทำให้การไถและพรวนดินนาขณะแห้งอยู่นั้นกระทำได้ลำบากมาก (สรสิทธิ์ วัชโรทยาน, 2511; ทัศนีย์ อัตตะนันทน์, 2543)

โดยปกติแล้วดินที่มีความโปร่งสูงจะเป็นดินที่มีความหนาแน่นรวมของดินต่ำ กล่าวคือประมาณ 1.3 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร ถ้าความหนาแน่นรวมของดินสูงขึ้นแสดงว่าดินนั้นมีการอัดตัวแน่นมากขึ้นหรือโครงสร้างของดินได้ถูกทำลายมากขึ้น ดังนั้นดินที่ทำการเกษตรกรรมนานขึ้นโครงสร้างของดินก็จะถูกทำลายมากขึ้น จึงมีผลทำให้ค่าความหนาแน่นรวมของดินเพิ่มขึ้นและมีผลทำให้รากพืชเจริญเติบโตน้อยพืชจึงไม่เจริญเติบโตเท่าที่ควร (วิโรจ อิ่มพิทักษ์, 2531)

ปุ๋ยหมักฟางข้าวน่าจะสามารถนำมาปรับปรุงสมบัติทางกายภาพของดินได้แต่การใส่ปุ๋ยหมักฟางข้าวมักไม่เห็นผลเด่นชัดในเวลาอันสั้น แต่พบว่าการใส่ปุ๋ยหมักฟางข้าวติดต่อกัน 10 ปี ส่งผลให้ความแข็งของดิน (soil hardness) มีแนวโน้มลดลงค่อนข้างชัดเจน ซึ่งอาจกล่าวได้ว่าการใส่ปุ๋ยหมักฟางข้าวช่วยให้ดินรักษาความชื้นได้นานขึ้น (ประเสริฐ สองเมืองและคณะ, 2540) นอกจากนั้นการใช้ปุ๋ยหมักฟางข้าวทำให้เม็ดดินขนาด 0.25 มิลลิเมตรมีเปอร์เซ็นต์เพิ่มขึ้น ส่วนเม็ดดินที่มีขนาดเล็กกว่านั้นมีค่าลดลงแสดงให้เห็นว่าการใช้ปุ๋ยหมักฟางข้าวติดต่อกันทำให้ดินร่วนซุยดีขึ้น ส่งผลให้ระบบรากข้าวกระจายได้ดีขึ้น ต้นข้าวเจริญเติบโตได้ดี เพิ่มดัชนีพื้นที่ใบ (LAI) ทำให้ผลผลิตข้าวเพิ่มขึ้น (ประเสริฐ สองเมือง, 2543)

นอกจากปุ๋ยหมักฟางข้าวจะสามารถช่วยปรับปรุงสมบัติทางกายภาพของดินแล้ว ปุ๋ยหมักฟางข้าวยังช่วยเพิ่ม pH และปริมาณธาตุอาหาร การใส่ปุ๋ยหมักฟางข้าวร่วมกับปุ๋ยเคมีในดินเปรี้ยวจัดจะเพิ่มการเจริญเติบโต และผลผลิตเมล็ดข้าว ได้สูงกว่าการใส่ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว โดยข้าวที่ปลูกในดินเปรี้ยวจัดที่ได้รับการใส่ปุ๋ยหมักฟางข้าวร่วมกับปุ๋ยเคมีจะดูดดึงธาตุอาหาร (N,P,K) ขึ้นมาได้มากกว่าข้าวที่ปลูกโดยใช้ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว (จงรักษ์ จันทร์เจริญสุข และคณะ, 2535)

เมื่อดินมีความอุดมสมบูรณ์แล้วก็จะส่งผลไปถึงการเจริญเติบโตของราก Abe et al. (1995) ได้ทำการศึกษารากข้าวในชุดดินรังสิตกรดจัดในประเทศไทย พบว่าการใส่ปุ๋ยหมักฟางข้าวจะช่วยเพิ่มเปอร์เซ็นต์ของรากข้าวที่เจริญเติบโต (elongated root) คือรากที่มีความยาวมากกว่า 5 เซนติเมตร และทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น ส่วนการใส่ปุ๋ยเคมีช่วยเพิ่มเปอร์เซ็นต์ของรากข้าวที่หยุดการเจริญเติบโต (stunted root) คือรากที่มีความยาวน้อยกว่า 5 เซนติเมตร และทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับ Kawata and Soejima (1976) ทำการศึกษาในภาคเหนือในประเทศญี่ปุ่นพบว่าการใส่ปุ๋ยหมักฟางข้าวนอกจากจะช่วยเพิ่มรากผิวดินแล้วยังช่วยเพิ่มจำนวนรากในดินชั้นล่างมากกว่าการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว นอกจากนั้นระบบรากข้าวดีขึ้นมีความสัมพันธ์กับผลผลิตข้าวที่เพิ่มขึ้น (Yamzaki and Harada, 1982)

2.4 ดินเปรี้ยวจัด

ดินเปรี้ยวเป็นดินที่มีปัญหาชนิดหนึ่ง ซึ่งมีศักยภาพในการผลิตต่ำเมื่อเทียบกับดินทั่วๆไป โดยเป็นดินที่มีปัญหาทั้งทางเคมีและทางกายภาพ ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของพืช

2.4.1 ความหมายของดินเปรี้ยวจัด

ดินเปรี้ยวจัดหรือดินกรดกำมะถัน (acid sulfate soils) หมายถึงดินที่มีสารประกอบไพไรต์ (pyrite) เป็นจำนวนมาก ซึ่งเมื่อผ่านกระบวนการออกซิเดชั่นจะทำให้เกิดกรดกำมะถันและฤทธิ์ของความเป็นกรดมักจะรุนแรงพอที่จะเกิดอันตรายต่อพืชที่ปลูกได้ ดินชนิดนี้มักพบสารจาโรไซต์ (jarosite) ลักษณะสีเหลืองฟางข้าว ที่ชั้นใดชั้นหนึ่งในหน้าตัดดิน (คณะกรรมการจัดทำปทานุกรมปฐพีวิทยา, 2541)

2.4.2 การกำเนิดของดินเปรี้ยวจัด

การกำเนิดของดินเปรี้ยวจัดประกอบด้วย 2 ขบวนการที่สำคัญคือ

1. ขบวนการด้านธรณีวิทยา (geogenetic process)

บริเวณชายฝั่งทะเลซึ่งได้รับอิทธิพลจากน้ำทะเลรวมกับน้ำกร่อย ทำให้มีการตกตะกอนทับถมกัน เกิดเป็นพื้นที่ดินดอนสามเหลี่ยมปากแม่น้ำอนุภาคที่มาตกตะกอนทับถมกันได้แก่ ทราย ทรายแป้ง ดินเหนียว และรวมทั้งอินทรียวัตถุ เมื่อระยะเวลาผ่านไปชั้นของตะกอนก็จะเพิ่มความหนามากขึ้น ทำให้พื้นผิวด้านบนของตะกอนอยู่สูงขึ้น หรืออาจจะเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงทางธรณีสัณฐานของผิวโลก ทำให้พื้นที่ชายฝั่งทะเลที่เรียกว่าพื้นที่ชายเลนมีเพิ่มมากขึ้น จากการทับถมของตะกอนเป็นระยะเวลานาน ทำให้ผิวหน้าของตะกอนอยู่ไม่ต่ำจากระดับน้ำมากนัก นอกจากนี้พืชบางชนิดที่ขึ้นอยู่แถบพื้นที่ชายเลน เช่น พวกแสม โกงกาง เสม็ด และลำพูสามารถเจริญเติบโตบนตะกอนชายเลนนี้ได้ ต่อมาเมื่อพืชเหล่านี้ตายเน่าเปื่อยทับถมกัน ส่วนของเศษรากพืชเหล่านี้จะเป็นอาหารของพวกจุลินทรีย์ ซึ่งใช้อินทรียวัตถุเหล่านี้เป็นแหล่งให้พลังงานประกอบกับได้รับอิทธิพลจากน้ำทะเล ซึ่งเป็นแหล่งของซัลเฟตที่ละลายอยู่ในน้ำทะเล และถ้าออกซิเจนมีอยู่จำกัดหรือไม่มีเลยสารพวกคาร์บอเนตจะถูกกำจัดออกไปในรูปของไบคาร์บอเนต สารพวกไบคาร์บอเนตก็จะละลายน้ำสูญหายไปกับกระแสน้ำ ซึ่งสารพวกคาร์บอเนตจะถูกแยกตัวออกไปเนื่องจากได้รับอินทรียวัตถุจากพืชอย่างพอเพียงจึงเป็นการป้องกันการตกตะกอนของคาร์บอเนตทำให้มีการเกิดตะกอนของไพไรท์ (FeS_2) โดยปัจจัยของการสะสมแร่ไพไรท์ Pons และ Van Breemen (1981) ให้ไว้ดังนี้คือ

1) ต้องมีแหล่งของซัลเฟตที่มีให้อย่างต่อเนื่องในช่วงเวลาที่เหมาะสมในการเกิดไพไรท์จากน้ำทะเล

2) ต้องมีแร่เหล็กปรากฏอยู่ในตะกอนที่ทับถม

3) ต้องมีสารอินทรีย์ที่ใช้เป็นพลังงาน

4) ต้องมีแบคทีเรียที่สามารถรีดิวซ์ซัลเฟตได้อย่างพอเพียง

5) จะต้องมีสภาพขาดออกซิเจนในการเกิดสารประกอบซัลไฟต์

6) จะต้องมีอากาศที่ถ่ายเทได้อย่างจำกัดเพื่อการเกิดออกซิเดชั่นของพวกซัลไฟต์ทั้งหมดเป็นไดซัลไฟต์หรือซัลไฟต์ถูกออกซิไดส์เป็นธาตุซัลเฟอร์

การเกิดไพไรท์จากปัจจัยข้างต้นสามารถสรุปเป็นปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นเป็นดังนี้

$$Fe_2O_{3(s)} + 4SO_4^{2-}{}_{(aq)} + 8\,CH_2O + 1/2O_{2(g)} \longrightarrow 2FeS_{2(s)} + 8HCO_3^{-}{}_{(aq)} + 4H_2O_{(l)}$$

ปฏิกิริยานี้เป็นปฏิกิริยารวมที่ซัลเฟตเปลี่ยนเป็นซัลไฟด์และเปลี่ยนเป็นไดซัลไฟด์

2. ขบวนการเกิดขึ้นภายในดิน (pedological process)

ขบวนการเกิดดินเปรี้ยวจัดเริ่มเกิดขึ้นเมื่อขบวนการสร้างวัตถุต้นกำเนิดดินเปรี้ยวได้เสร็จสิ้นลง ภายหลังที่พื้นผิวดินแถบชายเลนได้มีการยกระดับสูงขึ้นมากพอที่จะทำให้ไม่ได้รับอิทธิพลโดยตรงจากน้ำทะเลซึ่งก่อนหน้านั้นเป็นต้นเหตุที่ทำให้เกิดสภาพขาดออกซิเจน การเปลี่ยนแปลงระดับสูงขึ้นของพื้นดินนี้อาจจะเกี่ยวข้องกับการลดลงของระดับน้ำทะเลหรือไม่ก็เกี่ยวข้องกับการที่มีตะกอนทับถมสูงขึ้นหรือเกิดจากการขยายตัวของพื้นที่ชายฝั่งทะเลเนื่องจากระดับของน้ำทะเลได้ถดถอยออกไปหรือจะเนื่องมาจากการยกตัวลอยขึ้นของหน้าดินก็ได้ (Van Breemen and Pons, 1978) ดังนั้นเมื่อหน้าดินมีการระบายน้ำที่ดีขึ้นประกอบกับมีการถ่ายเทหรือระบายอากาศในบางฤดูของปี ดินก็จะเริ่มมีการเปลี่ยนแปลงแร่ไพไรท์โดยจะถูกเติมออกซิเจน (oxidise) กลายเป็นเฟอร์ริคซัลเฟต ($Fe_2(SO_4)_3$) และ กรดกำมะถัน(H_2SO_4) ปฏิกิริยาออกซิเดชันและการเกิด Fe(III)oxide สามารถเขียนได้เป็นปฏิกิริยาดังนี้

$$FeS_2 + 15/4O_2 + 7/2\ H_2O \longrightarrow Fe(OH)_3 + 2SO_4^{2-} + 4H^+$$

ไพไรท์จะถูกออกซิไดส์โดย Fe (III) ที่ละลายได้

$$FeS_2 + 14Fe^{+3} + 8H_2O \longrightarrow 15Fe^{+2} + 16H^+ + 2SO_4^{2-}$$

สารประกอบที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน

Fe (II) ไฮโดรเจนและอนุมูลซัลเฟตที่ได้จากปฏิกิริยาออกซิเดชันจะทำปฏิกิริยาต่อไปแต่สารประกอบที่สำคัญที่เกิดขึ้นก็คือ

จาโรไซท์ (jarosite) เกิดขึ้นในสภาพที่เป็นกรด (pH 2-4) และสภาพที่มีออกซิเจน (Eh > 400 mv) จะเห็นสีเหลืองฟางแห้งของจาโรไซท์ ($KFe_3(SO_4)_2(OH)_6$) อย่างชัดเจน ในการจำแนกดินเปรี้ยวจะใช้ลักษณะของการมีสีเหลืองฟางแห้งของจาโรไซท์ประกอบกับค่า pH ของดิน

2.4.3 แหล่งดินเปรี้ยวจัดที่พบในประเทศไทย

กรมพัฒนาที่ดิน โดยความช่วยเหลือจากองค์การกองทุนพิเศษและองค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ (UNSF/FAO) ได้ทำการสำรวจลักษณะทางสัณฐานวิทยาการกำเนิด และศักยภาพทางการเกษตรของดินเปรี้ยว ตั้งแต่ปี พ.ศ.2507 และรายงานว่าดินเปรี้ยวจัดในประเทศไทยมีทั้งหมดประมาณ 1.5 ล้านเฮกตาร์ หรือ 9.425 ล้านไร่ ส่วนใหญ่แพร่กระจายอยู่อย่างหนาแน่นแถบบริเวณที่ราบลุ่มภาคกลางตอนใต้ บริเวณที่เป็นดินตะกอนน้ำกร่อยและตะกอนน้ำทะเลชายฝั่งทะเลตะวันออกของอ่าวไทย ซึ่งเป็นดินเปรี้ยวจัดครอบคลุมพื้นที่หลายจังหวัด ได้แก่ จังหวัดปทุมธานี นครนายก ปราจีนบุรี ฉะเชิงเทรา ชลบุรี สระบุรี พระนครศรีอยุธยา นครปฐม และ

สุพรรณบุรี เมื่อพิจารณาสภาพพื้นที่บริเวณจังหวัดต่าง ๆ เหล่านี้พบว่า เป็นที่ราบลุ่มน้ำขังอยู่ตลอดช่วงฤดูฝน สมบัติของดินเป็นดินเหนียวจัด จึงใช้เป็นพื้นที่ปลูกข้าว จากรายงานการสำรวจดินในพื้นที่ดินเปรี้ยวจัดพบว่า ประมาณ 35 เปอร์เซนต์ของพื้นที่เป็นดินเปรี้ยวจัดปานกลางถึงกรดจัดรุนแรง ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้บริเวณพื้นที่ดังกล่าวให้ผลผลิตข้าวต่ำ

ชุดดินรังสิตกรดจัด จัดอยู่ในกลุ่มดิน Sulfic Tropaquepts ; Very fine, mixed, acid, isohyperthermic (กรมพัฒนาที่ดิน, 2541) การแพร่กระจายของชุดดินรังสิตกรดจัดเป็นพื้นที่ทั้งหมดของประเทศไทยประมาณ 320,250 ไร่ พบในบริเวณพื้นที่ราบภาคกลางตอนใต้เป็นส่วนใหญ่ เกิดจากวัตถุต้นกำเนิดดินที่เป็นตะกอนน้ำกร่อย และตะกอนน้ำทะเล สภาพพื้นที่ราบเรียบถึงราบลุ่ม ความลาดเทน้อยกว่า 1 เปอร์เซ็นต์เป็นดินลึก การระบายน้ำได้ไม่ดี ลักษณะเนื้อดินบนเป็นดินเหนียว สีดำหรือสีเทาเข้มมาก มีจุดประเป็นสีน้ำตาลปนเหลือง ส่วนเนื้อดินล่างเป็นดินเหนียวสีน้ำตาล สีน้ำตาลปนเทา หรือน้ำตาลปนเทาเข้ม มีจุดประเป็นสีแดง สีเหลือง และสีเหลืองฟางข้าว ซึ่งจะพบที่ระยะ 50-100 เซนติเมตร แต่ภายใน 1 เมตร จากผิวดินบน ปฏิกิริยาดินเป็นกรดจัดมาก ค่า pH อยู่ระหว่าง 3.5 - 4.5

2.4.4 ปัญหาที่สำคัญบางประการของดินเปรี้ยวจัด

ปัญหาที่สำคัญของดินเปรี้ยวจัดมีอยู่หลายประการอาทิเช่น ความเป็นกรดจัดของดิน ความเป็นพิษของเหล็กและอลูมินัมที่ละลายออกมามาก และการขาดธาตุฟอสฟอรัสอย่างรุนแรง เนื่องจากฟอสฟอรัสถูกตรึงให้อยู่ในรูปที่พืชไม่สามารถดูดไปใช้ได้ แต่ในที่นี้จะนำเสนอเฉพาะปัญหาความเป็นกรดเป็นด่างของดิน และ ปัญหาการขาดธาตุฟอสฟอรัส

1) ปัญหาความเป็นกรดเป็นด่างของดิน

ปริมาณไฮโดรเจนอิออนที่มีความเข้มข้นสูง อาจเป็นพิษต่อพืชได้เนื่องจากพบว่าเมื่อรากพืชสัมผัสกับดินที่มี pH ต่ำเป็นเวลานาน โดยเฉพาะที่ pH 3.5 จะมีผลทำให้ข้าวไม่สามารถดูดธาตุอาหารโลหะหนักอิออนบวกได้ดี และความเป็นกรดของดินนี้มีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของธาตุอาหารพืชในดิน ทำให้ธาตุบางชนิดมีการละลายเพิ่มมากขึ้น หรืออาจลดปริมาณลงได้ (เจริญ เจริญจำรัสชีพ, 2541)

2) ปัญหาการขาดฟอสฟอรัส

ฟอสฟอรัสช่วยในการเจริญเติบโตของราก ส่งเสริมให้ข้าวออกดอกและสุกแก่เร็วขึ้น หรือตามอายุ ส่งเสริมให้เปอร์เซ็นต์เมล็ดดี คุณภาพเมล็ดดีสูงขึ้น ผลผลิตเพิ่มขึ้นและช่วยให้การงอกของเมล็ดดีขึ้น ถ้าข้าวขาดฟอสฟอรัสลำต้นจะแคระแกรน เจริญเติบโตช้า แตกกอ

น้อย ใบแคบ สั้น ตั้งตรง สีเขียวอมม่วง ข้าวบางพันธุ์จะมีจุดประสีม่วงอมแดงบนใบแก่ ส่วนใบอ่อนยังเขียวปกติ (De Datta, 1981)

ในดินกรดจัดพบว่าส่วนใหญ่จะมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืชน้อยมาก เนื่องจากมีปริมาณของเหล็กและอลูมินัมที่ละลายน้ำได้และแลกเปลี่ยนได้สูงทำให้เกิดการตกตะกอนของฟอสฟอรัสที่ละลายได้ให้อยู่ในรูปที่พืชใช้ประโยชน์ไม่ได้ ถ้าปลูกพืชโดยไม่มีการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัส พืชจะแสดงอาการขาดฟอสฟอรัสออกมาให้เห็นอย่างเด่นชัด อาการขาดธาตุฟอสฟอรัสของข้าวที่ปลูกในดินเปรี้ยวจัดจะสังเกตได้ง่ายคือ ข้าวจะมีใบเขียวเข้มและตั้งตรง การแตกกอลดลง ต้นเตี้ยแคระ ฟอสฟอรัสจึงเป็นธาตุที่จำเป็นอย่างยิ่งในการปลูกข้าว ช่วยให้ข้าวเจริญเติบโตได้ดีขึ้น และให้ผลผลิตสูงขึ้น (เจริญ เจริญจำรัสชีพ, 2541)

2.4.5 การจัดการดินเปรี้ยวจัดสำหรับการปลูกข้าว

เนื่องจากดินเปรี้ยวจัดมีข้อจำกัดที่สำคัญคือ ความเป็นกรดจัดของดิน ความเป็นพิษของธาตุบางชนิดที่ละลายออกมามาก และสภาพการขาดธาตุฟอสฟอรัส ดังนั้น การที่จะเพิ่มผลผลิตพืชที่ปลูกในดินเปรี้ยวจัดให้สูงขึ้น จะต้องปรับปรุงบำรุงดินให้เหมาะสมก่อน โดยใช้วิธีการต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

1. การใส่ปูน การใส่ปูนเป็นวิธีการจัดการดินเปรี้ยวจัดที่ง่าย สะดวก และเห็นผลรวดเร็ว สำหรับการปลูกข้าวในชุดดินรังสิตเปรี้ยวจัด กรมพัฒนาที่ดินได้แนะนำให้เกษตรกรในพื้นที่บริเวณดังกล่าว ใช้ปูนมาร์ลอัตรา 1-2 ตัน/ไร่ การใส่ปูนมีวัตถุประสงค์ เพื่อเพิ่มปริมาณแคลเซียมให้ดิน ลดความเป็นกรดของดิน ทำให้ pH ของดินเพิ่มสูงขึ้น ลดความเป็นพิษของเหล็กและอลูมินัมโดยการทำให้เกิดการตกตะกอน และช่วยเพิ่มความเป็นประโยชน์ของธาตุฟอสฟอรัสอีกด้วย การใส่ปูนเป็นการเพิ่มต้นทุนในการปลูกข้าวโดยต้องคำนึงถึงราคา และค่าขนส่งเป็นหลัก

2. การชะล้างกรดออกจากดิน เนื่องจากดินเปรี้ยวจัดเมื่อขังน้ำจะมีการสะสมเกลือที่ละลายน้ำได้ และมีอลูมินัมในปริมาณที่อาจจะเป็นพิษ ดังนั้น การชะล้างดินก็จะเป็นผลดีเพราะเป็นการล้างเอาสารพิษต่าง ๆ ออกไป (ทัศนีย์ อัตตะนะนทน์, 2543)

3. การขังน้ำทำให้ pH เพิ่มขึ้น เนื่องจากช่วยป้องกันปฏิกิริยาการเกิดกรดในดินที่มีระดับไพไรท์อยู่ตื้นส่งผลให้อลูมินัมและเหล็กที่เป็นพิษก็ลดลง ในกรณีของดินเปรี้ยวจัด การขังน้ำล่วงหน้า 5-6 สัปดาห์แล้วจึงปลูกข้าว จะหลีกเลี่ยงปัญหาของสารพิษต่าง ๆ ที่สะสมเมื่อดินมีการขังน้ำ ทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น (เจริญ เจริญจำรัสชีพ, 2541)

4. การใส่ปุ๋ยฟอสเฟต เนื่องจากการขาดธาตุฟอสฟอรัสเป็นปัญหาในดินเปรี้ยวจัด ดังนั้นการใส่ปุ๋ยฟอสเฟตจะช่วยเพิ่มความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัส การใช้ปุ๋ยฟอสเฟตหรือการเพิ่มปริมาณฟอสเฟตให้กับดินเปรี้ยวจัดจึงเป็นสิ่งที่จำเป็นอย่างยิ่งในการปลูกข้าว

2.5 เถ้าลอยลิกไนต์

กระบวนการผลิตกระแสไฟฟ้าโดยการเผาไหม้ถ่านหินก่อให้เกิดของเสียซึ่งสามารถจำแนกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ เถ้าลอย (fly ash, pulverized fuel ash, dry ash) เถ้าหนัก (bottom ash, wet ash) และเถ้าตะกรัน (slag ash) โดยเถ้าลอยที่เกิดจากการเผาไหม้ถ่านหินลิกไนต์ โดยถ่านหินลิกไนต์เมื่อถูกบดละเอียดและส่งเข้าไปในเตาเผาไหม้ที่มีอากาศเพียงพอ การเผาไหม้จะเกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ ความร้อนในการเผาจะช่วยให้ปฏิกิริยาทางเคมีเปลี่ยนแปลงสภาพของแร่ธาตุที่มีอยู่ให้เป็นแร่ธาตุในรูปของออกไซด์ของโลหะหลายชนิดที่ซับซ้อน เถ้าลิกไนต์ที่เหลืออยู่จะมี 2 สภาพคือ ส่วนที่เป็นเถ้าลอย (fly ash, pulverized fuel ash, dry ash) เป็นเถ้าที่ถูกแยกออกมาจากลมร้อนที่พัดออกไปสู่ปล่องควัน และถูกจับไว้ที่เครื่องดักฝุ่น (electrostatic precipitator) อีกส่วนหนึ่งจะเป็นเถ้าหนัก (bottom ash ,wet ash) เป็นเถ้าที่ได้จากการปะทะกันของอนุภาคเถ้าในบริเวณที่เกิดการสันดาป อุณหภูมิบริเวณนี้สูงพอที่จะหลอมเถ้าที่เป็นเม็ดหรือเป็นก้อนลงสู่ก้นเตา บางส่วนของเถ้าจะปะทะกับผนังเตาและหลอมติดกันรวมตัวกันเป็นก้อนขนาดใหญ่เรียกเถ้าตะกรัน (slag ash) เมื่อน้ำหนักรวมกันมากขึ้นก็จะหล่นลงสู่ก้นเตา (การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, 2539) เถ้าลอยลิกไนต์ (lignite fly ash) มีลักษณะเบา ลอยตัวสามารถฟุ้งกระจายไปในบรรยากาศระหว่างการเผาไหม้ อาจก่อให้เกิดผลกระทบต่อสภาวะแวดล้อมเป็นอย่างมาก โดยเฉพาะรอบตัวโรงงานหากไม่มีเครื่องดักจับฝุ่น (การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, 2541) แต่โดยทั่วไปในกระบวนการผลิตกระแสไฟฟ้าสามารถแยกเถ้าลอยลิกไนต์ซึ่งมีประมาณร้อยละ 75-85 ของเถ้าทั้งหมดที่เกิดขึ้น

อัตราการเกิดเถ้าลอยลิกไนต์จากกระบวนการผลิตกระแสไฟฟ้าขึ้นอยู่กับปริมาณถ่านหินลิกไนต์ที่นำมาเผาไหม้ ซึ่งมีประมาณร้อยละ 20 ของน้ำหนักถ่านหินที่เผา โดยแนวโน้มอัตราการเกิดเถ้าลอยลิกไนต์จะเพิ่มมากขึ้นตามปริมาณการใช้ถ่านหินลิกไนต์ สำหรับโรงไฟฟ้าแม่เมาะ จังหวัดลำปาง ใช้ถ่านหินลิกไนต์เป็นเชื้อเพลิงประมาณ 30,000-40,000 ตัน/วัน ในการผลิตกระแสไฟฟ้าก่อให้เกิดปริมาณของเสียจากกระบวนการเผาไหม้ประมาณ 6,000-9,000 ตัน/วัน โดยมีปริมาณเถ้าลอยลิกไนต์ถึงร้อยละ 80 ของปริมาณเถ้าทั้งหมด คิดเป็น 4,800-7,200 ตัน/วัน หรือประมาณ 2,400,000 ตัน/ปี (การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, 2539)

2.5.1 ลักษณะสมบัติและองค์ประกอบ

ลักษณะสมบัติทางกายภาพและองค์ประกอบทางเคมีของเถ้าลอยลิกไนต์แตกต่างกันตามกระบวนการเผาไหม้ เช่น การเผาไหม้น้ำมันเตาร่วมกับถ่านหิน หรือการเติมวัสดุบางประเภทเพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการเผาไหม้และลดการกัดกร่อน นอกจากนี้ยัง

ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิที่เผาถ่านหิน ความละเอียดของถ่านหินก่อนนำเข้าเตาเผา ชนิดของถ่านหิน (ชัย จาตุรพิทักษ์กุล, สุรเชษฐ จึงเกษมโชคชัย และวราภรณ์ คุณาวนากิจ, 2542) และระบบการดักจับเถ้า ทั้งนี้ยังรวมถึงประเภทของโรงผลิตกระแสไฟฟ้า แหล่งที่มาของเถ้าลอยลิกไนต์นั้นๆไม่ว่าจะเป็นชนิดของถ่านหินจากแหล่งที่มาแตกต่างกัน หรือแม้กระทั่งถ่านหินลิกไนต์ซึ่งขุดมาจากตำแหน่งที่ต่างกันในแหล่งที่มาเดียวกันก็ตาม ซึ่งในทางปฏิบัติถือว่าเป็นปัญหาต่อการนำเถ้าลอยลิกไนต์ไปใช้งาน เพราะก่อให้เกิดความยุ่งยากต่อการควบคุมคุณภาพ รวมถึงสมบัติต่าง ๆ ให้เป็นไปตามต้องการในลักษณะการใช้ประโยชน์

ลักษณะสมบัติทางกายภาพของเถ้าลอยลิกไนต์หลังจากการเผาไหม้ใหม่ ๆ จะมีสีเทาอมแดง เมื่อปล่อยให้เย็นลงจะมีสีเทาเข้มขึ้น เมื่อใช้กล้องจุลทัศน์อิเล็คตรอนที่มีกำลังขยาย 1,500 เท่า พบว่า รูปร่างของเถ้าลอยลิกไนต์ ส่วนใหญ่มีลักษณะค่อนข้างกลม (sub-round to round) หรือเกือบกลม และกลวง (อรวรรณ ศิริรัตน์พิริยะ, 2544)

การกระจายตัวของเถ้าลอยลิกไนต์ มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.49-870 ไมครอน เฉลี่ย 155 ไมครอน (อรวรรณ ศิริรัตน์พิริยะ, 2544) สามารถจำแนกเป็นขนาดทรายแป้ง (0.002-0.02 มิลลิเมตร) และขนาดดินเหนียว (น้อยกว่า 0.002 มิลลิเมตร) มีอยู่ประมาณร้อยละ 64 โดยน้ำหนัก ขนาดทรายละเอียด (0.02-0.2 มิลลิเมตร) ประมาณร้อยละ 20 ที่เหลือเป็นขนาดทรายหยาบปานกลาง และทรายหยาบ (0.2-2 มิลลิเมตร) จากการหาค่าความถ่วงจำเพาะของเถ้าลอยลิกไนต์พบว่ามีค่าอยู่ระหว่าง 2.23 - 2.48 (วิจิตรอัจฉรา สรรพกิจจำนง, ธนศักดิ์ ไฝ่กระโทก และบุญเลิศ พัดฉวี, 2536)

องค์ประกอบทางเคมีของเถ้าลอยลิกไนต์สามารถใช้เป็นแหล่งธาตุอาหารสำหรับต้นข้าวได้ เช่น 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 มี pH เท่ากับ 9-12 อีกทั้งยังมีปริมาณจุลธาตุอาหารรวมถึงธาตุเสริมประโยชน์พืชเช่น เหล็ก (Fe) แมงกานิส (Mn) ทองแดง (Cu) และสังกะสี (Zn) ในปริมาณ 7,800-289,000 ppm 31-4,400 ppm 30-3,020 ppm และ14-13,000 ppm ตามลำดับ นอกจากนี้ยังมีธาตุซิลิกอน (Si) อยู่มากถึง 196,000-271,000 ppm อีกด้วย (การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, 2541; อรวรรณ ศิริรัตน์พิริยะ, 2546; U.S.EPA., 1988) ธาตุส่วนใหญ่อยู่ในรูปสารประกอบของออกไซด์ของโลหะหลายชนิดที่ซับซ้อน เนื่องจากความร้อนในเตาเผาก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงปฏิกิริยาทางเคมี (วราภรณ์ คุณาวนากิจ, 2537)

2.5.2 ผลดีของการนำเถ้าลอยลิกไนต์มาใช้ประโยชน์ทางการเกษตร

การนำเถ้าลอยลิกไนต์ไปใช้ประโยชน์ทางการเกษตร (agricultural utillization) เป็นทางเลือกที่น่าสนใจศึกษาสำหรับประเทศไทย เนื่องจากประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม ประกอบกับกิจกรรมทางการเกษตรมีความต่อเนื่องของการใช้ประโยชน์ เช่นเดียวกับการเกิดขึ้นของเถ้าลอยลิกไนต์จากกระบวนการผลิตกระแสไฟฟ้า จึงน่าจะเป็นแนวทางในการจัดการเถ้าลอยลิกไนต์จากกระบวนการผลิตกระแสไฟฟ้าได้อย่างเหมาะสม และมีประสิทธิภาพ

2.5.2.1 การปรับปรุงลักษณะสมบัติทางกายภาพของดิน

สมบัติทางกายภาพของดินมีความสัมพันธ์กับการเจริญเติบโตของพืชมาก แต่มักจะมีความสัมพันธ์ในเชิงอ้อม เช่นการชอนไชของรากพืช การหายใจของรากพืชและการดูดซับน้ำของรากพืช จึงมีส่วนส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช (มุกดา สุขสวัสดิ์, 2544)

การเติมเถ้าลอยลิกไนต์ส่งผลต่อสมบัติทางกายภาพของดิน จากการทดลองในห้องปฏิบัติการ การเติมเถ้าลอยลิกไนต์ลงผสมในดินพบว่า ช่วยเพิ่มค่าการดูดยึดน้ำของดิน ลดความหนาแน่นรวมของดิน และลดค่าสัมประสิทธ์การแตกของดิน จากลักษณะทางกายภาพของดินดังกล่าวแสดงว่าเถ้าลอยลิกไนต์สามารถนำมาใช้ปรับปรุงสมบัติทางกายภาพของดินได้ แต่ในดินเหนียวทำให้ความหนาแน่นรวมเพิ่มขึ้น (Chang et al., 1977) ในขณะที่ทำการทดลองในภาคสนามโดยนำเถ้าลอยลิกไนต์ผสมกับดินที่ปลูกมะเขือเทศพบว่าช่วยเพิ่มธาตุอาหารให้กับดินและปรับปรุงสมบัติทางกายภาพทำให้เพิ่มค่าความพรุนและค่าการดูดยึดน้ำของดิน นอกจากนั้นยังช่วยให้รากมีความยาวเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับแปลงที่ไม่ได้เติมเถ้าลอย (Khan and Khan, 1996)

จากการแยกกลุ่มขนาดของอนุภาคของดิน (soil separates) พบว่าเถ้าลอยลิกไนต์ที่มีอนุภาคทรายแป้ง (0.002-0.02 มิลลิเมตร) และอนุภาคดินเหนียว (น้อยกว่า 0.002 มิลลิเมตร) ถึง 64 เปอร์เซ็นต์ (วิจิตรอัจฉรา สรรพกิจจำนง และคณะ, 2536) ทำให้มีผลต่อสมบัติทางกายภาพของดินหลายประการเช่น ความจุในการอุ้มน้ำ ความสามารถในการถ่ายเทอากาศ ความแข็งของดิน ซึ่งจะมีผลต่อการงอกของกล้า และการเติบโตของพืช (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2544) นอกจากนี้การเติมเถ้าลอยลิกไนต์ในปริมาณที่เหมาะสมลงในดินทราย และดินเหนียว สามารถปรับเปลี่ยนเนื้อดินให้กลายเป็นดินร่วนได้ (Capp, 1978)

การเติมเถ้าลอยลิกไนต์อัตรา 2 ตัน/ไร่ และปุ๋ยเคมี พบว่าเถ้าลอยลิกไนต์ได้แทรกตัวอยู่ในช่องว่างระหว่างเม็ดดินมีส่วนทำให้ปริมาณน้ำที่พืชใช้เป็นประโยชน์ได้ในดินที่ไม่เคยเติมเถ้าลอยลิกไนต์เพิ่มขึ้นจาก 2.62 เป็น 3.26 เปอร์เซ็นต์ สำหรับความหนาแน่นรวมของดินนา

หอสมุดกลาง สำนักงานวิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ลดลงเมื่อเติมเถ้าลอยลิกไนต์และเพิ่มขึ้นเมื่อเติมปุ๋ยเคมี โดยไม่เปลี่ยนแปลงเนื้อดินที่เป็นดินเหนียว (ดวงสรวง สกุลกลจักร, 2546)

2.5.2.2 การปรับปรุงสมบัติทางเคมีของดิน

เถ้าลอยลิกไนต์ (lignite fly ash) จัดเป็นวัสดุที่มีฤทธิ์เป็นด่างจัดมาก (very strongly alkaline) (pH = 9-12) แต่ไม่สามารถใช้เป็นปูนทางการเกษตร (agriculture lime) ได้เนื่องจากอำนาจในการทำให้เป็นกลาง (neutralizing value) ของเถ้าลอยลิกไนต์ต่ำมาก (อรวรรณ ศิริรัตน์พิริยะ, 2546) อย่างไรก็ตามเถ้าลอยลิกไนต์ก็สามารถใช้เป็นสารปรับปรุงบำรุงดิน (soil amendment) ได้เนื่องจากมีองค์ประกอบของธาตุอาหารหลัก ธาตุอาหารรอง และปริมาณจุลธาตุอาหาร(การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, 2541; อรวรรณ ศิริรัตน์พิริยะ, 2546; U.S.EPA. ,1988) เมื่อเติมเถ้าลอยลิกไนต์ในอัตรา 2 ตัน / ไร่ที่ระยะข้าวงอก ระยะข้าวแตกกอ และที่ระยะข้าวออกรวง ร่วมกับการเติมปุ๋ยเคมีส่งผลให้ผลผลิตข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับดินเดิมหรือการเติมปุ๋ยเคมีอย่างเดียว (อรวรรณ ศิริรัตน์พิริยะ และเจนจิรา พวงทับทิม, 2547)

การเติมเถ้าลอยลิกไนต์ในอัตรา 0.5, 1.0, 1.5 และ 2 ตัน/ไร่ตามลำดับ มีผลทำให้ผลผลิตเฉลี่ยของข้าวเปลือกเพิ่มขึ้นจาก 650 กก. /ไร่เป็น 775, 882, 911 และ 922 กก. /ไร่ ตามลำดับ ในหนึ่งฤดูปลูกข้าว (การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, 2541)

เนื่องจากเถ้าลอยลิกไนต์มีธาตุฟอสฟอรัสอยู่ 600 - 2,500 ppm และมีธาตุซิลิกอนอยู่มากถึง 196,000-271,000 ppm (การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, 2541; อรวรรณ ศิริรัตน์พิริยะ, 2546; U.S.EPA., 1988) ในพื้นที่ดินเปรี้ยว ดินมีปัญหาการขาดฟอสฟอรัสจากการตรึงฟอสเฟตของดิน ธาตุซิลิกอนมีส่วนช่วยปลดปล่อยฟอสเฟตที่ถูกตรึงในดินให้อยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์และมีความสามารถในการลดการดูดซับของฟอสเฟตก่อนที่ฟอสเฟตจะถูกดูดซับโดยดิน (รัตนชาติ ช่วยบุดดา, 2544; Hingston et al. , 1968) นอกจากนั้นยังช่วยเพิ่มความแข็งแรงให้แก่เซลล์พืช (ยงยุทธ โอสถสภา, 2546; Obihara และ Russell, 1972)

2.5.2.3 ความเสี่ยงของธาตุพิษจากเถ้าลอยลิกไนต์

ธาตุพิษ (toxic element) โดยทั่วไปมักจะหมายถึง ธาตุโลหะหนัก และธาตุอื่นซึ่งเป็นสารมลพิษในดิน ธาตุพิษเหล่านี้เป็นสารมลพิษได้เมื่อมีการปนเปื้อนสู่สภาพแวดล้อมสำหรับธาตุโลหะหนัก (heavy metals) หมายถึง ธาตุที่มีความถ่วงจำเพาะตั้งแต่ 5.0 ขึ้นไป ซึ่งเป็นธาตุในตารางธาตุที่มี atomic number ในช่วง23-92 อยู่ในคาบที่ 4-7 (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2544)

เถ้าลอยลิกไนต์ประกอบด้วย ปริมาณนิกเกิล แคดเมียม และอลูมิเนียมทั้งหมดเท่ากับ 31.25 0.069 และ 23,162.64 ppm และมีปริมาณที่พืชสามารถดูดดึงได้เท่ากับ 0.08 0.051 และ 0.68 ppm ตามลำดับ (อรวรรณ ศิริรัตน์พิริยะ และสิทธิพร เกตุวรสุนทร, 2547) เมื่อนำมาใช้ในอัตรา 0.5 ตัน/ไร่ ทำให้อลูมิเนียมในต้นข้าว (ฟางข้าว ข้าวสาร และแกลบ) เมื่อเติมปุ๋ยเคมีร่วมกับเถ้าลอยลิกไนต์มีปริมาณเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญแต่ไม่ทำให้เกิดความเป็นพิษต่อต้นข้าว ในขณะที่ปริมาณนิเกิลเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเฉพาะในฟางข้าวแต่ปริมาณที่ตรวจพบยังต่ำกว่าระดับความเป็นพิษในต้นข้าว ส่วนแคดเมียมนั้นมีปริมาณน้อยมากกล่าวคือน้อยกว่า 0.50 ppb ทั้งในฟางข้าว ข้าวสาร และแกลบ (อรวรรณ ศิริรัตน์พิริยะ และสิทธิพร เกตุวรสุนทร, 2547)

นอกจากนี้การเติมเถ้าลอยลิกไนต์ในอัตรา 2 ตัน/ไร่ ร่วมกับกากตะกอนน้ำเสียชุมชนอัตรา 0.5 ตัน/ไร่ พบว่า สารหนูในข้าวกล้องมีปริมาณต่ำกว่าเกณฑ์ที่ยอมให้บริโภคได้ สำหรับปริมาณแคดเมียมในข้าวกล้องพบว่ามีปริมาณน้อยมากจนไม่สามารถตรวจพบได้ (AAS Detection limit เท่ากับ 0.01 mg/kg) ซึ่งต่ำกว่าปริมาณที่ยอมให้บริโภคได้ (อรวรรณ ศิริรัตน์พิริยะ และวิไล พันธุ์จงหาญ, 2549)