บทที่ 2

ตรวจเอกสาร

2.1 ระบบการปลูกข้าว

2.1.1 นาสวน

ข้าวนาสวน (Lowland Rice) คือ ข้าวที่ปลูกในที่ราบต่ำมีระดับน้ำตั้งแต่ ๕-๑๐ ซม. จนถึง ๗๐-๘๐ ซม. ส่วนใหญ่ปลูกโดยวิธีปักดำ คือ หว่านหรือหยอดเมล็ดลงแปลงให้ต้นงอกเจริญพอควร เรียกว่า ต้นกล้าแล้วถอนเอาไปปักดำในแปลงนา หรืออาจปลูกโดยวิธีหว่านลงในนาโดยตรง ซึ่งเรียกว่า นาหว่านน้ำตม (วรวิทย์, 2525) ข้าวนาสวน มีปลูกกันเกือบทุกจังหวัดของประเทศไทยมีผลผลิตมากน้อยต่างกันตามชนิดของดิน ปริมาณฝน ลม แสงแดด และอุณหภูมิอากาศ ผลผลิตโดยเฉลี่ย ข้าวนาสวนต้นสูงไร่ละ ๓๐ ถัง ต้นเตี้ย ไร่ละ ๕๐ ถัง ข้าวนาสวนภาคเหนือและตะวันออกเฉียงเหนือ ปลูกและเก็บเกี่ยวระหว่างเดือนพฤษภาคมถึงพฤศจิกายน ภาคกลางระหว่างเดือนกรกฎาคม-สิงหาคม ภาคใต้ฝั่งตะวันตก กรกฎาคม-สิงหาคม ภาคใต้ ฝั่งตะวันออกระหว่างกันยายน ตุลาคมถึงกุมภาพันธ์ หรือต้นมีนาคม ข้าวนาสวนมีปลูกทุกภาคของประเทศไทย แบ่งออกเป็น ข้าวนาสวนนาน้ำฝน ข้าวที่ปลูกในฤดูนาปี และอาศัยน้ำฝนตามธรรมชาติ ไม่สามารถควบคุมระดับน้ำได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับ การกระจายตัวของฝน ประเทศไทยมีเนื้อที่ปลูกข้าวนาน้ำฝนประมาณ 70% ของเนื้อที่ปลูกข้าวทั้งหมด และข้าวนาสวนนาชลประทาน ข้าวที่ปลูกในที่สามารถควบคุมระดับน้ำได้ โดยอาศัยน้ำจากการชลประทาน ปลูกได้ตลอดทั้งปี ประเทศไทยมีเนื้อที่ปลูกข้าวนาชลประทาน 24% ของเนื้อที่ปลูกข้าวทั้งหมด และพื้นที่ส่วนใหญ่จะอยู่ในภาคกลาง

การปลูกข้าวนา เรียกว่า การปักดำ ซึ่งการปักดำนั้นจะกระทำเมื่อต้นกล้ามีอายุประมาณ 25-30 วัน จากการตกกล้าในดินเปียกหรือการตกกล้าในดินแห้ง ก็จะโตพอที่จะถอนเอาไปปักดำได้ สำหรับต้นกล้าที่ได้มาจากการตกกล้าแบบดาปก ในเมืองไทยยังไม่เคยปฏิบัติ คิดว่าจะต้องมีอายุประมาณ 20 วัน จึงเอาไปปักดำได้ เพราะต้นกล้าขนาด 10-14 วันนั้น อาจมีขนาดเล็กเกินไปที่จะใช้ปักดำในพื้นที่นา ขั้นแรกให้ถอนต้นกล้าขึ้นมาจากแปลงแล้วมัดรวมกันเป็นมัดๆ ถ้าต้นกล้าสูงมากก็ให้ตัดปลายใบทิ้ง สำหรับต้นกล้าที่ได้มาจากการตกกล้าในดินเปียก จะต้องสลัดเอาดินโคลนที่รากออกเสียด้วย แล้วเอาไปปักดำในพื้นที่นาที่ได้เตรียมไว้ พื้นที่นาที่ใช้ปักดำควรมีน้ำขังอยู่ประมาณ 5-10 เซนติเมตร เพราะต้นข้าวอาจถูกลมพัดจนพับลงได้ในเมื่อนานั้นไม่มีน้ำอยู่เลย ถ้าระดับน้ำในนานั้นลึกมาก ต้นข้าวที่ปักดำอาจจมน้ำในระยะแรก และทำให้ต้นข้าวจะต้องยืดต้นมากกว่าปกติจน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

มีผลให้แตกกอน้อย การปักดำที่จะให้ได้ผลผลิตสูง จะต้องปักดำให้เป็นแถวเป็นแนวและมีระยะห่างระหว่างกอมากพอสมควร โดยทั่วไปแล้วการปักดำมักใช้ต้นกล้าจำนวน 3-4 ต้นต่อกอ ระยะปลูกหรือปักดำ 25 x 25 เซนติเมตร ระหว่างกอและระหว่างแถวซึ่งวิธีการปลูกแบ่งออกได้เป็นสองตอน ตอนแรกได้แก่การตกกล้าในแปลงขนาดเล็ก และตอนที่สองได้แก่การถอนต้นกล้าเอาไปปักดำในนาผืนใหญ่ (ประพาส, 2523)

2.1.2 ข้าวไร่

ข้าวไร่ (Upland Rice) คือ ข้าวที่ปลูกในพื้นดินที่จัดเป็นไร่ (ไม่ใช่นา) ในประเทศไทยปลูกข้าวไร่กันทั่วไป ในภาคเหนือ ปลูกและเก็บเกี่ยวระหว่างเดือน เมษายน-ตุลาคม พื้นที่ปลูกสูงกว่าระดับน้ำทะเล ๓๐๐-๕๐๐ เมตร หรือ ๕๐๐-๑,๒๐๐ เมตร พันธุ์ข้าวไร่มีทั้งหมดประมาณ ๕๔๐ พันธุ์ ในภาคใต้นิยมปลูกแซมลงในสวนยางที่เริ่มปลูกปีแรกหรือปีที่สองที่ต้นยางยังไม่โตจนทึบ ปิดกั้นฝนและแสงอาทิตย์ ภาคกลาง ปลูกในจังหวัดราชบุรี กาญจนบุรี อุทัยธานี ฉะเชิงเทรา ระหว่างเดือนพฤษภาคมถึงพฤศจิกายน ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ปลูกกันในจังหวัดเลย

ข้าวไร่ ปลูกในหลายพื้นที่ของประเทศไทย ปลูกในพื้นที่ไม่มีน้ำขัง ปลูกได้ดีในสภาพไร่หรือที่สูง อายุการเก็บเกี่ยวประมาณ 140 – 150 วัน ปลูกได้ดีในสภาพทนแห้งได้ในระดับปานกลาง ฟื้นตัวจากการถูกกระทบได้เร็ว มีใบค่อนข้างยาวซึ่งคุมวัชพืชได้ดีพอใช้ ถ้าหากมีการปลูกในสภาพนาดำ การแตกกอจะลดลง สามารถปลูกในที่สูงกว่าระดับน้ำทะเลได้ประมาณ 1,000 เมตร แต่การแตกกอจะลดลงประมาณ 7 – 10 วัน ตามระดับความสูง การให้ผลผลิตที่ดีสุดจะอยู่ในระดับ 700 เมตร ลงมา ผลผลิตเฉลี่ย 250 – 266 กิโลกรัมต่อ ไร่ แต่เนื่องจากข้าวไร่เป็นข้าวที่ปลูกแบบใช้เมล็ดโดยตรง (Direct seed) และพื้นที่ปลูกแบบไม่มีน้ำขังทำให้มีปัญหาวัชพืชขึ้นหนาแน่น ประกอบกับมีการไถพรวน 2 ครั้ง ซึ่งนอกจากจะเป็นการปรับสภาพดินแล้ว ยังเป็นการการเปิดโอกาสให้เมล็ดวัชพืชที่อยู่ใต้ดินพลิกขึ้นมา และเกิดปัญหาวัชพืชได้ โดยผลผลิตข้าวไร่จะลดลง 85 เปอร์เซ็นต์ คือ ลดลงจาก 448 เป็น 96 กิโลกรัมต่อไร่ เมื่อไม่มีการกำจัดวัชพืชซึ่งมากกว่าการปลูกโดยวิธีอื่น เช่น 624 เป็น 462 กิโลกรัมต่อไร่ และลดลงจาก 656 เป็น 160 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ เมื่อมีการแข่งขันกับวัชพืช (ธวัชชัย, 2529) และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างวิธีการปลูกข้าวไร่พบว่า ข้าวไร่ที่มีการปลูกแบบโรยแถว และแบบหยอดหลุม จะทำให้ผลผลิตของข้าวไร่ลดลง 75 เปอร์เซ็นต์ และ 57 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Tiyawalee *et al*., 1981) สำหรับข้าวไร่นั้น De Datta and Beachell (1972) ได้ทำการทดลองที่ IRRI ฟิลิปปินส์ พบว่าบางปีข้าวที่ปลูกให้ผลผลิตสูงถึง 7 ตันต่อเฮกแตร์ แต่ขณะที่บางปีไม่สามารถจะเก็บเกี่ยวผลผลิตได้เลย ทั้งนี้เนื่องจากข้าวเกิดความเครียดน้ำ (water stress) ซึ่งเกิดมาจากการทิ้งช่วงของฝน 3 – 4 สัปดาห์ การขาดน้ำมีผลทำให้ความสูงของลำต้น จำนวนกอต่อพื้นที่ การสร้างน้ำหนักแห้งในข้าวลดลง ซึ่งเป็นผลทำให้ผลผลิตตกต่ำ หรือถ้าการขาดน้ำรุนแรง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

มากก็จะทำให้เก็บผลผลิตไม่ได้เลย Chang *et.al*., (1972) พบว่าอัตราการลดลงของความสูง จำนวนหน่อต่อกอ และการผลิตน้ำหนักแห้ง เมื่อข้าวไร่กระทบกับความเครียดน้ำจะแตกต่างกันไป ขึ้นอยู่กับพันธุ์ De Datta *et.al*., (1974) พบว่าลักษณะต่างๆ ของบรรดาพันธุ์ข้าวและสายพันธุ์ข้าวที่ทนทานต่อสภาพความแห้งแล้ง เช่น ความสูงและการแตกกอ ภายใต้สภาพที่ขาดน้ำจะแตกต่างไม่มากนักเมื่อเปรียบเทียบกับการปลูกภายใต้สภาพที่มีน้ำพอเพียงขณะที่พันธุ์ที่ไม่ทนทานต่อความแห้งแล้งนั้น ลักษณะทั้งสองจะลดลงอย่างเห็นได้ชัดเมื่อเจอสภาพที่ขาดแคลนน้ำ นักสรีระวิทยาทางพืชและนักพืชไร่ที่ IRRI ชี้แนะเพิ่มเติมว่าลักษณะของพันธุ์ข้าวไร่ที่มีความสูงไม่มากนักเป็นลักษณะที่เหมาะสมต่อสภาวะแห้งแล้ง

2.1.3 ข้าวแอโรบิก

ข้าวแอโรบิก (Aerobic Rice) เป็นระบบการผลิตข้าวที่ไม่จำเป็นต้องมีน้ำขัง แต่มีการให้น้ำชลประทานอย่างเพียงพอ ใช้พันธุ์ที่ตอบสนองต่อปัจจัยการผลิตดีและปรับตัวได้ดีในสภาพไม่มีน้ำขัง (Aerobic condition) (บุญรัตน์และคณะ, 2551) การปลูกข้าวแอโรบิกสามารถประหยัดน้ำและใช้น้ำน้อยกว่าการปลูกข้าวในสภาพปกติ (Tuong *et al*., 2005) ข้าวแอโรบิกมีการศึกษาและมีการปลูกกันมากในประเทศจีน บราซิล อินเดีย ออสเตรเลีย และบริเวณทิศตะวันออกเฉียงใต้ของทวีปเอเชียและแอฟริกา (Bouman *et al.,* 2006a; Humphreys *et al.,* 2005) ข้าวแอโรบิกปลูกในดินไม่ขังน้ำ แบบเดียวกับข้าวไร่ แตกต่างกันที่มีการดูแลรักษาแบบการเพาะปลูกสมัยใหม่ ให้น้ำเพิ่มเติมเมื่อขาดน้ำ ใส่ปุ๋ยเมื่อดินมีธาตุอาหารไม่พอเพียง ควบคุมกำจัดโรคแมลงศัตรูและวัชพืชเมื่อจำเป็น การปลูกข้าวโดยไม่ขังน้ำช่วยลด โลกร้อนด้วยการลดการปลดปล่อยก๊าซมีเทน ข้าวแอโรบิกสามารถปลูกได้ทั้งในนา ในสวน หากเป็นที่ดอนต้องแน่ใจว่ามีน้ำเสริมให้ได้ ในยามฝนทิ้งช่วง พื้นที่ที่มีวัชพืชสะสมมากๆ ควรจัดการกับวัชพืชเสียก่อน เพราะหากปลูกข้าวไปแล้วจะทำให้การกำจัดวัชพืชทำได้ยากขึ้น ถ้าปลูกถั่วคลุมแปลงไว้ตั้งแต่ต้นฝน ก็จะได้บำรุงดินและคุมวัชพืชไปด้วย เป็นเวลา 2-3 เดือนจนถึงเดือนกรกฎาคมที่จะปลูกข้าว มีถั่วปุ๋ยพืชสดให้เลือกหลายชนิด เช่น ไมยราบไร้หนาม ถั่วนิ้วนางแดงหรือถั่วมะแป้ของทางเหนือ ถั่วแปบหรือแปยี ถั่วพร้า ฯลฯ แล้วไถกลบหรือคุมด้วยสารกำจัดวัชพืชก่อนปลูกข้าวข้อได้เปรียบของข้าวแอโรบิก คือ ช่วยให้ประหยัดน้ำ อีกทั้งปลูกข้าวได้ในพื้นที่มากกว่า ปีไหนฝนดีข้าวแอโรบิกอาจต้องการน้ำชลประทานเสริมเพียง 1-2 ครั้ง แต่ในช่วงวิกฤติน้ำชลประทานอาจพอเพียงปลูกข้าวแอโรบิกได้ ถึง 5-10 ไร่ ในฤดูแล้งที่ฝนตกเพียงเล็กน้อยหรือแทบไม่มีฝนเลย น้ำที่ใช้ทำนาปรัง 1 ไร่ จะพอเพียงปลูกข้าวแอโรบิกได้ถึง 3-4 ไร่ (เบญจวรรณ, 2552)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การปลูกข้าวแอโรบิกนับว่ามีความเหมาะสมกับการเพาะปลูกสมัยใหม่เป็นอย่างยิ่ง โดยเฉพาะปัจจุบันที่มีการใช้เครื่องจักรตลอดทุกขั้นตอนของการดำเนินการ เช่น ในบางท้องที่ของภาคกลางและภาคเหนือตอนล่าง การปลูกข้าวแอโรบิกจึงน่าจะพัฒนาระบบการเพาะปลูกที่ประหยัดแรงงานและใช้เครื่องจักรได้มากขึ้น ในขณะเดียวกันเราต้องทำการศึกษาทางวิชาการพื้นฐานเรื่องการปรับตัวของพันธุ์ข้าวไทยที่หลากหลายต่อสภาพดินน้ำไม่ขังหรือดินน้ำขังไป พร้อมๆ กัน เพื่อสนับสนุนพัฒนาการของระบบการปลูกข้าวแอโรบิกประหยัดน้ำนี้ให้จะพอเพียงปลูกข้าวแอโรบิกได้ถึง 3-4 ไร่ จากการวิจัยร่วมมือระหว่างสถาบันวิจัยข้าวระหว่างชาติ (IRRI) กับสำนักวิจัยและพัฒนาข้าว โครงการวิจัยและพัฒนาพันธุ์ข้าวนาน้ำฝน ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ในโครงการวิจัยและพัฒนาข้าวนาน้ำฝนรวม 150 สายพันธุ์ ประเมินในสภาพนาน้ำฝนสภาพนาดอน นาชลประทาน สภาพแล้งระยะกล้าและระยะออกดอก พบว่า ชุดสายพันธุ์ Aerobic สามารถให้ผลผลิตได้ดี ทั้งในสภาพชลประทาน นาน้ำฝน และสภาพแล้ง เนื่องจากมีศักยภาพการให้ผลผลิตสูงกว่าชุดสายพันธุ์อื่น และพบความแตกต่างในการให้ผลผลิตในชุดของข้าว Aerobic ด้วย เทคโนโลยีการผลิตแบบ Aerobic คือการปลูกโดยเมล็ดข้าวแห้ง โรยเป็นแถว ระยะระหว่างแถว 40 ซม. เพื่อสะดวกในการกำจัดวัชพืชระหว่างแถว เปรียบเทียบกับการหว่านข้าวแห้งของเกษตรกร ในนาเกษตรกร ที่อำเภอพิมาย จังหวัดนครราชสีมา และอำเภอโพธิ์ชัย จังหวัดร้อยเอ็ด ในสภาพนาน้ำฝน และ อำเภอโกสุมพิสัย จังหวัดมหาสารคาม ในสภาพไร่ พบว่าการปลูกโดยเทคนิค aerobic rice ให้ผลผลิตสูงกว่า การหว่านของเกษตรกร เนื่องจากการงอกและการเจริญเติบโตที่สม่ำเสมอกว่า และสามารถกำจัดวัชพืชระหว่างร่องปลูกได้ (บุญรัตน์และคณะ, 2551)

2.2 การผลิตข้าวในสภาพแอโรบิก

2.2.1 ดินน้ำไม่ขัง (Non-waterlogged soil หรือ Aerobic soil)

ในสภาพน้ำไม่ขัง ที่มีน้ำพอดินชุ่ม จะไม่พบปัญหาการขาดออกซิเจนที่จะนำไปใช้ในการหายใจของรากและกิจกรรมของจุลินทรีย์ดิน แต่อาจพบปัญหาในเรื่องความเป็นกรดเป็นด่างของดิน ซึ่งจะมีผลต่อความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารและการเจริญเติบโตของพืช แม้ว่าสภาพดินกรดจะทำให้ธาตุอาหารบางอย่างอยู่ในสภาพที่เป็นประโยชน์ แต่ก็ทำให้อลูมินั่มละลายออกมาได้มากเช่นกัน ทำให้เกิดสภาพเป็นพิษของอลูมินั่ม ซึ่งเป็นสาเหตุหลักในการจำกัดผลผลิตของพืชในหลายพื้นที่ (Lambers, 1998) รากข้าวที่อยู่ในสภาพน้ำไม่ขังจะได้รับออกซิเจนอย่างพอเพียง แต่ถูกจำกัดในเรื่องน้ำและมีความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารลดลง (Ponnamperuma, 1975) เนื่องจากธาตุอาหารบางตัวไม่สามารถละลายออกมาอยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ได้ รวมทั้งการเคลื่อนย้ายธาตุอาหารสู่รากพืชโดยวิธี diffusion และ mass flow ก็ลดลง รากข้าวมีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างให้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สามารถหาน้ำและธาตุอาหารได้มากขึ้น โดยมีจำนวนรากลดลง แต่ความยาวรากเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับรากข้าวที่อยู่ในสภาพน้ำขัง เพื่อสามารถหยั่งลึกไปหาน้ำและธาตุอาหารได้ดีขึ้น (Colmer, 2003)

2.2.2 การเปลี่ยนแปลงทางเคมีและความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหาร

2.2.2.1 ความสำคัญของธาตุไนโตรเจนในการปลูกข้าว

Arnon and Stout 1939 ได้อธิบายถึงความสำคัญของธาตุอาหารที่จำเป็นไว้ว่า

1. ถ้าหากพืชขาดธาตุอาหารจะไม่สามารถเจริญเติบโต หรือมีชีวิตครบวงจรได้
2. ถ้าหากพืชขาดธาตุอาหารหลักหรือขาดธาตุอาหารที่ทำหน้าที่เฉพาะอย่างนี้แล้วจะไม่สามารถที่จะหาธาตุอื่นมาทดแทนได้
3. ธาตุอาหารที่จำเป็นนั้นจะเป็นองค์ประกอบหลักของเมตาโบไลท์ (Metabolite)

Nason and McElroy (1963); (1965); Bonds and O'Kelly (1969) ได้ให้ข้อปลีกย่อยเกี่ยวกับความจำเป็นของแร่ธาตุอาหารไว้ว่าเมื่อมีแร่ธาตุอาหารที่จำเป็นอยู่ไม่พอเพียง การทำหน้าที่นั้นอาจจะสามารถใช้แร่ธาตุชนิดอื่นทดแทนได้ ซึ่งจะช่วยทำให้สิ่งมีชีวิตบางกลุ่มสามารถที่จะดำรงชีพอยู่ได้ภายใต้สภาวะที่ขาดแคลน ไนโตรเจนเป็นธาตุที่มีความสำคัญเป็นอย่างยิ่งสำหรับพืชทุกชนิด มีความต้องการในปริมาณที่สูง เพื่อการเจริญเติบโตและสร้างผลผลิต ดินที่ใช้ในการเพาะปลูกโดยทั่วไปจะขาดธาตุไนโตรเจนหรือไม่เพียงพอแก่การเจริญเติบโตและการพัฒนาของพืช ดังนั้นการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนจึงเป็นสิ่งที่หลีกเลี่ยงไม่ได้ ถึงแม้ในอากาศจะมีไนโตรเจนในรูปของก๊าซ N_2 อยู่ถึงประมาณ 78% แต่ไนโตรเจนในรูปนี้พืชไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้โดยตรง การขาดธาตุไนโตรเจนจะจำกัดการแบ่งและขยายตัวของเซลล์พืชมีผลทำให้พืชเจริญเติบโตช้า แคระแกร็น ใบสีเหลือง (Chlorosis) เพราะการขาดไนโตรเจนมีผลไปยับยั้งการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์ เนื่องจากไนโตรเจนเป็นธาตุที่สามารถถูกเคลื่อนย้ายได้ในพืช ไนโตรเจนมีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของข้าวเป็นอย่างมาก และอัตราและวิธีการให้ปุ๋ยไนโตรเจนก็มีส่วนสัมพันธ์กับการดูดใช้และการให้ผลผลิตของข้าว (IRRI, 1970)

การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนมีผลทำให้ความหนาแน่นของรากข้าวสูงสุดที่ความลึก 0 – 20 ซม. จากผิวดินในระยะเริ่มสร้างรวงอ่อน (Panicle initiation) และออกรวง และ 0-10 ซม. ในระยะเก็บเกี่ยว ปุ๋ยไนโตรเจนยังมีผลต่อสัดส่วนระหว่างรากต่อยอด ที่ระยะออกดอกและเก็บเกี่ยว และยังพบว่าพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ให้ผลผลิตสูงสุด (นิวัฒน์และคณะ, 2536ก) ส่วนการสูญเสียของปุ๋ยไนโตรเจนนั้นพบว่าจะเกิดขึ้นในดินนามากกว่าดินที่ปลูกพืชไร่ทั่วไป (Sanchez, 1972; Reddy *et al*., 1976) ทั้งนี้เนื่องจากดินนามีการแบ่งชั้นที่ชัดเจนออกเป็น 2 ชั้น คือ ชั้นดินบนที่มีการ oxidized จะมีความหนาไม่กี่มิลลิเมตร จนถึง 2 ซม. หรือมากกว่า และชั้นดินล่างซึ่งเป็นชั้นดินที่ขาดออกซิเจน เรียกว่า ชั้นรีดิวซ์ หรือ anaerobic ซึ่งความแตกต่างของชั้นดินทั้งสองทำให้ดินมีการเปลี่ยนแปลงทั้งทางด้านเคมี ฟิสิกส์ และชีวเคมีมากมาย ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงในเรื่องเกี่ยวกับ pH

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

รีดอกซ์โพเทนเชียลหรือ (Eh) ชนิด ปริมาณรวมถึงกิจกรรมของจุลินทรีย์ดิน ทำให้ธาตุอาหารต่างๆ โดยเฉพาะไนโตรเจนมีการเปลี่ยนแปลงรูป การเปลี่ยนแปลงรูปในบางกระบวนการอาจทำให้เกิดผลดีกับข้าว แต่บางกระบวนการกลับทำให้เกิดผลลบกับข้าว จะเห็นได้ว่าพฤติกรรมต่างๆ ของไนโตรเจนในดินนาที่มีน้ำขังนั้นเป็นพฤติกรรมที่ก่อให้เกิดการสูญเสียได้ง่ายถ้าหากมีการจัดการที่ไม่เหมาะสม ดังนั้นจึงต้องมีการศึกษาให้เข้าใจเกี่ยวกับกระบวนการเปลี่ยนแปลงต่างๆ ในดินนา เพื่อจะได้นำข้อมูลที่ได้รับจากการศึกษามาปรับใช้เพื่อลดการสูญเสียไนโตรเจนให้มากที่สุด เพื่อจะได้มีประสิทธิภาพต่อข้าวมากที่สุด อันจะส่งผลให้ได้ผลผลิตสูงที่สุดตามความต้องการต่อไป (Pearsall and Mortimer, 1939)

ไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบในการสร้างโปรตีน เอนไซม์และเป็นองค์ประกอบที่สำคัญในการสร้าง คลอโรฟิลล์และวิตามิน ดังนั้นจึงส่งเสริมให้ใบพืชมีสีเขียวเข้ม ขยายพื้นที่ใบ ทำให้ประสิทธิภาพการสังเคราะห์แสงของใบสูงขึ้น เพิ่มจำนวนต้นต่อกอ เมื่อมีไนโตรเจนเพียงพอ ต้นและใบจะเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว (Matsushima *et al*., 1963 and Lamb, 1978) พืชแต่ละชนิดต้องการปริมาณปุ๋ยไนโตรเจนแตกต่างกันไปในการสร้างความเจริญเติบโตและเพิ่มผลผลิต โดยเฉพาะข้าวต้องการปุ๋ยไนโตรเจนเป็นปริมาณมากในระยะการเจริญเติบโตและจะต้องการน้อยลงหลังจากที่ออกดอกแล้ว การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในระยะแรกๆ พบว่าไนโตรเจนจะสะสมอยู่ในส่วนใบข้าวปริมาณสูง แต่ในระยะเก็บเกี่ยว พบว่า ไนโตรเจนจะสะสมอยู่ ในเมล็ดถึง 2 ใน 3 ของไนโตรเจนที่มีอยู่ทั้งหมด (ปรัชญา, 2541)

ข้าวที่ได้รับไนโตรเจนที่เหมาะสมจะทำให้มีการเจริญเติบโตดีและให้ผลผลิตสูง ในช่วงแรกของการเจริญเติบโตจะได้รับไนโตรเจนจากปุ๋ยรองพื้นและมีการดูดใช้ในการสร้างใบ ลำต้น ราก เพื่อเพิ่มพื้นที่ใบ จำนวนกอ และขนาดของกอให้มากขึ้น Murata (1982) รายงานว่า ธาตุไนโตรเจนมีผลต่อการเพิ่มพื้นที่ใบ จำนวนต้นต่อกอ จำนวนดอกต่อรวง และกิจกรรมในการสังเคราะห์ของข้าวสูงขึ้น De Datta (1981) กล่าวว่าไนโตรเจนจำเป็นสำหรับข้าวในระยะเริ่มแตกกอ (Tillering stage) จนถึงระยะแตกกอสูงสุด (Maximum tiller stage) ซึ่งในระยะนี้ข้าวหยุดการเจริญเติบโตทางลำต้น แต่มีการสะสมแป้ง มากขึ้นโดยไนโตรเจนมีบทบาทในการเพิ่มจำนวนดอกต่อรวงและเปอร์เซ็นต์ข้าวเต็มเมล็ด Murayama (1979) รายงานว่าในสภาพปกติข้าวจะดูดใช้ไนโตรเจน เพื่อการสร้างผลผลิตเมล็ดประมาณ 19 – 21 กก. ไนโตรเจนต่อตันข้าวเปลือก Yang *et al*., (1996) พบว่าข้าวจะให้ผลผลิตสูงสุดที่ระดับไนโตรเจน 225 กก. ไนโตรเจนต่อเฮกตาร์ (36 กก. ไนโตรเจนต่อไร่) นอกจากนั้น Carreres *et al*., (2000) พบว่าในดินเหนียวร่วน ผลผลิตข้าวเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มระดับปุ๋ยไนโตรเจนจาก 0 จนกระทั่งถึง 100 กก. ไนโตรเจนต่อเฮกตาร์ (16 กก. ไนโตรเจนต่อไร่) และการแบ่งใส่ปุ๋ยไนโตรเจนที่ระดับ 150 กก.ไนโตรเจนต่อเฮกตาร์ (24 กก. ไนโตรเจนต่อไร่) ในครั้งที่สองในระยะกำเนิดช่อดอกข้าว จะช่วยเพิ่มผลผลิต ซึ่งจากที่กล่าวมา

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ปริมาณไนโตรเจนที่ข้าวต้องการเพื่อให้ได้ผลผลิตที่เหมาะสมนั้นก็จะแตกต่างกันไป ขึ้นอยู่กับพันธุ์ข้าวที่ปลูก ชนิดของดิน ปริมาณวัชพืช และปัจจัยอื่นๆ (Sims, 1956) จากการศึกษาข้าว 3 พันธุ์ คือ พันธุ์ Kururai, Thaladi, Samba เมื่อให้ธาตุไนโตรเจน จะมีผลทำให้จำนวนรวงต่อตารางเมตรและผลผลิตเพิ่มขึ้น และเมื่อมีการเพิ่มอัตราปุ๋ยไนโตรเจน ผลผลิตก็จะเพิ่มขึ้นเช่นกัน (Kadasamy and Palaniappan, 1988)

2.2.2.2 การเปลี่ยนแปลงของไนโตรเจนในนาข้าว

1. การระเหยของแอมโมเนีย (Ammonia Volatilization)

การสูญเสียแอมโมเนียจะเกิดจากการใช้ปุ๋ยยูเรียมากกว่าแอมโมเนียซัลเฟต Mikkelsen *et al*., (1978) ยูเรียที่ใส่ลงไปบนผิวหนาดินจะถูกไฮโดรไลซ์ไปเป็นแอมโมเนียคาร์บอเนตที่ถูกย่อยสลายต่อไปเป็นแอมโมเนีย Mikkelsen and De Datta (1978) รายงานว่ามีการสูญเสียโดยการระเหยของแอมโมเนียสูงถึง 19.2% ไนโตรเจนเมื่อยูเรียถูกนำไปใช้ในการหว่านและถูกคุกเคล้าบนผิวหน้าหรือหว่านบนผิวหน้าดิน

2. การชะล้าง (Leaching) การชะล้างทำให้สูญเสียปุ๋ยไนโตรเจน

ไนโตรเจนที่ถูกชะล้างได้ง่ายคือไนโตรเจนในรูปยูเรียและไนเตรต เพราะเมื่อละลายน้ำแล้วไม่มีประจุไฟฟ้าและมีประจุเป็นลบตามลำดับ ปุ๋ยทั้ง 2 ชนิดจึงมีโอกาสสูญเสียได้มากเมื่อใส่ปุ๋ยแล้วฝนตกหนักทันทีหรือให้น้ำชลประทานมากเกินไป เมื่อยูเรียได้เปลี่ยนเป็นแอมโมเนียแล้วการชะล้างจะน้อยลงการสูญเสียไนเตรตจะเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของไนเตรตและปริมาณน้ำที่สูญเสีย (อำนาจ, 2525)

3. การสูญเสียไปกับน้ำไหลบ่า (Surface Runoff)

ข้อมูลเกี่ยวกับปริมาณธาตุอาหารที่สูญเสียไปกับน้ำไหลบ่าในสภาพดินนายังมีอยู่ค่อนข้างจำกัด Takamura *et al*., (1977) ได้ทำการศึกษาในประเทศญี่ปุ่นพบว่าการสูญเสียโดยวิธีนี้เกิดขึ้นตั้งแต่ 13 – 16% ของปริมาณไนโตรเจนที่ใส่ Singh *et al*., (1978) ได้ทำการศึกษาในประเทศฟิลิปปินส์และรายงานว่ามีการสูญเสียไนโตรเจนไปกับน้ำไหลบ่ามากกว่า 10% ของปริมาณไนโตรเจนที่ใส่ในนาข้าว

4. กระบวนการ Nitrification – Denitrification

ในการใช้ปุ๋ยเคมี Denitrification จะทำให้ไนโตรเจนในปุ๋ยสูญหายไปถึง 0 – 40% ของปริมาณไนโตรเจนในปุ๋ย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในนาน้ำขังจะพบว่าการสูญเสียไนโตรเจนจากปุ๋ยเคมีโดยกระบวนการ Denitrification จะไม่ต่ำกว่า 20 – 30% การถ่ายเทอากาศในดิน กระบวนการ Denitrification จะเกิดได้ดีเมื่อดินมีการถ่ายเทอากาศไม่ดี เช่น ดินที่ขังน้ำ ในสภาพน้ำขังดินจะขาดออกซิเจนอย่างรุนแรงโอกาสที่ไนเตรตในดินจะถูก denitrified จะมีมากและรวดเร็ว

5. กระบวนการ Mineralization

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

โดยเฉพาะการแปรสภาพของไนโตรเจนจากอินทรีย์ไนโตรเจนเป็นอนินทรีย์ไนโตรเจน (Mineralization) สำหรับการเกิด Mineralization ของอินทรียวัตถุในดินในสภาพน้ำขัง คือ กระบวนการสะสมแอมโมเนียในดิน Broadbent (1979) พบว่า อุณหภูมิของดิน ระดับความชื้นความเปียกและแห้ง ปริมาณอินทรียวัตถุในดิน แร่ดินเหนียวที่มีอยู่ในดินและอื่นๆ เป็นปัจจัยสำคัญในกระบวนการ Mineralization ของอินทรีย์ไนโตรเจน ปริมาณของไนโตรเจนที่ถูก Mineralization จากแหล่งอินทรีย์สารในช่วงระยะเวลาที่มีการปลูกข้าวในสภาพที่ขังน้ำ (lowland) จะมากกว่าในสภาพที่ไม่ขังน้ำ (upland)

2.2.3 การควบคุมวัชพืช

เนื่องจากวัชพืชเป็นพืชที่มีคุณสมบัติที่สามารถปรับตัวเองให้เข้ากับสภาพแวดล้อมต่างๆ ได้ทุกสภาพ ดังนั้นการเข้าไปป้องกันและกำจัดจึงทำได้ไม่ทั่วถึง การตัดสินใจเข้าไปควบคุมวัชพืชในแปลงพืชคือ เมื่อมีการสังเกตแล้วพบว่าประชากรวัชพืชมีจำนวนวิกฤต โดยคำนวณแล้วว่าผลเสียที่เกิดขึ้นจากวัชพืชดังกล่าวมีค่าสูงขึ้น และเมื่อเข้าไปควบคุมแล้วจะได้รับผลคุ้มค่า โดยแต่ละวัชพืชและแต่ละพืชปลูกก็จะมีความแตกต่างกัน (ธวัชชัย, 2529) กรรมวิธีในการกำจัดวัชพืชมีอยู่หลายวิธี ทั้งการใช้แรงงานสัตว์ การใช้เครื่องทุ่นแรง ใช้แทรกเตอร์ การใช้ศัตรูธรรมชาติซึ่งเป็นการควบคุมวัชพืชทางชีววิทยาโดยการใช้แมลงต่างๆ และโรคพืช การใช้แรงงานคนซึ่งถ้าเปรียบเทียบกับวิธีการอื่นอาจจะไม่ทันต่อเหตุการณ์แต่เป็นวิธีการที่ได้ผลดี และแน่นอน เหมาะกับพื้นที่ไม่มาก ค่าแรงถูกและหาง่าย และการใช้สารกำจัดวัชพืชซึ่งวิธีการนี้อาจทำความเสียหายกับพืชปลูกได้ แต่ก็เป็นวิธีที่เห็นผลชัดเจนและรวดเร็ว พบว่าในการกำจัดวัชพืชในแปลงข้าวพันธุ์ Samba โดยการถอนด้วยมือ ที่ระยะ 20 วัน และ 40 วันหลังข้าวงอกจะให้ผลผลิตสูงสุดเท่ากับ การกำจัดวัชพืชโดยการใช้สารกำจัดวัชพืช butachlor 160 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่ ร่วมกับการใช้มือถอนอีก 1 ครั้งที่ระยะ 40 วันหลังข้าวงอก โดยจะให้ผลผลิต 624 กิโลกรัมต่อไร่ ในขณะที่เมื่อไม่มีการกำจัดวัชพืชเลยจะได้ผลผลิต 512 กิโลกรัมต่อไร่ (Vijayaraghavan *et al*., 1988)

2.2.4 ประสิทธิภาพการใช้น้ำ

การศึกษาเกี่ยวกับการให้น้ำแก่พืชนั้น ส่วนมากจะประสบปัญหาในเรื่องการควบคุมปริมาณความชื้นในดิน ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา โดยจะมีการปรับระดับจากแหล่งที่มีความชื้นอยู่สูงไปยังที่ๆ มีความชื้นต่ำจนกระทั่งเกิดความสมดุลขึ้นมา และปัญหาดังกล่าว ได้มีการแก้ไขโดยสร้างแนวป้องกันการชื้นของน้ำในดิน ซึ่งวิธีดังกล่าวมีการลงทุนที่สูง Bauder *et al*., (1975) ได้ใช้วิธีการให้น้ำแบบระบบน้ำหยดมาใช้ในการศึกษาโดยมีข้อดีในเรื่องของการควบคุมระดับความชื้นในดินได้ แต่ข้อเสียคือต้องลงทุนสูง การติดตั้งยุ่งยากและหลังจากการใช้ได้ไม่นานมักจะประสบปัญหาเกี่ยวกับการอุดตันของหัวจ่ายน้ำ ในปี ค.ศ. 1976 Hanks *et al* ได้พัฒนาระบบของการให้น้ำแก่พืชที่เรียกว่า Line source sprinkler irrigation system ขึ้นมาเป็นครั้งแรก โดยการวางท่อสปริง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เกอร์ในแนวกลางแปลง ซึ่งระบบนี้มีข้อดีในด้านความสะดวกในการติดตั้งใช้พื้นที่น้อย และลดปัญหาเกี่ยวกับเรื่องของการควบคุมระดับน้ำ สำหรับวิธีการให้น้ำแบบนี้ต้องกระทำในเวลาที่ลมสงบและต้องจัดระดับการให้น้ำภายในแปลงเดียวกันให้มีความถี่ที่เท่าๆกัน

จากการทดลอง Garder *et al*., (1985) พบว่าพืชหลายชนิดสามารถทนแล้งได้ดี แต่มีประสิทธิภาพของการใช้น้ำต่ำที่จะปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้น้ำของพืชให้สูงขึ้นได้ ก็โดยที่ต้องมีการพัฒนาระบบรากให้มีประสิทธิภาพในการใช้น้ำในดินให้มากขึ้น เพื่อการสร้างผลผลิตที่สูงขึ้น

การให้น้ำแบ่งออกได้เป็น 3 วิธี คือ การให้น้ำทางผิวดิน การให้น้ำโดยซึมจากใต้ดิน และการให้น้ำแบบพ่นเหนือดิน การจะให้น้ำวิธีไหนนั้น ต้องคำนึงถึงระดับของผิวดิน ลักษณะของดินตลอดจนลักษณะแถวและค่าใช้จ่ายในการให้น้ำ

1. การให้น้ำทางผิวดิน เป็นวิธีการให้น้ำที่ใช้กันมาก่อนวิธีอื่นใดโดยปล่อยน้ำไปบนผิวดินที่เราปลูกพืชแบ่งออกเป็นแบบย่อยๆได้อีกคือ

1.1 ปล่อยท่วมแปลง เป็นการให้น้ำแบบปล่อยท่วมแปลงอาจปล่อยจากคลองโดยตรงหรือปล่อยจากคูย่อย บางทีแบ่งสวนออกเป็นตอนๆ และมีคันแบ่งพื้นที่เป็นผืนยาวๆ หรืออาจทำคันเฉพาะ 1 หรือ 2 ต้น

1.2 ปล่อยไปตามร่องคู เป็นการให้น้ำโดยจ่ายไปตามร่องคู คือ ปล่อยน้ำจากท่อใหญ่ให้ไหลไปตามร่องคูที่ทำไว้ระหว่างแถวพืชจำนวนร่องจะมีมากน้อยแล้วแต่ระยะระหว่างแถว ถ้าแถวห่างก็อาจทำร่องหลายๆร่อง ในสวนโดยทั่วไปนิยมใช้ท่ออะลูมิเนียมที่มีรูปิดเปิด แบบโยกย้าย

1.3 การให้น้ำแบบหยด เป็นการให้น้ำโดยผ่านทางท่อขนาดจิ๋ว (เส้นผ่าศูนย์กลาง 0.035 นิ้ว) หลักการก็มีอยู่ว่าน้ำจะถูกปล่อยออกจากถังซึ่งสามารถควบคุมระดับให้คงที่ได้น้ำจะผ่านมาตามท่อกลางแล้วแยกเข้าท่อที่มีขนาดเล็กลง และไปออกที่ท่อขนาดจิ๋ววิธีการให้น้ำแบบนี้ประหยัดน้ำได้มากและเป็นการใช้น้ำให้เกิดประโยชน์เต็มที่เพราะท่อขนาดจิ๋วจะอยู่บนผิวดินใกล้ๆโคนต้นไม้ เวลาน้ำไหลหยดลงมาก็เปียกเฉพาะบริเวณรากเท่านั้นต้นหนึ่งอาจใช้ท่อขนาดจิ๋ว 2 ท่อข้อเสียของการให้น้ำโดยวิธีนี้ก็คือ จะต้องมีระบบกรองน้ำที่มีประสิทธิภาพมิฉะนั้นแล้วท่อขนาดจิ๋วจะอุดตัน

2. การให้น้ำโดยซึมจากใต้ดิน เป็นการให้น้ำทางใต้ดินในระดับใดระดับหนึ่งที่เรากำหนดให้น้ำจะซึมสู่รากพืชได้สะดวกในการให้น้ำแบบนี้ดินสวนควรมีเนื้อดินสม่ำเสมอน้ำซึมผ่านง่ายและพื้นที่ใกล้เคียงควรได้ระดับ

3. การให้น้ำแบบพ่นเหนือดิน การให้น้ำเหนือดินอาจทำได้หลายอย่างด้วยกัน เช่น ใช้บัวรดน้ำแครง แต่ที่สำคัญ คือ การให้น้ำแบบฝนเทียม (sprinkling) คือ ฉีดเป็นฝอยคล้ายฝน คลุมเนื้อที่เป็นแห่งๆ ไป การให้น้ำแบบฝนเทียมมีส่วนประกอบที่สำคัญ คือ หัวพ่นน้ำ (sprinkler) ซึ่งเป็นตัว

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จ่ายน้ำแบ่งออกได้เป็น 3 แบบด้วยกันคือ

3.1 แบบที่มีหัวฉีดติดตายอยู่กับท่อน้ำหมุนไม่ได้ การติดหัวฉีดแบบนี้จึงควรเลือกขนาดที่พอดีและติดไว้ตามระยะต่างๆ ที่ต้องการ แบบนี้นิยมใช้กันมากในสถานเพาะชำ

3.2 แบบที่มีรูพ่นน้ำตามด้านข้างน้ำก็จะถูกฉีดออกตามรูพรุนเหล่านี้

3.3 แบบที่มีหัวหมุนได้รอบตัว และอาจตั้งให้ทำมุมเท่าใดก็ได้ นิยมใช้กันในสวนผลไม้ เพราะมีหลายขนาดสามารถเลือกได้ตามต้องการระบบการให้น้ำแบบฝนเทียมนี้ จะบังคับด้วแรงดันต่างกันตั้งแต่ 5 ปอนด์ต่อตารางนิ้วจนถึงมากกว่า 100 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ทั้งนี้แล้วแต่ขนาดของหัวพ่นน้ำและเนื้อที่ที่ต้องการให้น้ำ ตลอดจนระยะระหว่างหัวฉีด

2.2.5 ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิต

องค์ประกอบของผลผลิต (Yield components) โดยทั่วๆไปแล้วความสามารถในการให้ผลผลิตของพืช (yield capacity หรือ potential yield) เป็นผลลัพธ์มาจากองค์ประกอบของผลผลิตของพืชนั้น สามารถอธิบายดังนี้ ผลผลิต = ก x ข x ค x ง (เฉลิมพล, 2526)

เมื่อ ก ข ค และ ง คือ องค์ประกอบผลผลิตพืช ดังนั้นการที่พืชจะให้ผลผลิตสูงนั้น พืชจะต้องมีองค์ประกอบผลผลิตที่สูงด้วยและต้องมีความสมดุลกันในระหว่างองค์ประกอบของผลผลิตซึ่งองค์ประกอบผลผลิตเหล่านี้จะขึ้นอยู่กับพันธุกรรม สภาพแวดล้อม และการจัดการเกี่ยวกับการปลูกพืชนั้น การปรับปรุงพันธุ์ให้ผลผลิตของพืชสูงขึ้นต้องมุ่งไปที่ทุกองค์ประกอบควบคู่กัน

สำหรับองค์ประกอบของธัญพืชนั้น Murata (1971) อ้างโดย ทรงเชาว์, 2550 ได้เสนอความสามารถในการให้ผลผลิตของธัญพืช คือ

ผลผลิตของธัญพืช = จำนวนรวงต่อตารางเมตร x จำนวนเมล็ดดีต่อรวง x ขนาดของเมล็ด ซึ่งองค์ประกอบผลผลิตเหล่านี้จะถูกตัดสินว่าจะดีหรือไม่ในระยะเวลาแต่ละช่วงของการเจริญเติบโตในกรณีธัญพืชนี้หากต้องการเพิ่มผลผลิตก็สามารถทำได้โดย การเพิ่มจำรวนรวงต่อกอ เช่น การเพิ่มจำนวนเมล็ดต่อหลุมเข้าไปเวลาปลูก การให้ธาตุอาหาร หรือการเพิ่มจำนวนเมล็ดดีต่อรวง ก็สามารถทำได้โดยการดูแลรักษาเมล็ดให้ปลอดภัยจากโรคแมลง นก หนู ซึ่งอาจทำให้ผลผลิตลดลงได้ จะเห็นว่าการตรวจวัดองค์ประกอบผลผลิตจะมีประโยชน์ในแง่ของการชี้แนะว่าการที่ผลผลิตเปลี่ยนแปลงไปนั้น เนื่องมาจากสาเหตุใด ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในแง่ของการปรับปรุงต่อไป

ดัชนีเก็บเกี่ยว (Harvest index) หรือ Coefficient of economic yield คือ อัตราส่วนของน้ำหนักแห้งของส่วนที่เป็นผลผลิต เช่น เมล็ด หัว หรือฝัก ต่อน้ำหนักแห้งรวม (จักรี, 2539) พืชหลายชนิดที่ได้รับการปรับปรุงพันธุ์ให้มีผลผลิตสูงขึ้น เป็นผลมากจากการที่พืชชนิดนั้นมี HI สูงขึ้น หรือพืชที่มีผลผลิตสูงย่อมมี HI สูงด้วย พืชบางอย่างถูกปรับปรุงให้มีผลผลิตสูงขึ้น ด้วยการ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ปรับปรุงให้พืชนั้นมี HI ในขณะที่น้ำหนักแห้งของพืชนั้นยังคงเท่าเดิมพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูงมักจะเป็นพันธุ์ที่มีดัชนีเก็บเกี่ยวสูงและค่อนข้างคงที่ค่าดัชนีเก็บเกี่ยวไม่มีการเปลี่ยนแปลงมากเมื่อนำไปปลูกภายใต้สภาพแวดล้อมต่างๆ การที่มีค่าดัชนีเก็บเกี่ยวสูงถือว่าพืชมีประสิทธิภาพการถ่ายเทสารอาหารไปยังผลหรือเมล็ดได้ดี หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งคือผลผลิตของพืชนั้นมีการตอบสนองดีต่อการใส่ปัจจัยการผลิตดังนั้นการใส่ปัจจัยใดก็ตามที่มีผลทำให้มีการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบมากหรือมีการสะสมน้ำหนักแห้งมากก็จะส่งผลให้ผลผลิตมากขึ้นตามไปด้วย ซึ่งจะพบว่า พืชที่มีดัชนีเก็บเกี่ยวสูงมักจะมี ทรงพุ่มที่ดี มีรูปร่างและการจัดเรียงตัวของใบที่ดี และเอื้ออำนวยต่อการกระจายของแสงและรับแสง กล่าวคือ มีใบเรียว แคบ สั้น และตั้งตรง และต้นไม่สูงมากนัก ซึ่งจะส่งผลให้มีอัตราการสังเคราะห์แสงสูง เช่น ข้าวพันธุ์ IR8 และ กข เป็นต้น (เฉลิมพล, 2535)

2.3. คุณภาพพิเศษข้าว และข้าวหอมมะลิไทย

2.3.1 พันธุ์ข้าว

ประเทศในแต่ละประเทศจะมีข้าวหอมแทบทุกประเทศ พันธุ์ข้าวหอมที่มีชื่อเสียงและได้รับความนิยมในตลาดโลกมี 2 พันธุ์ พันธุ์แรก คือ ข้าวบาสมาติ ซึ่งเป็นข้าวหอมของประเทศ อินเดียและปากีสถาน เป็นข้าวหอมที่มีลักษณะพิเศษ คือ มีเมล็ดเรียวยาว เมล็ดยาวกว่าพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 นอกจากจะมีกลิ่นหอมแล้ว ข้าวสุกร่วน นิ่ม มีรสชาติดี เป็นที่นิยมของประชากรในประเทศแถบตะวันออกกลางและพันธุ์ที่ 2 คือ ข้าวขาวดอกมะลิ 105 หรือข้าวหอมมะลิไทย ซึ่งเป็นข้าวที่มีรสชาติดี ข้าวที่หุงหรือนึ่งเมื่อสุกจะนุ่ม เหนียว และมีกลิ่นหอม เป็นที่นิยมของประชากรในประเทศแถบเอเชีย ตะวันออกกลางและอเมริกา พันธุ์ข้าวหอมที่มีชื่อเสียงของประเทศอื่นๆ ได้แก่ พันธ์ Malagkit Sungsong, Azucena และ Milagrosa ของประเทศฟิลิปปินส์ พันธุ์ Seratus Malam ของอินโดนีเซีย พันธุ์ Hieri ของญี่ปุ่น พันธุ์ Goolarah ของออสเตรเลีย และพันธุ์ Della ของอเมริกา มีกลิ่นหอมคล้ายกลิ่นของข้าวโพดคั่วและรสชาติดี

ในประเทศไทยได้มีการปลูกข้าวหอมในทุกภาคของประเทศและมีพันธุ์ข้าวหอมมากมายหลาย สายพันธุ์ ข้าวหอมไทยที่ผลิตในประเทศไทยปัจจุบันมี 4 สายพันธุ์ คือ พันธุ์ข้าวหอมไวต่อช่วงแสง ได้แก่ พันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105และ กข15 และพันธุ์ข้าวหอมไม่ไวต่อช่วงแสง ได้แก่ พันธุ์ข้าวเจ้าหอมคลองหลวงและพันธุ์ข้าวเจ้าหอมสุพรรณบุรี แต่ข้าวหอมของไทยที่มีชื่อเสียงเป็นที่นิยมของผู้บริโภคทั้งในตลาดโลกและตลาดภายในประเทศ คือ พันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 หรือต่างประเทศรู้จักในชื่อ Jasmine riceนอกจากนี้ยังพบว่าปริมาณความต้องการข้าวหอมมะลิในตลาดภายในประเทศและต่างประเทศมีเพิ่มมากขึ้นทุกปี (อนันต์, 2541)

ประเทศไทยเป็นแหล่งปลูกข้าวเพื่อการค้าและการส่งออกที่สำคัญของโลกแต่ปัจจุบันมีประเทศผู้ผลิตข้าวส่งออกเพิ่มมากขึ้น และขายข้าวในราคาที่ต่ำกว่าราคาของประเทศไทย เนื่องจากมี

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ต้นทุนการผลิตที่ต่ำกว่า ดังนั้นการผลิตข้าวไทยที่จะแข่งขันกับข้าวอื่นในตลาดโลกจึงต้องเน้นในเรื่องของคุณภาพการขัดสี และการหุงต้มดีเยี่ยม มีกลิ่นหอม ซึ่งเป็นที่นิยมอย่างแพร่หลายของผู้บริโภคทั้งหลายในต่างประเทศ

"ข้าวหอมมะลิ" เป็นข้าวเจ้าที่มีคุณภาพแตกต่างจาก "ข้าวขาว" ทั่วไปของไทย กล่าวคือ เมื่อหุงต้มเป็นข้าวสวยจะได้ข้าวสุกนุ่ม เหนียวและมีกลิ่นหอม ดังนั้น ข้าวหอมมะลิ จึงได้รับความนิยมทั้งในหมู่คนไทยและต่างประเทศ ในระหว่างปี พ.ศ. 2535 – 2540 ประเทศไทยสามารถส่งออกข้าวปีละ 4.8 – 60 ล้านตัน ทั้งนี้ มีส่วนแบ่งเป็น "ข้าวหอมมะลิ" 1.06 – 1.45 ล้านตัน หรือเป็นร้อยละ 20.8 - 27.4 ของปริมาณข้าวส่งออกรวม "ข้าวหอมมะลิ" ของไทยนี้ ความนิยมที่แพร่หลายทำให้ผู้ประกอบการผลิตข้าวในต่างประเทศพยายามที่จะปรับปรุงพันธุ์ให้มีคุณภาพใกล้เคียงกับข้าว Jasmine ของไทย ทั้งนี้มีการระบุว่า ข้าวหอมมะลิต้องมีเมล็ดยาว มีความยาวของเมล็ดที่ไม่มีส่วนใดหักโดยเฉลี่ยไม่ต่ำกว่า 7.0 มิลลิเมตร และมีอัตราส่วนความยาว ต่อความกว้างของเมล็ดไม่น้อยกว่า 3.0 ทางด้านคุณสมบัติทางเคมี มีปริมาณอมิโลส 12 – 19 % ที่ความชื้น 14% และมีการแบ่งข้าวหอมมะลิออกเป็น 3 ชั้น คือ ชั้นดีเลิศ (Prime quality) อาจมีข้าวพันธุ์อื่นปนไม่เกิน 10% ชั้นดีพิเศษ (Superb quality) มีข้าวพันธุ์อื่นปนไม่เกิน 20% และชั้นดี (Primium quality) มีข้าวพันธุ์อื่นปนไม่เกิน 30% การหาปริมาณข้าวอื่นปนใช้วิธีการหาค่าการสลายเมล็ดในด่าง KOH 1.7% เนื่องจากเป็นที่ทราบกันทั่วไปว่า พันธุ์ข้าวที่นิยมนำมาผสมได้แก่พันธุ์ กข23 และ ชัยนาท 1 ซึ่งเมล็ดข้าวมีค่าการสลายในด่างแตกต่างจากพันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105 และ กข15 (งามชื่น, 2541)

พันธุ์ข้าวหอมสมัยใหม่ในปัจจุบันที่มีลักษณะทางคุณภาพคล้ายพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 คือ ข้าวเจ้าพันธุ์ปทุมธานี1 เป็นสายพันธุ์ข้าวที่ได้จากการผสมพันธุ์ระหว่างสายพันธุ์ข้าว BKNA6-18-3-2 (พันธุ์แม่) กับ สายพันธุ์ PTT8506-86-3-2-1 ที่ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี เมื่อฤดูนาปรังปี พ.ศ. 2533 และกรมวิชาการเกษตรพิจารณาให้เป็นพันธุ์รับรองโดยใช้ พันธุ์ปทุมธานี 1 ตั้งแต่ปี 2543 ซึ่งข้าวพันธุ์นี้มีลักษณะเด่น คือ 1) เป็นข้าวเจ้าหอมไม่ไวต่อช่วงแสง 2) คุณภาพเมล็ดคล้ายพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ข้าวสุกนุ่มเหนียว มีกลิ่นหอม 3) ต้านทานเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลและเพลี้ยกระโดดหลังขาว 4) ต้านทานโรคไหม้และโรคขอบใบแห้ง 5) ให้ผลผลิตเฉลี่ย 650-774 กิโลกรัมต่อไร่ และมีลักษณะประจำพันธุ์ คือ เป็นข้าวเจ้าหอมไม่ไวต่อช่วงแสงปลูกได้ทั้งฤดูนาปีและฤดูนาปรัง อายุการเก็บเกี่ยวนาดำ 113-126 วัน นาหว่านน้ำตม 104-114 วัน ต้นสูงประมาณ 104-113 เซนติเมตร ทรงกอตั้ง ใบสีเขียวมีขน ใบแก่ช้า กาบใบและปล้องสีเขียว ใบธงยาว ตั้งตรงปานกลาง คอรวงสั้นรวงอยู่ใต้ใบธง เปลือกเมล็ดสีฟาง มีขน มีหาง กลีบรองดอกสีฟาง และเมล็ดข้าวเปลือกเฉลี่ยยาว 10.52 มิลลิเมตร กว้าง 2.47 มิลลิเมตร และหนา 1.95 มิลลิเมตร ข้อควรระวังในการปลูกข้าวพันธุ์นี้ คือ ไม่ต้านทานเพลี้ยจักจั่นสีเขียว โรคใบหงิก และโรคใบสีส้มและไม่ควรใส่ปุ๋ยอัตราสูง โดยเฉพาะปุ๋ยไนโตรเจน ถ้าใส่มากเกินไปทำให้ฟางอ่อนต้นข้าวล้มและผลผลิตลดลง (เอกสงวน, 2543)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.3.2 สภาพแวดล้อมการจัดการกับคุณภาพเมล็ด

2.3.2.1 ความหอม

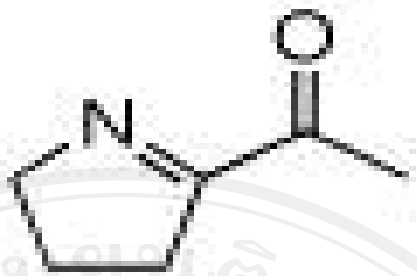
ประเทศไทยได้รับการยกย่องว่าเป็นแหล่งผลิตข้าวคุณภาพดีมีกลิ่นหอมแห่งหนึ่งของโลก ทั้งนี้เพราะข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 เป็นข้าวที่ผู้บริโภคทั่วในประเทศและต่างประเทศต่างชื่นชมในคุณสมบัติจำเพาะ ได้แก่ การมีกลิ่นหอมและมีเนื้อแป้งที่มีค่าอมิโลสต่ำ ทำให้ข้าวชนิดนี้มีทั้งความหอมและความนุ่มเมื่อหุงสุกแล้ว แตกต่างไปจากข้าวเจ้าชนิดอื่นๆ จากการศึกษาอิทธิพลของเวลาปลูกต่อคุณภาพความหอมของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่ปลูกในช่วงเดือน มิถุนายน 2531-10 มกราคม 2532 ที่สถานีทดลองข้าวสุพรรณบุรี พบว่า ข้าวยังคงมีกลิ่นหอม แม้ว่าข้าวที่ปลูกในระหว่างวันที่ 10 ธันวาคม และ 10 มกราคม 2532 ซึ่งเก็บเกี่ยววันที่ 5 มีนาคม และ 10 เมษายน 2532 มีโปรตีนในเมล็ดสูงกว่าข้าวที่ปลูกในช่วงอื่น ทั้งนี้มีผลให้ข้าวมีคะแนนกลิ่นหอม ความเหนียว ความเลื่อมมัน และความนุ่มน้อยลงเล็กน้อย เมื่อเปรียบเทียบกับข้าวที่ปลูกก่อนหน้านั้น (งามชื่นและสุนันทา, 2536) การรักษากลิ่นหอม เป็นที่ทราบกันไปว่ากลิ่นหอมของข้าวจะลดลงเมื่อเป็นข้าวเก่า เนื่องจากสารระเหยหอมค่อยๆระเหยหายไป ปัจจัยที่ส่งเสริมให้กลิ่นหอมเสื่อมเร็วคือ ความร้อนและความชื้น ความร้อนจะช่วยส่งเสริมการระเหยของสารหอม แต่สำหรับความชื้นจะทำให้ข้าวเกิดกลิ่นเหม็นสาบ เพื่อชะลอการสูญหายของกลิ่มหอม จึงควรเก็บข้าวหอมในสภาพข้าวเปลือกและข้าวสารในห้องเย็น 15 องศาเซลเซียส จะช่วยรักษาคุณภาพข้าวสุกได้ใกล้เคียงกับข้าวใหม่แม้จะเก็บนานถึง 10 เดือน (ไพฑูรย์, 2539)

ความหอมของข้าวเป็นลักษณะทางคุณภาพ (qualitative trait) ที่สำคัญซึ่งขึ้นอยู่กับพันธุกรรม สภาพแวดล้อม และการจัดการ (Singh, 2000) การศึกษาอิทธิพลของวันปลูกและปุ๋ยเคมีที่มีผลต่อความหอมของข้าวขาวดอกมะลิ 105 โดยปลูกข้าวในกระถางบรรจุดินเหนียวที่มีความเป็นกรดด่างของดิน pH ระหว่าง 4.9-5.8 มีกรรมวิธีในการทดลองทั้งใส่และไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนพบว่าความหอมของข้าวไม่แตกต่างกัน ต่อมาได้ศึกษาเพิ่มเติมพบว่า การใช้ปุ๋ยในอัตราต่างๆ ตั้งแต่ไม่ใส่ปุยไนโตรเจนจนถึงใส่อัตราสูงสุด 10 กิโลกรัมต่อไร่ ไม่มีความแตกต่างของความหอมของเมล็ดข้าวหุงสุกโดยวิธีการดม จากการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราต่างๆ (ประเทศและคณะ, 2532)

สารให้ความหอมของข้าว

สารหอม 2-AP มีลักษณะโครงสร้างทางเคมีเป็นสารประกอบในกลุ่ม pyrrole คือวงแหวน 5 เหลี่ยมที่มีไนโตรเจนอยู่ในวง มีพันธะคู่ (C=N) และมีหมู่ acetyl เกาะอยู่กับคาร์บอน ในตำแหน่งที่ 2 ของวงมีสูตรโมเลกุลคือ C_6H_9NO มีมวลโมเลกุลเท่ากับ 111.143 สารหอม 2AP เป็นของเหลวใส ไม่มีสี และเนื่องจากเป็นสารประกอบไนโตรเจนทำให้สารนี้มีคุณสมบัติเป็นเบสเล็กน้อย นอกจากนี้ยังเป็นสารที่ระเหยง่ายและไม่ค่อยเสถียร

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 2.1 โครงสร้างทางเคมีของสารหอม 2-AP (2-acetyl-1-pyrroline)
ที่มา: http://www.pherobase.com/database/kovats/kovats-detail-2-acetyl-1-prroline.php.

Buttery and Ling (1982) รายงานการค้นพบ สารให้กลิ่นหอมในเมล็ดข้าวเป็นครั้งแรก 2-acetyl-1-pyrroline (2AP) เป็นสารหลักที่ให้ความหอมในข้าว โดยกลิ่นหอมใกล้เคียงที่สุดกับกลิ่นของข้าวสุก และมีกลิ่นหอมเหมือข้าวโพดคั่ว ซึ่งพบในข้าวพันธุ์หอมและไม่หอมบางพันธุ์ในปริมาณต่างกัน กรดอะมิโนโพรลีน (proline) เป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์สารหอม 2AP ดังนั้นเมื่อเกิดปฏิกิริยาเคมีต่อโพรลีนจะทำให้โพรลีนเปลี่ยนเป็นสาร 2AP ได้ Mahatheeranont *et al.,* (2001) ได้ศึกษาสารระเหยในสารสกัดของข้าวกล้อง พันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 พบว่าสารระเหยมากกว่า 140 ชนิด เป็นองค์ประกอบของสารสกัดที่มีกลิ่นหอมที่ได้จากการสกัดข้าวกล้องพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 โดยวิธีการสกัดไอน้ำและตัวทำละลายในสภาพความดันต่ำและได้พัฒนาวิธีการวิเคราะห์ปริมาณสาร 2AP ในข้าวหุงไม่สุก โดยใช้การสกัดด้วยสารละลายกรด และตามด้วยตัวทำละลายอินทรีย์ซึ่งเป็นวิธีการสกัดที่ไม่ใช้ความร้อนก่อนที่จะวิเคราะห์ด้วยเทคนิค gas chromatograph(GC) Yoshihashi *et al*., (2002) มีการปรับปรุงเทคนิคการตรวจสอบหาสารหอม 2AP ในข้าวกล้องขาวดอกมะลิ 105 โดยวิธีการสกัดด้วยสารละลายกรดและทำการสกัดต่อด้วยตัวทำละลายอินทรีย์ หลังจากนั้นทำการวิเคราะห์หาปริมาณด้วยเทคนิคแก๊สโครมาโทกราฟี โดยใช้ตัวตรวจวัด คือ เฟลมไอออไนเซชั่น และใช้คอลัมน์แบบ capillary ที่มี phase เป็น CP-wax 51 ซึ่งวิธีนี้สามารถตรวจวัดหาสารหอม 2AP ได้ไวและให้ขีดจำกัดของการตรวจวัดที่สามารถใช้ปริมาณตัวอย่างข้าวเพียง 0.5 กรัม (Mahatheeranont *et al.,* 2001) งามชื่น (2536) ได้ดัดแปลงการตรวจสอบหากลิ่นหอมของเมล็ดข้าวจากการใส่สารระลายด่าง KOH มาเป็นใส่เกลือ (NaCl) เข้มข้น 10 % บริบูรณ์และคณะ (2537) นำเมล็ดพันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105 จากแหล่งผลิต 2 แห่ง คือ ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานีและสถานีทดลองข้าวสุรินทร์มาปลูกทดลองข้าวที่ปลูกโดยไม่ใส่ปุ๋ยที่สถานีทดลองข้าวอุบลราชธานีและพิมาย มีความหอมของเมล็ดข้าวกล้อง ข้าวสารและข้าวสุกใกล้เคียงกัน และพบว่าข้าวที่ปลูกในสถานีทดลองที่สุรินทร์ที่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน อัตรา 3 กิโลกรัมต่อไร่ มีความหอมของข้าวสารแตกต่างกับข้าวที่ไม่ใส่ปุ๋ย Yoshihashi *et*

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

al., (2004) ได้ศึกษาพื้นที่ปลูกข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่มีสารหอม 2AP ในภูมิภาคต่างๆ ของประเทศไทย พบว่า ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ในเขตทุ่งกุลาร้องไห้จัดเป็นพื้นที่ปลูกข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 แหล่งใหญ่ที่สุดของประเทศ โดยพื้นที่ดังกล่าวจะอาศัยน้ำฝนเป็นหลัก ซึ่งข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่ปลูกจะได้คุณภาพดี รวมทั้งมีคุณภาพความหอมที่ชัดเจน โดยมีปริมาณของสารหอม 2AP ในเมล็ดข้าวค่อนข้างสูง Levitt (1980) รายงานว่า ปริมาณสารโพรลีนของข้าวที่อยู่ในสภาวะแห้งแล้งเนื่องจากฝนทิ้งช่วงมีปริมาณเพิ่มสูง ซึ่งสูงกว่าในสภาพที่ให้น้ำพอเพียงสารโพรลีนเป็นกรดอะมิโนชนิดหนึ่งที่พืชสร้างขึ้นในสภาวะเครียดในข้าวและธัญพืช โพรลีนสามารถใช้เป็นดัชนีชี้ถึงการจัดการน้ำและการปรับปรุงพันธุ์แล้งได้ (Bates *et al*., 1973) การวิเคราะห์เชิงปริมาณของสารหอมในพันธุ์ข้าวหอมและพันธุ์ข้าวไม่หอม โดยใช้วิธีการสกัดด้วยไอน้ำและตัวทำละลายอินทรีย์แบบต่อเนื่อง และวิเคราะห์ด้วยเทคนิคก๊าซลิควิดโครมาโต กราฟี พบว่า ข้าวหอมที่ยังไม่ได้ขัดสีจะมีปริมาณ 2AP อยู่ในช่วง 0.1-0.2 ppm และในข้าวที่ขัดสีแล้วจะมีปริมาณ 0.04 - 0.09 ppm. แต่ข้าวที่ไม่หอมจะมีปริมาณน้อยมากคือ 0.006 – 0.008 ppm. (Buttery *et al.,* 1986)

ในเอเชียตะวันออกกลาง ข้าวแอโรบิกจัดว่าเป็นข้าวที่มีการยอมรับในด้านคุณภาพและยังมีราคาที่สูงกว่าข้าวที่ปลูกในสภาพปกติ (Dela Cruz and Khush, 2000) คนทั่วไปจะรู้จักข้าวแอโรบิกค่อนข้างน้อย (Juliano, 1989) ข้าวแอโรบิกจะมีความหลากหลายในด้านความหอมที่มีสารประกอบมากกว่า 114 ชนิด Yoshihashi *et al.,* (2002) รายงานว่า สารหอม 2AP ไม่ได้เกิดขึ้นในระหว่างการหุงต้มหรือการแปรรูปข้าวหอมหลังการเก็บเกี่ยว แต่การสังเคราะห์สารกลิ่นหอม 2AP เกิดขึ้นภายในต้นข้าวระหว่างการปลูก (Butterly *et al*., 1983a) โดยลักษณะความหอมของข้าวแอโรบิกนั้นถูกควบคุมด้วยลักษณะพันธุกรรม (Singh *et al*., 2000) ความหอมของข้าวเป็นลักษณะที่ถ่ายทอดทางพันธุกรรมแต่การแสดงออกจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อม และการจัดการ เช่น อุณหภูมิ (Juliano, 1970) ลักษณะของดิน (Bocchi, 1997) ชนิดของปุ๋ย (Suwanarit *et al*., 1996, 1997) รวมถึงระยะเวลาในการปลูก (Canellas *et al*., 1997) ระยะเวลาในการเก็บเกี่ยว สภาพแวดล้อมหลังการเก็บเกี่ยวและการเก็บรักษา (Rohilla *et al*., 2000)

2.3.2.2 คุณภาพการสี

คุณภาพการสี เป็นคุณภาพทางกายภาพอย่างหนึ่งที่กำหนดราคาข้าว การสีข้าวเริ่มต้นด้วยการนำเมล็ดข้าวเปลือกมาเข้าเครื่องกะเทาะแบบ Satake แยกส่วนที่เรียกว่าข้าวกล้อง (brown rice) ออกจากเปลือกหุ้ม หรือแกลบ (hull) และขัดสีเยื่อหุ้มส่วนผิวข้าวกล้องจนได้ ข้าวสาร (milled rice) ที่มีความยาวเมล็ดแตกต่างกัน เนื่องจากการแตกหักระหว่างการสี เมื่อนำข้าวสารที่ได้ไปคัดแยกโดยแบ่งออกเป็นข้าวเมล็ดเต็มและข้าวหักที่มีขนาดแตกต่างกัน คุณภาพการสีข้าวประกอบด้วย 2 ส่วน ด้วยกันคือ ปริมาณผลผลิตข้าวสาร (milling rice) ซึ่งเป็นสัดส่วนโดยน้ำหนักระหว่างข้าวสารทั้งหมดต่อน้ำหนักข้าวเปลือกที่นำไปสี และเปอร์เซ็นต์ต้นข้าว (head rice) ซึ่งหมายถึงอัตราส่วน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

โดยน้ำหนักของข้าวสารเต็มเมล็ด หรือข้าวสารที่หักส่วนปลายแต่ยังเหลือความยาวเมล็ดตามมาตรฐานที่กำหนดต่อน้ำหนักข้าวเปลือกที่นำไปสี (IRRI, 1992) มาตรฐานข้าวไทย พ.ศ. 2541 กำหนดสัดส่วนของเมล็ดข้าวเป็น 10 ส่วน โดยข้าวเต็มเมล็ดคือข้าวที่มีส่วนของเมล็ดเต็มทั้ง 10 ส่วน ต้นข้าว (head rice) หมายถึง ข้าวที่มีส่วนของเมล็ด 8 – 9.9 ส่วน ข้าวหักใหญ่ คือ ข้าวที่มีส่วนของเมล็ด 5 – 7.9 ส่วน ข้าวหักเล็ก คือ ข้าวที่มีส่วนของเมล็ด 2.5 – 4.9 ส่วน และปลายข้าว คือ ข้าวที่มีส่วนของเมล็ดเล็กกว่า 2.5 ส่วน คุณภาพการสีของข้าวประเมินได้จากปริมาณข้าวเต็มเมล็ด (whole grain) และต้นข้าว (head rice) ข้าวที่มีคุณภาพการสีดี เป็นข้าวที่เมื่อผ่านกระบวนการขัดสีแล้วได้ปริมาณข้าวเต็มเมล็ดและต้นข้าวสูง มีปริมาณข้าวหัก (broken rice) น้อย ดังนั้น เปอร์เซ็นต์ต้นข้าวจึงมีบทบาทมากในการกำหนดราคา Efferson (1985) รายงานว่า ราคาข้าวสารที่มีการแตกหักน้อยมีราคาสูงกว่าข้าวที่มีการแตกหักประมาณ 25% โดยจากราคาที่แตกต่างกันนี้ คุณภาพการสีหรือเปอร์เซ็นต์ต้นข้าวจึงเป็นตัวแปรสำคัญที่มีผลต่อราคาข้าวโดยตรง โดยคุณภาพการสีของข้าวจะพิจารณาจากเปอร์เซ็นต์ข้าวสารเต็มเมล็ด และเปอร์เซ็นต์ต้นข้าว 40 – 50% คุณภาพการสีอยู่ในระดับดี มากกว่า 50% คุณภาพการสีอยู่ในระดับดีมาก (ประสูติและคณะ, 2539) ในการค้าข้าวได้แบ่งราคาข้าวออกเป็น 3 กลุ่ม คือกลุ่มที่ 1 ได้แก่ ข้าวที่มีคุณภาพการสีดี (ข้าว 5%) กลุ่มที่สองข้าวคุณภาพการสีปานกลาง (ข้าว 15%)และกลุ่มที่สาม คือข้าวที่มีคุณภาพการสีต่ำ (ข้าว 25%) (OAE, 1999) กระทรวงพาณิชย์ได้กำหนดมาตรฐานการส่งออกโดยใช้เปอร์เซ็นต์การหัก หรือคุณภาพการสีของข้าว เป็นตัวกำหนดและแบ่งคุณภาพข้าวได้เป็น 3 ระดับ ได้แก่ ข้าวคุณภาพดี (ข้าวหอม ข้าวขาว 100% - 5%) ข้าวคุณภาพปานกลาง (ข้าวขาว 100% - 5% ข้าวเหนียว 10%) และข้าวคุณภาพต่ำ (ข้าวขาว 25% และปลายข้าว) (สำนักวิจัยเศรษฐกิจเกษตร, 2542) ดังนั้นจะเห็นได้ว่าคุณภาพการสีของข้าวจึงเป็นส่วนที่สำคัญมากในการผลิตข้าว

ความสูญเสียข้าวในกระบวนการสีข้าว คือ การแตกหักของข้าว ข้าวที่มีปริมาณการแตกหักมากจะขายไม่ได้ราคา สาเหตุการแตกหักของเมล็ดข้าวในกระบวนการสีข้าวน่าจะเกิดจากการแตกร้าวภายในของเมล็ดข้าว หรือการเกิดท้องไข่ คุณภาพการสีอาจจะขึ้นอยู่กับความแปรปรวน

1. กระบวนการขัดสี ขั้นตอนสำคัญในการสีข้าวที่มีผลต่อคุณภาพการสี คือ การกะเทาะเปลือกหรือการขัดขาวใน 2 ขั้นตอนนี้ กรรณิการ์ (2545) สรุปว่าข้าวจะหักมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับการตั้งระยะห่างระหว่างลูกยางหรือหินกากเพชรในเครื่องกะเทาะและระหว่างหินกากเพชรกับแท่นยางหรือแท่งเหล็กในเครื่องขัดขาว ถ้าตั้งชิดเกินไปจะทำให้ข้าวหักมากขึ้น อัตราการหมุนของลูกยางหรือหินกากเพชร ถ้าหมุนเร็วมากข้าวจะหักมาก อัตราการไหลของข้าวสู่เครื่องกะเทาะหรือเครื่องขัด ถ้าสูงข้าวจะหักมาก ระยะเวลาในการขัดสี ถ้าขัดนานข้าวจะหักมาก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2. การเก็บรักษา การเสื่อมคุณภาพในระยะนี้สาเหตุส่วนใหญ่เกิดจากการทำลายของเชื้อรา การเกิดข้าวเมล็ดเหลืองหรือเมล็ดเสีย ซึ่งจะมีผลต่อคุณภาพการสีทำให้ได้ข้าวเต็มเมล็ดและต้นข้าวน้อยลง

3. ระยะเวลาและวิธีการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม การเก็บเกี่ยวข้าวเร็วหรือช้าเกินไปจะทำให้ข้าวมีปริมาณและคุณภาพการสีต่ำ การเก็บเกี่ยวข้าวควรกระทำหลังจากข้าวออกดอกแล้วประมาณ 28-35 วัน ขณะที่เมล็ดมีความชื้นประมาณ 22-26% ลักษณะรวงข้าวจะโน้มลง เมล็ดในรวงมีสีฟางหรือเหลือง โคนรวงอาจมีเมล็ดเขียวบ้างเล็กน้อย ระยะเวลาดังกล่าวนี้เมล็ดจะสุกแก่พอเหมาะ การเก็บเกี่ยวในระยะนี้จะได้น้ำหนักเมล็ดสูง ข้าวปริมาณมากและมีคุณภาพการสีที่ดี

4. ลักษณะของพันธุ์ข้าวเช่น พันธุ์ที่มีขนาดเมล็ดยาวมาก หรืออ้วน หรือมีท้องไข่มาก จะทำให้เกิดการหักระหว่างขัดสีมากกว่าข้าวที่มีท้องไข่น้อย หรือพันธุ์ข้าวที่มีเปลือกสีอ่อน เปลือกบาง เมื่อนำไปสีจะให้ปริมาณข้าวเต็มเมล็ดและต้นข้าวสูง และถ้าพันธุ์ข้าวให้ลักษณะข้าวกล้องสีเข้มต้องใช้แรงงานในการขัดขาวสูง ขัดขาวนานเพื่อให้ได้ข้าวสารขาวจึงอาจเป็นผลทำให้เกิดข้าวหักมากได้ (เครือวัลย์, 2536; อังคณาและเครือวัลย์, 2539)

5. การปฏิบัติดูแลก่อนเก็บเกี่ยว มีการระบายน้ำออกจากแปลงนาก่อนเก็บเกี่ยว 7-10 วัน เพื่อให้เมล็ดข้าวสุกอย่างสม่ำเสมอ พื้นนาไม่แฉะขณะเก็บเกี่ยวทำให้การเก็บเกี่ยวและการตากสะดวกได้ข้าวแห้งสม่ำเสมอ เมื่อนำไปสีจะได้ปริมาณข้าวเต็มเมล็ดและต้นข้าวสูง

6. การตากข้าวเปลือก เป็นการลดความชื้นในเมล็ดให้อยู่ในระดับที่เหมาะสม ซึ่งเมื่อนำไปสีจะทำให้ข้าวมีคุณภาพการสีสูงและเก็บรักษาไว้ได้นาน ควรคำนึงถึงคุณภาพของข้าวที่ตาก คือต้องทำให้ข้าวแห้งอย่างสม่ำเสมอความชื้นในเมล็ด 12-14% สะอาด

7. การนวดข้าว เป็นการทำให้เมล็ดข้าวหลุดจากรวง ในแต่ละที่มีวิธีการปฏิบัติแตกต่างกัน เช่น นวดโดยการฟาด ใช้สัตว์ย่ำ นวดโดยใช้รถไถและนวดด้วยเครื่องจักรเป็นต้นการนวดนี้อาจทำให้เกิดรอยร้าวในเมล็ดข้าวซึ่งมีผลต่อคุณภาพการสี ข้าวหักมากขึ้น

ปัจจัยที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์การหักของเมล็ดข้าวและเปอร์เซ็นต์ต้นข้าว

เปอร์เซ็นต์ต้นข้าวนั้นบอกถึงระดับการแตกหักของข้าวสารเต็มเมล็ดเมื่อผ่านขบวนการขัดขาว และมีค่าความแปรปรวนมากกว่าเปอร์เซ็นต์ข้าวสาร โดยพบว่าเปอร์เซ็นต์ต้นข้าวส่วนใหญ่อยู่ในช่วง 25 – 55 เปอร์เซ็นต์ (IRRI, 1992; Juliano *et al*., 1992) จึงมีบทบาทในการกำหนดคุณภาพการสีมากกว่า โดยข้าวหักมีราคาเพียงครึ่งหนึ่ง หรือ น้อยกว่าราคาของข้าวเต็มเมล็ดหรือต้นข้าว (Siebenmorgen, 1994; Wadwort, 1994) มีรายงานว่า โอกาสแตกหักของเมล็ดข้าวนั้นสัมพันธ์กับองค์ประกอบหลายอย่าง ได้แก่ ขนาดและรูปร่างของเมล็ด (IRRI, 1992; Juliano *et al*., 1992) สัดส่วนเมล็ดที่เป็นท้องไข่ หรือลักษณะขุ่นขาวในเมล็ดที่เกิดจากการที่แป้งจับตัวกันไม่แน่นในเอนโดสเปิร์ม (Bangwaek, 1994) มีรายงานว่าควบคุมโดยพันธุกรรมหลายลักษณะ (จารุวรรณ และ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ประโยชน์, 2542) ที่สัมพันธ์กับปัจจัยสิ่งแวดล้อมหลายปัจจัย เช่น อุณหภูมิ (Yoshida and Hara, 1977) และอัตราการเกิดรอยร้าวของเมล็ดข้าวกล้องก่อนขัดขาว เนื่องมาจากความเครียดในเมล็ดที่เกิดจากความแตกต่างของความชื้นภายในเมล็ดกับความชื้นภายนอกที่มีความสัมพันธ์กับลักษณะพันธุกรรม โครงสร้างเมล็ด และอัตราการดูดน้ำและคายน้ำของเมล็ด (Srinivas and Bhasyam, Siebenmorgen and Jindal, 1986) นอกจากนี้ยังมีรายงานว่าการเพิ่มเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนในเมล็ดข้าวสามารถเพิ่มเปอร์เซ็นต์ต้นข้าว โดยการเพิ่มเม็ดโปรตีนในบริเวณผิวของเมล็ดข้าว ที่ทำหน้าเป็นเกราะช่วยลดการหักในระหว่างการขัดสีได้ รวมถึงการหักของเมล็ดข้าวเกิดจากแรงเสียดสีในระหว่างการสีข้าว ข้าวบางพันธุ์ (ชัยนาท1) มีเปอร์เซ็นต์ข้าวหักจากการสีต่ำลงเมื่อเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนในเมล็ดสูงขึ้น ในขณะที่บางพันธุ์ (เช่น ขาวดอกมะลิ105) มีข้าวหักน้อยแม้มีไนโตรเจนในเมล็ดต่ำ (Leesawatwong *et al*., 2005) ความแตกต่างสอดคล้องกับการสะสมโปรตีนในบริเวณผิวนอกของเมล็ด การพ่นไนโตรเจนให้แก่ข้าวในระยะกำลังสร้างเมล็ดน่าจะช่วยเพิ่ม เปอร์เซ็นต์เมล็ดเต็ม แถมเพิ่มคุณค่าทางอาหาร De Datta (1981) การเก็บเกี่ยวข้าวที่เร็วเกินไปในขณะที่ข้าวยังสุกแก่ไม่สมบูรณ์เต็มที่ มีความชื้นภายในเมล็ดสูง ทำให้ข้าวแห้งยาก และเมื่อนำไปขัดสี จะทำให้เกิดการแตกหักได้ง่าย การเก็บเกี่ยวข้าวที่ช้าเกินไปก็จะทำให้ข้าวเกิดการแตกหักง่ายแต่เนื่องจากเมล็ดข้าวมีการดูดสลับกับการคายความชื้น ทำให้เกิดรอยร้าวในเมล็ด จึงมีผลให้เมล็ดแตกหัก และการเจริญของเมล็ดภายในรวง Rangawath *et al*., (1970) รายงานว่าข้าวแต่ละเมล็ดในรวงนั้นจะมีระยะพัฒนาที่แตกต่างกัน กล่าวคือ ในแต่ละระยะที่เก็บเกี่ยวนั้น จะมีทั้งเมล็ดข้าวที่ยังอ่อนอยู่ซึ่งมีความชื้นที่บริเวณโคนรวง และเมล็ดข้าวที่แก่ก่อนซึ่งมีความชื้นต่ำบริเวณปลายรวง ซึ่งจะมีการดูดความชื้นกลับทำให้เกิดรอยร้าวในเมล็ด มีผลต่อคุณภาพการสีคือทำให้เปอร์เซ็นต์ต้นข้าวลดลง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved