รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ เปรียบเทียบสมบัติบางประการของข้าว จากนาข้าวอินทรีย์และนาข้าวใช้สารเคมี

A comparison of some rice properties from organic and conventional rice paddy fields

เบญจวรรณ ชิวปรีชา

นภา ตั้งเตรียมจิตมั่น

เกศราภรณ์ จันทร์ประเสริฐ

โครงการวิจัยประเภทงบประมาณเงินรายได้

(เงินอุดหนุนจากรัฐบาล) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2561

มหาวิทยาลัยบูรพา

รหัสโครงการ 2561 A 10801058

สัญญาเลขที่ 58/2561

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ เปรียบเทียบสมบัติบางประการของข้าว จากนาข้าวอินทรีย์และนาข้าวใช้สารเคมี

A comparison of some rice properties from organic and conventional rice paddy fields

เบญจวรรณ ชิวปรีชา

นภา ตั้งเตรียมจิตมั่น

เกศราภรณ์ จันทร์ประเสริฐ

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

ตุลาคม พ.ศ. 2561

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัย เปรียบเทียบสมบัติบางประการของข้าว จากนาข้าวอินทรีย์
และนาข้าวใช้สารเคมี ประจำปีงบประมาณ 2561 ได้รับการสนับสนุนอุปกรณ์ ห้องปฏิบัติการ และเวลาในการทำวิจัย โดยภาควิชาชีววิทยา และคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

การหาพื้นที่วิจัยที่มีมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ (มกษ.9000 เล่ม 1 -2553-2 และ เล่ม 4-2553) ได้รับการสนับสนุนจากสำนักงานเกษตรจังหวัดนครนายก กลุ่มเกษตรกรผู้เอื้อเฟื้อให้คณะวิจัยได้เข้าศึกษาและเก็บตัวอย่างไปศึกษาในห้องปฏิบัติการ ประกอบด้วย คุณเจริญ บุญเคลิ้ม คุณอังคณา คุณศรีลักษณ์ คุณดาว (สมบัติ) ศรีจันทร์ คุณราศี และคุณบุญยืน บ้านคลองคล้า บ้านบุ้งเข้ และบ้านหนองแสง ตำบลหนองแสง อำเภอปากพลี จังหวัดนครนานก

ที่ปรึกษางานวิจัย ประกอบด้วย รองศาสตราจารย์ ดร. ประศาสตร์ เกื้อมณี
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และรองศาสตราจารย์ ดร. สยาม อรุณศรีมรกต มหาวิทยาลัยมหิดล

การเก็บตัวอย่าง รักษาสภาพตัวอย่าง และปฏิบัติการในห้องทดลอง ได้รับความร่วมแรง ร่วมใจจากนิสิตภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ประกอบด้วย
นางสาวกมลชนก ชนาวรรธน์สกุล นางสาวนัทธมน เสาน้อย นายกษิดิ์เดช เอมแบน และนายศุภกร ไทยมา

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากงบประมาณเงินรายได้ (เงินอุดหนุนจากรัฐบาล) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2561 มหาวิทยาลัยบูรพา ผ่านสำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ เลขที่สัญญา 58/2561

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณอย่างสูง มา ณ โอกาสนี้

เบญจวรรณ ชิวปรีชา	หัวหน้าโครงการ
นภา ตั้งเตรียมจิตมั่น	นักวิจัยร่วม
เกศราภรณ์ จันทร์ประเสริฐ	นักวิจัยร่วม

20 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2562

บทคัดย่อ

การเปรียบเทียบสมบัติบางประการของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ในระยะแตกกอ และระยะข้าวสร้างดอกอ่อน จากนาข้าวอินทรีย์และนาข้าวใช้สารเคมี ทำการเก็บตัวอย่างจากนาข้าว ต.หนองแสง อ.ปากพลี จ.นครนายก ในข้าวนาปี 2 ฤดูกาล ระหว่างตุลาคม 2560 ถึงธันวาคม 2561 โดยมีจุดประสงค์ศึกษาลักษณะทางกายวิภาคของใบและรากของต้นข้าว ปริมาณคลอโรฟิลล์รวม รวมทั้งคุณภาพเมล็ดข้าว โดยการรักษาสภาพเนื้อเยื่อและตัดด้วยกรรมวิธีพาราฟีน วิเคราะห์อะไมโลส โดยดัดแปลงจากวิธีของกรมการข้าว วัดขนาดและหาน้ำหนักเมล็ด โดยเทียบค่ากับ มกษ. 4000-2560 ผลการศึกษาพบว่าต้นข้าวจากนาเคมี มีความหนาของแผ่นใบในระยะแตกกอ ในขณะที่ความหนาแน่นของปากใบ และความกว้างของ bulliform cell ในระยะข้าวสร้างดอกอ่อน สูงกว่าต้นข้าวจากนาอินทรีย์ ต้นข้าวจากนาอินทรีย์มีความกว้างของ bulliform cell ในระยะข้าวแตกกอ ความยาวของ bulliform cell ในระยะข้าวสร้างดอกอ่อน และเส้นผ่านศูนย์กลาง meta xylem vessel ในรากทั้ง 2 ระยะการเจริญเติบโตสูงกว่าข้าวเคมี อย่างไรก็ตามผลการทดลองพบว่าปริมาณคลอโรฟิลล์รวม ความหนาแผ่นใบในระยะข้าวสร้างดอกอ่อน ความยาวของปากใบ รวมถึงคุณภาพเมล็ดข้าว ได้แก่ ขนาดเมล็ด รูปร่างเมล็ด และปริมาณอะไมโลส ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เมล็ดข้าวสารจัดอยู่ในชั้นเมล็ดยาว รูปร่างเรียว อะไมโลสต่ำ ทั้งนี้ไม่พบสารตกค้างกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัสและคาร์บาเมทในข้าวทั้ง 2 กรรมวิธีปลูก

ผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่าข้าวอินทรีย์จากกลุ่มเกษตรกร บ้านหนองแสง ต.ปากพลี จ. นครนายก มีคุณภาพผลผลิตตรงตามความตามมาตรฐานสินค้าเกษตร มกษ. 4000-2560 ข้าวหอมมะลิไทย

คำสำคัญ ขาวดอกมะลิ 105 กายวิภาคข้าว คลอโรฟิลล์ใบข้าว อะไมโลส

Abstract

Some properties of Khao Dawk Mali 105 rice between organic and conventional rice in tiller and panicle initiation stages were compared. Two wet-season rice were collected from Nongseang subdistrict, Pakplee district, Nakhonnayok province paddy field during October 2017 to December 2018. The objective were to studied leaf and root

anatomical, leaf total chlorophyll content and rice grains quality. The specimens were fixed and sectioned by paraffin methods. Rice department methods were modified for amylose analysis. Rice grains length and weight were observed follow by TAS 4000-2017. The results showed that conventional rice in tiller stage higher leaf thickness. Whereas, stomatal density and bulliform cell width higher in panicle initiation stages than organic rice. But, organic rice bulliform cell width in tiller stage, bulliform cell length in panicle initiation stages and root meta xylem vessel in both stage higher than conventional rice. However, the experiment results of total chlorophyll, leaf thickness in panicle initiation stages, stomatal length and rice grains quality such as, size, shaped and amylose content were not significanlly difference. The rice grains class were long grains, slim shaped and low amylose. In addition, organophosphorus and carbamate were not found in both crops.

The results indicate that organic rice from Nongseang subdistrict, Pakplee district, Nakhonnayok province, farmers group have quality under Thai Agricultural Standard (TAS 4000-2017) Thai Hom Mali rice.

Keywords Khao Dawk Mali 105, rice anatomical, rice leaf chlorophyll, amylose

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อ	ข
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญภาพ	ช
- บทที่ 1 บทนำ	1
- ความสำคัญและที่มาของปัญหา	
- วัตถุประสงค์	
- ขอบเขตการวิจัย	
- กรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย	
- ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	
บทที่ 2 การตรวจเอกสาร	4
- ข้าวอินทรีย์ความหมายและความสำคัญ	
- คุณภาพข้าวอินทรีย์และการประเมินคุณภาพ	
- การศึกษาการเจริญเติบโตของพืชและกายวิภาคพืชในวงศ์หญ้า (Poaceae)	
- ผลของปุ๋ยอินทรีย์ที่มีอิทธิพลต่อข้าว	
- สารพิษตกค้างในผลผลิตทางการเกษตร	
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการ	11
บทที่ 4 ผลการวิจัย	18
อภิปรายผล	26
สรุปผล	30

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
ข้อเสนอแนะ	30
ประโยชน์ในทางประยุกต์ผลงานวิจัย	30
ผลผลิต (Output)	31
บรรณานุกรม	32
ประวัตินักวิจัย	36

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบขนาดความหนาแผ่นใบ และขนาดเวสเซลในรากข้าวขาวดอกมะลิ 105 19

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบขนาด bulliform cell ในใบข้าวขาวดอกมะลิ 105 20

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบคุณสมบัติบางประการของใบ จากนาข้าวอินทรีย์และนาข้าวเคมี 22

ตารางที่ 4 เปรียบคุณสมบัติบางประการของเมล็ดจากนาข้าวอินทรีย์และนาข้าวเคมี 23

ตารางที่ 5 เปรียบเทียบขนาดของเมล็ดข้าวสารและข้าวเปลือกจากนาข้าวอินทรีย์และนาข้าวใช้สารเคมี 24

ตารางที่ 6 เปรียบเทียบรูปร่างของเมล็ดข้าวสารจากนาข้าวอินทรีย์และนาข้าวใช้สารเคมี 24

ตารางที่ 7 เปรียบเทียบสีของเมล็ดข้าว จากนาข้าว 2 ประเภท 25

ตารางที่ 8 ผลการวิเคราะห์สารพิษตกค้างในเมล็ดข้าวสารจาก 2 แหล่ง 26

สารบัญภาพ

		หน้า
ภาพที่ 1	ภาคตัดขวางใบข้าวขาวดอกมะลิ 105 แสดงการวัดขนาดเนื้อเยื่อที่ตำแหน่งต่าง ๆ	17
ภาพที่ 2	ส่วนประกอบเนื้อเยื่อใบข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105	18
ภาพที่ 3	ส่วนประกอบเนื้อเยื่อรากข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105	18
ภาพที่ 4	เปรียบเทียบใบและรากต้นข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ระยะข้าวแตกกอ	19
ภาพที่ 5	เปรียบเทียบใบและรากต้นข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ระยะสร้างดอกอ่อน	20
ภาพที่ 6	เปรียบเทียบความหนาแน่นปากใบข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 จาก 2 แหล่งปลูก	21
ภาพที่ 7	เปรียบเทียบสีของเมล็ดข้าว จากนาข้าว 2 ประเภท	23
ภาพที่ 8	กราฟมาตรฐานจากแป้งข้าวมาตรฐาน	25
ภาพที่ 9	ถังผลิตน้ำหมักชีวภาพในแปลงนาข้าวอินทรีย์	27

บทที่ 1 บทนำ

ความสำคัญและที่มาของปัญหา

ข้าวเป็นอาหารหลักชนิดหนึ่งของประชากรโลก ประเทศไทยเป็นหนึ่งในแหล่งผลิตข้าวที่สำคัญของโลก ปัญหาที่เกิดกับการผลิตข้าวของไทยคือคู่แข่งในการผลิตและการค้าข้าวมีมากขึ้น ประเทศคู่แข่งที่มีเพิ่มขึ้นทั้งในแถบเอเชียรวมทั้งในต่างทวีป ได้แก่ เวียดนาม กัมพูชา อินเดีย จีน และสหรัฐอเมริกา ในขณะที่ปัญหาที่ส่งผลกระทบต่อชาวนา คือการใช้ปัจจัยการผลิตที่สูง เช่น ปุ๋ยเคมี สารกำจัดวัชพืช สารกำจัดเชื้อโรค และสารกำจัดแมลง ก่อให้เกิดปัญหาต้นทุนการทำนาสูงไม่คุ้มกับราคาข้าวที่ขายได้ รวมทั้งกระทบต่อคุณภาพชีวิตชาวนาที่เสื่อมถอยลง จากสภาวะการปนเปื้อนของสารเคมีในสิ่งแวดล้อม

รัฐบาลให้ความสำคัญต่อการทำการเกษตรอินทรีย์ เพื่อเพิ่มคุณภาพชีวิตแก่เกษตรกร และให้เกิดความสอดคล้องกับนโยบายขององค์การสหประชาชาติที่กำหนดวาระการมุ่งสู่การพัฒนาที่ยั่งยืน (sustainable development) ในปี ค.ศ. 2030 รัฐบาลโดยการขับเคลื่อนแผนยุทธศาสตร์การพัฒนาเกษตรอินทรีย์แห่งชาติ พ.ศ. 2559-2564 โดยกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ วางวิสัยทัศน์ให้ประเทศไทยเป็นศูนย์กลางการผลิต การบริโภค การค้า และการบริการเกษตรอินทรีย์ให้เป็นที่ยอมรับในระดับสากล

งานวิจัยด้านข้าวที่ผ่านมาส่วนใหญ่เน้นไปที่การปรับปรุงพันธุ์ การพัฒนากระบวนการปลูก สรีรวิทยาของข้าว และการศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาประจำพันธุ์ แต่งานด้านการศึกษาลักษณะทางกายวิภาคของข้าวยังมีข้อมูลค่อนข้างน้อย อนึ่งโครงสร้างภายในต้นข้าว (rice anatomical) นับว่ามีความสำคัญอย่างยิ่ง เพราะเป็นข้อมูลพื้นฐานที่สามารถใช้ประกอบการวิจัยเกี่ยวกับข้าวในด้านต่าง ๆ ที่กล่าวมาเบื้องต้น โครงสร้างภายในของใบและราก ใช้ตอบโจทย์ทางสรีรวิทยาและลักษณะประจำพันธุ์ เช่น ข้าวที่มีสมบัติทนแล้ง หรือข้าวทนน้ำท่วมขัง ย่อมมีลักษณะเด่นของเนื้อเยื่อภายในลำต้นที่เอื้อต่อการเจริญอยู่ในสภาพแวดล้อมที่มีความแตกต่างกัน รวมทั้งใช้ประเมินความสมบูรณ์ของต้นข้าวจากการให้ปุ๋ยสูตรที่แตกต่างกัน เป็นต้น ด้วยเหตุผลดังกล่าวจึงควรมีการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับข้าวที่เป็นพืชเศรษฐกิจหลักของประเทศให้ครบในทุกมิติ

จุดมุ่งหมายของการวิจัยในครั้งนี้ เพื่อเปรียบเทียบให้เกษตรกรและผู้สนใจ เห็นถึงคุณลักษณะที่ดีของข้าวอินทรีย์ จากความแข็งแรงของต้นข้าวที่ศึกษาได้จากลักษณะทางกายวิภาคของใบและราก ความ

หนาแน่นและโครงสร้างปากใบข้าว ปริมาณ silica cell และปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบข้าว ที่ส่งผลให้ต้นข้าวมีความทนทานต่อศัตรูข้าว และให้ผลผลิตที่มีคุณภาพ รวมทั้งศึกษาคุณภาพผลผลิตเมล็ดข้าวทั้งลักษณะทางกายภาพและส่วนประกอบเคมีในเมล็ด เปรียบเทียบกับเมล็ดข้าวที่เก็บเกี่ยวจากการทำนาแบบใช้สารเคมี ผลงานวิจัยที่ได้จะเป็นเครื่องยืนยันให้เกษตรกรมั่นใจในคุณภาพผลผลิตข้าวแบบอินทรีย์ และสามารถใช้ข้อมูลเพื่อต่อรองราคากับพ่อค้าที่รับซื้อข้าว ได้อย่างมีเหตุผลทางวิชาการมารองรับ ซึ่งช่วยเสริมแรงจูงใจแก่เกษตรกรในการมุ่งมั่นปลูกข้าวอินทรีย์ จนเกิดเป็นคุณลักษณะสินค้าที่มีความปลอดภัยของอาหาร (food safety) และความมั่นคงด้านอาหาร (food security) ให้เป็นที่ยอมรับในระดับสากล อันจะส่งผลให้ข้าวไทยไร้คู่แข่งทางการผลิตในเชิงเกษตรอินทรีย์

ข้อมูลจากงานวิจัยนี้จะเป็นต้นแบบของเกษตรอินทรีย์ ที่มุ่งให้เกิดนิเวศบริการ (ecosystem services) ส่งเสริมคุณภาพชีวิต สุขภาวะจากการอยู่อาศัยในสิ่งแวดล้อมที่ดี เพิ่มมูลค่าสินค้าและสร้างความเข้มแข็งทางเศรษฐกิจแก่ชาวนา ทั้งนี้ชาวนาและผู้บริโภคย่อมได้รับประโยชน์จากงานวิจัยโดยตรง

วัตถุประสงค์

1 เพื่อศึกษาเปรียบเทียบคุณภาพข้าวทางลำต้น ระหว่างข้าวจากแปลงนาอินทรีย์กับแปลงนาใช้สารเคมี

2 เพื่อศึกษาเปรียบเทียบคุณภาพเมล็ดข้าว ที่ได้จากจากแปลงนาอินทรีย์กับแปลงนาใช้สารเคมี

ขอบเขตการวิจัย

ศึกษาเปรียบเทียบข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 จากแปลงนาแบบอินทรีย์กับแปลงนาที่ใช้สารเคมี โดยการวางแปลงตัวอย่างขนาด 1 x 1 เมตร จำนวน 3 แปลงในแต่ละพื้นที่นาข้าว เก็บตัวอย่างต้นข้าวในระยะการเจริญเติบโต 2 ระยะ ประกอบด้วย ระยะข้าวแตกกอ และระยะข้าวสร้างดอกอ่อน (ข้าวแต่งตัว) นำมาทำสไลด์ถาวรเพื่อศึกษาโครงสร้างภายในของรากและใบ ศึกษาความหนาแน่นของปากใบที่สัมพันธ์กับการเจริญเติบโตของต้น ศึกษาความหนาแน่นของ cork cell และ silica cell ในใบข้าว ศึกษาปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบข้าว และศึกษาคุณภาพเมล็ดข้าวทั้งลักษณะทางกายภาพ เช่น รูปร่าง ความยาว และน้ำหนักเมล็ด รวมทั้งองค์ประกอบทางเคมีของเมล็ด ได้แก่ อะไมโลส และทดสอบสารเคมีตกค้างในเมล็ด

ข้าว งานวิจัยนี้ดำเนินการในพื้นที่ตำบลหนองแสง อำเภอปากพลี จังหวัดนครนายก โดยการเก็บข้อมูลจากแปลงข้าวนา 2 ฤดูเพาะปลูก

ทฤษฎี และกรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย

ข้าวเป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวล้มลุกที่แตกกอ และมีระบบรากฝอย (fibrous roots) ที่หาอาหารในบริเวณผิวดินและใต้ดินในระดับที่ไม่ลึกมาก การปลูกข้าวโดยใช้ปุ๋ยอินทรีย์ ส่งผลดีต่อโครงสร้างดิน เนื่องจากดินที่มีฮิวมัสสูงย่อมมีความโปร่งและมีความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสมกับการเจริญและหาอาหารของราก ส่งผลให้ข้าวได้รับธาตุอาหาร อากาศในดินเพียงพอต่อการเจริญเติบโตครบวัฏจักรชีวิต การศึกษากายวิภาคของใบและราก ปริมาณคลอโรฟิลล์จากใบ และลักษณะของผิวใบข้าว ทำให้ได้ข้อมูลที่ยืนยันให้เห็นความแข็งแรงของต้นข้าว ที่ส่งผลให้ต้นข้าวอินทรีย์มีลักษณะที่ทนทานต่อโรคและแมลง เมื่อต้นข้าวเข้าสู่ระยะให้ผลผลิต เมล็ดข้าวที่ได้ย่อมมีคุณภาพ เป็นที่ยอมรับของตลาด โดยการศึกษา ขนาดเมล็ด น้ำหนักเมล็ด เปอร์เซนต์อะไมโลสเพื่อยืนยันในคุณภาพเมล็ดข้าวอินทรีย์อีกประการ และส่งเมล็ดข้าวที่ปลูกได้ไปวิเคราะห์หาสารพิษตกค้างเพื่อให้เกิดความมั่นใจแก่ผู้บริโภคข้าวอินทรีย์

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1) ได้ข้อมูลคุณภาพต้นข้าว และเมล็ดข้าว ของแปลงนาที่ใช้เกษตรอินทรีย์เทียบกับเกษตรเคมี เพื่อใช้เป็นเครื่องยืนยันคุณภาพข้าวอินทรีย์ ตามหลักการผลิตที่ดี ส่งผลให้ข้าวไทยเป็นสินค้าในกลุ่มอาหารอินทรีย์ที่มีราคาสูงขึ้น และไม่ถูกกีดกันทางการค้ากับประเทศคู่ค้า ก่อให้เกิดมูลค่าเพิ่มทางเศรษฐกิจ

2) เป็นองค์ความรู้ ให้เกษตรกรไปต่อยอด ในการเพิ่มคุณภาพผลผลิต เช่น จากการใช้ปุ๋ยอินทรีย์สูตรที่แตกต่างกันไปตามระยะการเจริญเติบโตของต้นข้าว หรือการนำความรู้จากการผลิตข้าวอินทรีย์ไปต่อยอดในการผลิตพืชอาหารชนิดอื่น

3) บทความทางวิชาการและผลงานการวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์ในวารสารที่เป็นที่ยอมรับทั้งในประเทศ และนานาชาติ ซึ่งเป็นเครื่องยืนยันถึงความตื่นตัวในการที่ประเทศไทยกำลังก้าวเข้าสู่การผลิตอาหารปลอดภัย (food safety)

บทที่ 2 การตรวจเอกสาร

ข้าวอินทรีย์ความหมายและความสำคัญ

สถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร (2547) ให้คำจำกัดความของ “ข้าวอินทรีย์ (organic rice)” เป็นข้าวที่ได้จากการผลิตแบบเกษตรอินทรีย์ organic farming หรือ organic agriculture ซึ่งเป็นการผลิตข้าวที่หลีกเลี่ยงการใช้สารเคมีหรือสารสังเคราะห์ทุกชนิด ได้แก่ ปุ๋ยเคมี สารควบคุมการเจริญเติบโต สารควบคุมวัชพืช ศัตรูพืชและโรคพืช ทุกขั้นตอนการผลิตและเก็บรักษาผลผลิต

กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ มีนโยบายส่งเสริมให้เกษตรกรปรับเปลี่ยนการผลิตสินค้าเกษตรทุกชนิดเข้าสู่ระบบเกษตรอินทรีย์หรือออร์กานิค (organic) เพื่อยกคุณภาพผลผลิต เพิ่มมูลค่าของสินค้า และสามารถพึ่งพาตนเองโดยไม่พึ่งสารเคมี ส่งผลให้ต้นทุนการผลิตลดลง และได้สุขภาพที่ดีทั้งเกษตรกรและผู้บริโภค โดยมีแผนขับเคลื่อนการพัฒนาเกษตรอินทรีย์ให้มีการขยายพื้นที่ทั่วประเทศไม่ต่ำกว่า 10 % ต่อปี (นันทกา, 2559)

Zhao *et al.* (2016) รายงานการวิจัยการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ และอนินทรีย์ เพื่อลดการใช้ปุ๋ยเคมีในข้าวในประเทศจีน งานวิจัยดังกล่าวมีแนวคิดจากพื้นที่ปลูกข้าวในจีนที่มีมากถึง 9.5 – 13.5 ล้านแฮกเตร์ แต่ประสบปัญหาการเพิ่มขึ้นของการใส่ปุ๋ยเคมีในนาข้าว ซึ่งขัดแย้งกับกระแสการทำเกษตรแบบยั่งยืนและเสริมสร้างความมั่นคงทางอาหาร (China’ food security) ให้กับประเทศ ผลการวิจัยพบว่าการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ และอนินทรีย์ในนาข้าว สูตรปุ๋ยเคมี 50 % ร่วมกับปุ๋ยมูลสุกร 6,000 กิโลกรัม/แฮกเตร์ ให้ผลผลิตข้าวมากที่สุด และช่วยลดการใส่ปุ๋ยเคมี ปรับปรุงสมบัติและโครงสร้างดิน ช่วยให้จุลินทรีย์ในดินมีความหลากหลายและทำงานได้ดี

Bhat and Riar (2016) กล่าวว่า ข้าวเป็นอาหารหลักของประชากรโลกประมาณ 66.67 % แหล่งปลูกข้าวใหญ่ที่สุดอยู่ในเอเชียประมาณ 80 % แป้งที่ได้จากข้าวมีคุณสมบัติพิเศษนอกเหนือจากราคาที่ถูกกว่าแป้งที่ได้จากพืชชนิดอื่นๆ แป้งจากข้าวไม่ก่อให้เกิดอาการแพ้ ย่อยง่าย มีรสชาตินุ่มนวล ให้อณูแป้งที่ละเอียด และมีสีขาว จึงสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างหลากหลายรูปแบบ แป้งที่พบในข้าวแบ่งออกเป็น amylose (20-25 %) และ amylopectin (75-80%) ในประเทศอินเดียซึ่งเป็นแหล่งที่บริโภคและปลูกข้าวที่สำคัญแห่งหนึ่งของโลก ได้มีการศึกษาวิจัยเพื่อเพิ่มมูลค่าให้ข้าวพันธุ์พื้นเมือง 7 ชนิด โดยศึกษาเปรียบเทียบปริมาณอะไมโลส และขนาดของอนุภาคแป้งจากข้าวทั้ง 7 สายพันธุ์ พบว่ามีลักษณะที่แตกต่าง

กัน ซึ่งมีผลต่อการเป็นเจล และความหนืดของแป้ง ข้อมูลที่ได้จะถูกนำไปใช้เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่ต้องการใช้แป้งจากข้าวเพื่อเป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมต่อไป

สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ (2553) ได้กำหนดมาตรฐานของข้าวอินทรีย์ เพื่อเป็นแนวทางสำหรับการผลิตข้าวอินทรีย์ โดยให้นิยามระบบการผลิตข้าวอินทรีย์ (organic rice production system) หมายถึง การจัดการผลิตข้าว ที่เกื้อกูลต่อระบบนิเวศ รวมถึงความหลากหลายทางชีวภาพและวงจรชีวภาพ โดยเน้นการใช้วัสดุธรรมชาติ ไม่ใช้วัตถุดิบสังเคราะห์ ไม่ใช้พืช สัตว์หรือจุลินทรีย์ ที่ได้จากการดัดแปลงพันธุกรรม (genetic modification) การจัดการกับผลิตภัณฑ์ เน้นการแปรรูปด้วยความระมัดระวังทุกขั้นตอน เพื่อรักษาสภาพการเป็นข้าวอินทรีย์ และคุณภาพที่สำคัญของข้าวอินทรีย์ โดยมีข้อกำหนดวิธีการผลิต สังเขปดังนี้

1) เกษตรกรต้องยื่นใบสมัครขอรับรองการผลิตข้าวอินทรีย์แก่หน่วยงานรับรอง

2) พื้นที่ปลูกข้าวอินทรีย์ ต้องไม่เปลี่ยนไปเป็นพื้นที่ใช้สารเคมี และต้องป้องกันการปนเปื้อนจากแปลงข้างเคียง หรือแหล่งมลพิษ

3) รักษาหรือเพิ่มระดับความสมบูรณ์ของดิน เช่น ปลูกพืชตระกูลถั่ว และใส่วัสดุอินทรีย์ที่ผ่านกระบวนการหมักแล้ว หรือใช้ปุ๋ยชีวภาพ เพื่อเพิ่มธาตุอาหารในดิน

4) มีมาตรการควบคุมและกำจัดศัตรูข้าว ได้แก่ เลือกพันธุ์ข้าวที่ต้านทานโรค แมลง ใช้วิธีเขตกรรม ใช้กับดักแมลง ใช้แมลงห้ำ แมลงเบียน ใช้จุลินทรีย์ควบคุมเพลี้ยกระโดด

5) เมล็ดพันธุ์ต้องมาจากระบบการผลิตแบบเกษตรอินทรีย์

คุณภาพข้าวอินทรีย์และการประเมินคุณภาพ

กัญญา (2547) รายงานการตรวจสอบคุณภาพข้าวทางกายภาพ ไว้ว่า คุณสมบัติทางกายภาพของเมล็ดข้าว หมายถึงลักษณะที่มองเห็นได้ หรือ ชั่ง ตวง วัด ได้ เช่น น้ำหนักเมล็ด สีของข้าวเปลือก สีข้าวกล้อง ขนาดและรูปร่างเมล็ด ความใสและความขาวของข้าวสาร **น้ำหนักเมล็ด** (grain weight) ถูกควบคุมโดยพันธุกรรมข้าว และสภาพแวดล้อม เช่น ความชื้น ภูมิอากาศ และการใส่ปุ๋ย การตรวจสอบน้ำหนักเมล็ดทำได้ 2 รูปแบบ ได้แก่

1) น้ำหนัก/ปริมาตร ได้แก่ น้ำหนักข้าวเปลือกกรัมต่อลิตร หรือ กิโลกรัมต่อถัง
2) น้ำหนัก/จำนวน ได้แก่ น้ำหนักข้าวเปลือก 100 เมล็ด หรือ 1,000 เมล็ด

สีข้าวเปลือก (hull color) สีข้าวเปลือกเป็นลักษณะประจำพันธุ์ข้าว เปลือกหุ้มเมล็ดมีผลต่อสีของข้าวสุก ข้าวเปลือกสีเข้ม ข้าวสารที่สุกแล้วจะมีสีเข้มตามด้วย สีของข้าวเปลือกที่พบ จะมีสีขาว (white) สีฟาง (straw) สีน้ำตาลอ่อนถึงเข้ม (light to dark brown) น้ำตาลแดง (reddish brown) และดำ (black) เป็นต้น **สีข้าวกล้อง** (pericarp color) สีข้าวกล้อง คือสีของเยื่อหุ้มเมล็ดข้าว ซึ่งมีผลต่อการสีข้าว ข้าวกล้องที่มีสีเข้มต้องใช้เวลาในการขัดให้เป็นข้าวสารนานขึ้นหรือใช้แรงกดมาก ส่งผลให้เมล็ดข้าวหักมาก ไม่เป็นที่ต้องการของโรงสี สีข้าวกล้องที่ดีควรมีสีอ่อน **ขนาดเมล็ด** จำแนกตามความยาว ยาวมาก คือ เมล็ดยาวกว่า 7.5 มิลลิเมตร ยาว คือเมล็ดยาว 6.6-7.5 มิลลิเมตร ปานกลาง คือเมล็ดยาว 5.5-6.6 มิลลิเมตร สั้น คือเมล็ดยาวต่ำกว่า 5.5 มิลลิเมตร

สถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร (2547) กล่าวถึงคุณภาพและการตรวจสอบผลผลิตข้าวอินทรีย์ ต้องตรวจสอบทั้งด้านกายภาพ เคมี และสารพิษตกค้าง โดยกรมวิชาการเกษตร รายงานการตรวจสอบปริมาณอะไมโลสในข้าวหอมมะลิ 105 พบว่าข้าวอินทรีย์ที่ปลูกโดยใช้ปุ๋ยหมักเปลือกถั่วเขียว ปุ๋ยพืชสด (ถั่วเขียว) และปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเม็ด มีปริมาณอะไมโลสต่ำกว่า 20 % เช่นเดียวกับการปลูกข้าวโดยใช้ปุ๋ยเคมี ในขณะที่ความยาวเมล็ดข้าวกล้อง ยาวมากกว่า 7 มิลลิเมตร เช่นเดียวกับการปลูกข้าวโดยใช้ปุ๋ยเคมี และเมื่อนำตัวอย่างข้าวจากแปลงทดสอบในโครงการพัฒนาการผลิตข้าวอินทรีย์ของสถาบันวิจัยข้าวทั่วประเทศ 10 แห่ง ไปตรวจสอบสารตกค้าง กลุ่ม organophosphates, orgrnochlorines และ carbamates ผลการตรวจวิเคราะห์ ไม่พบสารพิษตกค้างในกลุ่ม organophosphates และ carbamates แต่ตรวจพบสารพิษกลุ่ม orgrnochlorines ในปริมาณต่ำไม่เกินค่าความปลอดภัยที่กำหนดโดย FAO/WHO

อรกช (2555) ศึกษาการสร้างแรงจูงใจในการปลูกข้าวอินทรีย์ของเกษตรกรในอำเภอสามง่าม จังหวัดพิจิตร โดยวิเคราะห์ให้เกษตรกรเห็นข้อได้เปรียบด้านต้นทุนการผลิตข้าวอินทรีย์ที่ต่ำกว่าข้าวใช้สารเคมี แต่อย่างไรก็ตามผลการศึกษาในแต่ละพื้นที่อาจพบความขัดแย้งกันไปตามความสมบูรณ์ของพื้นที่และระยะเวลาปลูกข้าว แต่ในภาพรวมงานวิจัยสามารถยืนยันถึงผลตอบแทนจากการปลูกข้าวอินทรีย์สูงกว่าการปลูกแบบใช้สารเคมีอย่างมีนัยสำคัญ

Lifen *et al*. (2016) ศึกษาการใช้ไนโตรเจนของต้นข้าว จากแหล่งไนโตรเจนที่ข้าวได้รับจากการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ พบว่าปริมาณไนโตรเจนในต้นข้าวและการดูดซับไนโตรเจนมีค่าต่ำกว่าเมื่อเทียบกับแปลงที่ใช้ปุ๋ยเคมี และเมื่อวิเคราะห์คุณภาพของเมล็ดข้าวที่ได้จากการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ พบว่า น้ำหนักเมล็ด/ 1000 เมล็ด

(25.61 g) มีค่าสูงกว่าข้าวจากนาที่ใช้สารเคมี ปริมาณโปรตีน (81.3 g Kg^{-1}) ความคงตัวของเจล มีค่าต่ำกว่าข้าวจากนาที่ใช้สารเคมีเล็กน้อย รวมทั้งปริมาณอะไมโลส(135.2 g Kg^{-1}) มีค่าต่ำกว่าข้าวจากนาที่ใช้สารเคมี ปริมาณปุ๋ยอินทรีย์ที่แนะนำให้เกษตรกรใช้เพื่อให้เพียงพอต่อความต้องการของข้าว คือ 160.8 kg N ha^{-1}

Kongseree (2001) กล่าวถึงมาตรฐานข้าวไทย ชั้นคุณภาพดี ต้องดูจากความยาวเมล็ดข้าว ต้องยาวมากกว่า 7 มิลลิเมตร เปอร์เซนต์อะไมโลสต้องมีค่าต่ำกว่า 20 เนื่องจากอะไมโลสมีอิทธิพลต่อความนุ่มของข้าวสุก หากอะไมโลสมีปริมาณมาก ข้าวที่สุกจะมีความแข็งมากขึ้น

Kaur *et al*. (2015) รายงานการเปรียบสมบัติเมล็ดข้าวและแป้งข้าว จากนาอินทรีย์และนาใช้สารเคมี พบว่าข้อดีของข้าวที่ปลูกแบบอินทรีย์ ได้น้ำหนักเมล็ดและความยาวเมล็ดมากกว่า เมล็ดหุงขึ้นหม้อ ในขณะที่ข้อด้อยของข้าวอินทรีย์คือปริมาณโปรตีนในเมล็ดต่ำกว่า (8.76 $\pm$ 0.23 g /100 g) และปริมาณอะไมโลสสูง (23.9 $\pm$ 0.14 g /100 g) กว่าข้าวที่ได้จากนาที่ใช้สารเคมี

การศึกษาการเจริญเติบโตของพืชและกายวิภาคพืชในวงศ์ข้าว (Poaceae)

ยงยุทธ (2552): ลิลลี่ และคณะ (2556) กล่าวถึงความสัมพันธ์ระหว่างพืชกับธาตุอาหารพืชไว้ว่า พืชเจริญเติบโตได้ครบวัฏจักรต้องได้รับธาตุอาหารพืชครบถ้วนทั้งธาตุอาหารหลัก ธาตุอาหารรอง และพืชบางชนิด เช่น ข้าว ต้องการธาตุอาหารเสริมเพื่อการเจริญเติบโต หากพืชขาดธาตุอาหารจะแสดงออกในส่วนต่างๆ ของพืช เช่น ใบ ใบมีสีที่ผิดปกติ เช่นสีใบที่จางลง หรือเปลี่ยนเป็นสีเหลือง เนื่องจากการการขาดไนโตรเจน ซึ่งไนโตรเจนเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของคลอโรฟิลล์ (chlorophyll) ในพืช ความสมบูรณ์ของพืชจึงสามารถศึกษาได้จากปริมาณของ คลอโรฟิลล์ ซึ่งปรากฏในเนื้อเยื่อใบ กายวิภาคของใบข้าวแสดงให้เห็นความหนาแน่นของเนื้อเยื่อ chlorenchyma ที่บรรจุคลอโรฟิลล์ ในชั้น mesophyll ของใบข้าวมีความสำคัญในการสร้างสารประกอบอินทรีย์ตัวแรกในปฏิกิริยาการสังเคราะห์แสง (C_3 pathway carbon reduction cycle) ดังนั้นใบข้าวที่มีเนื้อเยื่อ chlorenchyma ใน mesophyll ที่หนาแน่นย่อมส่งผลดีในกระบวนการสังเคราะห์แสงของพืช และมีแนวโน้มทำให้พืชมีความแข็งแรง ในขณะที่โครงสร้างสำคัญของรากพืชใบเลี้ยงเดี่ยว เช่น ข้าว คือ endodermis ที่ควบคุมสมดุลเกลือแร่ที่ผ่านรากขึ้นสู่ลำต้น รากที่มี endodermis ที่สมบูรณ์มีความสามารถควบคุมสมดุลเกลือแร่ได้ดี

ยงยุทธ (2552) รายงานว่าการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนเพื่อเพิ่มคุณภาพผลผลิต ต้องใส่ในอัตราที่เหมาะสมและถูกระยะการเจริญเติบโตของพืช กล่าวคือพืชในกลุ่มธัญพืชหากให้ปุ๋ยไนโตรเจนในระยะที่กำลัง

เจริญเติบโตทางลำต้น ปุ๋ยจะทำให้พืชแตกใบมากเกินไปและบังแสงแดดกันเองในกอเดียวกัน ส่งผลให้ลำต้นไม่แข็งแรง ล้มง่าย ในข้าวมีซิลิคอน (silicon, Si) เป็นธาตุอาหารเสริมประโยชน์ที่สำคัญ โดยสะสมทั้งในส่วนของราก และบางส่วนเคลื่อนย้ายไปสะสมที่เนื้อเยื่อผิวของใบข้าว ซิลิคอนมีคุณสมบัติปกป้องใบไม่ให้ถูกแมลงศัตรูกัดแทะ และป้องกันการเข้าทำลายของเชื้อโรค ในขณะที่รายงานของประศาสตร์ (2559) กล่าวว่าในพืชวงศ์หญ้า (ข้าว) (Poaceae) เนื้อเยื่อผิวมีการสะสมซิลิกา เรียกว่า silica cell ช่วยให้ใบมีความแข็งเหนียวและสาก และพบ cork cell อยู่ติดกับ silica cell ช่วยให้ใบมีความแข็งแรงคงทน ป้องกันแมลงกัดกินและทำให้พืชทนแล้ง และบางส่วนของเนื้อเยื่อผิวเปลี่ยนแปลงไปทำหน้าที่เก็บน้ำ เรียก bulliform cell เป็นเซลล์ขนาดใหญ่ ผนังบาง อยู่ติดกันประมาณ 3-5 เซลล์ ในสภาพที่มีความชื้นสูงน้ำจะถูกสะสมไว้ที่ bulliform cell ทำให้ใบคลี่ออก แต่เมื่ออากาศแห้งแล้งน้ำใน bulliform cell จะถูกพืชดึงไปใช้ ทำให้ bulliform cell แฟบลง ใบจึงม้วนเข้าลดการคายน้ำของใบพืช

คลอโรฟิลล์ (chlorophyll) เป็นรงควัตถุที่สำคัญที่อยู่ในคลอโรพลาสต์ของพืช มีประมาณ 500,000 คลอโรฟิลล์ ต่อพื้นที่ตารางมิลลิเมตรของใบพืช ตำแหน่งหลักที่พบ คลอโรฟิลล์ อยู่ในชั้น mesophyll ของใบพืช ดังนั้นปริมาณคลอโรฟิลล์ในส่วนของใบพืช จึงใช้เป็นดัชนีบ่งชี้ความสามารถในการสังเคราะห์แสง และอัตราการเจริญเติบโตของพืชได้ (Campbell and Reece, 2004: สมบุญ, 2537)

จรัญญา และคณะ (2557) ศึกษากายวิภาคใบข้าว อายุ 6 วัน ของข้าวพันธุ์ทนแล้ง 4 สายพันธุ์ ได้แก่ DH103, DH212 IR62266 และ CT9993 เทียบกับข้าวพันธุ์ไม่ทนแล้ง ขาวดอกมะลิ 105 พบว่าในข้าวทนแล้งสายพันธุ์ CT9993 มีขนาดของ vascular bundle พื้นที่ xylem และความกว้างของ bulliform cell มากกว่าข้าวพันธุ์ไม่ทนแล้ง ขาวดอกมะลิ 105 อย่างมีนัยสำคัญ

Evert (2006) รายงานลักษณะทางกายวิภาคเนื้อเยื่อผิวของข้าว (*Oryza*: Poaceae) ว่ามีรูปร่างเป็นแนวยาว นิวเคลียสรูปร่างแบบดัมเบล (dumbbell-shaped nucleus) และผิวใบของข้าวฟ่างซึ่งเป็นพืชในวงศ์เดียวกับข้าว พบ cork cell อยู่ติดกับ silica cell เสมอ เนื้อเยื่อผิวของพืชในวงศ์ Poaceae มีลักษณะที่จำเพาะ ทั้งรูปร่างของปากใบ และการปรากฏของ cork cell และ silica cell ที่มีคุณสมบัติในการทำให้ใบพืชในวงศ์ Poaceae แข็งแรง ไม่ขาดหักง่าย และทนทานต่อการกัดกินของศัตรูพืช และทนการเข้าทำลายของเชื้อสาเหตุโรคพืช

ปากใบในพืชมีความสำคัญต่อกระบวนการสังเคราะห์แสงและการคายน้ำของพืช การเปิด-ปิดปากใบ ควบคุมการแลกเปลี่ยน CO_2 รายงานการวิจัยของ Kusumi *et al.* (2012) พบว่าขนาดและจำนวนปากใบที่เพิ่มมากขึ้นของใบข้าว มีผลให้อัตราการสังเคราะห์แสงของข้าวเพิ่มขึ้น ในขณะที่ Sarwar *et al.* (2013) รายงานผลการศึกษาอิทธิพลความหนาแน่นและขนาดปากใบบนใบข้าวที่เจริญเติบโตเต็มที่ พบว่าข้าวสายพันธุ์ที่มีความหนาแน่นของปากใบสูง มีขนาดความยาวและความกว้างของปากใบมาก ให้ผลผลิตเมล็ดข้าวสูงตามปากใบที่พบ

พวงผกา (2557) กล่าวว่า ปากใบของพืชมีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืช เนื่องจากปากใบมีหน้าที่ในการแลกเปลี่ยนก๊าซในบรรยากาศเข้าสู่เนื้อเยื่อภายในของพืช เพื่อนำไปใช้ในกระบวนการหายใจ การสังเคราะห์แสง และปากใบยังมีหน้าที่ในการคายน้ำ ทำให้การดูดน้ำและเกลือแร่ของพืชดำเนินไปอย่างต่อเนื่อง ซึ่งเป็นผลให้เกิดการหมุนเวียนน้ำระหว่างพืชและสิ่งแวดล้อม

ผลของปุ๋ยอินทรีย์ที่มีอิทธิพลต่อข้าว

Yang *et al.* (2004) ทำการศึกษาผลของปุ๋ยที่มีอิทธิพลต่อระบบรากของต้นข้าว โดยจัดชุดการทดลองการให้ปุ๋ย 3 ชุดการทดลอง ได้แก่ ชุดการทดลองที่ 1 ให้ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยคอก ชุดการทดลองที่ 2 ให้ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยจากฟางข้าวสาลี และชุดการทดลองที่ 3 ให้ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว โดยแต่ละชุดการทดลองยังมีการให้น้ำแก่ต้นข้าว 2 ระบบ คือให้น้ำต่อเนื่องตลอดระยะเวลาปลูก และให้น้ำแบบเปียกสลับแห้ง ผลการทดลองพบว่า แปลงที่ได้รับปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกับการให้น้ำแบบเปียกสลับแห้ง รากต้นข้าวมีความยาว ความหนาแน่น และน้ำหนักเพิ่มขึ้น 30-40 เปอร์เซ็นต์ และพบว่าการใช้ปุ๋ยคอกมีผลทำให้ต้นข้าวดูดซับ N, P และ K เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนผลผลิตเมล็ด น้ำหนัก (กรัม) ต่อ 1,000 เมล็ด สำหรับการใส่ปุ๋ยคอกให้น้ำหนักเมล็ดเพิ่มขึ้นด้วยเช่นกัน

Chau and Heong (2005) รายงานการศึกษาผลของปุ๋ยอินทรีย์ที่มีต่อต้นข้าว โดยอาศัยหลักการพื้นฐานความสัมพันธ์ระหว่างดินกับสิ่งมีชีวิตในดินที่ทำให้เกิดความสมดุลของระบบนิเวศเกษตรกรรม ระบบการเพาะปลูกพืชแบบอินทรีย์ ทำให้พืชมีความทนทาน และทนต่อการเข้าทำลายของแมลงศัตรูพืชด้วยการปรับตัวให้มีผนังเซลล์ที่หนาขึ้น ผลการทดลองพบว่า ปุ๋ยคอกและปุ๋ยอินทรีย์ มีผลให้ต้นข้าวเพิ่มความต้านทานต่อการกัดกินของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล หนอนเจาะลำต้น หนอนห่อใบข้าว โรคไหม้ และโรคกาบ

ใบแห้ง โดยต้นข้าวเพิ่มความสูง แตกกอมากขึ้น และมีคลอโรฟิลล์เพิ่มขึ้น โดยงานวิจัยนี้แนะนำให้ใส่ปุ๋ยคอกหรือปุ๋ยอินทรีย์ในอัตราส่วน 2.5 ตัน/แฮกแตร์

Amujoyegbe *et al.* (2007) ศึกษาเปรียบเทียบผลของปุ๋ยอินทรีย์ที่มาจากสัตว์ปีกและปุ๋ยเคมี ที่มีผลต่อข้าวโพด (*Zea mays* L.) และข้าวฟ่าง (*Sorghum bicolour* (L.) Moench) โดยออกแบบการให้ปุ๋ย 4 ชุดการทดลอง ได้แก่ ชุดการทดลองที่ 1 ให้ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว ชุดการทดลองที่ 2 ให้ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์ ชุดการทดลองที่ 3 ให้ปุ๋ยอินทรีย์อย่างเดียว และชุดการทดลองที่ 4 เป็นชุดควบคุมไม่ใส่ปุ๋ย ผลการทดลองพบว่า แปลงที่ให้ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์ ให้ผลผลิตข้าวโพดและข้าวฟ่างสูงที่สุด ในขณะที่ผลผลิตข้าวโพดรองลงมาได้จากแปลงที่ใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว ส่วนผลผลิตข้าวฟ่างรองลงมาพบในแปลงที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์อย่างเดียว เมื่อวัดปริมาณคลอโรฟิลล์รวมในต้นข้าวฟ่างพบว่ามีคลอโรฟิลล์รวมสูงที่สุดจากแปลงที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์อย่างเดียว ในขณะที่ข้าวโพดมีคลอโรฟิลล์รวมสูงที่สุดจากแปลงที่ใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์

สารพิษตกค้างในผลผลิตทางการเกษตร

กิจชัย (2559) รายงานสารเคมีกำจัดแมลงเป็นพิษที่ตกค้างในพืชอาหาร มี 4 กลุ่ม ใหญ่ ได้แก่ คาร์บาเมท ออร์กาโนฟอสเฟต คลอริเนตเตด-ไฮโดรคาร์บอน และไพรีทรัม โดยที่ คาร์บาเมท และออร์กาโนฟอสเฟต มีความเป็นพิษสูง ในขณะที่ วันทนาและคณะ (2555) รายงานสารเคมีกำจัดแมลงที่เกษตรกรนิยมใช้เพื่อกำจัดเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลในนาข้าว 4 กลุ่ม ได้แก่ ไพรีทรอยด์ ไพรีทรอยด์สังเคราะห์ ออร์กาโนฟอสเฟต และคาร์บาเมต ซึ่งกลับมีส่วนเร่งให้แมลงระบาดเพิ่มมากขึ้น

สำนักโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม (2559) รายงานสารกำจัดศัตรูพืชที่ต้องเฝ้าระวัง จำนวน 12 ชนิด ที่เกษตรกรใช้กันอย่างแพร่หลาย มีความเป็นพิษสูง และตกค้างในสิ่งแวดล้อมยาวนาน สารเคมี 7 ใน 12 ชนิดดังกล่าว อยู่ในกลุ่มคาร์บาเมท 4 ชนิด ได้แก่ aldicarb, carbofuran, methomyl และ oxamyl และอยู่ในกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต 3 ชนิด ได้แก่ dicrotophos, EPN, methidathion

บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการ

การเก็บตัวอย่างข้าวในภาคสนาม

ดำเนินการในพื้นที่นาข้าวกลุ่มวิสาหกิจชุมชน หมู่บ้าน “บ้านเนินหินแร่” ตำบลหนองแสง อำเภอปากพลี จังหวัดนครนายก โดยใช้พันธุ์ข้าว “ขาวดอกมะลิ 105” วางแปลงตัวอย่าง (quadrat methods) และเก็บข้อมูล ตามวิธีของ Shimwell (1971) และ ดอกรัก มารอด (2542) วางแปลงตัวอย่างขนาด 1 X 1 เมตร ลงในนา จำนวน 3 แปลงต่อ 1 พื้นที่นาข้าวอินทรีย์ และนาข้าวใช้สารเคมี ในแนวทแยง (แปลงที่หนึ่งอยู่มุมด้านบนของนาข้าว แปลงที่สองอยู่กลางพื้นที่นา และแปลงสุดท้ายอยู่มุมด้านล่างของนาข้าว เก็บตัวอย่างต้นข้าวที่เจริญเติบโต แบ่งเป็น 2 ระยะ ได้แก่

ระยะแตกกอ หลังการปักดำ 30 วัน

ระยะข้าวสร้างดอกอ่อน (ข้าวแต่งตัว) หลังข้าวแตกกอ 30 วัน

เก็บตัวอย่างต้นข้าวทั้งต้นและราก ใส่ลงในถุงซิปล็อค พร้อมบันทึกชื่อ และรายละเอียดสำคัญพร้อมระบุวัน/เดือน/ปี ที่เก็บตัวอย่าง บันทึกภาพต้นข้าวในพื้นที่ปฏิบัติงาน เก็บใส่กล่องโฟมรักษาอุณหภูมิไม่เกิน 5 องศาเซลเซียส นำเข้าห้องปฏิบัติการ

การศึกษาในห้องปฏิบัติการ

การศึกษาคุณภาพต้นข้าว

1) **กายวิภาคต้นข้าว** (ประศาสตร์, 2551)

เลือกเก็บใบข้าวที่สมบูรณ์เจริญเติบโตเต็มที่แต่ไม่แก่จนเกินไป โดยเลือกใบที่สามจากยอดลงมา ตัดเนื้อเยื่อขนาด 0.5 X 0.5 เซนติเมตร ในส่วนของโคน กลาง และปลายใบ โดยแต่ละแปลงทดลอง (quadrat) สุ่มเก็บ จาก 1 กอโดยทำเครื่องหมายกอข้าวที่เก็บ เก็บใบ 3 ใบๆ ละ 3 ตำแหน่ง และเก็บราก 3 ราก ในตำแหน่งที่ใกล้โคนต้น (บริเวณที่พบการเจริญของขนรากหนาแน่นมากที่สุด)

การเตรียมสไลด์ถาวรเนื้อเยื่อพืช

1. ตรึงและฆ่าเนื้อเยื่อพืช (ส่วนใบ และราก) ใน formalin acetic acid alcohol (FAA) 50% นาน 24 ชั่วโมง
2. แช่ตัวอย่างใน Tertiary butyl alcohol (TBA) 50, 70, 85, 95, 100 % ขั้นตอนละ 24 ชั่วโมง
3. แช่ตัวอย่างใน pure TBA 3 ครั้งๆ ละ 24 ชั่วโมง
4. แช่ตัวอย่างใน pure TBA ผสมกับ paraffin oil อัตราส่วน 1:1 นาน 24 ชั่วโมง
5. แช่ใน paraplast 3 ครั้งๆ ละ 24 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 60 ^{O}C
6. embed ตัวอย่างในเบ้า ทิ้งไว้ให้เย็น
7. ตัดตัวอย่างด้วย Rotary microtome หนา 8-15 ไมครอน
8. mount ชิ้นตัวอย่างบนกระจกสไลด์ โดยใช้ Formalin 3 % และ haupt adhesive เป็นตัวยึด โดยวางบน slide wormer ที่อุณหภูมิ 45-50^{O}C
9. ย้อมสีตัวอย่างด้วย safranin และ fast green โดยใช้ clove oil เป็น mordent ระหว่างขั้นตอนการย้อมสีดึงน้ำออกจากเซลล์ด้วย alcohol series 30% 50% 70% และ 95 % ตามลำดับและ xylene
10. เมาท์ตัวอย่างลงบนกระจกปิดสไลด์

ศึกษาตัวอย่างเนื้อเยื่อใบและราก ผ่านกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง บันทึกภาพ ตัวอย่างจากใบ เปรียบเทียบความหนาแน่น chlorenchyma ในชั้น mesophyll วัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของ vascular bundle และขนาดของ bulliform cell ตัวอย่างจากราก ศึกษาความสมบูรณ์ของชั้น endodermis วัดความหนาของ endodermis และ cortex

การเตรียมสไลด์ถาวรเนื้อเยื่อผิวใบ

1. เลือกใบที่สมบูรณ์และเจริญเต็มที่นำมาล้างคราบฝุ่น หรือสิ่งแปดเปื้อน ด้วยน้ำสะอาด
2. ใช้มีดโกนตัดแผ่นใบขนาดประมาณ 0.5 ซม^{2} โดยเลือกสุ่มตัดในตำแหน่งต่างๆ ของแผ่นใบ เพราะในแต่ละตำแหน่งของแผ่นใบอาจพบความหนาแน่นของปากใบไม่เท่ากัน

3. นำชิ้นส่วนใบที่ตัดเตรียมไว้ไปต้มใน cupric sulfate ($CuSo_45H_2O$) ความเข้มข้น 10 % นาน 1-2 นาที เพื่อกำจัดเม็ดสี
4. ย้ายไปต้มในส่วนผสมของ $CuSo_45H_2O$ เข้มข้น 10 % : HCl (conc) อัตราส่วน 1: 2 นาน 3-5 นาที
5. เทน้ำยาออกให้หมด แล้วจึงล้างด้วยน้ำ 4-5 ครั้ง
6. ย้อมสีด้วย fast-green นานข้ามคืน
7. ดึงน้ำออกด้วย ethanol 30,50,70,95 และ 100 ตามลำดับ
8. แช่ใน 100 : xylene
9. แช่ใน xylene
10. เมาท์ด้วย Canada balsam

ศึกษาความหนาแน่นของปากใบต่อพื้นที่ตารางเซนติเมตร วัดขนาดของปากใบ (กว้าง-ยาว)

การหาปริมาณคลอโรฟิลล์ของใบข้าว

วิเคราะห์ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ และบี ในใบข้าว โดยดัดแปลงจากกรรมวิธี Hiscox and Israelstam (1979)

1. นำตัวอย่างพืชมาทำความสะอาด ตัดเป็นชิ้นเล็กและนำมาชั่งน้ำหนักประมาณ 100 มิลลิกรัม (โดยหลีกเลี่ยงเนื้อเยื่อบริเวณกลางใบและเส้นใบ) แล้วใส่ในหลอดทดลอง

2. เติมสาร Dimethyl sulfoxide (DMSO) ปริมาณ 7 ml ลงในหลอดทดลอง นำไปอุ่นใน Water Bath ที่ควบคุมอุณหภูมิประมาณ 65 °C

3. รอจนเนื้อเยื่อใบเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นใส ในกรณีข้าวขาวดอกมะลิใช้เวลาประมาณ 60 นาที

4. แยกส่วนกากของพืชออกจากสารละลาย โดยการกรองด้วยกระดาษกรอง

5. ปรับปริมาตรสารละลายที่กรองด้วยสาร Dimethyl sulfoxide (DMSO) ให้เป็น 10 ml

6. นำสารละลายที่ได้ไปวิเคราะห์หาปริมาณคลอโรฟิลล์โดยใช้การวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง Spectophotometer ที่ช่วงคลื่น 645, 656 และ 663 นาโนเมตร

คำนวณปริมาณคลอโรฟิลล์เอ และบี จากสูตร

Chlorophyll a = $[12.7*(D_{663}) - 2.65*(D_{645})] \times V/1000 \times W$

Chlorophyll b = $[22.9*(D_{645}) - 4.68*(D_{663})] \times V/1000 \times W$

Total chlorophyll = [22.2*(D_{645}) + 8.02*(D_{663})] x V/1000 x W

D = Optical density ของคลอโรฟิลล์ในความยาวคลื่น

V = ปริมาตรของสารละลายที่ใช้สกัด (ml)

W = น้ำหนักตัวอย่างใบข้าว (g)

การศึกษาคุณภาพเมล็ดข้าว

1) คุณภาพเมล็ดทางกายภาพ (กัญญา, 2547)

ศึกษาและบันทึกลักษณะของเมล็ดข้าว ประกอบด้วย

1.1 หาความชื้นในเมล็ด

1.1.1 บดเมล็ดข้าวให้เป็นแป้ง แล้วชั่งแป้ง 100 กรัม

1.1.2 ทำอลูมิเนียมฟอยด์ให้เป็นรูปภาชนะสำหรับใส่แป้ง นำไปชั่ง บันทึกน้ำหนัก

1.1.3 นำแป้งข้าวที่ชั่งแล้ว ใส่ในห่ออลูมิเนียมฟอยด์ที่ไม่ปิดฝา นำไปชั่ง บันทึกน้ำหนัก แล้วจึงนำเข้าตู้อบอุณหภูมิ 130 ^{O}C นาน 1 ชั่วโมง

1.1.4 ใช้ปากคีบ คีบห่อแป้งที่อบแล้ว ย้ายมาใส่ในโถดูดความชื้น (desicator) เมื่อแป้งเย็นตัวแล้ว จึงชั่งพร้อมห่ออลูมิเนียมฟอยด์ นำไปคำนวณหาปริมาณความชื้น จากสูตร

$$\text{ความชื้น (\%)} = \frac{(\text{น้ำหนักแป้งพร้อมภาชนะก่อนอบ} - \text{น้ำหนักแป้งพร้อมภาชนะหลังอบ}) \times 100}{(\text{น้ำหนักแป้งพร้อมภาชนะก่อนอบ} - \text{น้ำหนักภาชนะ})}$$

สีข้าวกล้อง (pericarp color)

ขนาดและรูปร่างเมล็ด ได้แก่

ขนาดเมล็ด (IRRI, 1996)

จำแนกตามความยาวของเมล็ดได้ดังนี้

ยาวมาก	ยาวกว่า 7.5 มม.
ยาว	6.6-7.5 มม.
ปานกลาง	5.5-6.6 มม.
สั้น	สั้นกว่า 5.5 มม.

รูปร่างเมล็ด

จำแนกโดยใช้สัดส่วน ความยาว/ความกว้าง ได้ดังนี้

เรียว	มากกว่า 3.0
ปานกลาง	2.0-3.0
ป้อม	น้อยกว่า 2.0

น้ำหนักเมล็ด จำนวน 100 เมล็ด ที่ความชื้นประมาณ 12-14 %

2) คุณสมบัติทางเคมี

2.1 ศึกษาปริมาณอะไมโลส

เทคนิคการวิเคราะหปริมาณอะไมโลสในข้าวเจ้าดวยการเกิดสีกับไอโอดีนเป็นการวิเคราะห์หาปริมาณอะไมโลสแบบ Apparent amylose content ซึ่งเป็นปริมาณอะไมโลสที่ไม่ได้ถูกต้องแน่นอน 100% ทางเคมีวิเคราะห์จะเรียกว่าการวิเคราะห์แบบกึ่งปริมาณวิเคราะห์ (Semi-quantitative) จึงมีโอกาสเกิดความคลาดเคลื่อนได้ แต่ค่าที่ได้ก็เป็นที่ยอมรับ เพียงพอในการนำไปใช้วิเคราะห์สายพันธุ์ข้าวหรือการดูสมบัติของข้าวเพื่อนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ชนิดต่างๆทางอาหาร วิธีนี้จึงเป็นวิธีที่นิยมใช้กันในปัจจุบัน เนื่องจากเป็นการวิเคราะห์ที่ไม่ซับซ้อน ง่าย และรวดเร็ว ความคลาดเคลื่อนของการวิเคราะหที่เกิดขึ้นส่วนหนึ่งมาจากการรบกวนของอะไมโลเพคตินที่สามารถเกิดเป็นสารประกอบเชิงซอนกับไตรไอโอไดด์ได้เช่นเดียวกับอะไมโลส และดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นที่ใกล้เคียงกับความยาวคลื่นที่ใช้วิเคราะหปริมาณอะไมโลส ทำให้ค่าที่วิเคราะห์ได้สูงกว่าความเป็นจริง ในการวิเคราะห์นี้จึงใช้แป้งข้าวมาตรฐานที่ได้จากศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี (กรมการข้าว กระทรวงเกษตรและสหกรณ์) เป็นสารมาตรฐานในการเตรียมกราฟมาตรฐานเพื่อให้สารมาตรฐานมีเมทริกซ์ใกล้เคียงกับตัวอย่างที่วิเคราะห์มากที่สุด โดยดัดแปลงวิธีวิเคราะห์จากวิธีของกรมการข้าว ซึ่งใช้สารมาตรฐานอะไมโลสในการสร้างกราฟมาตรฐาน การวิเคราะห์เกิดขึ้นโดยการเตรียมไอโอดีน (I_2) ในสารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์ (KI) จะได้สารละลายไอออนของไตรไอโอไดด์ (I_3^-) ที่เมื่อนำไปทำปฏิกิริยากับน้ำแป้งในสภาวะที่เป็นกรด ไอออนของไตรไอโอไดด์จะเข้าแทรกในโครงสร้างของอะไมโลสในแป้งที่มีโครงสร้างเหมือนพอลิเมอร์สายยาวม้วนเป็นเกลียว ทำให้เกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนสีน้ำเงินของอะไมโลสกับไตรไอโอไดด์ไอออน นำสารเชิงซ้อนที่ได้ไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความ

ยาวคลื่น 620 nm ค่าการดูดกลืนแสงที่ได้จะแปรผันตรงกับปริมาณอะไมโลสในข้าว จึงนำมาใช้ในการทำปริมาณวิเคราะห์อะไมโลสในตัวอย่างข้าวได้

การเตรียมน้ำแป้ง

บดตัวอย่างข้าว ด้วยโกร่งบดสาร และร่อนผ่านตะแกรง 40 mesh นำมาเตรียมเป็นน้ำแป้งโดยชั่งข้าว 0.02500 g เติมเอทานอล 95% 0.25 mL เติม โซเดียมไฮดรอกไซด์ 2 M 2.25 mL ตั้งทิ้งไว้ค้างคืน จากนั้นเทใส่ขวดวัดปริมาตร 25 mL แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น ทำซ้ำ 3 ชุด

การเกิดสีกับไอโอดีน

เติมน้ำกลั่น 30 mL ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 50 mL เติมกรดอะซิติก 1 mol L^{-1} 0.50 mL เติมสารละลายไอโอดีน (เตรียมจาก I_2 0.2 g ผสม KI 2.0 g ในสารละลาย 100 mL) 1 mL และเติมสารละลายน้ำแป้งที่เตรียมไว้ 2.5 mL ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น ตั้งทิ้งไว้ 10 นาที แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องไดโอดอาร์เรย์สเปกโทรโฟโตมิเตอร์ (รุ่น HP 8453 บริษัท Hewlett Packard ประเทศเยอรมนี) ที่ความยาวคลื่น 620 nm นำค่าการดูดกลืนแสงไปคำนวณปริมาณอะไมโลสจากกราฟมาตรฐาน

การเตรียมกราฟมาตรฐาน

นำแป้งข้าวมาตรฐาน (ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี กรมการข้าว กระทรวงเกษตรและสหกรณ์) ที่มีปริมาณอะไมโลส 14.19% 18.70% และ 27.49% มาชั่งโดยคำนวณน้ำหนักของข้าวที่ต้องชั่งเพื่อให้ได้เปอร์เซ็นต์ที่เป็นเลขลงตัว คือชั่งแป้งข้าวมาตรฐาน 14.19% มา 0.01233 g จะได้อะไมโลส 7% ชั่งแป้งข้าวมาตรฐาน 18.70% มา 0.02005 g จะได้อะไมโลส 15% ชั่งแป้งข้าวมาตรฐาน 27.49% มา 0.02000 และ 0.02728 g จะได้อะไมโลส 22% และ 30% ตามลำดับ นำไปเตรียมน้ำแป้งและทำให้เกิดสีกับไอโอดีน นำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้ไปสร้างกราฟมาตรฐาน

การประเมินความถูกต้องของวิธี

เนื่องจากวิธีที่ใช้ในการวิเคราะห์อะไมโลส ได้มีการปรับปรุงจากวิธีของกรมการข้าว จึงได้ทำการตรวจสอบความถูกต้อง (accuracy) ของวิธีโดยการนำสารมาตรฐานอ้างอิงแป้งข้าวเจ้า BCR-467 (สถาบัน Institute for Reference Materials and Measurements ประเทศเบลเยียม) มาเตรียมน้ำแป้งและทำให้เกิดสีกับไอโอดีนตามวิธีเดียวกันดังรายละเอียดข้างต้น นำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้ไปคำนวณปริมาณ

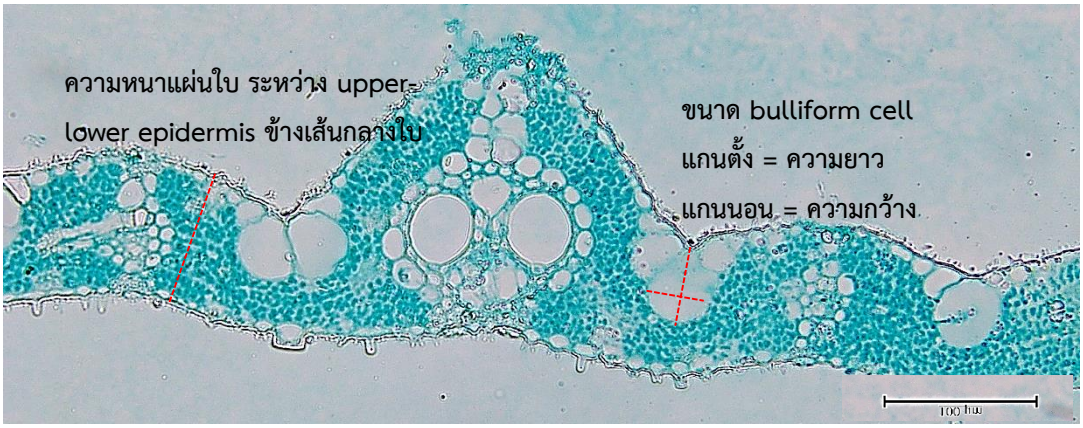
อะไมโลสจากกราฟมาตรฐาน นำค่าอะไมโลสที่ได้เทียบกับค่าจริงของสารมาตรฐานอ้างอิงแป้งข้าวเจ้า BCR-467

3) วิเคราะห์สารตกค้างในเมล็ด

ส่งตัวอย่างเมล็ดข้าววิเคราะห์สารตกค้างกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต และคาร์บาเมท โดยกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

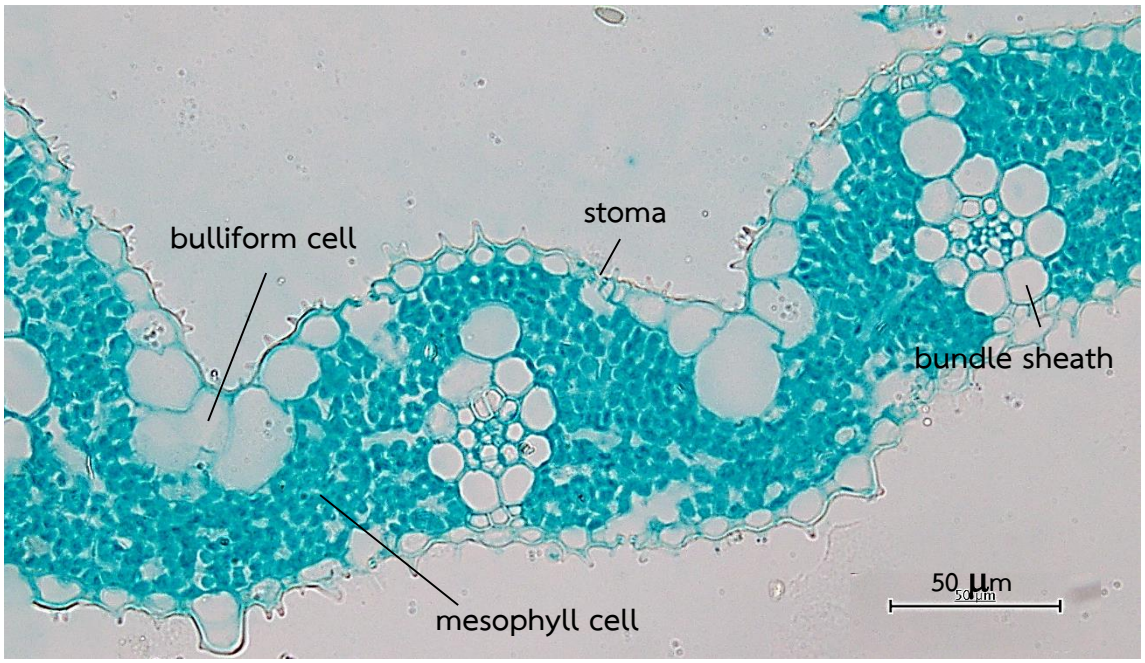
ข้อมูลที่เป็นตัวเลข วิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Minitab 17 (ใช้โปรแกรมลิขสิทธิ์ ของคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา) โดยใช้แผนการทดลองสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ วิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA analysis of variance) และใช้การเปรียบเทียบเชิงพหุคูณ (multiple comparision) ด้วยวิธีของ Tukey



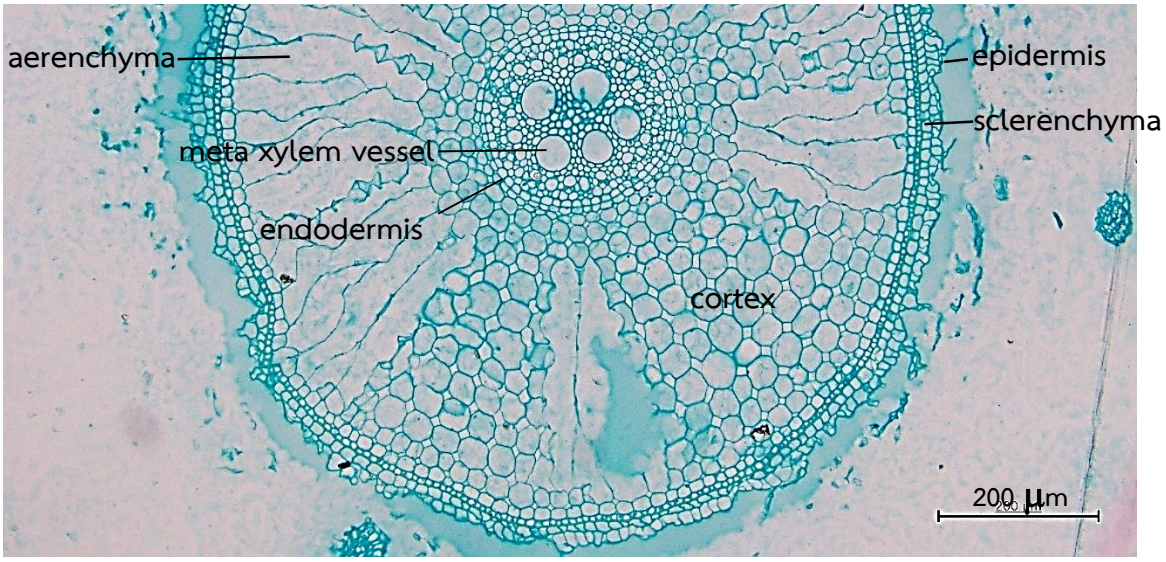
ภาพที่ 1 ภาคตัดขวางใบข้าวขาวดอกมะลิ 105 แสดงการวัดขนาดเนื้อเยื่อที่ตำแหน่งต่าง ๆ

บทที่ 4 ผลการวิจัย

1. ศึกษาเปรียบเทียบคุณภาพข้าวทางลำต้น ระหว่างข้าวจากแปลงนาอินทรีย์กับแปลงนาใช้สารเคมี กายวิภาคใบและรากของต้นข้าว

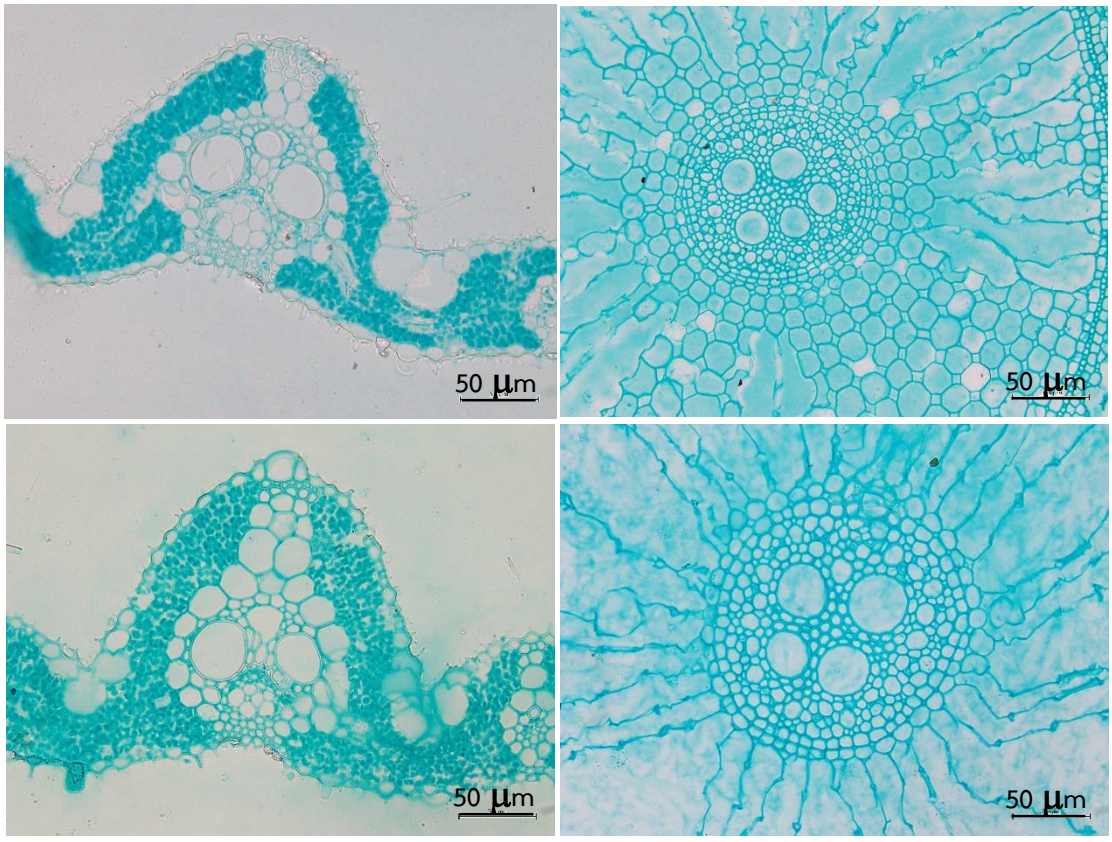


ภาพที่ 2 ส่วนประกอบเนื้อเยื่อใบข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105



ภาพที่ 3 ส่วนประกอบเนื้อเยื่อรากข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105

ระยะต้นข้าวแตกกอ



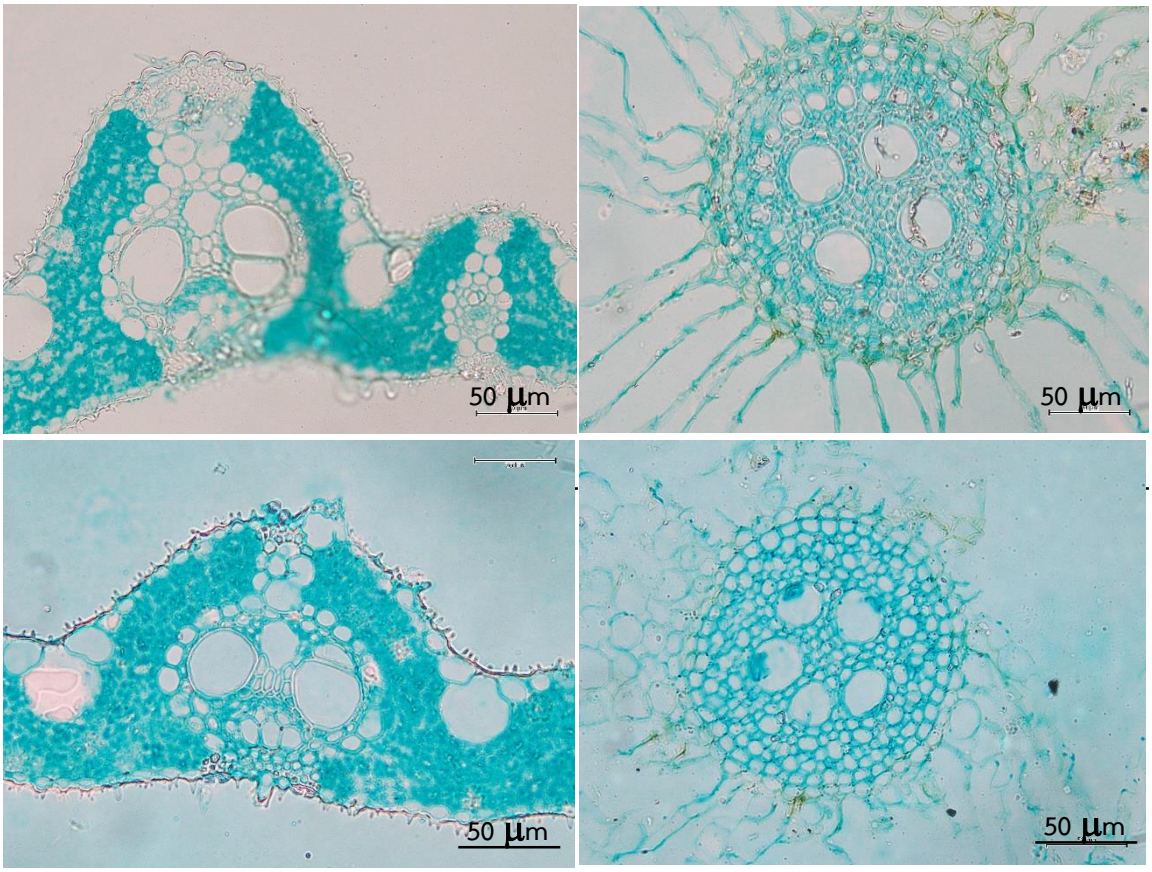
ภาพที่ 4 เปรียบเทียบใบและรากต้นข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ระยะข้าวแตกกอ บน) ใบและราก ต้นข้าว จากนาข้าวอินทรีย์ ล่าง) ใบและราก ต้นข้าว จากนาข้าวเคมี

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบขนาดความหนาแผ่นใบ และขนาดเวสเซลในรากข้าวขาวดอกมะลิ 105

	ความหนาแผ่นใบ ระยะข้าวแตกกอ (µm)	**ความหนาแผ่นใบ ระยะข้าวแต่งตัว** (µm)	**เส้นผ่านศูนย์กลาง meta xylem vessel ระยะข้าวแตกกอ** (µm)	**เส้นผ่านศูนย์กลาง meta xylem vessel ระยะข้าวแต่งตัว** (µm)
ข้าวอินทรีย์	60 ± 5.96b	88.75 ± 8.34	43.75 ± 4.33a	33.38 ± 1.49a
ข้าวเคมี	82.92 ± 5.34a	83 ± 6.94	31.88 ± 3.15b	28.13 ± 2.39b

หมายเหตุ อักษรในคอลัมน์เดียวกันที่ต่างกัน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P<0.05$

ระยะต้นข้าวสร้างดอกอ่อน (ข้าวแต่งตัว)



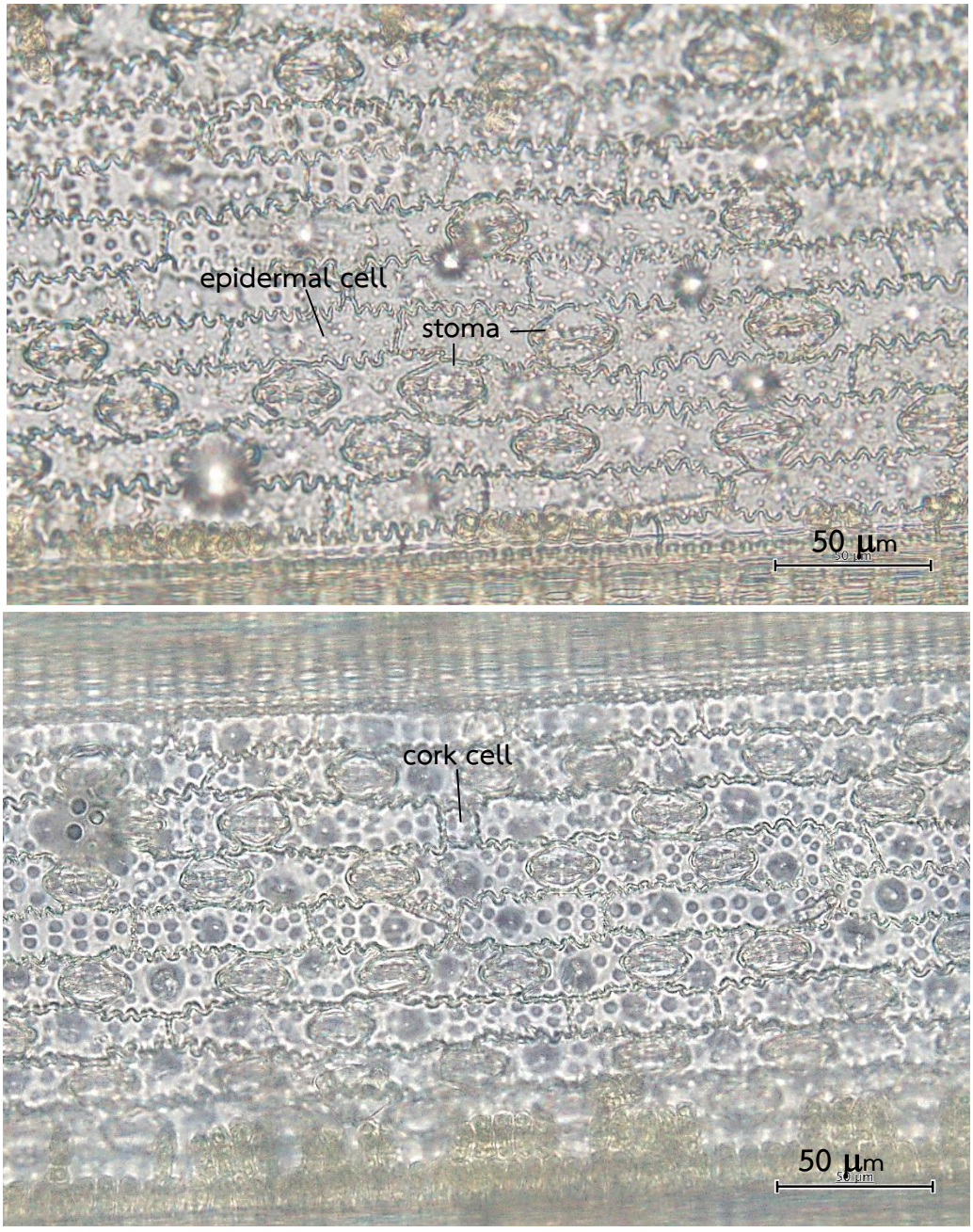
ภาพที่ 5 เปรียบเทียบใบและรากต้นข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ระยะสร้างดอกอ่อน (ข้าวแต่งตัว) บน) ใบและราก ต้นข้าว จากนาข้าวอินทรีย์ ล่าง) ใบและราก ต้นข้าว จากนาข้าวเคมี

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบขนาด bulliform cell ในใบข้าวขาวดอกมะลิ 105

	ความยาว bulliform cell ระยะข้าวแตกกอ (µm)	**ความยาว bulliform cell ระยะข้าวแต่งตัว** (µm)	**ความกว้าง bulliform cell ระยะข้าวแตกกอ** (µm)	**ความกว้าง bulliform cell ระยะข้าวแต่งตัว** (µm)
ข้าวอินทรีย์	45±3.95	48.13±6.88a	42.5±5.86a	33.75±4.33b
ข้าวเคมี	37±6.94	39.38±1.25b	32.75±6.75b	47.5±8.9a

หมายเหตุ อักษรในคอลัมน์เดียวกันที่ต่างกัน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P<0.05$

ลักษณะของปากใบ



ภาพที่ 6 เปรียบเทียบความหนาแน่นปากใบข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 จาก 2 แหล่งปลูก บน) ปากใบข้าวจากนาข้าวอินทรีย์ ล่าง) ปากใบข้าวจากนาข้าวเคมี

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบคุณสมบัติบางประการของใบ จากนาข้าวอินทรีย์และนาข้าวเคมี

	ความหนาแน่นปากใบ (ปากใบ/$cm^{2)}$	**ความยาวปากใบ** (μm)	**ปริมาณคลอโรฟิลล์ระยะข้าวแตกกอ** (mg/g นน.สด)	**ปริมาณคลอโรฟิลล์ระยะข้าวแต่งตัว** (mg/g นน.สด)
ข้าวอินทรีย์	19.2$\pm$1.1^{b}	25.5$\pm$0.5	2.98$\pm$0.32	1.42$\pm$0.27
ข้าวเคมี	28.4$\pm$3.3^{a}	23.5$\pm$0.94	4.03$\pm$0.37	1.78$\pm$0.36

หมายเหตุ อักษรในคอลัมน์เดียวกันที่ต่างกัน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P<0.05$

ความหนาแน่นของปากใบด้านหลังใบข้าวจาก 2 กรรมวิธีปลูก (ภาพที่ 6) เห็นได้ว่าใบข้าวจากแปลงนาเคมี มีจำนวนปากใบหนาแน่นมากกว่าใบข้าวจากนาอินทรีย์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่อย่างไรก็ตามพบว่าขนาดปากใบของใบข้าวจากนาอินทรีย์มีแนวโน้มที่จะมีขนาดใหญ่กว่าเมื่อดูจากค่าเฉลี่ย แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (ตารางที่ 3 คอลัมน์ที่ 3)

2. ศึกษาเปรียบเทียบคุณภาพเมล็ดข้าว ที่ได้จากจากแปลงนาอินทรีย์กับแปลงนาใช้สารเคมี

2.1 คุณภาพเมล็ดทางกายภาพ

น้ำหนักเมล็ดจำนวน 100 เมล็ด ของข้าวจากนาเคมี มีน้ำหนักมากกว่าเมล็ดข้าวจากนาอินทรีย์อย่างมีความแตกต่างทางสถิติ (ตารางที่ 4)

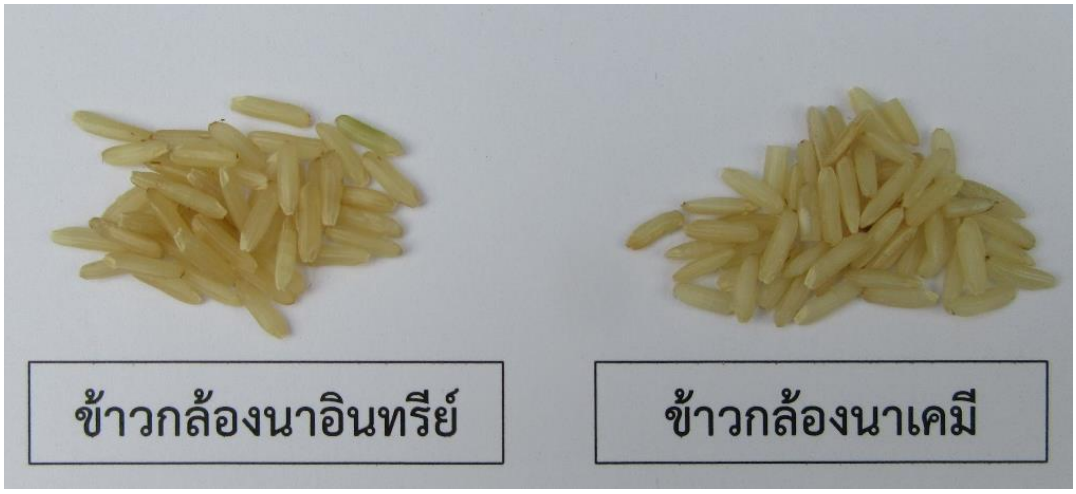
ตารางที่ 4 เปรียบคุณสมบัติบางประการของเมล็ดจากนาข้าวอินทรีย์และนาข้าวเคมี

	น้ำหนักเมล็ด (g/100 เมล็ด)	**ความชื้นเมล็ด** (%)
ข้าวอินทรีย์	1.86 ± 0.03^{b}	13.9
ข้าวเคมี	1.95 ± 0.01^{a}	12.4

หมายเหตุ อักษรในคอลัมน์เดียวกันที่ต่างกัน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P<0.05$

สีของข้าวกล้อง

จากการศึกษาเปรียบเทียบสีของเมล็ดข้าวกล้อง (ภาพที่ 6) พบว่าสีของข้าวกล้องทั้ง 2 แหล่งปลูก มีสีฟางอ่อน อย่างไรก็ตามผลการศึกษาพบว่าสีของข้าวกล้องจากนาอินทรีย์มีสีเข้มกว่าสีของข้าวกล้องจากนาเคมีเล็กน้อย



ภาพที่ 7 เปรียบเทียบสีของเมล็ดข้าว จากนาข้าว 2 ประเภท

ขนาดเมล็ด

ศึกษาคุณภาพเมล็ดข้าวทางกายภาพ ด้วยการวัดขนาดเมล็ดข้าวสารและเมล็ดข้าวเปลือกด้วยเวอร์เนียคาลิปเปอร์ จำนวน 100 เมล็ด ได้ผลตามตารางที่ 5

ตารางที่ 5 เปรียบเทียบขนาดของเมล็ดข้าวสารและข้าวเปลือกจากนาข้าวอินทรีย์และนาข้าวใช้สารเคมี

	ข้าวสารขาวดอกมะลิ 105 (mean±SD)		ข้าวเปลือกขาวดอกมะลิ 105 (mean±SD)	
	ความยาวเมล็ด (มม.)	ความกว้างเมล็ด (มม.)	ความยาวเมล็ด (มม.)	ความกว้างเมล็ด (มม.)
ข้าวอินทรีย์	7.172 ± 0.415	1.93 ± 0.189	10.47 ± 0.479	2.5 ± 0.157
ข้าวนาเคมี	7.124 ± 0.326	2.103 ± 0.128	10.416 ± 0.525	2.603 ± 0.159

จำแนกความยาวเมล็ดข้าวสาร ตามกัญญา (2547) จัดอยู่ในประเภท**ข้าวสารเมล็ดยาว** (6.6-7.5 มม.)

รูปร่างเมล็ด

ตารางที่ 6 เปรียบเทียบรูปร่างของเมล็ดข้าวสารจากนาข้าวอินทรีย์และนาข้าวใช้สารเคมี

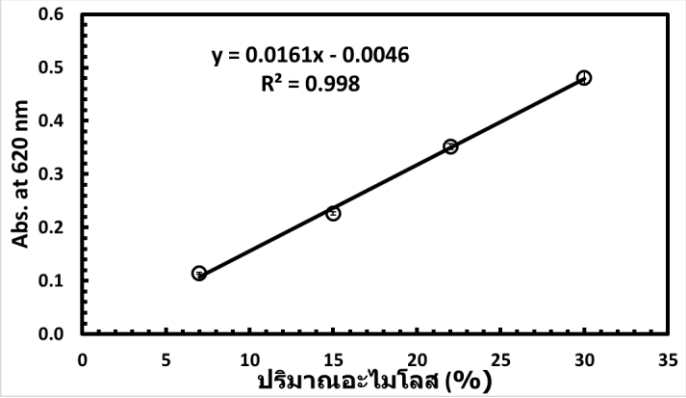
	ความยาวเมล็ดเฉลี่ย (มม.)	ความกว้างเมล็ดเฉลี่ย (มม.)	สัดส่วน
ข้าวอินทรีย์	7.172	1.93	3.72
ข้าวนาเคมี	7.124	2.1	3.39

จำแนกโดยใช้สัดส่วน ความยาว/ความกว้าง ตามกัญญา (2547) จัดอยู่ในประเภท**ข้าวสารรูปร่างเมล็ดเรียว** โดยมีค่าความยาว/ความกว้าง มากกว่า 3.0

2.2 คุณภาพทางเคมี

ปริมาณอะไมโลส

ผลการวิเคราะห์หาปริมาณอะไมโลสในเมล็ดข้าวกราฟมาตรฐานที่ได้มีความเป็นเส้นตรง ดังสมการ Y=0.0161X-0.0046 และมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (Coefficient of determination, R^2) เท่ากับ 0.998 ดังในภาพที่ 8



ภาพที่ 8 กราฟมาตรฐานจากแป้งข้าวมาตรฐาน

ส่วนความถูกต้องของวิธีเมื่อนำสารมาตรฐานอ้างอิงแป้งข้าวเจ้า BCR-467 ไปวิเคราะห์อะไมโลส ตามวิธีปรับปรุงนี้ พบว่าค่าที่ได้ คือ 27.3 ± 1.2 % ซึ่งค่าจริงของอะไมโลสในสารมาตรฐานอ้างอิงนี้คือ 27.7% จึงสรุปว่าค่าที่ได้ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อนำวิธีนี้ไปวิเคราะห์ปริมาณอะไมโลสในข้าวได้ผลดังในตารางที่ 7

ตารางที่ 7 เปรียบเทียบปริมาณอะไมโลสในตัวอย่างข้าว

ตัวอย่าง	**ปริมาณอะไมโลส (%) ค่าเฉลี่ย ± sd (n=3)**
ข้าวขาวดอกมะลิ 105 อินทรีย์	13.3 ± 0.2
ข้าวขาวดอกมะลิ 105 เคมี	13.4 ± 0.5

3. วิเคราะห์สารตกค้างในเมล็ด

ผลการวิเคราะห์หาสารตกค้างในเมล็ดข้าวสารขาวดอกมะลิ 105 อินทรีย์ และข้าวขาวดอกมะลิ 105 เคมี โดยกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ ไม่พบสารพิษตกค้างทั้ง 2 ตัวอย่าง (ตารางที่ 8)

ตารางที่ 8 ผลการวิเคราะห์สารพิษตกค้างในเมล็ดข้าวสารจาก 2 แหล่ง

รายการ สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืช (mg/kg)	**วิธีวิเคราะห์**	**หมายเลขตัวอย่าง**	**ผลการวิเคราะห์**
กลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัส	In-house method SOP No.2002273 GC[1]	2061-013197 (ข้าวนาอินทรีย์)	ไม่พบ
กลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัส	In-house method SOP No.2002273 GC[1]	2061-013198 (ข้าวนาเคมี)	ไม่พบ
กลุ่มคาร์บาเมต	In-house method SOP No.2002271 by HPLC[2]	2061-013197 (ข้าวนาอินทรีย์))	ไม่พบ
กลุ่มคาร์บาเมต	In-house method SOP No.2002271 by HPLC[2]	2061-013198 (ข้าวนาเคมี))	ไม่พบ

อภิปรายผล

เมื่อพิจารณาถึงข้อแตกต่างทางลำต้นของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ในงานวิจัยนี้พบว่า ใบข้าวในระยะแตกกอที่ปลูกโดยใช้สารเคมีมีความหนาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 1) งานวิจัยของ จรัญญา และคณะ (2557) รายงานว่าความหนาของใบมีความสัมพันธ์กับชั้นของ mesophyll ที่จำเป็นต่อกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง ใบที่หนาย่อมพบความหนาแน่นของ mesophyll เพิ่มขึ้น มีผลให้อัตราการสังเคราะห์แสงมากขึ้น ทำให้ต้นข้าวมีอัตราการเจริญเติบโตที่สูงขึ้น แต่เมื่อถึงระยะข้าวสร้างดอกอ่อน (ข้าวแต่งตัว) พบว่าความหนาของใบข้าวระหว่างนาข้าวอินทรีย์กับนาข้าวเคมีไม่แตกต่างกันทางสถิติ เหตุดังกล่าวมีผลมาจากการปฏิบัติดูแลระหว่างการปลูก โดยนาข้าวเคมี มีการให้ปุ๋ยยูเรียก่อนการปลูก ทำให้อัตราการเจริญเติบโตของต้นอ่อนจนถึงระยะแตกกอเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ ต่างจากนาข้าวอินทรีย์ที่เตรียมแปลงปลูกโดยการไถกลบปอเทือง และปล่อยน้ำท่วมนาพร้อมหมักต้นปอเทืองและวัชพืชในนากับน้ำหมักชีวภาพที่ชาวนาผลิตไว้ใช้เอง (ภาพที่ 9) ส่งผลให้ต้นกล้าค่อย ๆ เจริญเติบโตไปตามลำดับ แต่เมื่อศึกษาขนาดของ

ท่อลำเลียงน้ำในราก (meta xylem vessel) กลับพบว่า ขนาดของท่อ vessel ในรากข้าวจากนาข้าวอินทรีย์มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่มากกว่ารากข้าวจากนาข้าวเคมีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 1, ภาพที่ 3) ทั้งในระยะข้าวแตกกอและข้าวตั้งท้อง จากงานวิจัยของพัณณ์ชิตา และคณะ (2558) กล่าวว่า ขนาดของท่อลำเลียงน้ำมีความสัมพันธ์ต่ออัตราการลำเลียงน้ำ ท่อลำเลียงน้ำขนาดใหญ่กว่ามีอัตราการลำเลียงน้ำและสารละลายธาตุอาหารในดินได้มากกว่า ทั้งนี้มีผลมาจากรากของข้าวนาอินทรีย์อยู่ในดินที่มีความร่วนของสัดส่วนอินทรียวัตถุสูงกว่าจะเจริญเติบโตได้ดีกว่ารากข้าวที่ปลูกในนาเคมี Lipiec *et al.* (2012)

ภาพที่ 9 ซ้าย) ถังผลิตน้ำหมักชีวภาพในแปลงนาข้าวอินทรีย์
ขวา) แปลงนาขังน้ำหมักปอเทือง และวัชพืช ร่วมกับน้ำหมักชีวภาพก่อนการหว่านเมล็ดพันธุ์

ข้อดีของการขังน้ำหมักปอเทืองและวัชพืช ร่วมกับการปล่อยน้ำหมักชีวภาพลงในนา 2 สัปดาห์ก่อนทำการหว่านเมล็ดพันธุ์ข้าว นอกจากเป็นการเติมอินทรียวัตถุและธาตุอาหารพืชลงในดิน ยังเป็นการกำจัดวัชพืชและแมลงก่อโรคในต้นข้าว ทำให้ชาวนาไม่ต้องเสียแรงงานในการถอนหญ้าในระหว่างฤดูการทำนา และลดปริมาณแมลงศัตรูพืชและหอยเชอรี่ลงในระดับที่ไม่ก่อให้เกิดความเสียหายรุนแรง

ขนาดของ bulliform cell ในใบข้าว (ภาพที่ 2) พบว่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 2) ระยะข้าวแตกกอ bulliform cell ในใบข้าวนาอินทรีย์มีขนาดที่กว้างกว่าในใบข้าวจากนาเคมี แต่ในระยะข้าวตั้งท้องใบข้าวนาอินทรีย์มีความกว้าง bulliform cell น้อยกว่าใบข้าวจากนาเคมี แต่กลับมีความ

ยาวของ bulliform cell มากกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับความกว้างและความยาว bulliform cell จากงานวิจัยของ จรัญญา และคณะ (2557) ที่ศึกษาในใบข้าวขาวดอกมะลิ 105 จากแปลงปลูกศูนย์วิจัยข้าวชุมแพ จังหวัดขอนแก่น มีค่าเฉลี่ย 39.52 และ 42.15 ไมโครเมตร ตามลำดับ พบว่าขนาดของ bulliform cell ของใบข้าวอินทรีย์ระยะแตกกอมีค่าเฉลี่ยสูงกว่า โดยมีค่าเท่ากับ 42.5 และ 48.13 ไมโครเมตร ตามลำดับ จากรายงานของ ประศาสตร์ (2559) ระบุความสำคัญของ bulliform cell มีหน้าที่ลดการคายน้ำของใบในสภาพที่ขาดน้ำพืชวงศ์หญ้าจะดึงน้ำใน bulliform cell ไปใช้ ทำให้เซลล์ดังกล่าวเหี่ยวแฟบลง ดึงให้ใบม้วนห่อเข้าหาเส้นกลางใบในที่สุด ในขณะที่ Takboka et al. (1984) รายงานถึง bulliform cell ว่าเป็นแหล่งสะสม amorphous silica gel ($SiO_2.nH_2O$) ซึ่งสำคัญต่อการเจริญเติบโตทางลำต้นข้าว หากข้าวขาด silicon จะแคระแกนและมีลำต้นไม่แข็งแรง หักล้มง่าย

ความหนาแน่นของจำนวนปากใบ จากการศึกษาพบว่า จำนวนปากใบต่อพื้นที่ 1 ตารางเซนติเมตร ในใบข้าวจากนาเคมีมีมากกว่าใบข้าวจากนาอินทรีย์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 3) จากงานวิจัยของ Xu and Zhou (2008) พบว่าความหนาแน่นของปากใบรวมถึงขนาดของเซลล์คุม (guard cell) มีผลต่อการลำเลียงน้ำ การสังเคราะห์ด้วย พืชที่ปากใบหนาแน่นลำเลียงน้ำและสังเคราะห์ด้วยแสงได้มากกว่า

ขนาดความยาวของปากใบจากนาอินทรีย์และนาเคมี ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 3) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 25.5 และ 23.5 ไมโครเมตรตามลำดับ ในขณะที่ Maruyama and Tajima (1990) รายงานขนาดของปากใบข้าว 5 สายพันธุ์ ได้แก่ Japonica native, Japonica improved, Japonica indica hybrid, Indica semidwarf และ Indica มีขนาดเฉลี่ย 22.4, 22.2, 21.5, 22.0, และ 23.0 ไมโครเมตร ตามลำดับ ซึ่งข้าวญี่ปุ่นทั้ง 5 สายพันธุ์ มีขนาดปากใบเล็กกว่าข้าวขาวดอกมะลิ 105

ปริมาณคลอโรฟิลล์ที่สกัดจากใบข้าวทั้งนาอินทรีย์และนาเคมี ทั้งระยะข้าวแตกกอและระยะข้าวแต่งตัวไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (ตารางที่ 3) โดยมีค่าเฉลี่ยสูงสุดในใบจากข้าวเคมีระยะข้าวแตกกอที่ 4.03 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักสด และค่าเฉลี่ยสูงสุดในใบจากข้าวอินทรีย์ระยะข้าวแตกกอที่ 2.98 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักสด เมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยของ ทวิพร และนุชนาถ (2557) ที่ได้รายงานปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบข้าวขาวดอกมะลิ 105 อายุ 21 วัน โดยปลูกข้าวในสารละลายธาตุอาหารพืช มีค่า 2.6- 3 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักสด ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าปริมาณคลอโรฟิลล์ในข้าวอินทรีย์และเคมีไม่มีความแตกต่างกัน และยังมีปริมาณสูงกว่าข้าวที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหาร

ผลการศึกษาเพื่อเปรียบเทียบคุณภาพเมล็ดข้าวจากนาอินทรีย์และนาเคมี ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ทั้งด้านขนาดของเมล็ด รูปร่างเมล็ด และปริมาณอะไมโลส ผลวิจัยปริมาณอะไมโลสในเมล็ดข้าวจากนาอินทรีย์และนาเคมี มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 13.3 และ 13.4 เปอร์เซนต์ ตามลำดับ หากเปรียบเทียบกับรายงานของ งามชื่น (2547) จัดประเภทข้าวเจ้าที่มีปริมาณอะไมโลสอยู่ในช่วง 10-19 เปอร์เซ็นต์ ว่ามีลักษณะข้าวสุกแบบเหนียวนุ่ม ซึ่งตรงตามประกาศกระทรวงพาณิชย์ เรื่อง มาตรฐานสินค้าข้าวหอมไทย พ.ศ. 2559 (ราชกิจจานุเบกษา, 2559) ที่ประกาศว่าข้าวหอมมะลิไทยทุกชนิดต้องมีความชื้นไม่เกิน 14 เปอร์เซนต์ และมีปริมาณอะไมโลสไม่เกิน 20 เปอร์เซ็นต์ ขนาดเฉลี่ยของเมล็ดข้าวขาวดอกมะลิอินทรีย์ที่ได้จากงานวิจัยนี้ มีค่าที่ต่ำกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยของอภิวัฒน์ และพักตร์เพ็ญ (2559) ซึ่งศึกษาเมล็ดข้าวอินทรีย์จาก อำเภอสังขะ จังหวัดสุรินทร์ โดยที่ขนาดความกว้าง ความยาว สัดส่วนของความยาว/ความกว้าง จากนาอินทรีย์อำเภอปากพลี นครนายก มีค่า 1.93 มิลลิเมตร 7.17 มิลลิเมตร และ 3.72 ตามลำดับ ในขณะที่ข้าวอินทรีย์จากอำเภอสังขะ จังหวัดสุรินทร์ มีค่า 2.02 มิลลิเมตร 7.59 มิลลิเมตร และ 3.76 ตามลำดับ อย่างไรก็ตามจากการวิจัยนี้ชี้ให้เห็นว่าเมล็ดข้าวที่ได้จากนาอินทรีย์และนาเคมี ล้วนมีมาตรฐานตรงตามประกาศในราชกิจจานุเบกษา

สรุปผล

การศึกษาเปรียบเทียบคุณภาพข้าวขาวดอกมะลิ 105 ทางลำต้นและคุณภาพเมล็ดข้าว ระหว่างข้าวจากแปลงนาอินทรีย์กับแปลงนาใช้สารเคมี พบว่าต้นข้าวจากนาเคมี มีความหนาของแผ่นใบในระยะแตกกอ และความหนาแน่นของปากใบต่อตารางเซนติเมตร และความกว้างของ bulliform cell ในระยะข้าวแต่งตัว สูงกว่าต้นข้าวจากนาอินทรีย์ ขณะที่ต้นข้าวจากนาอินทรีย์มีความกว้างของ bulliform cell ในระยะข้าวแตกกอ ความยาวของ bulliform cell ในระยะข้าวแต่งตัว และเส้นผ่านศูนย์กลาง meta xylem vessel ในรากทั้ง 2 ระยะการเจริญเติบโตสูงกว่าข้าวเคมี อย่างไรก็ตามผลการทดลองพบว่าปริมาณคลอโรฟิลล์รวม ความหนาแผ่นใบในระยะข้าวแต่งตัว ความยาวของปากใบ รวมถึงคุณภาพเมล็ดข้าว ได้แก่ ขนาดเมล็ด รูปร่างเมล็ด และปริมาณอะไมโลส ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เมล็ดข้าวสารจัดอยู่ในชั้นเมล็ดยาว รูปร่างเรียว อะไมโลสต่ำ ทั้งนี้ไม่พบสารตกค้างกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัสและคาร์บาเมทในข้าวทั้ง 2 กรรมวิธีปลูก

ผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่าข้าวอินทรีย์จากจากกลุ่มเกษตรกรทำนา บ้านหนองแสง ต.ปากพลี จ. นครนายก มีคุณภาพผลผลิตตรงตามความตามมาตรฐานสินค้าเกษตร มกษ. 4000-2560 ข้าวหอมมะลิไทย โดยสำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ด้วยคุณภาพผลผลิตที่ดีสร้างความมั่นใจแก่เกษตรกรในการปลูกข้าวแบบอินทรีย์ และสร้างความมั่นใจแก่ผู้บริโภค

ข้อเสนอแนะ

ในงานวิจัยต่อไปควรเพิ่มเติมการวิเคราะห์สารอาหารสำคัญที่จะได้รับจากการบริโภคข้าวอินทรีย์ เช่นโปรตีน วิตามิน และสารแอนตี้ออกซิเดนท์ เพื่อยกระดับข้าวอินทรีย์ ให้เป็นข้าวพรีเมี่ยม ที่ผู้บริโภคต้องการและส่งผลให้เกษตรกรขายได้ในตลาดสินค้าระดับบน

ประโยชน์ในทางประยุกต์ของผลงานวิจัย

1. ช่วยยกระดับสินค้าเกษตรอินทรีย์ให้เป็นที่ต้องการของตลาดและสร้างราคาสินค้าที่สูงได้
2. สร้างความมั่นใจแก่เกษตรกรที่กำลังจะตัดสินใจเปลี่ยนมาผลิตข้าวอินทรีย์
3. การผลิตพืชอาหารในระบบอินทรีย์ เพื่อช่วยลดมลภาวะแก่สิ่งแวดล้อม

ผลผลิต (Output)

1. ผลงานตีพิมพ์ “คุณภาพต้นและเมล็ดข้าวอินทรีย์ บ้านหนองแสง จังหวัดนครนายก” (อยู่ระหว่างการดำเนินการ)

2. ผลงานเชิงสาธารณะ

2.1 รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ จัดส่งให้แก่ สำนักงานเกษตรจังหวัดนครนายก และเกษตรกรเจ้าของนา ที่คณะวิจัยได้เข้าไปทำงานวิจัย เพื่อเป็นแนวทางในการขยายพื้นที่และจัดทำแผนการผลิตพืชอินทรีย์ และจัดถ่ายทอดความรู้ในชุดโครงการแก่เยาวชนผู้สนใจ และประชาชนในพื้นที่ต่อไป

2.2 ผลิตบัณฑิต : ระดับวิทยาศาสตรบัณฑิต (ชีววิทยา) 2 คน คือ นางสาวกมลชนก ชนาวรรธน์สกุล และนางสาวนัทธมน เสาน้อย

บรรณานุกรม

กิจชัย สิริวัฒน์. 2559. *ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับสิ่งเป็นพิษ.* วันที่สืบค้นข้อมูล 20 กันยายน 2559. เข้าถึงได้จาก: http//webdb.dmsc.moph.go.th/ifc_toxic/ a_tx_1_001.

กัญญา เชื้อพันธุ์. 2547. *คุณภาพข้าวทางกายภาพ.* คุณภาพและการตรวจสอบข้าวหอมมะลิไทย. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

งามชื่น คงเสรี. 2547. คุณภาพข้าวสวย. วันที่สืบค้นข้อมูล 16 กุมภาพันธ์ 2562. เข้าถึงได้จาก: www.ricethailand.go.th/Rkb/manual/data_012/E-book.

จรัญญา กุลยะ, ปิยะดา ธีระกุลพิศุทธิ์, นราศักดิ์ ศรียศ, วัฒนา พัฒนากูล, วัฒนชัย ลันทม, จิรวัฒน์ สนิทชน, จรัญจิต เพ็งรัตน์, Jonnaliza L.S. และ ธีรยุทธ ตู้จินดา. 2557. กายวิภาคเปรียบเทียบของใบข้าวพันธุ์ทนแล้งและไม่ทนแล้ง. *วารสารพฤกษศาสตร์ไทย,* 6(2) :95-105.

ดอกรัก มารอด. 2542. การสุ่มตัวอย่างสังคมพืช. *ใน* แนวทางในการศึกษาความหลากหลายทางชีวภาพ โครงการจัดตั้งศูนย์ศึกษาความหลากหลายทางชีวภาพ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ

ทวิพร แก้วเนรมิต และนุชนาถ วุฒิประดิษฐกุล. 2557. ผลของภาวะเค็มต่อการเจริญเติบโตและรงควัตถุที่ใช้ในการสังเคราะห์แสงในข้าวทรานสเจนิกพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่มีการแสดงออกของยีน *OsCaM1-1* เกินปกติ. *Veridian E-Journal Science and Technology Silpakorn University*, 1(5): 11-18.

นันทกา แสงจันทร์. 2559. เกษตรปลอดภัย (GAP) สู่เกษตรอินทรีย์ (organic). *จดหมายข่าว มกอช. วารสารมาตรฐานสินค้าเกษตร,* 3:13-18.

ประศาสตร์ เกื้อมณี. 2551. *เทคนิคเนื้อเยื่อพืช.* สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กทม.

ประศาสตร์ เกื้อมณี. 2559. *เซลล์และเนื้อเยื่อพืช.* ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กทม.

พวงผกา สุนทรชัยนาคแสง. 2557. *กายวิภาคและสัณฐานวิทยาของพืชมีดอก.* บริษัทสำนักพิมพ์ท็อป จำกัด, กรุงเทพฯ.

พัณณ์ชิตา เวชสาร, M. Hanlon, S. McCouch., J. Lynch และ K. Brown. 2558. การศึกษารูปแบบความเชื่อมโยงในจีโนมของลักษณะทางกายวิภาคของรากข้าว. วันที่สืบค้นข้อมูล 2 กุมภาพันธ์ 2562. เข้าถึงได้จาก: http://brrd.ricethailand.go.th/images/pdf/seminar-rice/2558

ยงยุทธ โอสถสภา. 2552. *ธาตุอาหารพืช.* สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ลิลลี่ กาวีต๊ะ, มาลี ณ นคร, ศรีสม สุวรรณวงศ์, สุริยา ตันติวิวัฒน์ และณรงค์ วงศ์กันทรากร. 2556. *สรีรวิทยาของพืช.* สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ราชกิจจานุเบกษา. 2559. ประกาศกระทรวงพาณิชย์เรื่อง มาตรฐานสินค้าข้าวหอมไทย พ.ศ.2559. วันที่สืบค้นข้อมูล 5 มกราคม 2562. เข้าถึงได้จาก http://www.ratchakitcha.soc.go.th/DATA/PDF/2559/E/243/12.PDF

สถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร. 2547. *การวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีในการผลิตข้าวอินทรีย์.* โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทยจำกัด, กรุงเทพฯ.

สมบุญ เตชะภิญญาวัฒน์. 2537. *พฤกษศาสตร์.* โรงพิมพ์สหมิตรออฟเซท, กรุงเทพฯ.

สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2553. *เกษตรอินทรีย์ เล่ม 4: ข้าวอินทรีย์.* กรุงเทพฯ.

สำนักโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม. 2559. *ผลกระทบต่อสุขภาพจากสารเคมีกำจัดศัตรูพืช.* วันที่สืบค้นข้อมูล 20 กันยายน 2559. เข้าถึงได้จาก: http// envocc.ddc.moph.go.th/contents/view/106.

อรกช เก็จพิรุฬห์. 2555. การสร้างแรงจูงใจในการปลูกข้าวอินทรีย์ด้วยการวิจัย. *วารสารการวิจัยเพื่อพัฒนาชุมชน,* 5(1) : 113-123.

อภิวัฒน์ อินทร์นก และพักตร์เพ็ญ ภูมิพันธ์. 2559. การเปรียบเทียบคุณภาพข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ปลูกโดยใช้ปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์ในจังหวัดสุรินทร์. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 24(5): 766-776.

Amujoyegbe, B.J., J.T. Opabode and A. Oleyinka. 2007. Effect of organic and inorganic fertilizer on yield and chlorophyll content of maize (*Zea mays* L.) and sorghum [*Sorghum bicolour* (L.) Moench]. *African Journal of Biotechnology* 6(16): 1869-1873.

Bhat, F.M. and C.S. Riar. 2016. Effect of amylose, particle size & morphology on the functionality of starches of traditional rice cultivars. *International Journal of Biological Macromolecules*, 92: 637-644.

Campbell, N.A. and J.B. Reece. 2004. *Biology 7th*. Von Hoffman Press, New York.

Chau, L.M. and K.L. Heong. 2005. Effects of organic fertilizers on insect pest and diseases of rice. *Omonrice* 13: 26-33.

Evert, R.F. 2006. *Esau'S Plant Anatomy 3rd* . John Wiley & Sons Inc., Publication. New Jersey, USA.

Hiscox, J.D. and G.F. Israelstam. 1979. A Method for Extraction of Chlorophyll from Leaf Tissue without Maceration. *Canadian Journal of Botany*, 57: 1332-1334.

Lipiec, J., R. Horn, J. Pietrusiewicz and A. Siczek. 2012. Effects of soil compaction on root elongation and anatomy of different cereal plant species. Soil & Tillage Research. 121: 74–81

Kaur M., N. Kaur, M. Kaur and K.S. Sandhu. 2015. Some properties of rice grains, flour and starches: A comparison of organic and conventional modes of farming. *Food Science and Technology*, 61: 152-157.

Kongseree Ngamchuen. 2001. Rice quality and rice products. *In* Proceeding of the Fifth ESAFS International Conference on Rice Environments and Rice Products. 27-31 May 2001, Karbi, Thailand.

Kusumi, K., S. Hirotsuka, T. Kumamaru and K. Iba. 2012. Increased leaf photosynthesis caused by elevated stomatal conductance in a rice mutant deficient in SLAC1, a guard cell anion channel protein. *Journal of Experimental Botany*, 63 (15): 5635-6644.

Lifen B., Y. Jun, Z. Rong, B. Yangzhon, S. Chenguing and Z. Hengyang. 2016. Relationships between yield, quality and nitrogen uptake and utilization of organically grown rice varieties. *Pedosphere,* 26(1): 85-97.

Maruyama, I. and K. Tajima. 1990. Leaf conductance in Japonica and Indica rice varieties. *Japan Jour. Crop Sci.* 59(4): 801-808.

Sarwar, A.K.M.G., M.A. Karim. and S.M.A. M. Rana. 2013. Influence of stomatal characteristics on yield and yield attributes of rice. *J. Bangladesh Agril. Univ.* 11(1): 47-52.

Shimwell, D.W. 1971. *The Description and Classification of Vegetation*. Sidgwick & Jackson Inc, London.

Takboka, Y., T. Vada and K. Naito. 1984. Studies on silicification of epidermal tissues of grasses as investigated by soil X-ray Image analysis. Japan. Jour. Crop Sci. 53(2): 197-203.

Xu Z. and G. Zhou. 2008. Responses of leaf stomatal density to water status and its relationship with photosynthesis in a grass. Journal of Experimental Botany, 59(12): 3317–3325.

Yang, C., L. Yang, Y. Yang and Z. Ouyang. 2004. Rice root growth and nutrient uptake as influenced by organic manure in continuously and alternately flooded paddy soids. *Agricultural Water Management*. 70: 67-81.

Zhao, J., T. Ni, J. Li, Q. Lu, Z. Fang, Q. Huang, R. Zhung, R. Li, B. Shen and Q. Shen. 2016. Effects of organic-inorganic compound fertilizer with reduced chemical fertilizer application on crop yields, soil biological activity and bacterial community structure in a rice-wheat cropping system. *Applied Soil Ecology*. 99: 1-12.