

การประยุกต์ใช้การรับรู้จากระยะไกลแบบไฮเปอร์สเปกตรัลเพื่อจำแนกพันธุ์ข้าว
และโรคขอบใบแห้งในข้าว

นายปฏิวิทย์ สาระพิน

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรดุษฎีบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม สหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2561
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย

The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR)
are the thesis authors' files submitted through the Graduate School.



760051567

CU Thesais 5687782420 dissertation / recv: 06082562 03:48:43 / seq: 5



5687782420_760051567

APPLICATION OF HYPERSPECTRAL REMOTE SENSING IN CLASSIFYING THE RICE
VARIETIES AND BACTERIAL LEAF BLIGHT DISEASE

Mr. Pativit Sarapin

A Dissertation Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Doctor of Philosophy in Environmental Science
Inter-Department of Environmental Science
Graduate School
Chulalongkorn University
Academic Year 2018
Copyright of Chulalongkorn University



760051567

CU ThesIs 5687782420 dissertation / recv: 06082562 03:48:43 / seq: 5

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การประยุกต์ใช้การรับรู้จากระยะไกลแบบไฮเปอร์สเปกตรัล เพื่อจำแนกพันธุ์ข้าวและโรคขอบใบแห้งในข้าว
โดย	นายปฏิวิชช์ สาระพิน
สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	อาจารย์ ดร.ชัยโชค ไวกาษา

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรดุษฎีบัณฑิต

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.ธรรมบุญ หนูจักร)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พรรศนีย์ พุกกาสิทธิ์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(อาจารย์ ดร.ชัยโชค ไวกาษา)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธงชัย งามประเสริฐวงศ์)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปัทมา สิงห์รักษ์)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(อาจารย์ ดร.อนงนาฏ ศรีประโชติ)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศุภิชัย ตั้งใจตรง)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พูนศักดิ์ ไม้โภาคทรัพย์)



760051567

CD IThesis 5687782420 dissertation / rev: 06082562 03:48:43 / seq: 5

ปฏีวิชช สารระพิน: การประกยุกต์ใช้การรับรู้จากระยะไกลแบบไฮเปอร์สเปกตรัลเพื่อจำแนกพันธุ์ข้าวและโรคขอบใบแห้งในข้าว . (APPLICATION OF HYPERSPECTRAL REMOTE SENSING IN CLASSIFYING THE RICE VARIETIES AND BACTERIAL LEAFBLIGHT DISEASE) อ.ที่ปรึกษาหลัก : อ. ดร.ชัยโชค ไวภาษา

การศึกษาคั้งนี้มีวัตถุประสงค์หลัก 2 ประการ คือ เพื่อเปรียบเทียบความถูกต้องของการจำแนกข้าวเจ้าพันธุ์กข41 กข31 และปทุมธานี 1 และแยกพื้นที่ปลูกข้าว ที่เป็นโรคขอบใบแห้งในข้าวเจ้าพันธุ์กข41 ออกจากพื้นที่ปลูกข้าวที่ไม่เป็นโรค ด้วยข้อมูลการรับรู้จากระยะไกลแบบมัลติสเปกตรัลและแบบไฮเปอร์สเปกตรัลร่วมกับการสำรวจภาคสนามด้วยเครื่องวัดค่าการสะท้อนแสงแบบไฮเปอร์สเปกตรัล (Field Spectroradiometer) บริเวณพื้นที่นาชลประทาน ของเกษตรกรจังหวัดชัยนาท และ แปลงทดลองโรคข้าว ศูนย์วิจัยข้าวชัยนาท โดยค่าการสะท้อนพลังงานที่ได้จะถูกนำมาหาช่วงคลื่นที่เหมาะสมด้วยวิธีเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm) เพื่อลดปัญหัจำนวมมิติของข้อมูล (Dimension reduction) ร่วมกับวิธีการจำแนกข้อมูลแบบ Maximum Likelihood Classifier และ Spectral Angle Mapper ผลการศึกษาพบว่าค่าความถูกต้องของการจำแนกข้าวเจ้าพันธุ์ กข41 กข31 และปทุมธานี 1 ทั้ง 3 ช่วงการเจริญเติบโต จากเครื่อง FieldSpectroradiometer ด้วยวิธี GA ร่วมกับวิธี SAM ให้ค่าความถูกต้องโดยรวม (OA) และ ค่าสัมประสิทธิ์ Kappa สูงกว่าวิธี GA ร่วมกับวิธี MLC ทั้งในระดับภาคสนาม และระดับภาพถ่ายดาวเทียม (EO-1 Hyperion) หากเปรียบเทียบการใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมแบบไฮเปอร์สเปกตรัล (EO-1 Hyperion) ในการจำแนก จะให้ค่าความถูกต้องโดยรวม สูงกว่าข้อมูลแบบมัลติสเปกตรัล (EO-1 ALI) ส่วนผลการเปรียบเทียบค่าความถูกต้องของการแยกพื้นที่ปลูกข้าวที่เป็นและไม่เป็นโรคขอบใบแห้ง ด้วยวิธี GA ร่วมกับวิธี SAM พบว่า ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม EO-1 ระบบ Hyperion ให้ค่าความถูกต้องโดยรวมและค่าสัมประสิทธิ์ Kappa สูงกว่า EO-1 ระบบ ALI จากผลการศึกษาทั้งในส่วนของการจำแนกพันธุ์ข้าวและโรคขอบใบแห้งในข้าว เป็นที่ยืนยันได้ว่า การใช้ข้อมูลการรับรู้จากระยะไกลแบบไฮเปอร์สเปกตรัล ให้ค่าความถูกต้องสูงกว่า การจำแนกด้วยข้อมูลแบบมัลติสเปกตรัลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 อย่างไรก็ตาม ผู้วิจัยหวังว่าวิธีการที่ใช้ในการศึกษาคั้งนี้ จะสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการจำแนกพันธุ์ข้าวและโรคชนิดอื่นๆ ต่อไป

สาขาวิชา วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม ลายมือชื่อนิสิต

ปีการศึกษา 2561 ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก



760051567

CD :Thesis 5687782420 dissertation / recv : 06082562 03:48:43 / seq : 5

5687782420 : MAJOR ENVIRONMENTAL SCIENCE

KEYWORD: HYPERPECTRAL REMOTE SENSING, RICE, BACTERIAL LEAF BLIGHT DISEASE,
 BAND SELECTION

Pativit Sarapin : APPLICATION OF HYPERPECTRAL REMOTE SENSING IN CLASSIFYING
THE RICE VARIETIES AND BACTERIAL LEAF BLIGHT DISEASE.

Advisor: CHAICHOKE VAIPHASA, Ph.D.

The aim of this work was divided into 2 main parts. The first part was to compare the potential of hyperspectral and multispectral remote sensing coupled with Field Spectro radiometer to discriminate the 3 varieties of rice which were RD41, RD31 and Pathum Thani1. The second part was to separate the RD41 rice with and without bacterial leaf blight disease at Nang Lue-Tha Chai sub-district, Muang district, Chainat province, Thailand. The retrieving spectral reflectance from FieldSpectroradiometer and a scene of the EO-1 Hyperion imagery by the Genetic Algorithm based band selector coupled with Maximum Likelihood Classifier (MLC) and Spectral Angle Mapper (SAM) techniques in order to reduce a data set with a large number of dimensions. From the results obtained, the overall accuracy of the classification of rice RD41, RD31 and Pathum Thani 1 undergo 3 growth phases from hyperspectral remote sensing with the SAM provided higher overall accuracy (OA) and Kappa statistics than GA coupled with MLC of both field level and satellite level. The overall accuracy from satellite level using EO-1 Hyperion showed more powerful classifier than EO-1 ALI sensor. For bacterial leaf blight disease investigation, the overall accuracy of the SAM classifier presented the value of OA and Kappa statistics from satellite level using EO-1 Hyperion which was higher than the value of EO-1 ALI sensor OA and Kappa statistics. The overall accuracy obtained of both rice classification and bacterial leaf blight disease separation from hyperspectral remote sensing technique was significantly higher than Multispectral remote sensing (p -value < 0.05). The usefulness of these results should be offered a guideline for a variety of rice classification and rice leaf disease detection.

Field of Study: Environmental Science Student's Signature

Academic Year: 2018 Advisor's Signature



760051567

CD :Thesis 5687782420 dissertation / recv : 06082562 03:48:43 / seq : 5

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี เพราะความช่วยเหลือและคำแนะนำจากบุคคลหลายฝ่าย ขอขอบคุณ อ.ดร.ชัยโชค ไวกาษา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่เคารพรัก ที่ให้ทั้งความรู้ แนวคิด เทคนิควิธีการ ตลอดจนมุมมองต่างๆ ของการทำงานวิจัย และการเขียนบทความวิชาการ

ขอขอบคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ทรรศนีย์ พฤษชาติ ที่กรุณาให้ความอนุเคราะห์เป็นประธานสอบวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชงชัย งามประเสริฐวงศ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ปัทมา สิงห์รักษ์ กรรมการสอบ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ศุภิชัย ตั้งใจตรง ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พูนศักดิ์ ไม้มอคทรัพย์ และ อ.ดร. อนงนาฏ ศรีประโชติ กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย ที่ให้คำแนะนำและแนวคิดจนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์

ขอขอบคุณศูนย์วิจัยข้าวชัยนาทที่ให้ความอนุเคราะห์แปลงตัวอย่าง ในการศึกษาโรคข้าว ขอขอบคุณนางดวงกมล บุญช่วย นายอนรรฆพล บุญช่วย นักวิชาการเกษตรชำนาญการ และเจ้าหน้าที่ศูนย์วิจัยข้าวชัยนาท ที่ให้ความอนุเคราะห์ช่วยประเมินความรุนแรงและให้ความรู้เรื่องโรคขอบใบแห้งในข้าว และลักษณะประจำพันธุ์ของข้าวแต่ละชนิด ตลอดจนอำนวยความสะดวกระหว่างการสำรวจภาคสนาม และขอขอบคุณเกษตรกรเจ้าของแปลงตัวอย่างทุกท่านซึ่งไม่อาจเอ่ยนามได้ทั้งหมด

ขอขอบคุณสำนักเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน) ที่ให้ความอนุเคราะห์ยืมเครื่อง Field Spectroradiometer และเจ้าหน้าที่ส่วนสำรวจภาคพื้นดินในการออกภาคสนามทุกท่านที่ไม่อาจเอ่ยนามได้ทั้งหมด ขอขอบคุณคุณอมรชัย ประกอบยา คุณธานี คามเขต และคุณธัญลักษณ์ เอี่ยมณรงค์ฤทธิ์ ที่แนะนำการใช้งานเครื่องมือภาคสนาม โปรแกรมทางด้าน GIS และ RS และขอขอบคุณ USGS ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม EO-1 สำหรับใช้ในการวิจัยครั้งนี้

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ที่ให้ทุนสำหรับการศึกษาต่อและทำวิจัยในระดับบัณฑิตศึกษา รวมถึงให้โอกาสในการทำงาน ขอขอบคุณคณาจารย์สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม ม.ราชภัฏนครสวรรค์ทุกท่าน ที่คอยไถ่ถาม และช่วยแบ่งเบาภาระงานสอน ขอขอบคุณ อ.ดร.ฤทัยรัตน์ โฟธิ และ ผศ.ดร.ชลดา เตชะเกียรติไกร ธีรการุณวงศ์ ที่ให้คำปรึกษาและความช่วยเหลือในด้านต่างๆ

ขอขอบคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วีระพงศ์ เกิดสิน ที่ให้คำแนะนำตั้งแต่ก่อนเข้าเรียน รวมถึงคำแนะนำต่างๆ ในระหว่างการทำวิจัย รวมถึงอนุเคราะห์ source code (GA) และนายธีรภัทร เลิศปฏิภาณพงษ์ ที่ช่วยให้คำแนะนำการใช้งาน Matlab ขอขอบคุณ อ.ดร.ศักดิ์ดา หอมหวล สาขาวิชาเทคโนโลยีสำรวจและภูมิสารสนเทศ ม.ราชภัฏอุตรดิตถ์ ที่ให้คำแนะนำและคอยช่วยเหลือด้านการใช้งานโปรแกรม GIS และ RS ขอขอบคุณทุกท่านที่ใส่ใจและความช่วยเหลือจากเพื่อน รุ่นพี่ รุ่นน้องนิสิต และเจ้าหน้าที่สหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมทุกท่าน



ทำยนี้ขอขอบคุณกำลังใจที่สำคัญจากบิดา มารดา และพี่สาว รวมทั้ง น.ส.ปาริชาติ วงษ์ถวิล ที่สนับสนุนทั้งร่างกายและให้กำลังใจมาโดยตลอด และด.ญ.ปาลิตา สาระพิน (น้องข้าวเจ้า) ที่ทำให้มีกำลังใจในการที่จะเรียนให้จบ ณ สถาบันแห่งนี้

ปฎิวิรัช สาระพิน



760051567

CD IThesis 5687782420 dissertation / recv: 06082562 03:48:43 / seq: 5

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ค
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ง
กิตติกรรมประกาศ.....	จ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฉ
สารบัญรูป.....	ณ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	5
1.3 สมมติฐานการวิจัย.....	5
1.4 ขอบเขตของการวิจัย.....	6
1.4.1 ขอบเขตเชิงข้อมูล.....	6
1.4.2 ขอบเขตเชิงวิธีการศึกษา.....	6
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	7
บทที่ 2 ทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	8
2.1 พันธุ์ข้าวที่ใช้ในการศึกษา.....	8
2.1.1 ข้าวเจ้าพันธุ์ กข41 (RD41).....	8
2.1.2 ข้าวเจ้าพันธุ์ กข31 (ปทุมธานี 80) (RD31).....	9
2.1.3 ข้าวเจ้าพันธุ์ปทุมธานี 1 (PT1).....	9
2.2 โรคขอบใบแห้งในข้าว.....	9
2.3 ลักษณะการสะท้อนพลังงานของพืชปกติและพืชที่ผิดปกติด้วยข้อมูลการรับรู้จากระยะไกล.....	12



760051567

CD :Thesis 5687782420 dissertation / rev: 06082562 03:48:43 / seq: 5

2.4	คุณลักษณะของข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ใช้ในการศึกษา.....	14
2.4.1	ภาพถ่ายดาวเทียมระบบ Hyperion	14
2.4.2	ภาพถ่ายดาวเทียมระบบ Advance Land Image: ALI.....	15
2.5	การสุ่มแบบแบ่งชั้น (Stratified Random Sampling).....	17
2.6	การคัดเลือกช่วงคลื่นที่เหมาะสม (Band Selection).....	18
2.7	การจำแนกประเภทข้อมูลภาพ (Image Classification).....	26
2.7.1	วิธีความน่าจะเป็นไปได้สูงสุด (Maximum Likelihood Classification: MLC).....	27
2.7.2	วิธีสเปกตรัลแองเกิลแมปเปอร์ (Spectral Angle Mapper: SAM).....	28
2.8	การตรวจสอบผลการจำแนก (Classification Accuracy Assessment).....	30
2.9	งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	32
2.9.1	งานวิจัยที่เกี่ยวข้องทางด้านบทบาทและความสำคัญของพันธุ์ข้าว	32
2.9.2	งานวิจัยที่เกี่ยวข้องทางด้านปัจจัยและผลกระทบต่อการระบาดของโรคข้าว	34
2.9.3	งานวิจัยที่เกี่ยวข้องทางการจำแนกชนิดพันธุ์พืชด้วยข้อมูลแบบมัลติสเปกตรัลกับ ข้อมูลแบบไฮเปอร์สเปกตรัล.....	37
2.9.4	งานวิจัยที่เกี่ยวข้องทางการตรวจหาโรคข้าวด้วยการรับรู้จากระยะไกล	40
2.9.5	งานวิจัยที่เกี่ยวข้องทางด้านการคัดเลือกช่วงคลื่นที่เหมาะสมสำหรับข้อมูลไฮเปอร์ สเปกตรัล	41
บทที่ 3	วิธีดำเนินการวิจัย.....	45
3.1	พื้นที่ศึกษาวิจัย.....	45
3.1.1	พื้นที่ศึกษาสำหรับจำแนกพันธุ์ข้าว	45
3.1.2	พื้นที่ศึกษาสำหรับแยกโรคขอบใบแห้งในข้าว	46
3.2	ข้อมูลและอุปกรณ์.....	48
3.3	วิธีการศึกษา.....	49
3.3.1	ระดับภาคสนาม (Field level).....	50



760051567

CU Thesais 5687782420 dissertation / rev: 06082562 03:48:43 / seq: 5

3.3.1.1 การเก็บข้อมูลภาคสนาม (Data field collection)..... 52

3.3.1.2 การเตรียมข้อมูล (Data preparation) 54

3.3.1.3 การวิเคราะห์ข้อมูล (Data analysis) 55

3.3.2 ระดับดาวเทียม (Satellite level)..... 57

3.3.2.1 การจัดหาข้อมูลและการประมวลผลเบื้องต้น (Data preprocessing and acquisition)..... 60

3.3.2.2 การสำรวจข้อมูลภาคสนาม (Ground survey) 63

3.3.2.3 การจำแนกข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม (Image Classification) 68

3.3.2.4 การตรวจสอบผลการจำแนกข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม (Data post processing) 69

3.4 การทดสอบสมมติฐานทางสถิติ (Statistical hypothesis testing) 70

บทที่ 4 ผลการศึกษาและอภิปรายผล 71

4.1 ผลการจัดทำลายเซ็นเชิงคลื่น และการจำแนกข้าวเจ้าพันธุ์กข41 กข31 และปทุมธานี 1 ในภาคสนามและข้อมูลจากภาพถ่ายดาวเทียม EO-1..... 71

4.1.1 ผลการจัดทำลายเซ็นเชิงคลื่นของข้าวเจ้าพันธุ์กข41 กข31 และปทุมธานี 1 ด้วยเครื่องวัดค่าการสะท้อนแสงแบบไฮเปอร์สเปกตรัล (Field Spectro-radiometer)... 71

4.1.2 การจำแนกข้าวเจ้าพันธุ์กข41 กข31 และปทุมธานี 1 โดยอาศัยการคัดเลือกช่วงคลื่นที่เหมาะสมจากข้อมูลเครื่องวัดค่าการสะท้อนแสงแบบไฮเปอร์สเปกตรัล 76

4.1.2.1 ขนาดของโครโมโซมที่เหมาะสมและการคัดเลือกช่วงคลื่นที่เหมาะสมด้วยขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม..... 76

4.1.2.2 ผลการเปรียบเทียบการจำแนกทางสถิติ 92

4.1.3 การจำแนกข้าวเจ้าพันธุ์กข41 กข31 และปทุมธานี 1 ด้วยข้อมูลการรับรู้จากระยะไกลแบบมัลติสเปกตรัลและแบบไฮเปอร์สเปกตรัล ในระดับดาวเทียม (Satellite level) 94

4.1.3.1 ผลการจำแนกข้าวเจ้าพันธุ์กข41 กข31 และปทุมธานี 1 ด้วยข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมแบบมัลติสเปกตรัลจากภาพถ่ายดาวเทียม EO-1 ระบบ ALI 94

4.1.3.2 ผลการจำแนกข้าวเจ้าพันธุ์กข41 กข31 และปทุมธานี 1 ด้วยข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมแบบไฮเปอร์สเปกตรัลจากภาพถ่ายดาวเทียม EO-1 ระบบ Hyperion.....	96
4.2 ผลการจัดทำลายเซ็นเชิงคลื่นและการแยกพื้นที่ปลูกข้าวเจ้าพันธุ์กข41 ที่เป็นและไม่เป็นโรคขอบใบแห้ง ในภาคสนามและข้อมูลจากภาพถ่ายดาวเทียม EO-1	102
4.2.1 ผลการจัดทำลายเซ็นเชิงคลื่นของข้าวเจ้าพันธุ์กข41 ที่เป็นและไม่เป็นโรคขอบใบแห้งด้วยเครื่องวัดค่าการสะท้อนแสงแบบไฮเปอร์สเปกตรัล (Field Spectro-radiometer)	102
4.2.2 ผลการแยกพื้นที่ปลูกข้าวเจ้าพันธุ์กข41 ที่เป็นและไม่เป็นโรคขอบใบแห้งด้วยข้อมูลจากภาพถ่ายดาวเทียม EO-1 แบบมัลติสเปกตรัล (Advance Land Image, EO-1 ALI) และแบบไฮเปอร์สเปกตรัล (EO-1 Hyperion) โดยอาศัยการคัดเลือกช่วงคลื่นที่เหมาะสม	106
4.2.2.1 ขนาดของโครโมโซมที่เหมาะสมและการคัดเลือกช่วงคลื่นที่เหมาะสมด้วยขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม.....	106
4.2.2.2 ผลการเปรียบเทียบการจำแนกทางสถิติ	111
4.3 อภิปรายผลการศึกษา	112
4.3.1 สิ่งที่พบในการศึกษาครั้งนี้.....	112
4.3.1.1 การจำแนกข้าวเจ้าพันธุ์กข41 กข31 และปทุมธานี 1	112
4.3.1.2 การแยกข้าวเจ้าพันธุ์กข41 ที่เป็นและไม่เป็นโรคขอบใบแห้ง	115
4.3.2 สิ่งที่ควรปรับปรุงแก้ไข.....	116
4.3.2.1 การจำแนกข้าวเจ้าพันธุ์กข41 กข31 และปทุมธานี 1	116
4.3.2.2 การแยกข้าวเจ้าพันธุ์กข41 ที่เป็นและไม่เป็นโรคขอบใบแห้ง	117
4.3.3 การศึกษาเพิ่มเติมในอนาคต	117
4.3.3.1 การจำแนกข้าวเจ้าพันธุ์กข41 กข31 และปทุมธานี 1	117
4.3.3.2 การแยกข้าวเจ้าพันธุ์กข41 ที่เป็นและไม่เป็นโรคขอบใบแห้ง	118
บทที่ 5 สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ.....	119



760051567

5.1 สรุปผลการศึกษา 119

5.1.1 ผลการจัดทำลายเชื้อเชิงคลีน และการจำแนกข้าวเจ้าพันธุ์กข41 กข31 และ ปทุมธานี 1 ในภาคสนามและข้อมูลจากภาพถ่ายดาวเทียม EO-1 119

5.1.2 ผลการจัดทำลายเชื้อเชิงคลีน และการแยกพื้นที่ปลูกข้าวเจ้าพันธุ์กข41 ที่เป็นและไม่เป็นโรคขอบใบแห้ง ในภาคสนามและข้อมูลจากภาพถ่ายดาวเทียม EO-1 121

5.2 ข้อเสนอแนะ 122

ภาคผนวก.....123

ภาคผนวก ก: ลักษณะประจำพันธุ์ของพันธุ์ข้าวที่ใช้ในการศึกษา.....123

ภาคผนวก ข: การทดสอบปฏิกิริยาพันธุ์ข้าวกข41 ต่อการทำลายของโรคขอบใบแห้ง.....128

ภาคผนวก ค: ค่าสถิติการสะท้อนแสงของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของข้าวเจ้าพันธุ์กข41 กข31 และปทุมธานี 1.....134

ภาคผนวก ง: ภาพถ่ายภาคสนามของข้าวเจ้าพันธุ์กข41 กข31 และปทุมธานี 1.....138

ภาคผนวก จ: พื้นที่ที่ถูกทำลาย ความรุนแรง และค่าสถิติการสะท้อนแสงของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของข้าวเจ้าพันธุ์กข41 ที่เป็นและไม่เป็นโรคขอบใบแห้ง ในระยะต่างๆ ในแปลงทดลองพันธุ์ข้าว ศูนย์วิจัยข้าวชัยนาท.....141

ภาคผนวก ฉ: ภาพถ่ายระดับความรุนแรงของข้าวเจ้าพันธุ์กข41 ที่เป็นและไม่เป็นโรคขอบใบแห้ง.145

บรรณานุกรม.....147

ประวัติผู้เขียน.....159

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 ลักษณะบางประการของภาพถ่ายดาวเทียมระบบ Hyperion	15
ตารางที่ 2.2 รายละเอียดช่วงคลื่นของภาพถ่ายดาวเทียมระบบ Hyperion	15
ตารางที่ 2.3 ลักษณะบางประการของภาพถ่ายดาวเทียมระบบ ALI	16
ตารางที่ 2.4 รายละเอียดช่วงคลื่นของภาพถ่ายดาวเทียมระบบ ALI	16
ตารางที่ 2.5 เปรียบเทียบค่าศูนย์กลางความยาวช่วงคลื่นของภาพถ่ายดาวเทียมระบบ ALI และระบบ Hyperion.....	17
ตารางที่ 2.6 ค่าความเหมาะสมและความน่าจะเป็นในการถูกเลือกของโครโมโซม	23
ตารางที่ 2.7 ตารางความคลาดเคลื่อน สำหรับประเมินความถูกต้อง	32
ตารางที่ 3.1 คุณสมบัติเฉพาะของเครื่อง Spectroradiometer รุ่น ASD FieldSpec@ 3	52
ตารางที่ 3.2 ช่วงเวลาการเก็บข้อมูลภาคสนามของแปลงเกษตรกร	53
ตารางที่ 3.3 ช่วงเวลาการเก็บข้อมูลภาคสนามภายในแปลงทดลองศูนย์วิจัยข้าวชัยนาท	54
ตารางที่ 3.4 ค่าพารามิเตอร์สำหรับปรับแก้ค่าการสะท้อนช่วงคลื่นอันเนื่องมาจากชั้นบรรยากาศของข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม EO-1 โดยใช้ FLAASH Model	61
ตารางที่ 3.5 จำนวนแปลงตัวอย่างและแปลงทดสอบของพันธุ์ข้าวที่ใช้ในการศึกษา	63
ตารางที่ 3.6 จำนวนแปลงตัวอย่างและแปลงทดสอบของโรคขอบใบแห้งในข้าวที่ใช้ในการศึกษา	65
ตารางที่ 4.1 ช่วงคลื่นที่ถูกคัดเลือกทั้ง 30 โครโมโซม กรณีขนาดโครโมโซมเท่ากับ 7 ในช่วงการเจริญเติบโตทางลำต้น.....	78
ตารางที่ 4.2 เปรียบเทียบค่าความถูกต้องโดยรวมระหว่างวิธี GA ร่วมกับ SAM กับวิธี GA ร่วมกับ MLC ในการจำแนกข้าวเจ้าพันธุ์กข41 กข31 และปทุมธานี 1 ช่วงการเจริญเติบโตทางลำต้น	80
ตารางที่ 4.3 การตรวจสอบความถูกต้องแบบตารางแมทริกซ์ (Error Matrix) ของการจำแนกพันธุ์ข้าวจากเครื่องวัดค่าการสะท้อนแสงแบบไฮเปอร์สเปกตรัล ด้วยวิธี GA ร่วมกับ SAM ช่วงการเจริญเติบโตทางลำต้น	81



760051567

CD :Thesis 5687782420 dissertation / rev: 06082562 03:48:43 / seq: 5

ตารางที่ 4.4 การตรวจสอบความถูกต้องแบบตารางแมทริกซ์ (Error Matrix) ของการจำแนกพันธุ์ข้าว จากเครื่องวัดค่าการสะท้อนแสงแบบไฮเปอร์สเปกตรัล ด้วยวิธี GA ร่วมกับ MLC ช่วงการเจริญเติบโต ทางลำต้น 82

ตารางที่ 4.5 ช่วงคลื่นที่ถูกคัดเลือกทั้ง 30 โครโมโซมกรณีขนาดโครโมโซมเท่ากับ 7 ช่วงการ เจริญเติบโตทางการสืบพันธุ์ 83

ตารางที่ 4.6 เปรียบเทียบค่าความถูกต้องโดยรวมระหว่างวิธี GA ร่วมกับ SAM กับวิธี GA ร่วมกับ MLC ในการจำแนกข้าวเจ้าพันธุ์กข41 กข31 และปทุมธานี 1 ช่วงการเจริญเติบโตทางการสืบพันธุ์ 85

ตารางที่ 4.7 การตรวจสอบความถูกต้องแบบตารางแมทริกซ์ (Error Matrix) ของการจำแนกพันธุ์ข้าว จากเครื่องวัดค่าการสะท้อนแสงแบบไฮเปอร์สเปกตรัล ด้วยวิธี GA ร่วมกับ SAM ช่วงการ เจริญเติบโตทางการสืบพันธุ์ 86

ตารางที่ 4.8 การตรวจสอบความถูกต้องแบบตารางแมทริกซ์ (Error Matrix) ของการจำแนกพันธุ์ข้าว จากเครื่องวัดค่าการสะท้อนแสงแบบไฮเปอร์สเปกตรัล ด้วยวิธี GA ร่วมกับ MLC ช่วงการเจริญเติบโต ทางการสืบพันธุ์..... 87

ตารางที่ 4.9 ช่วงคลื่นที่ถูกคัดเลือกทั้ง 30 โครโมโซมกรณีขนาดโครโมโซมเท่ากับ 7 ในช่วงการ เจริญเติบโตทางเมล็ด 88

ตารางที่ 4.10 เปรียบเทียบค่าความถูกต้องโดยรวมระหว่างวิธี GA ร่วมกับ SAM กับวิธี GA ร่วมกับ MLC ในการจำแนกข้าวเจ้าพันธุ์กข41 กข31 และปทุมธานี 1 ช่วงการเจริญเติบโตทางเมล็ด 90

ตารางที่ 4.11 การตรวจสอบความถูกต้องแบบตารางแมทริกซ์ (Error Matrix) ของการจำแนกพันธุ์ ข้าวจากเครื่องวัดค่าการสะท้อนแสงแบบไฮเปอร์สเปกตรัล ด้วยวิธี GA ร่วมกับ SAM ช่วงการ เจริญเติบโตทางเมล็ด 91

ตารางที่ 4.12 การตรวจสอบความถูกต้องแบบตารางแมทริกซ์ (Error Matrix) ของการจำแนกพันธุ์ ข้าวจากเครื่องวัดค่าการสะท้อนแสงแบบไฮเปอร์สเปกตรัล ด้วยวิธี GA ร่วมกับ MLC ช่วงการ เจริญเติบโตทางเมล็ด 92

ตารางที่ 4.13 สถิติพื้นฐานของค่าความถูกต้องโดยรวมและค่าสัมประสิทธิ์ kappa ในการจำแนกพันธุ์ ข้าวแต่ละช่วงการเจริญเติบโตจากทั้ง 2 วิธีการ 93

ตารางที่ 4.14 ค่าความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยสถิติทดสอบ (Independent T-Test) ในการจำแนก พันธุ์ข้าวแต่ละช่วงการเจริญเติบโตจากทั้ง 2 วิธีการ 93



760051567

ตารางที่ 4.15 การตรวจสอบความถูกต้องแบบตารางแมทริกซ์ (Error Matrix) ของการจำแนกพันธุ์ ข้าวจากดาวเทียม EO-1 ระบบ ALI ด้วยวิธี Maximum Likelihood Classifier ช่วงการเจริญเติบโต ทางการสืบพันธุ์.....	95
ตารางที่ 4.16 การตรวจสอบความถูกต้องแบบตารางแมทริกซ์ (Error Matrix) ของการจำแนกพันธุ์ ข้าวจากดาวเทียม EO-1 ระบบ ALI ด้วยวิธี Spectral Angle Mapper ช่วงการเจริญเติบโตทางการ สืบพันธุ์.....	95
ตารางที่ 4.17 การตรวจสอบความถูกต้องแบบตารางแมทริกซ์ (Error Matrix) ของการจำแนกพันธุ์ ข้าวจากดาวเทียม EO-1 ระบบ Hyperion ด้วยวิธี Maximum Likelihood Classifier ช่วงการ เจริญเติบโตทางการสืบพันธุ์.....	97
ตารางที่ 4.18 การตรวจสอบความถูกต้องแบบตารางแมทริกซ์ (Error Matrix) ของการจำแนกพันธุ์ ข้าวจากดาวเทียม EO-1 ระบบ Hyperion ด้วยวิธี Spectral Angle Mapper ช่วงการเจริญเติบโต ทางการสืบพันธุ์.....	97
ตารางที่ 4.19 ช่วงคลื่นที่ถูกคัดเลือกทั้ง 10 โครโมโซมกรณีขนาดโครโมโซมเท่ากับ 7 ช่วงการ เจริญเติบโตทางการสืบพันธุ์.....	99
ตารางที่ 4.20 เปรียบเทียบค่าความถูกต้องโดยรวมระหว่างวิธี GA ร่วมกับ SAM กับวิธี GA ร่วมกับ MLC ในการจำแนกข้าวเจ้าพันธุ์กข41 กข31 และปทุมธานี 1 จากภาพถ่ายดาวเทียม EO-1 Hyperion ช่วงการเจริญเติบโตทางการสืบพันธุ์.....	100
ตารางที่ 4.21 การตรวจสอบความถูกต้องแบบตารางแมทริกซ์ (Error Matrix) ของการจำแนกพันธุ์ ข้าวจากภาพถ่ายดาวเทียม EO-1 Hyperion ด้วยวิธี GA ร่วมกับ SAM ช่วงการเจริญเติบโตทางการ สืบพันธุ์.....	101
ตารางที่ 4.22 การตรวจสอบความถูกต้องแบบตารางแมทริกซ์ (Error Matrix) ของการจำแนกพันธุ์ ข้าวจากภาพถ่ายดาวเทียม EO-1 Hyperion ด้วยวิธี GA ร่วมกับ MLC ช่วงการเจริญเติบโตทางการ สืบพันธุ์.....	102
ตารางที่ 4.23 ช่วงคลื่นที่ถูกคัดเลือกทั้ง 30 โครโมโซมจากภาพถ่ายดาวเทียม EO-1 Hyperion กรณี ขนาดโครโมโซมเท่ากับ 7 ในการแยกข้าวเจ้าพันธุ์กข41 ที่เป็นและไม่ใช่โรคขอบใบแห้ง ด้วยวิธี GA ร่วมกับ SAM.....	107



760051567

CD :Thesirs 5687782420 dissertation / recv: 06082562 03:48:43 / seq: 5

ตารางที่ 4.24 เปรียบเทียบค่าความถูกต้องโดยรวมจากภาพถ่ายดาวเทียม EO-1 ระหว่างระบบ ALI กับ Hyperion ในการแยกข้าวเจ้าพันธุ์กข41 ที่เป็นและไม่เป็นโรคขอบใบแห้ง ช่วงการเจริญเติบโตทางการสืบพันธุ์ ด้วยวิธี GA ร่วมกับ SAM..... 109

ตารางที่ 4.25 สถิติพื้นฐานของค่าความถูกต้องโดยรวมและค่าสัมประสิทธิ์ Kappa ในการแยกข้าวเจ้าพันธุ์กข41 ที่เป็นและไม่เป็นโรคขอบใบแห้ง จากภาพถ่ายดาวเทียม EO-1 ระหว่างระบบ ALI กับ Hyperion ด้วยวิธี GA ร่วมกับ SAM..... 112

ตารางที่ 4.26 ค่าความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยสถิติทดสอบ (Independent T-Test) ในการแยกข้าวเจ้าพันธุ์กข41 ที่เป็นและไม่เป็นโรคขอบใบแห้ง จากภาพถ่ายดาวเทียม EO-1 ระหว่างระบบ ALI กับ Hyperion ด้วยวิธี GA ร่วมกับ SAM..... 112



760051567

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 2.1 ลักษณะอาการของโรคขอบใบแห้งในข้าว.....	11
รูปที่ 2.2 การดูดกลืนพลังงานของน้ำในใบพืชในช่วงคลื่นอินฟราเรดคลื่นสั้น.....	13
รูปที่ 2.3 ลักษณะการสะท้อนของช่วงคลื่นพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าของพืชปกติและพืชที่ผิดปกติ.....	14
รูปที่ 2.4 การคัดเลือกจุดตัวอย่างแบบแบ่งชั้น.....	18
รูปที่ 2.5 ลักษณะของโครโมโซม.....	19
รูปที่ 2.6 ผลงานแสดงขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม.....	20
รูปที่ 2.7 โครโมโซมความยาว 8 บิตใช้แทนคำตอบที่ประกอบไปด้วยตัวแปร X_1 และ X_2	21
รูปที่ 2.8 ตัวอย่างโครโมโซมที่ถูกเข้ารหัสเป็นชื่อซึ่งแสดงถึงช่วงคลื่นจากภาพถ่ายดาวเทียม.....	21
รูปที่ 2.9 ขั้นตอนพื้นฐานของการคัดเลือก (Selection).....	22
รูปที่ 2.10 การคัดเลือกโดยใช้วงล้อรูเล็ต.....	23
รูปที่ 2.11 การคัดเลือกโดยใช้ Stochastic Universal Sampling.....	24
รูปที่ 2.12 การไขว้เปลี่ยนแบบธรรมดาและแบบกระจาย.....	25
รูปที่ 2.13 การกลายพันธุ์.....	26
รูปที่ 2.14 หลักการจำแนกประเภทข้อมูลแบบความน่าจะเป็นไปได้สูงสุด.....	28
รูปที่ 2.15 เวกเตอร์อ้างอิง (r) และเวกเตอร์ทดสอบ (t) ระหว่าง 2 แบนด์.....	29
รูปที่ 2.16 คุณลักษณะของเมทริกซ์ความผิดพลาด.....	30
รูปที่ 3.1 (ก) พื้นที่ศึกษาการจำแนกพันธุ์ข้าวบริเวณอำเภอมโนรมย์ อำเภอเมือง และอำเภอสรรคบุรี จังหวัดชัยนาท และ (ข) ภาพถ่ายดาวเทียม EO-1 Hyperion บันทึกเมื่อวันที่ 13 กรกฎาคม 2557	46
รูปที่ 3.2 พื้นที่ศึกษา (ก) อำเภอเมือง จังหวัดชัยนาท (ข) บริเวณตำบลนางสี้อและตำบลท่าชัย.....	47
รูปที่ 3.3 ขั้นตอนการศึกษาในภาพรวม.....	50
รูปที่ 3.4 ขั้นตอนการศึกษาในระดับภาคสนาม (Field level).....	51



760051567

CD :Thesis 5687782420 dissertation / rev: 06082562 03:48:43 / seq: 5

รูปที่ 3.5	ผังงานแสดงการหาขนาดโครโมโซมที่เหมาะสมด้วยวิธีเชิงพันธุกรรม	56
รูปที่ 3.6	ขั้นตอนการทำงาน	57
รูปที่ 3.7	ขั้นตอนการศึกษาในระดับดาวเทียม (Satellite level)	59
รูปที่ 3.8 (ก)	ลายเซ็นเชิงคลื่นของข้าวพันธุ์กข41 (ข) ข้าวพันธุ์กข31 และ (ค) ข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 จากภาพถ่ายดาวเทียม EO-1ระบบ Hyperion.....	64
รูปที่ 3.9	ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของลายเซ็นเชิงคลื่นของข้าวพันธุ์กข41	64
รูปที่ 3.10 (ก)	ภาพถ่ายดาวเทียม EO-1 Hyperion บริเวณตำบลนางลือ-ท่าชัย จังหวัดชัยนาท	66
รูปที่ 3.11	ค่าการสะท้อนในแต่ละช่วงคลื่นของข้าวพันธุ์ กข41 (RD41) บริเวณที่เป็นโรค และไม่เป็นโรคขอบใบแห้ง จากภาพถ่ายดาวเทียม Hyperion.....	66
รูปที่ 3.12 (ก)	ภาพถ่ายดาวเทียม EO-1 ALI บริเวณตำบลนางลือ-ท่าชัย จังหวัดชัยนาท (ข) แปลงนาเกษตรกรที่สำรวจพบว่าไม่เป็นโรค และ (ค) เป็นโรคขอบใบแห้งในข้าวเจ้าพันธุ์ กข41.....	67
รูปที่ 3.13	ค่าการสะท้อนในแต่ละช่วงคลื่นของข้าวพันธุ์ กข41 (RD41) บริเวณที่เป็นโรค และไม่เป็นโรคขอบใบแห้ง จากภาพถ่ายดาวเทียม ALI.....	67
รูปที่ 3.14	แผนผังการสำรวจความรุนแรงของโรคขอบใบแห้งในข้าวของพื้นที่ศึกษา	68
รูปที่ 4.1	ลักษณะลายเซ็นเชิงคลื่นของข้าวเจ้าพันธุ์กข41 กข31 และปทุมธานี 1 ในช่วงการเจริญเติบโตทางลำต้น (N = 60).....	73
รูปที่ 4.2	ลักษณะลายเซ็นเชิงคลื่นของข้าวเจ้าพันธุ์กข41 กข31 และปทุมธานี 1 ในช่วงการเจริญเติบโตทางการสีพันธุ์ (N = 90).....	74
รูปที่ 4.3	ลักษณะลายเซ็นเชิงคลื่นของข้าวเจ้าพันธุ์กข41 กข31 และปทุมธานี 1 ในช่วงการเจริญเติบโตของเมล็ด (N = 90).....	74
รูปที่ 4.4	การเปรียบเทียบค่าความถูกต้องโดยรวมเฉลี่ยของการจำแนกพันธุ์ข้าว ที่ขนาดโครโมโซมต่างๆ.....	77
รูปที่ 4.5	ช่วงคลื่นที่ถูกคัดเลือกด้วยวิธีเชิงพันธุกรรม กรณีขนาดโครโมโซมเท่ากับ 7 ในการจำแนกข้าวเจ้าพันธุ์ กข41 กข31 และปทุมธานี 1 ช่วงการเจริญเติบโตทางลำต้น.....	79
รูปที่ 4.6	ช่วงคลื่นที่ถูกคัดเลือกด้วยวิธีเชิงพันธุกรรม กรณีขนาดโครโมโซมเท่ากับ 7 ในการจำแนกข้าวเจ้าพันธุ์ กข41 กข31 และปทุมธานี 1 ช่วงการเจริญเติบโตทางการสีพันธุ์.....	84



760051567

รูปที่ 4.7 ช่วงคลื่นที่ถูกคัดเลือกด้วยวิธีเชิงพันธุกรรม กรณีขนาดโครโมโซมเท่ากับ 7 ในการจำแนกข้าวเจ้าพันธุ์ กข41 กข31 และปทุมธานี 1 ช่วงการเจริญเติบโตทางเมล็ด..... 89

รูปที่ 4.8 ผลการจำแนกข้าวเจ้าพันธุ์ กข41 กข31 และปทุมธานี 1 จากภาพถ่ายดาวเทียม EO-1 ระบบ ALI ด้วย (ก) วิธี MLC (ข) วิธี SAM..... 96

รูปที่ 4.9 ผลการจำแนกข้าวเจ้าพันธุ์กข41 กข31 และปทุมธานี 1 จากภาพถ่ายดาวเทียม EO-1 ระบบ Hyperion ด้วย (ก) วิธี MLC (ข) วิธี SAM (ค) วิธี GA+MLC (ง) วิธี GA+SAM 98

รูปที่ 4.10 ช่วงคลื่นที่ถูกคัดเลือกด้วยวิธีเชิงพันธุกรรม กรณีขนาดโครโมโซมเท่ากับ 7 ในการจำแนกข้าวเจ้าพันธุ์กข41 กข31 และปทุมธานี 1 ช่วงการเจริญเติบโตทางการสืบพันธุ์ จากภาพถ่ายดาวเทียม EO-1 Hyperion100

รูปที่ 4.11 ลายเซ็นเชิงคลื่นของข้าวเจ้าพันธุ์ กข41 ที่เป็นและไม่เป็นโรคขอบใบแห้ง หลังปลูกเชื้อ 1 สัปดาห์ (อายุ 57 วัน) %severity (ความรุนแรงของโรค) เฉลี่ย = 10%..... 103

รูปที่ 4.12 ลายเซ็นเชิงคลื่นของข้าวเจ้าพันธุ์ กข41 ที่เป็นและไม่เป็นโรคขอบใบแห้ง หลังปลูกเชื้อ 2 สัปดาห์ (อายุ 64 วัน) %severity (ความรุนแรงของโรค) เฉลี่ย = 18%..... 104

รูปที่ 4.13 ลายเซ็นเชิงคลื่นของข้าวเจ้าพันธุ์ กข41 ที่เป็นและไม่เป็นโรคขอบใบแห้ง หลังปลูกเชื้อ 3 สัปดาห์ (อายุ 71 วัน) %severity (ความรุนแรงของโรค) เฉลี่ย = 25%..... 104

รูปที่ 4.14 ลายเซ็นเชิงคลื่นของข้าวเจ้าพันธุ์ กข41 ที่เป็นและไม่เป็นโรคขอบใบแห้ง หลังปลูกเชื้อ 4 สัปดาห์ (อายุ 78 วัน) %severity (ความรุนแรงของโรค) เฉลี่ย = 36%..... 105

รูปที่ 4.15 ลายเซ็นเชิงคลื่นของข้าวเจ้าพันธุ์ กข41 ที่เป็นและไม่เป็นโรคขอบใบแห้ง หลังปลูกเชื้อ 5 สัปดาห์ (อายุ 85 วัน) %severity (ความรุนแรงของโรค) เฉลี่ย = 39%..... 105

รูปที่ 4.16 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความถูกต้องโดยรวมในการแยกโรคขอบใบแห้งในข้าวพันธุ์ กข41 ออกจากบริเวณที่ไม่เป็นโรคที่ขนาดโครโมโซม 4-8..... 107

รูปที่ 4.17 ตำแหน่งช่วงคลื่นที่ถูกคัดเลือกด้วยวิธีเชิงพันธุกรรมจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม..... 111



760051567

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญของปัญหา

ข้าว (*Oryza sativa* L.) เป็นสินค้าเกษตรที่ประเทศไทยเป็นผู้ผลิตและส่งออกที่สำคัญของโลก (USDA, 2015) นอกจากข้าวจะเป็นพืชเศรษฐกิจและอาหารแล้ว ข้าวยังเป็นวิถีชีวิตของคนไทยอีกด้วย ซึ่งพื้นที่หลักในการผลิตข้าวเพื่อการค้าทั้งภายในและต่างประเทศ คือ พื้นที่นาในเขตชลประทาน (สุนิยม ตาปราบ และคณะ, 2550) ถึงแม้จะมีสัดส่วนพื้นที่น้อยหากเทียบกับพื้นที่ปลูกข้าวทั้งประเทศ แต่ให้ผลผลิตเกินกว่ากึ่งหนึ่งของข้าวที่ส่งออกโดยฤดูกาลเพาะปลูกปี พ.ศ. 2556/2557 สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2558) รายงานว่ามีพื้นที่ทำนาทั้งหมดรวม (ข้าวนาปีและข้าวนาปรัง) 77.267 ล้านไร่ (พื้นที่ทำการเกษตรทั้งประเทศ 149.24 ล้านไร่) คิดเป็นร้อยละ 38.54 เท่านั้น ที่เป็นพื้นที่นาชลประทาน (พื้นที่ชลประทานทั้งประเทศ 29.78 ล้านไร่) แต่ให้ผลผลิตข้าวถึง 10.08 ล้านตัน คิดเป็นร้อยละ 37.20 ของผลผลิตรวมทั้งประเทศ (27.09 ล้านตันข้าวเปลือก) และเป็นสัดส่วนถึงร้อยละ 91.89 ของข้าวที่ส่งออก (10.969 ล้านตัน) (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2558) นอกจากนี้การผลิตข้าวของไทยโดยเฉพาะในเขตชลประทานมักประสบปัญหาอุปสรรคที่เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วอยู่เสมอ เนื่องจากมีการใช้ปัจจัยการผลิตสูงและปลูกข้าวอย่างต่อเนื่องตลอดทั้งปี พื้นที่ขาดการปรับปรุงบำรุงดินทำให้ดินเสื่อมสภาพ ประกอบกับสภาวะภูมิอากาศที่แปรปรวนส่งผลทำให้โรคและแมลงเข้าทำลายได้ง่ายจนเกิดการระบาดอยู่เป็นประจำ (Van Niel and McVicar, 2004; Yang, 2010; สุนิยม ตาปราบ และคณะ, 2551; ดวงกมล บุญช่วย และคณะ, 2556; อัจฉราพร ณ ลำปาง เนินพลับ และคณะ, 2557) และขาดการส่งเสริมการผลิตข้าวตามกลุ่มพันธุ์ข้าวที่ตรงตามความต้องการของตลาดทั้งภายในประเทศและต่างประเทศ (กรมการข้าว, 2557) รวมถึงปริมาณผลผลิตข้าวที่สูงกว่าปริมาณส่งออกเป็นจำนวนมากมาโดยตลอด จึงทำให้อุปทานไม่สมดุลกับอุปสงค์ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2558) ซึ่งมีผลต่อการบริหารจัดการสต็อกข้าว ด้านการตลาดและการค้าข้าวของไทย (สมพร อิศวิลานนท์, 2557)

การเลือกใช้พันธุ์ข้าวถือเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญอย่างยิ่งในการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตข้าว และมีคุณภาพที่ดี โดยไม่ต้องเพิ่มต้นทุนการผลิต (กรมการข้าว, 2551; Gunaratne, 2013; Kong, 2013) ซึ่งพันธุ์ข้าวแต่ละพันธุ์จะให้ผลผลิต คุณภาพ ระยะเวลาการเพาะปลูก ความต้องการน้ำ ความต้านทานโรคและแมลงศัตรูข้าวแตกต่างกัน (สุนิยม ตาปราบ และคณะ 2551; ดวงกมล บุญช่วย และคณะ, 2556; อัจฉราพร ณ ลำปาง เนินพลับ และคณะ 2557) ด้วยเหตุนี้จึงทำให้ความต้องการพันธุ์ข้าวของเกษตรกรที่แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับสภาวะภูมิอากาศในแต่ละฤดูกาลเพาะปลูก ภัยธรรมชาติ



760051567

CD :Thesis 5687782420 dissertation / recv: 06082562 03:48:43 / seq: 5

(ภัยแล้งและวาตภัย) ความทนทานต่อการระบาดของโรคและแมลง ผลผลิตของแต่ละพันธุ์ รวมถึงความคาดหวังเรื่องราคา (นิทัศน์ เจริญธรรมรักษา, 2558) จากหลายๆ งานวิจัยและเหตุการณ์สำคัญก่อนหน้านี้เป็นที่ยืนยันแล้วว่า การเลือกใช้พันธุ์ข้าวมีบทบาทสำคัญต่อการเพิ่มหรือลดจำนวนของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล (ปรีชา วังศิลาบัตร, 2539; สุรเดช ปาละวิสุทธิ และคณะ, 2552; นภดล ศิริเพชร และคณะ, 2555; ชัยรัตน์ จันทร์หนู และนริศรา จำรูญวงษ์, 2557) โดยเฉพาะในกรณีที่มีการปลูกพันธุ์ข้าวที่อ่อนแอต่อโรค อย่างกว้างขวางและติดต่อกันเป็นเวลานาน จากการศึกษาของพัชนี ชัยวัฒน์ และคณะ (2554) พบการระบาดของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลที่รุนแรงในพันธุ์ข้าวปทุมธานี 1 รวมพื้นที่ประมาณ 1.3 ล้านไร่ของพื้นที่นาชลประทานในเขตจังหวัดอ่างทอง สิงห์บุรี และชัยนาทในช่วงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2552-กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2553 (พัชนี ชัยวัฒน์ และคณะ, 2554) นอกจากนี้การเลือกใช้พันธุ์ข้าวยังมีความสัมพันธ์กับการบริหารจัดการน้ำในเขตพื้นที่ชลประทานเพราะระยะการเจริญเติบโตของข้าวแต่ละชนิดพันธุ์มีความต้องการน้ำในช่วงระยะต่างๆ ไม่เท่ากัน (Van Niel and McVicar, 2004) โดยเฉพาะในช่วงตั้งท้องจนถึงออกรวง ถ้าข้าวขาดน้ำในช่วงระยะนี้เมล็ดข้าวจะลีบซึ่งมีผลโดยตรงต่อผลผลิตข้าว (สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว, 2556)

ความเสียหายจากโรคข้าวเป็นปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลกระทบต่อปริมาณและคุณภาพของข้าว จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการป้องกันและควบคุมการระบาดของโรคไม่ให้ก่อให้เกิดความเสียหายกับต้นข้าว (Bock et al., 2010) จากการศึกษาของ Savary et al. (2006) พบว่าโรคข้าวส่งผลทำให้ผลผลิตข้าวลดลง 10-15 เปอร์เซ็นต์ ในแถบภูมิภาคเอเชียเขตร้อน (Tropical Asia) (Savary et al., 2006) ส่วนโรคข้าวที่มีการระบาดรุนแรงและสร้างความเสียหายให้กับแหล่งปลูกข้าวที่สำคัญทุกภาคของประเทศไทย โดยเฉพาะนาในเขตชลประทาน คือ โรคขอบใบแห้ง (Bacterial leaf blight disease) และมีแนวโน้มการระบาดของโรคสูงขึ้นอันเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลกซึ่งเป็นปัจจัยหนึ่งที่ชักนำให้เกิดการระบาดของโรคข้าว (พยอม ศรีจำปา และคณะ, 2541; วรณพวรรณ จันทลาภา และคณะ, 2557; เฉลิมขวัญ ฉิมวัย และคณะ, 2557; พันนิภา ยาใจ และคณะ, 2557; นุจรินทร์ จังชันท์ และคณะ, 2557; อัจฉราพร ณ ลำปาง เนินพลับ และคณะ, 2558) ซึ่งหากแสดงอาการรุนแรงจะมีผลต่อขบวนการสังเคราะห์แสงทำให้ผลผลิตข้าวลดลง เมล็ดลีบ น้ำหนักเบา คุณภาพเมล็ดไม่ได้มาตรฐาน (พยอม โคเบลลี, 2559) จากการติดตามการระบาดในช่วงปี พ.ศ. 2553 – 2556 บริเวณจังหวัดชัยนาท และนครสวรรค์ พบโรคขอบใบแห้งระบาดรุนแรง และทำลายพื้นที่ปลูกข้าวเป็นบริเวณกว้าง ในข้าวพันธุ์พิษณุโลก 2 ชัยนาท 1 กข41 และกข47 ซึ่งเป็นข้าวพันธุ์อ่อนแอต่อโรคขอบใบแห้ง และพบการระบาดของโรคขอบใบแห้งในข้าวพันธุ์ต้านทาน ได้แก่ พันธุ์ปทุมธานี 1 และ กข31 มักพบระบาดรุนแรงในระยะออกรวง ทำให้เปอร์เซ็นต์การติดเมล็ดของข้าวลดลง ส่งผลทำให้ได้ผลผลิตเฉลี่ย (22 รุ่น) ของข้าวพันธุ์ กข31 และ กข41 ลดลงคิดเป็นร้อยละ 23.25 และ 36.66 ตามลำดับ (ดวงกมล บุญช่วย และคณะ, 2556) ดังนั้นหากมีการเฝ้าระวังและติดตามพื้นที่ปลูกข้าวใน



760051567

CT:Thesis 5687782420 dissertation / recv: 06082562 03:48:43 / seq: 5

เขตชลประทาน โดยเฉพาะการจำแนกพันธุ์ข้าวและพื้นที่ที่เป็นโรคข้าวให้มีความถูกต้องและรวดเร็วจึงมีความจำเป็นต่อเศรษฐกิจการเกษตรในยุคปัจจุบันที่ต้องคำนึงถึงปัจจัยความเสี่ยงในหลายๆ ด้านพร้อมกัน (Kuenzer and Knauer, 2013; Yu et al., 2014; Wu et al., 2014) รวมทั้งการนำข้อมูลการเลือกใช้พันธุ์ข้าวของเกษตรกรมาใช้ในการกำหนดนโยบายและมาตรการต่างๆ ในอุตสาหกรรมข้าวไทย เริ่มตั้งแต่ การวางแผนการเพาะปลูก การเฝ้าระวังและการตรวจหา รวมทั้งการประเมินความรุนแรงของโรค การกำหนดโซนนิ่ง (ฝ่ายเกษตร สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย, 2555) การบริหารจัดการน้ำในเขตชลประทานให้ตรงกับความต้องการน้ำของพืช (Van Niel and McVicar, 2004; สำนักงานชลประทานที่ 12, 2558) การคาดการณ์ผลผลิต การบริหารจัดการด้านการตลาดและการส่งออก (สมพร อิศวิลานนท์, 2557; สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2558)

การสำรวจพื้นที่ปลูกข้าวโดยใช้กำลังคนเมื่อเปรียบเทียบกับต้นทุนด้านต่างๆ ในการติดตาม (Cost-effective monitoring) ทั้งแรงงาน เวลา และงบประมาณกับการใช้ข้อมูลการรับรู้จากระยะไกล (Remote sensing) พบว่า การใช้ข้อมูลการรับรู้จากระยะไกลมีประสิทธิภาพมากกว่า (Kuenzer and Knauer, 2013; Corcione et al., 2016) ด้วยคุณสมบัติของข้อมูลการรับรู้จากระยะไกลสามารถใช้ในการติดตามสถานะพื้นที่ปลูกข้าว คาดการณ์ผลผลิตได้ถูกต้อง รวดเร็วและแม่นยำ (Mosleh et al., 2015) มีหลักฐานการนำข้อมูลการรับรู้จากระยะไกลแบบมัลติสเปกตรัล (Multispectral remote sensing) มาประยุกต์ใช้ในการศึกษาข้าวเป็นจำนวนมาก สามารถแบ่งออกได้ดังนี้ การติดตามพื้นที่ปลูกข้าวและระยะการเจริญเติบโตของข้าว (Leinenkugel et al., 2013; Guan et al., 2016) การคาดการณ์ผลผลิตข้าว (Peng et al., 2014; Magney et al., 2016) ความเครียดของข้าวอันเนื่องมาจากการขาดน้ำและธาตุอาหาร (Gumma et al., 2015) การประเมินความสัมพันธ์ระหว่างการเจริญเติบโตของข้าวกับตัวแปรชีวภาพ (Biophysical) และชีวเคมี (Biochemical) ของข้าว เช่น Biomass, LAI, Chlorophyll, Nitrogen (Sakamoto et al., 2012; Thenkabail, 2013; Bendig et al., 2014; Zhao et al., 2015) การศึกษาโรคข้าว (Das et al., 2015) และการประเมินการปล่อยแก๊สมีเทนในนาข้าว (Manjunath et al., 2006; Zhang et al., 2012)

การรับรู้จากระยะไกลแบบไฮเปอร์สเปกตรัล (Hyperspectral remote sensing) ถูกนำมาใช้ในภาคเกษตรกรรมมากขึ้น เนื่องจากให้ค่าความถูกต้องของการจำแนก (Classification accuracies) สูงกว่าเทคนิคการรับรู้จากระยะไกลแบบมัลติสเปกตรัล (Multispectral remote sensing) (Shwetank et al., 2010) ซึ่งภาพไฮเปอร์สเปกตรัลเน้นการเก็บข้อมูลที่มากกว่าภาพมัลติ สเปกตรัลในช่วงคลื่นที่เท่ากัน โดยบันทึกข้อมูลความยาวคลื่นในช่วงคลื่นที่แคบ (Narrow band) และต่อเนื่องกัน (Continuous) เป็นจำนวนมากถึงหลายร้อยช่วงคลื่น ด้วยคุณสมบัติดังกล่าวจึงมีความเหมาะสมในการนำข้อมูลมาใช้ในการศึกษาสรีรวิทยาของพืช ทั้งพืชปกติและเป็นโรค รวมทั้งการ



760051567

จำแนกชนิดพันธุ์ของพืชที่มีค่าการสะท้อนพลังงานใกล้เคียงกัน (Zhou et al., 2002; Tang et al., 2004; Liu et al., 2010; Marshall and Thenkabail, 2015) จากงานวิจัยที่ผ่านมาในฐานข้อมูลวิจัยนานาชาติ พบว่า การจำแนกพันธุ์ข้าวโดยใช้ข้อมูลการรับรู้จากระยะไกลแบบไฮเปอร์สเปกตรัลที่ผ่านมานั้น ทำการทดลองเฉพาะในระดับห้องปฏิบัติการ (ทดลองโดยใช้เมล็ดในการจำแนกพันธุ์) และในระดับภาคสนาม โดยใช้เครื่องวัดค่าการสะท้อนแสงแบบไฮเปอร์สเปกตรัล (Field spectroradiometer) เท่านั้น (Rao, 2008; Darvishsefat et al., 2011; Xiaming et al., 2015; Marshall and Thenkabail, 2015) มีเพียงงานวิจัยของ Shwetank et al. (2011) ที่จำแนกพันธุ์ข้าวในระดับดาวเทียม (Satellite level) โดยเน้นการพัฒนาการสะท้อนแสงของวัดมาตรฐาน (Digital spectral library) และเปรียบเทียบผลการจำแนกพันธุ์ข้าวก่อนและหลัง ขั้นตอนการปรับแก้ข้อมูลชั้นบรรยากาศ (Atmospheric correction) กับลักษณะการสะท้อนของค่าสเปกตรัมที่ได้จากภาพดาวเทียม EO-1 ระบบ Hyperion ด้วยวิธีจำแนกแบบ Spectral Angle Mapper: SAM และให้ข้อค้นพบว่าค่าการสะท้อนแสงของข้าวแต่ละพันธุ์ขึ้นอยู่กับลักษณะประจำพันธุ์ (Crop characteristics) และระยะการเจริญเติบโต โดยเฉพาะในช่วงคลื่น VNIR ถึง SWIR (Shwetank et al., 2011) เป็นที่น่าสังเกตว่าการศึกษาดังกล่าวเน้นศึกษาที่ขั้นตอนการประมวลผลข้อมูลเบื้องต้น (Image pre-processing) มากกว่าขั้นตอนการจำแนกข้อมูลภาพดาวเทียม (Image classification) และการคัดเลือกช่วงคลื่นที่เหมาะสม (Band selection) ซึ่งปัญหาหนึ่งของการประยุกต์ใช้ข้อมูลการรับรู้จากระยะไกลแบบไฮเปอร์สเปกตรัล คือข้อมูลมีจำนวนมิติหรือตัวแปรมาก (High dimensional data) ทำให้เกิดปัญหามิติข้อมูล (Curse of dimensionality) จึงมีความจำเป็นต้องหาวิธีลดจำนวนมิติของข้อมูล (Dimension reduction) (Vaiphasa et al. 2007; Becker et al., 2009; Thenkabail et al., 2013) โดยเฉพาะในขั้นตอนการคัดเลือกช่วงคลื่นที่เหมาะสม (Mariotto et al., 2013)

ในส่วนของงานวิจัยเพื่อตรวจหาโรคข้าวด้วยการใช้ข้อมูลการรับรู้จากระยะไกลแบบมัลติสเปกตรัลนั้น พบว่ามีการนำมาใช้ตรวจหาโรคกาบใบแห้ง (Qin and Zhang, 2005) และตรวจหาโรคไหม้ (Kobayashi et al., 2001) ส่วนการตรวจหาโรคขอบใบแห้งในข้าวโดยใช้ข้อมูลการรับรู้จากระยะไกลแบบไฮเปอร์สเปกตรัลนั้นมีการศึกษาของ Yang (2010) และ Das et al. (2015) ที่ติดตามและประเมินความรุนแรงของโรคขอบใบแห้งในระดับภาคสนาม (Field level) โดยใช้เครื่องวัดค่าการสะท้อนแบบไฮเปอร์สเปกตรัล (Field spectroradiometer) และมีเพียงการศึกษาของ Das et al. (2015) เท่านั้นที่ติดตามโรคขอบใบแห้งในระดับภาคสนามด้วยเครื่องวัดค่าการสะท้อนแบบไฮเปอร์สเปกตรัลแล้วขยายขนาด (Upscale) มาศึกษาในระดับดาวเทียมแต่ข้อมูลจากดาวเทียมที่ใช้ยังเป็นแบบมัลติสเปกตรัลอยู่ คือใช้ข้อมูลจากดาวเทียม IRS ระบบ LISS IV ซึ่งให้ข้อเสนอแนะว่าควรใช้ข้อมูลดาวเทียมที่มีความละเอียดเชิงคลื่น (Spectral resolution) และความละเอียดเชิงพื้นที่



760051567

CT :Thesis 5687782420 dissertation / recv : 06082562 03:48:43 / seq : 5

(Spatial resolution) มากกว่านี้ เพื่อปรับปรุงความถูกต้องของการตรวจหาโรคให้สูงขึ้น (Das et al., 2015)

ดังนั้นในการศึกษานี้จึงเป็นการศึกษารั้งแรกที่ใช้ข้อมูลการรับรู้จากระยะไกลแบบไฮเปอร์สเปกตรัลในการจำแนกพันธุ์ข้าวและโรคขอบใบแห้งในข้าวของประเทศไทย ที่ศึกษาในระดับดาวเทียม การจำแนกพันธุ์ข้าวเลือกศึกษาพันธุ์ กข41 กข31 และปทุมธานี 1 ซึ่งเป็นตัวแทนของพันธุ์ข้าวอายุการเก็บเกี่ยว สั้น กลาง และยาว ตามลำดับ โดยเลือกพื้นที่นาในเขตชลประทานของอำเภอมโนรมย์ เมืองชัยนาท สรรคบุรี และหันคา จังหวัดชัยนาท เป็นพื้นที่ศึกษา ส่วนการแยกพื้นที่ปลูกข้าวที่เป็นโรคขอบใบแห้งในข้าวเจ้าพันธุ์ กข41 ออกจากพื้นที่ปลูกข้าวที่ไม่เป็นโรคนั้น เลือกศึกษาบริเวณตำบลนางลือและตำบลท่าชัย อำเภอเมือง จังหวัดชัยนาท โดยพื้นที่ศึกษาทั้ง 2 ส่วนใช้ข้อมูลการรับรู้จากระยะไกลแบบไฮเปอร์สเปกตรัลจากภาพถ่ายดาวเทียม EO-1 ระบบ Hyperion เปรียบเทียบกับข้อมูลแบบมัลติสเปกตรัลจากภาพถ่ายดาวเทียม EO-1 ระบบ Advance Land Image (ALI) เพื่อหาวิธีจำแนกพันธุ์ข้าวและโรคขอบใบแห้งในข้าวที่ดีที่สุด ทั้งนี้เพื่อเป็นแนวทางหนึ่งในการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการรับรู้จากระยะไกลแบบไฮเปอร์สเปกตรัลและแบบมัลติสเปกตรัลกับการศึกษาด้านการจำแนกพันธุ์ข้าวและโรคขอบใบแห้งในข้าวของประเทศไทยและพื้นที่ในประเทศอื่นที่มีความใกล้เคียงกันต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อเปรียบเทียบความถูกต้องของการจำแนกข้าวเจ้าพันธุ์ กข41 กข31 และปทุมธานี 1 ด้วยข้อมูลการรับรู้จากระยะไกลแบบมัลติสเปกตรัลและแบบไฮเปอร์สเปกตรัล

1.2.2 เพื่อแยกพื้นที่ปลูกข้าวที่เป็นโรคขอบใบแห้งในข้าวเจ้าพันธุ์ กข41 ออกจากพื้นที่ปลูกข้าวที่ไม่เป็นโรค ด้วยข้อมูลการรับรู้จากระยะไกลแบบมัลติสเปกตรัลและแบบไฮเปอร์สเปกตรัล

1.3 สมมติฐานการวิจัย

การใช้ข้อมูลการรับรู้จากระยะไกลแบบไฮเปอร์สเปกตรัลจะช่วยให้การจำแนกพันธุ์ข้าวและโรคขอบใบแห้งในข้าวมีค่าความถูกต้องสูงกว่า Anderson Level III และสูงกว่าการจำแนกแบบมัลติสเปกตรัลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ



760051567

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

1.4.1 ขอบเขตเชิงข้อมูล

1.4.1.1 ใช้ข้อมูลจากดาวเทียม Earth Observing 1 (EO-1) ที่มีอุปกรณ์บันทึกความยาวช่วงคลื่นตั้งแต่ 357-2576 นาโนเมตร ติดตั้งอยู่ 2 แบบ (sensor) คือ 1.แบบมัลติสเปกตรัล (Multispectral) ที่ได้จากภาพถ่ายดาวเทียม EO-1 ระบบ Advance Land Image (ALI) และ 2. แบบไฮเปอร์สเปกตรัล (Hyperspectral) ที่ได้จากภาพถ่ายดาวเทียม EO-1 ระบบ Hyperion บันทึกภาพบริเวณบางส่วนของจังหวัดชัยนาท เมื่อวันที่ 13 กรกฎาคม 2557 ที่แนวโคจร (Path) ที่ 129 และแถว (Row) ที่ 49

1.4.1.2 พันธุ์ข้าวที่นำมาใช้เปรียบเทียบความถูกต้องของการจำแนกข้อมูลระหว่างการรับรู้จากระยะไกลแบบมัลติสเปกตรัล ระบบ ALI และแบบไฮเปอร์สเปกตรัล ระบบ Hyperion คือ ข้าวเจ้าพันธุ์ กข41, กข31 และ ปทุมธานี 1 เท่านั้น

1.4.1.3 ในการศึกษาครั้งนี้จะทำการแยกพื้นที่ปลูกข้าวที่เป็นโรคขอบใบแห้ง (Bacterial leaf blight disease) ของข้าวเจ้าพันธุ์ กข41 (ข้าวเจ้าสายพันธุ์ CNT96028-21-1-PSL-1-1) ออกจากพื้นที่ปลูกข้าวที่ไม่เป็นโรค ในช่วงการเจริญเติบโตทางการสืบพันธุ์ (Reproductive phase) ระยะออกดอก (Flowering) เท่านั้น

1.4.1.4 ข้อมูลภาคสนามประกอบการประเมินการเกิดโรคขอบใบแห้งในข้าวจะประเมินการเกิดโรคด้วยสายตาเป็นเปอร์เซ็นต์พื้นที่ที่ถูกทำลาย (%incidence) และประเมินความรุนแรงของโรคเป็นพื้นที่สีเขียวที่ถูกทำลาย (%severity) ตามวิธี Standard Evaluation System for Rice (SES) ของสถาบันวิจัยข้าวระหว่างประเทศ (International Rice Research Institute: IRRI) (IRRI, 1988)

1.4.2 ขอบเขตเชิงวิธีการศึกษา

1.4.2.1 ในการจำแนกพันธุ์ข้าวและการแยกพื้นที่ปลูกข้าวที่เป็นและไม่เป็นโรคขอบใบแห้ง แบ่งการศึกษาออกเป็น 2 ระดับ คือ ระดับภาคสนาม (Field level) และระดับดาวเทียม (Satellite level)

1.4.2.2 ในกระบวนการคัดเลือกช่วงคลื่นที่เหมาะสม (Band selection) ของข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมแบบไฮเปอร์สเปกตรัลจะใช้วิธีเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm) (Vaiphasa et al., 2007; Koedsin and Vaiphasa, 2013)

1.4.2.3 การจำแนกข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม (Image classification) ใช้วิธีการจำแนกแบบควบคุม (Supervised classification) โดยเปรียบเทียบวิธีการจำแนกแบบใช้พารามิเตอร์ (Parametric) โดยใช้วิธีความน่าจะเป็นไปได้สูงสุด (Maximum likelihood Classifier: MLC) กับ



760051567

CD :Thesis 5687782420 dissertation / rev: 06082562 03:48:43 / seq: 5

แบบไม่ใช้พารามิเตอร์ (Nonparametric) โดยใช้วิธีสเปกตรัลแองเกิลแมปเปอร์ (Spectral Angle Mapper: SAM) ซึ่งใช้ทดลองจำแนกข้อมูลร่วมกับกระบวนการคัดเลือกช่วงคลื่นที่เหมาะสมเพื่อหาวิธีจำแนกพันธุ์ข้าวและโรคขอบใบแห้งในข้าวที่ดีที่สุด โดยพิจารณาค่าความถูกต้องจาก 4 รูปแบบ ดังนี้ 1. Maximum Likelihood Classifier: MLC, 2. GA ร่วมกับ MLC, 3. Spectral Angle Mapper: SAM, และ 4. GA ร่วมกับ SAM

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 ได้เทคนิคและวิธีการที่เหมาะสมสำหรับจำแนกข้าวเจ้าพันธุ์กข41 กข31 และปทุมธานี 1 ในเขตพื้นที่นาชลประทานของจังหวัดชัยนาท ด้วยการรับรู้จากระยะไกลแบบมัลติสเปกตรัลและแบบไฮเปอร์สเปกตรัล

1.5.2 สามารถแยกพื้นที่ปลูกข้าวที่เป็นโรคขอบใบแห้งในข้าวเจ้าพันธุ์กข41 ออกจากพื้นที่ปลูกข้าวที่ไม่เป็นโรค ด้วยการรับรู้จากระยะไกลแบบมัลติสเปกตรัลและแบบไฮเปอร์สเปกตรัล

1.5.3 หน่วยงานที่เกี่ยวข้องสามารถนำวิธีการที่นำเสนอในการศึกษานี้ ไปใช้ในการบริหารจัดการด้านการผลิตข้าวของไทยได้อย่างมีประสิทธิภาพ



760051567

บทที่ 2

บททวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

บททวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในการศึกษาครั้งนี้ ผู้ศึกษาได้ทำการแบ่งหัวข้อออกเป็นหัวข้อต่างๆ ดังต่อไปนี้

2.1 พันธุ์ข้าวที่ใช้ในการศึกษา

พันธุ์ข้าวที่นำมาใช้เปรียบเทียบความถูกต้องของการจำแนกข้อมูลระหว่างการรับรู้จากระยะไกล แบบมัลติสเปกตรัล ระบบ ALI และแบบไฮเปอร์สเปกตรัล ระบบ Hyperion คือ ข้าวเจ้าพันธุ์ กข41 กข31 และ ปทุมธานี 1 เท่านั้น ซึ่งเป็นพันธุ์ข้าวที่นิยมปลูกมากในพื้นที่จังหวัดชัยนาท จากข้อมูลการขึ้นทะเบียนเกษตรกรผู้ปลูกข้าว ปีเพาะปลูก 2557/2558 (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2558) พบว่ามีพื้นที่ปลูกข้าว (ตามแนวภาพ Hyperion) ประมาณ 12,535 ไร่ พันธุ์ข้าวนาปีที่เกษตรกรนิยมปลูกในพื้นที่มากที่สุด คือ กข31 (ปทุมธานี 80) (34.76%) รองลงมาได้แก่ ปทุมธานี 1 (28.61%) กข41 (21.08%) และพันธุ์อื่นๆ เช่น กข47 กข49 ชัยนาท 1 สุพรรณบุรี 1 และไรซ์เบอร์รี่ (15.56%) และหากแบ่งตามอายุการเก็บเกี่ยวของข้าว (Harvest date) แล้ว ข้าวเจ้าพันธุ์ กข41, กข31 และ ปทุมธานี 1 จะเป็นตัวแทนของพันธุ์ข้าวเบา (Early maturing rice) อายุของการเก็บเกี่ยว 90-100 วัน, ข้าวกลาง (Medium maturing rice) อายุของการเก็บเกี่ยว 105-115 วัน และข้าวหนัก (Late maturing rice) อายุของการเก็บเกี่ยว >120 วัน (อรอนงค์ นัยวิกุล, 2556; นิทัศน์ เจริญธรรมรักษา, 2558) ตามลำดับ โดยมีรายละเอียดของแต่ละพันธุ์ดังนี้

2.1.1 ข้าวเจ้าพันธุ์ กข41 (RD41)

ลักษณะประจำพันธุ์

เป็นข้าวเจ้าไม่ไวต่อช่วงแสง ให้ผลผลิต 722 กิโลกรัมต่อไร่ อายุการเก็บเกี่ยว 95-105 วัน ความสูง 104 เซนติเมตร กอตั้ง ต้นแข็ง ใบสีเขียวตั้งตรง ใบธงตั้งตรง ยาว 35 เซนติเมตร กว้าง 1.6 เซนติเมตร คอรวงโผล่พ้นจากกาบใบธงเล็กน้อย รวงค่อนข้างแน่น ยอดเกสรตัวเมียสีขาว ปลายยอดดอกสีขาว ข้าวเปลือกสีฟางยาว 10.4 มิลลิเมตร กว้าง 2.53 มิลลิเมตร หนา 2.05 มิลลิเมตร ข้าวกล้องรูปร่างเรียวยาว ยาว 7.73 มิลลิเมตร กว้าง 2.23 มิลลิเมตร หนา 1.81 มิลลิเมตร ข้าวสารยาว 7.3 มิลลิเมตร กว้าง 2.11 มิลลิเมตร หนา 1.78 มิลลิเมตร มีปริมาณแอมิโลสสูง 27.15 เปอร์เซ็นต์ ความคงตัวของแป้งอยู่ในระดับแป้งอ่อน ระยะการไหลของแป้ง 77 มิลลิเมตร ข้าวเมื่อหุงสุกมีลักษณะร่วนและค่อนข้างแข็ง ระยะพักตัวของเมล็ด 9-10 สัปดาห์ รายละเอียดอื่นๆ ดังภาคผนวก ก (สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว, 2552)



760051567

CU Thesais 5687782420 dissertation / rev: 06082562 03:48:43 / seq: 5

2.1.2 ข้าวเจ้าพันธุ์ กข31 (ปทุมธานี 80) (RD31)

ลักษณะประจำพันธุ์

เป็นข้าวเจ้าไม่ไวต่อช่วงแสง ให้ผลผลิต 738-745 กิโลกรัมต่อไร่ อายุการเก็บเกี่ยว 118 วัน เมื่อปลูกโดยวิธีปักดำ และ 111 วัน เมื่อปลูกโดยวิธีหว่านน้ำตม ต้นสูงเฉลี่ย 117 เซนติเมตร ลักษณะทรงกอตั้ง ต้นแข็งมากไม่ล้มง่าย ใบสีเขียว กาบใบสีเขียว ใบธงตั้งตรง ยาว 29.9 เซนติเมตร กว้าง 1.6 เซนติเมตร คอรวงยาว แนนปานกลาง รวงยาว 29.9 เซนติเมตร ยอดเกสรตัวเมียสีขาว ข้าวเปลือกสีฟางยาว 10.48 มิลลิเมตร กว้าง 2.60 มิลลิเมตร หนา 2.07 มิลลิเมตร ข้าวกล้องยาว 7.39 มิลลิเมตร กว้าง 2.13 มิลลิเมตร หนา 1.84 มิลลิเมตร ข้าวสารยาว 7.22 มิลลิเมตร กว้าง 2.11 มิลลิเมตร หนา 1.79 มิลลิเมตร มีปริมาณแอมิโลสสูง 27.3-29.8 เปอร์เซ็นต์ ความคงตัวของแป้งสูง อยู่ในระดับแป้งอ่อน ระยะการไหลของแป้ง 69-98 มิลลิเมตร ข้าวเมื่อหุงสุกมีลักษณะค่อนข้างแข็งไม่หอม ระยะพักตัวของเมล็ด 5 สัปดาห์ รายละเอียดอื่นๆ ดังภาคผนวก ก (สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว, 2550)

2.1.3 ข้าวเจ้าพันธุ์ปทุมธานี 1 (PT1)

ลักษณะประจำพันธุ์

เป็นข้าวเจ้าไม่ไวต่อช่วงแสง ให้ผลผลิตเฉลี่ย 811 กิโลกรัมต่อไร่ อายุการเก็บเกี่ยว 126 วัน ความสูง 104-133 เซนติเมตร ลักษณะทรงกอตั้ง (แบะ) ลำต้นค่อนข้างแข็ง ใบธงยาว ตั้งตรงปานกลาง คอรวงสั้น รวงอยู่ใต้ใบธง ยอดเกสรตัวเมียสีขาว ปลายยอดดอกสีฟาง ข้าวเปลือกสีฟาง ยาว 10.52 มิลลิเมตร กว้าง 2.47 มิลลิเมตร หนา 1.95 มิลลิเมตร ข้าวกล้องยาว 7.6 มิลลิเมตร กว้าง 2.17 มิลลิเมตร หนา 1.72 มิลลิเมตร มีปริมาณแอมิโลสต่ำ 17.8 เปอร์เซ็นต์ ความคงตัวของแป้งสูง อยู่ในระดับแป้งอ่อน ระยะการไหลของแป้ง 83 ถึง 85 มิลลิเมตร ข้าวเมื่อหุงสุกมีสีขาวนวล กลิ่นหอม ข้าวนุ่มและค่อนข้างเหนียว ระยะพักตัวของเมล็ด 3-4 สัปดาห์ รายละเอียดอื่นๆ ดังภาคผนวก ก (สถาบันวิจัยข้าว, 2542)

2.2 โรคขอบใบแห้งในข้าว

โรคขอบใบแห้ง (Bacterial Leaf Blight Disease or Bacterial Blight Disease: BLB) จัดเป็นโรคสำคัญชนิดหนึ่งของข้าว ระบาดทั่วไปในแหล่งปลูกข้าวทั่วโลก ทั้งในพื้นที่เขตร้อนและเขตอบอุ่น โดยพบการระบาดครั้งแรกในประเทศญี่ปุ่นในปี ค.ศ. 1884 (Tagami and Mizukami, 1962) มีรายงานว่าในปี ค.ศ. 1960 พบโรคขอบแห้งของข้าวระบาดทั่วไปในแหล่งปลูกข้าวทั่วทวีปเอเชีย ได้แก่ ประเทศฟิลิปปินส์ อินโดนีเซีย อินเดีย ศรีลังกา จีน ไต้หวัน เกาหลี ไทย และเวียดนาม นอกจากนี้ยังพบว่ามี การระบาดในประเทศออสเตรเลีย สหรัฐอเมริกา ประเทศในแถบทวีปแอฟริกา ละตินอเมริกา



760051567

CU Thesais 5687782420 dissertation / recv: 06082562 03:48:43 / seq: 5

และประเทศในแถบคาริบเบียน (Robert and Pamela, 1992) ในประเทศไทยพบโรคขอบใบแห้ง ครั้งแรกที่ จ.ปทุมธานี เมื่อปี พ.ศ. 2506 (Eamchit and Mew, 1982) ซึ่งจัดเป็นโรคที่สำคัญมากโรคหนึ่ง เนื่องจากการระบาดรุนแรงและทำความเสียหายในแหล่งปลูกข้าวที่สำคัญทุกภาคของประเทศไทย โดยเฉพาะนาในเขตชลประทาน ส่วนในนาฝาย หากสภาพแวดล้อมเหมาะสม เช่น มีระดับน้ำในนาสูง การระบายน้ำไม่ดี ฝนตกพรำ มีพายุ น้ำท่วม การทำนาโดยใช้พันธุ์ข้าวพันธุ์เดียว มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตราสูงและระยะปักดำถี่ก็สามารถทำให้เกิดโรคขอบใบแห้งระบาดรุนแรงและรวดเร็วได้ (พยอม ศรีจำปา และคณะ, 2541; พยอม โคเบลล์, 2559)

สาเหตุ มาจากเชื้อแบคทีเรีย *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* (ex Ishiyama) Swings et al ชื่อเดิม *X. campestris* pv. *Oryzae* (Ishiyama Dye) (Swings et al., 1990)

อาการ โรคนี้เป็นได้ตั้งแต่ระยะกล้า แดกกอ จนถึง ออกรวง ต้นกล้าก่อนนำไปปักดำจะมีจุดเล็กๆ ลักษณะข้ำที่ขอบใบของใบล่าง ต่อมาประมาณ 7-10 วัน จุดข้ำนี้จะขยายกลายเป็นทางสีเหลืองยาวตามใบข้าว (รูปที่ 2.1 ก) ใบที่เป็นโรคจะแห้งเร็ว และสีเขียวจะจางลงเป็นสีเทาๆ อาการในระยะปักดำจะแสดงหลังปักดำแล้วหนึ่งเดือนถึงเดือนครึ่ง ใบที่เป็นโรคขอบใบมีรอยขีดข้ำ ต่อมาจะเปลี่ยนเป็นสีเหลือง ที่แผลมีหยดน้ำสีครีมคล้ายยางสนกลมๆ ขนาดเล็กเท่าหัวเข็มหมุด (รูปที่ 2.1 ข) ต่อมาจะกลายเป็นสีน้ำตาลและหลุดไปตามน้ำหรือฝน ซึ่งจะทำให้โรคสามารถระบาดต่อไปได้ แผลจะขยายไปตามความยาวของใบ บางครั้งขยายเข้าไปข้างในตามความกว้างของใบ ขอบแผลมีลักษณะเป็นขอบลายหยัก แผลนี้เมื่อนานไปจะเปลี่ยนเป็นสีเทา ใบที่เป็นโรคขอบใบจะแห้งและม้วนตามความยาว ในกรณีที่ต้นข้าวมีความอ่อนแอต่อโรคและเชื้อโรคมิปริมาณมาก จะทำให้ท่อน้ำและท่ออาหารอุดตัน ต้นข้าวจะเหี่ยวเฉาและแห้งตายทั้งต้นโดยรวดเร็ว เรียกอาการของโรคนี้ว่า ศรีเสก (kresek) (รูปที่ 2.1 ค) และตัวอย่างความรุนแรงของโรคขอบใบแห้งในข้าวเจ้าพันธุ์ กข41 อายุข้าว 95 วัน ช่วงการเจริญเติบโตทางเมล็ด (Ripening phase) ระยะเมล็ดแก่เต็มที่ (Mature grain) ณ บ้านหนองกรด ตำบลนางลือ อำเภอมือง จังหวัดชัยนาท ดังรูปที่ 2.1 ง



760051567



ก



ข



ค



ง

รูปที่ 2.1 ลักษณะอาการของโรคขอบใบแห้งในข้าว

ก. ลักษณะของแผลที่ขอบใบ (สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว, 2550)

ข. กลุ่มเซลล์ของแบคทีเรีย (Bacterial ooze) ที่พบบริเวณแผล (ดวงกมล บุญช่วย และคณะ, 2556)

ค. อาการแห้งตายทั้งต้น (kresek) (สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว, 2550)

ง. ความรุนแรงของโรคขอบใบแห้งในข้าวพันธุ์กข41 ที่อายุข้าว 95 วันบริเวณพื้นที่ศึกษา

การแพร่ระบาด เชื้อสาเหตุโรคสามารถแพร่ไปกับน้ำ ในสภาพแวดล้อมที่มีความชื้นสูง และสภาพที่มีฝนตก ลมพัดแรง จะช่วยให้โรคแพร่ระบาดอย่างกว้างขวางรวดเร็ว

การป้องกันกำจัด

- ใช้พันธุ์ข้าวที่ต้านทาน เช่น พันธุ์สุพรรณบุรี 60 สุพรรณบุรี 90 สุพรรณบุรี 1 สุพรรณบุรี 2 และ กข31 (ปทุมธานี 80)
- ในดินที่อุดมสมบูรณ์ไม่ควรใส่ปุ๋ยไนโตรเจนมาก
- ไม่ควรระบายน้ำจากแปลงที่เป็นโรคไปสู่แปลงอื่น

- ควรเฝ้าระวังการเกิดโรค ถ้าปลูกข้าวพันธุ์ที่อ่อนแอต่อโรคนี้ เช่น พันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 กข6 เหนียวสันป่าตอง พิษณุโลก 2 ชัยนาท 1 เมื่อเริ่มพบอาการของโรคบนใบข้าว ให้ใช้สารป้องกันกำจัดโรคพืช เช่น ไอโซโพรไทโอเลน คอปเปอร์ไฮดรอกไซด์ เซตรีฟโตมัยซินซัลเฟต+ออกซีเตทตราไซคลิน ไฮโดรคลอไรด์ ไตรเบซิคคอปเปอร์ซัลเฟต เมื่อพบอาการของโรคบนใบข้าว (สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว, 2550)

2.3 ลักษณะการสะท้อนพลังงานของพืชปกติและพืชที่ผิดปกติด้วยข้อมูลการรับรู้จากระยะไกล

ลักษณะการสะท้อนพลังงานของพืชสีเขียวจะมีลายเซ็นเชิงคลื่น (Spectral reflectance curves or spectral signature curve) แตกต่างกันไปตามช่วงความยาวคลื่น โดยขึ้นอยู่กับองค์ประกอบที่มีผลต่อการสะท้อนพลังงานของพืชพรรณคือ คลอโรฟิลล์ การดูดซับพลังงานของใบพืช โครงสร้างของใบพืช และการจัดวางตัวของใบพืช โดยลักษณะสำคัญของลายเซ็นเชิงคลื่นของพืชในแต่ละช่วงคลื่น ดังนี้

1. พืชมีการสะท้อนพลังงานต่ำ ในช่วงที่ตามองเห็น (Visible light) โดยจะดูดกลืนพลังงานในช่วง $0.45 \mu\text{m}$ (สีน้ำเงิน) และ $0.65 \mu\text{m}$ (สีแดง) เนื่องจากรงควัตถุ (Pigments) ในใบพืชหรือคลอโรฟิลล์จะมีอิทธิพลต่อการดูดกลืนพลังงานมาก ซึ่งเรียกว่า Chlorophyll absorption แต่พืชจะสะท้อนพลังงานออกมาในช่วงคลื่น $0.5 \mu\text{m}$ จึงทำให้เรามองเห็นใบของพืชเป็นสีเขียว เนื่องจากช่วงคลื่นสีแดงและสีน้ำเงินถูกคลอโรฟิลล์ดูดซับพลังงานเอาไว้ ถ้าใบพืชมีอาการผิดปกติ เช่น เป็นโรคเหี่ยวเฉา หรือแห้ง จะทำให้คลอโรฟิลล์ลดลงส่งผลให้ความสามารถในการดูดซับพลังงานในช่วงคลื่นสีแดงและสีน้ำเงินลดลง และมีการสะท้อนคลื่นสีแดงสูงขึ้น จึงมองเห็นใบพืชเหล่านั้นเป็นสีเหลืองหรือสีน้ำตาล

2. ช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ ($0.72-1.3 \mu\text{m}$) ใบพืชสะท้อนพลังงานสูงประมาณ 50% ของพลังงานที่ตกกระทบ พลังงานอีกร้อยละ 40 จะถูกส่งผ่าน ขณะที่ใบพืชจะดูดซับพลังงานในช่วงคลื่นนี้เพียงร้อยละ 5 เท่านั้น การสะท้อนพลังงานในระดับสูงของช่วงคลื่นนี้ เนื่องจากคลอโรฟิลล์ที่มีอยู่ในใบพืชสามารถสะท้อนพลังงานที่มาจากกระทบในช่วงคลื่นนี้ได้ดี นอกจากนี้การสะท้อนในช่วงอินฟราเรดใกล้ยังช่วยในการจำแนกชนิดของพืชได้ เนื่องจากลักษณะโครงสร้างภายในของใบพืช (Cell structure) แต่ละชนิดมีการสะท้อนที่ต่างกันในช่วงคลื่นนี้ ความผิดปกติของพืชนอกจากจะมีผลต่อปริมาณคลอโรฟิลล์แล้วยังทำโครงสร้างของใบเปลี่ยนไปด้วย ดังนั้นจึงสามารถใช้ช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้มาใช้ในการจำแนกชนิดของพืชพรรณ และช่วยวิเคราะห์ความผิดปกติของพืชพรรณได้อีกด้วย นอกจากนี้โครงสร้างของใบพืชแล้วจำนวนชั้นหรือความหนาแน่นของใบว่ามีอิทธิพลต่อการสะท้อนพลังงานของพืชพรรณ โดยบริเวณใดมีการจัดวางตัวของใบน้อยชั้น (Low biomass) ก็จะมี

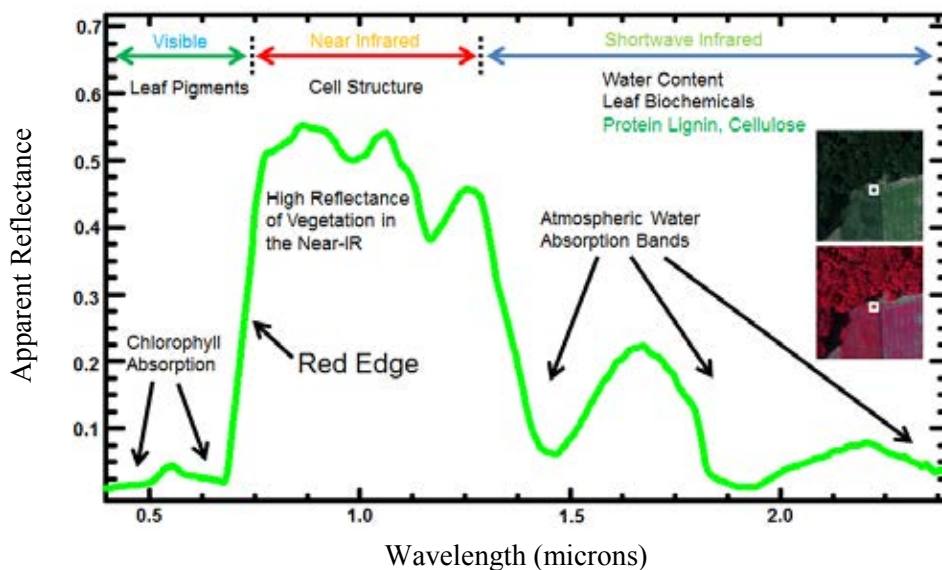


760051567

CD :Thesis 5687782420 dissertation / rev: 06082562 03:48:43 / seq: 5

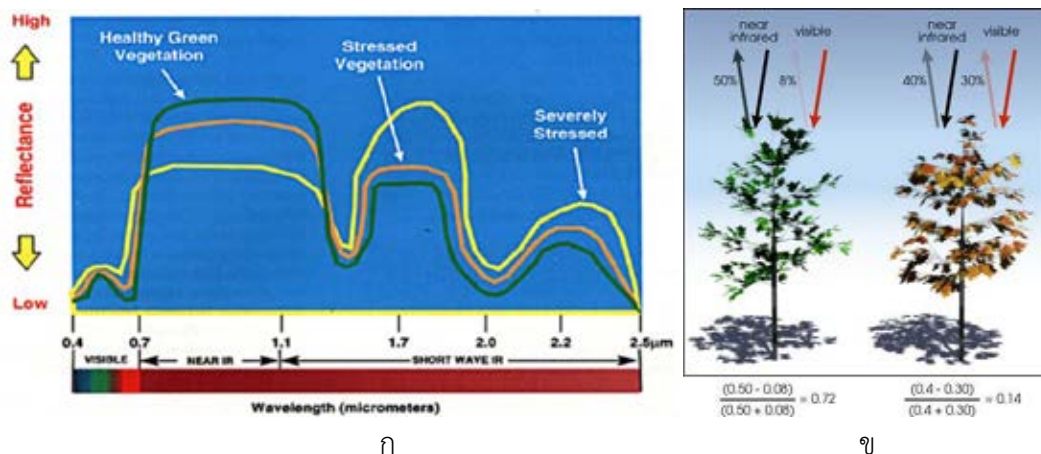
ปริมาณการสะท้อนพลังงานน้อย ในทางกลับกันถ้ามีการจัดวางตัวของใบพืชหลายชั้นการส่งผ่านพลังงานระหว่างใบแต่ละชั้นจะทำให้เกิดการสะท้อนกลับอีกชั้นหนึ่งเป็นผลให้ปริมาณการสะท้อนพลังงานมีมากขึ้น

3. ช่วงคลื่นอินฟราเรดคลื่นสั้น (1.3-3.0 μm) ค่าการสะท้อนพลังงานของใบพืชจะแปรผันกับปริมาณน้ำทั้งหมดในใบพืช ซึ่งพลังงานส่วนใหญ่จะถูกดูดกลืนหรือสะท้อนและมีการส่งผ่านน้อยมาก ในช่วงคลื่น 1.4 μm 1.9 μm และ 2.7 μm จะมีการสะท้อนพลังงานน้อยที่สุด เนื่องจากน้ำในใบพืชจะดูดกลืนพลังงานเอาไว้ ความยาวคลื่นช่วงนี้เรียกว่า Water absorption bands ในขณะที่ช่วงคลื่น 1.6 μm และ 2.2 μm ใบพืชจะสะท้อนพลังงานสูงขึ้น เนื่องจากความผันแปรของปริมาณน้ำในใบพืช ดังนั้นค่าสะท้อนพลังงานของใบพืชจึงผันแปรไปตามปริมาณน้ำทั้งหมดในใบพืชสำหรับช่วงคลื่นดังกล่าว ดังรูปที่ 2.2 ส่วนพืชที่อ่อนแอหรือผิดปกติจะมีการดูดซับพลังงานในช่วงคลื่นที่มองเห็น และสะท้อนพลังงานในช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้้น้อยกว่าพืชปกติ ดังรูปที่ 2.3 (จรัณธร บุญญานุกภาพ, 2557)



รูปที่ 2.2 การดูดกลืนพลังงานของน้ำในใบพืชในช่วงคลื่นอินฟราเรดคลื่นสั้น

(Elowitz, 2015)



รูปที่ 2.3 ลักษณะการสะท้อนของช่วงคลื่นพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าของพืชปกติและพืชที่ผิดปกติ

ก. Barrett and Curtis (1995) ข. John Weier and David Herring (2000)

2.4 คุณลักษณะของข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ใช้ในการศึกษา

ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ได้จากดาวเทียม Earth Observing 1 (EO-1) ที่พัฒนาโดย NASA Goddard Space Flight Center ประเทศสหรัฐอเมริกา (eo1.gsfc.nasa.gov) ซึ่งมีอุปกรณ์บันทึกช่วงคลื่น 2 แบบ คือ 1) แบบไฮเปอร์สเปกตรัล (Hyperspectral) ที่ได้จากภาพถ่ายดาวเทียม EO-1 ระบบ Hyperion และ 2) แบบมัลติสเปกตรัล (Multispectral) ที่ได้จากภาพถ่ายดาวเทียม EO-1 ระบบ Advance Land Image (ALI) โดยมีรายละเอียดดังนี้

2.4.1 ภาพถ่ายดาวเทียมระบบ Hyperion

ภาพถ่ายดาวเทียมระบบ Hyperion เป็นข้อมูลภาพแบบไฮเปอร์สเปกตรัลที่ถูกบันทึกด้วยกล้องถ่ายภาพระบบ Hyperion ที่ติดตั้งอยู่บนดาวเทียม EO-1 โดยข้อมูลภาพที่ได้จะถูกจัดเก็บเป็นช่วงคลื่นแคบๆ ต่อเนื่องกัน (Narrow Bands) ทำการบันทึกข้อมูลที่มีความกว้างช่วงคลื่น 10 นาโนเมตร ใน 1 ช่วงคลื่นต่อเนื่องกันไปตั้งแต่ 356 -2578 นาโนเมตร ครอบคลุมข้อมูลในช่วงคลื่นที่ตามองเห็น อินฟราเรดใกล้ และอินฟราเรดคลื่นสั้น จำนวนทั้งหมด 242 ช่วงคลื่น (ใช้งานได้เพียง 198 ช่วงคลื่นจากทั้งหมด 242 ช่วงคลื่น) มีการโคจรกลับมาถ่ายซ้ำที่เดิม (Revisit) ทุกๆ 16 วัน ขนาดของภาพ ครอบคลุมพื้นที่กว้าง 7.7 กิโลเมตร ยาว 42 กิโลเมตร ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 2.1-2.2

ตารางที่ 2.1 ลักษณะบางประการของภาพถ่ายดาวเทียมระบบ Hyperion

ลักษณะบางประการของภาพถ่ายดาวเทียมระบบ Hyperion	
Spectral bands	242 bands (356-2575 nm)
Bandwidth	10 nm
Repeat cycle	16 days
Pixel size	30 m
Land area per image	7.7 x 42 หรือ 7.7 x 185 km
Satellite	EO-1

ที่มา: Beck, 2003

ตารางที่ 2.2 รายละเอียดช่วงคลื่นของภาพถ่ายดาวเทียมระบบ Hyperion

	Band No.	ความยาวคลื่น (nm.)	สถานะ
Visible - NIR	1-7	355-416	ไม่มีสัญญาณ
	8-57	426 - 925	มีสัญญาณ
	58 - 76	935 - 1057 851 - 902	ไม่มีสัญญาณ , Overlap กับ VNIR 50-55
Shortwave	77 - 224	912 - 2395	มีสัญญาณ
Infrared	225 - 242	2405 - 2577	ไม่มีสัญญาณ

ที่มา: Beck, 2003

2.4.2 ภาพถ่ายดาวเทียมระบบ Advance Land Image: ALI

ภาพถ่ายดาวเทียมระบบ ALI เป็นภาพถ่ายดาวเทียมแบบหลายช่วงคลื่น (Multispectral) ชนิดหนึ่งที่ได้จากกล้องถ่ายภาพ ALI ที่ติดตั้งบนดาวเทียม EO-1 และบันทึกสัญญาณจำนวน 10 ช่วงคลื่น (Bands) ที่มีลักษณะช่วงคลื่นไม่ต่อเนื่องกัน โดยเวลาและสถานที่ในการถ่ายภาพจะตรงกับกล้องถ่ายภาพระบบ Hyperion เนื่องจากอยู่บนดาวเทียมดวงเดียวกัน ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 2.3-2.5

ตารางที่ 2.3 ลักษณะบางประการของภาพถ่ายดาวเทียมระบบ ALI

ลักษณะบางประการของภาพถ่ายดาวเทียมระบบ ALI	
Spectral bands	10 bands
Repeat cycle	16 days
Pixel size	30 m
Land area per image	37 x 42 หรือ 37 x 185 km
Satellite	EO-1

ที่มา: Beck, 2003

ตารางที่ 2.4 รายละเอียดช่วงคลื่นของภาพถ่ายดาวเทียมระบบ ALI

Band	Wavelength (nm)	Spatial Resolution (m)
MS-1	433-453	30 x 30
MS-1'	450-510	30 x 30
MS-2	525-625	30 x 30
MS-3	630-690	30 x 30
MS-4	775-805	30 x 30
MS-4'	845-890	30 x 30
MS-5	1200-1300	30 x 30
MS-5'	1550-1750	30 x 30
MS-7	2080-2350	30 x 30
Panchromatic	480-690	10 x 10

ที่มา: Beck, 2003



760051567

ตารางที่ 2.5 เปรียบเทียบค่าศูนย์กลางความยาวช่วงคลื่นของภาพถ่ายดาวเทียมระบบ ALI และระบบ Hyperion

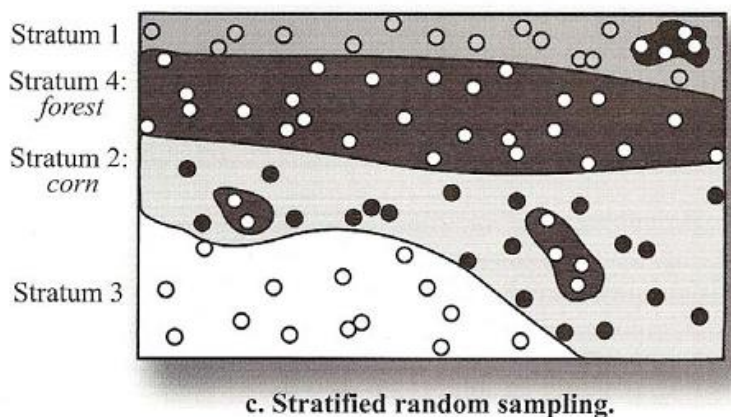
ALI band no.	CWL (nm)	Hyperion band no.	CWL (nm)	Range
MS-1*	441.6	10	447.17	VNIR
MS-1	484.8	14	487.87	VNIR
MS-2	567.2	22	569.27	VNIR
MS-3	660	31	660.85	VNIR
MS-4	790	44	793.13	VNIR
MS-4*	865.6	51	864.35	VNIR
MS-5	1244.4	110	1245.36	SWIR
MS-5*	1640.1	149	1638.81	SWIR
MS-7	2225.7	207	2224.03	SWIR

ที่มา: Beck, 2003

2.5 การสุ่มแบบแบ่งชั้น (Stratified Random Sampling)

เป็นการสุ่มตัวอย่างประชากรแบบแบ่งกลุ่มประชากรออกเป็นกลุ่มย่อย (Subgroup) บนพื้นฐานของตัวแปรที่สำคัญที่ส่งผลต่อตัวแปรตาม โดยยึดหลักในการจัดกลุ่มให้มีความเป็นเอกพันธ์ (Homogeneous) มากที่สุด ในกลุ่มเดียวกันจะมีลักษณะคล้ายคลึงกันตามกลุ่มย่อยของตัวแปร แต่จะแตกต่างกันระหว่างชั้นมากที่สุด จากนั้นจึงทำการสุ่มในแต่ละชั้นขึ้นมาทำการศึกษา (Jensen, 2007) ดังรูปที่ 2.4

ข้อดีของการคัดเลือกจุดตัวอย่างแบบชั้น คือ การกระจายของจุดตัวอย่างตามประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินทุกประเภทจะกระจายไปในสัดส่วนที่พอเหมาะกับขนาดของพื้นที่ศึกษาและเพียงพอสำหรับกระบวนการคำนวณความถูกต้องหรือความคาดเคลื่อนของการศึกษา ส่วนข้อดีของการคัดเลือกจุดตัวอย่างแบบแบ่งชั้น คือ การที่จะคัดเลือกจุดตัวอย่างด้วยวิธีนี้ได้ นั้น ผู้ศึกษาจำเป็นต้องมีแผนที่หรือข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินก่อน



รูปที่ 2.4 การคัดเลือกจุดตัวอย่างแบบแบ่งชั้น
(Jensen, 2007)

2.6 การคัดเลือกช่วงคลื่นที่เหมาะสม (Band Selection)

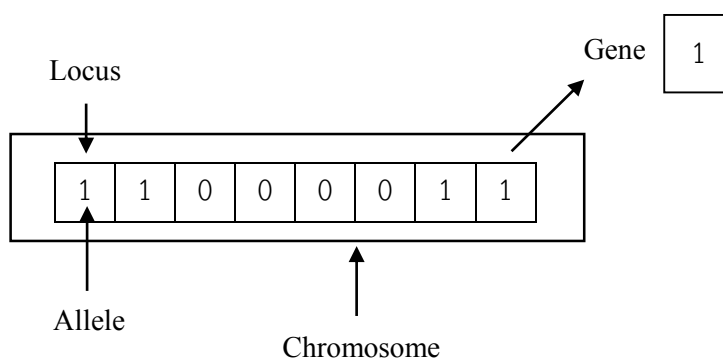
ในการศึกษากระบวนการคัดเลือกช่วงคลื่นที่เหมาะสม (Band selection) เพื่อลดจำนวนมิติ (Dimension Reduction) ของข้อมูลจากเครื่องวัดค่าการสะท้อนแสงแบบไฮเปอร์สเปกตรัล และข้อมูลจากภาพถ่ายดาวเทียมแบบไฮเปอร์สเปกตรัล (EO-1 Hyperion) ใช้วิธีเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm) โดยดัดแปลง source code ของ Koedsin and Vaiphasa (2013)

วิธีเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm: GA)

วิธีเชิงพันธุกรรมหรือเจเนติกอัลกอริทึม (Genetic Algorithm) เป็นวิธีการค้นหาและสืบค้นเพื่อหาจุดที่เหมาะสมที่สุด (Optimal solutions) ในการแก้ปัญหาโดยพัฒนามาจากการจำลองวิวัฒนาการทางพันธุกรรมของ Holland (1975) หลักการสำหรับวิธีการนี้มีรากฐานแนวคิดมาจากทฤษฎีการวิวัฒนาการของชาร์ลดาร์วิน โดยอ้างอิงแนวคิดเรื่องการอยู่รอดของผู้ที่แข็งแรงที่สุด (Survival of the fittest) กล่าวคือ สิ่งมีชีวิตทั้งหลายที่มีการทอดลักษณะทางพันธุกรรมมีทั้งส่วนที่ดีและไม่ดีซึ่งลักษณะที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตจะได้รับการสนับสนุนและมีการถ่ายทอดจากบรรพบุรุษสู่รุ่นลูกหลาน โดยใช้ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (Objective function) หรือฟังก์ชันความเหมาะสม (Fitness function) ที่สอดคล้องกับปัญหาในการพิจารณาค่าความเหมาะสมของที่มีต่อปัญหา ในการสืบทอดสู่รุ่นลูกจะใช้ตัวดำเนินการทางพันธุกรรมมากระทำกับโครโมโซมเดิมเพื่อให้ได้โครโมโซมรุ่นใหม่ที่มีความเหมาะสมต่อปัญหามากขึ้นและจะเกิดการทำซ้ำจนโครโมโซมที่แทนค่าตอบที่ถูกต้องหรือมีความเหมาะสมต่อปัญหามากที่สุด (Holland, 1975)



เนื่องจากวิธีเชิงพันธุกรรมเป็นกระบวนการค้นหาที่เลียนแบบกลไกการวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต ซึ่งจะเกี่ยวข้องกับคำศัพท์เฉพาะทางชีววิทยาเข้ามาเกี่ยวข้องดังนี้ กระบวนการขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมจะเริ่มต้นด้วยการเข้ารหัส (Encoding) ด้วยตัวอักษร (Character) ซึ่งเทียบได้กับโครโมโซมโดยแต่ละโครโมโซมจะประกอบไปด้วยส่วนย่อยคือ ยีน (Genes) โดยยีนหนึ่งๆ จะมีตำแหน่งอยู่บนโครโมโซมที่แน่นอน โดยที่ตำแหน่งของแต่ละยีนนั้นจะเรียกว่า โลคัส (Locus) และสถานะของยีนที่อยู่บนโครโมโซมเรียกว่า แอลลีล (Allele) ดังรูปที่ 2.5

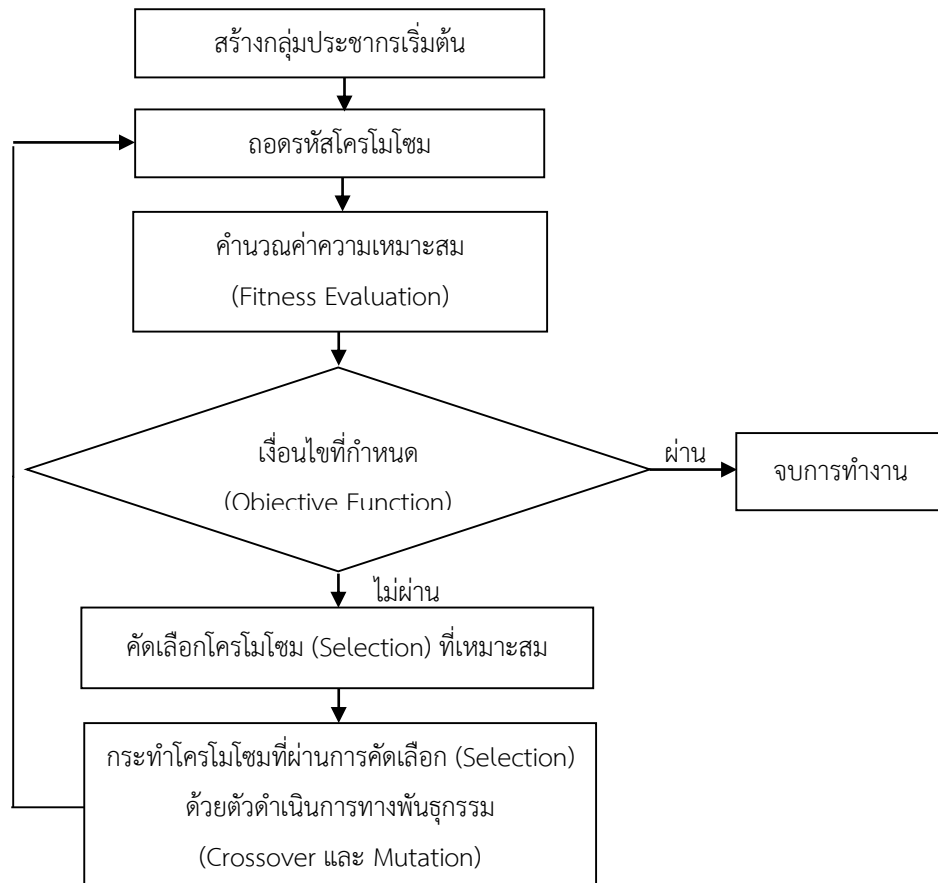


รูปที่ 2.5 ลักษณะของโครโมโซม
(วีระพงศ์ เกิดสิน, 2556)

วิธีเชิงพันธุกรรมอย่างง่าย (Goldberg, 1989) แสดงดังผังงาน (Flow chart) ในรูปที่ 2.6 ซึ่งสามารถอธิบายเป็นขั้นตอนดังนี้

1. เริ่มจากการสร้างกลุ่มประชากรเริ่มต้น (Initial Population) ของทางเลือกที่เป็นไปได้ที่มีความสอดคล้องในแต่ละปัญหาโดยที่แต่ละชุดคำตอบจะถูกเข้ารหัสเหมือนกับโครโมโซมที่ประกอบไปด้วยยีน
2. ทำการถอดรหัสของโครโมโซมเพื่อให้ได้ตัวแปรจริงของปัญหา
3. คำนวณค่าความเหมาะสม (Fitness value) ในแต่ละโครโมโซม เพื่อประเมินหาคำตอบที่เหมาะสมในแต่ละทางเลือกโดยค่าความเหมาะสมจะถูกประเมินด้วยฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (Objective Function) ซึ่งจะแสดงถึงความสามารถในการอยู่รอดและมีส่วนในการสร้างประชากรรุ่นต่อไป
4. พิจารณาค่าความเหมาะสมในแต่ละโครโมโซม เพื่อทำการคัดเลือกโครโมโซมบางกลุ่ม เพื่อนำมาใช้ในการสร้างประชากรรุ่นใหม่ด้วยวิธีการคัดเลือก (Selection)
5. นำประชากรที่ผ่านการคัดเลือกมากระทำด้วยตัวดำเนินการทางพันธุกรรม (Genetic Operators) อันได้แก่ การไขว้เปลี่ยน (Crossover) และการกลายพันธุ์ (Mutation) เป็นต้น

6. ทำตามขั้นตอนที่ 2 ถึง 5 จนกระทั่งคำตอบที่ได้ลูเข้าสู่คำตอบของปัญหาหรือเท่ากับจำนวนรอบที่กำหนดไว้ ซึ่งจำนวนรอบของการทำซ้ำตั้งแต่ขั้นตอนที่ 2 ถึง 5 เรียกว่าหนึ่งรุ่นของการคำนวณ (Generations)



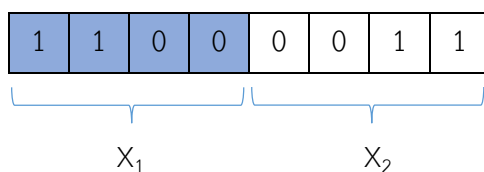
รูปที่ 2.6 ผังงานแสดงขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม

(Vaiphasa et al., 2007)

1) การเข้ารหัสโครโมโซม

วิธีเชิงพันธุกรรมจะทำการเข้ารหัสเพื่อใช้เป็นตัวแทนคำตอบของปัญหาโดยใช้ทั้งบิต (Bits) ตัวเลข (Numbers) และอาร์เรย์ (Arrays) ในการนำเสนอ แล้วอาศัยกระบวนการแทนค่าในแต่ละยีนเพื่อทำการถอดรหัสซึ่งการเข้ารหัสในแต่ละครั้งจะขึ้นอยู่กับความเหมาะสมและสอดคล้องกับแต่ละปัญหาเป็นหลักโดยในงานวิจัยนี้เลือกใช้การเข้ารหัสแบบไบนารี (Binary encoding) ซึ่งโครโมโซมที่ใช้แทนคำตอบของปัญหาแต่ละปัญหาประกอบไปด้วยเซตของยีน 0 หรือ 1 ส่วนความยาวของโครโมโซมส่วนใหญ่จะถูกกำหนดตามความต้องการของแต่ละปัญหา โดยตัวอย่างของโครโมโซมที่มี

การเข้ารหัสแบบไบนารี แสดงดังรูปที่ 2.7 ซึ่งจากรูปสามารถถอดรหัสตัวแปรได้เป็น $X_1 = 15$ และ $X_2 = 5$ ตามลำดับ (วีระพงศ์ เกิดสิน, 2556)



รูปที่ 2.7 โครโมโซมความยาว 8 บิตใช้แทนคำตอบที่ประกอบไปด้วยตัวแปร X_1 และ X_2

ในการนำเสนอวิธีเชิงพันธุกรรมเพื่อใช้ในงานด้านการสำรวจระยะไกล โครโมโซมจะประกอบไปด้วยชื่อ ซึ่งแสดงถึงช่วงคลื่นของการสะท้อน เพื่อใช้ในการคัดเลือกช่วงคลื่นที่เหมาะสม ดังรูปที่ 2.8

B18	B45	B72	B109	B126	B153	B171	B233
-----	-----	-----	------	------	------	------	------

รูปที่ 2.8 ตัวอย่างโครโมโซมที่ถูกเข้ารหัสเป็นชื่อซึ่งแสดงถึงช่วงคลื่นจากภาพถ่ายดาวเทียม

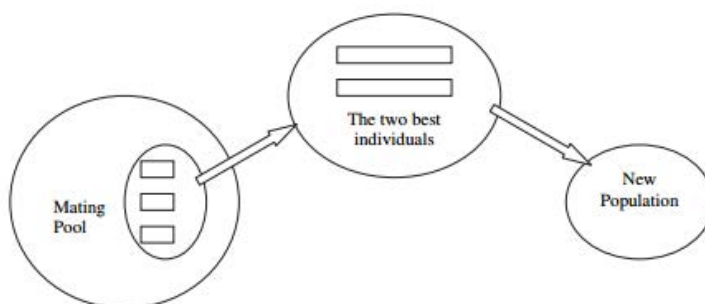
สำหรับการถอดรหัสโครโมโซมเพื่อหาค่าความเหมาะสมนั้นสามารถทำได้โดยการนำค่าการสะท้อนพลังงานในแต่ละช่วงคลื่นของการสะท้อนในโครโมโซมมาทำการคำนวณด้วยฟังก์ชันความเหมาะสม (Koedsin and Vaiphasa, 2013)

2) การประเมินความเหมาะสม (Fitness Evaluation)

เป็นการกำหนดเกณฑ์การประเมินความเหมาะสมของโครโมโซม โดยคำตอบที่ได้จากฟังก์ชันความเหมาะสม จะแสดงถึงความเหมาะสมของแต่ละชุดคำตอบว่ามีความสามารถในการเป็นตัวแทนสำหรับการแก้ไขปัญหา โดยฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (objective function) จะต้องถูกสร้างขึ้นให้มีความเหมาะสมและสอดคล้องกับเงื่อนไขในแต่ละปัญหาเป็นหลัก เช่นในงานวิจัยนี้จะใช้ค่าความถูกต้องโดยรวม (Overall Accuracy) เป็นค่าความเหมาะสม (Fitness Value) ในการคัดเลือกช่วงคลื่นที่เหมาะสมในการจำแนกข้อมูล ดังนั้นเมื่อทำการถอดรหัสโครโมโซมจากรูปที่ 2.9 โดยใช้ค่าการสะท้อนในแต่ละช่วงคลื่นของข้อมูลในการสอน (Training Data) มาเป็นข้อมูลในการจำแนก จากนั้นคำนวณค่าความถูกต้องโดยรวมของการจำแนก หากรูปแบบการจำแนกของช่วงคลื่นในโครโมโซมนั้นมีความถูกต้องโดยรวมมากก็จะหมายถึง มีค่าความเหมาะสมมาก และในทางกลับกันหากความถูกต้องโดยรวมออกมามีค่าน้อยก็จะหมายถึง มีค่าความเหมาะสมน้อย

3) การคัดเลือกพ่อแม่พันธุ์ (Selection)

การคัดเลือกพ่อแม่พันธุ์ คือ กระบวนการคัดเลือกคู่ของโครโมโซมจากประชากร เพื่อทำการปรับปรุงพันธุ์ โดยเป็นขั้นตอนหลังจากการเข้ารหัสโครโมโซมเพื่อคัดเลือกและกำหนดจำนวนโครโมโซมที่จะนำมาสร้างโครโมโซมรุ่นต่อไป (Offspring) โดยจุดประสงค์ของการคัดเลือกพ่อแม่พันธุ์คือ คาดหวังว่าโครโมโซมที่มีความเหมาะสมจะสามารถสืบทอดไปยังรุ่นต่อไปได้ โดยโครโมโซมที่มีค่าความเหมาะสมมาก ก็จะมีแนวโน้มจะเป็นในการถูกเลือกหรือมีความเหมาะสมในการสืบทอดไปยังรุ่นต่อไปได้มากกว่าโครโมโซมที่มีค่าความเหมาะสมน้อย โดยเทคนิคที่นิยมใช้ ได้แก่ Roulette Wheel Selection, Random Selection, Rank Selection, Tournament Selection, Boltzmann Selection และ Stochastic Universal Sampling (Melanie 1999; Sivanandam and Deepa, 2008) ตัวอย่างขั้นตอนพื้นฐานของการคัดเลือกแสดงดังรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 ขั้นตอนพื้นฐานของการคัดเลือก (Selection)

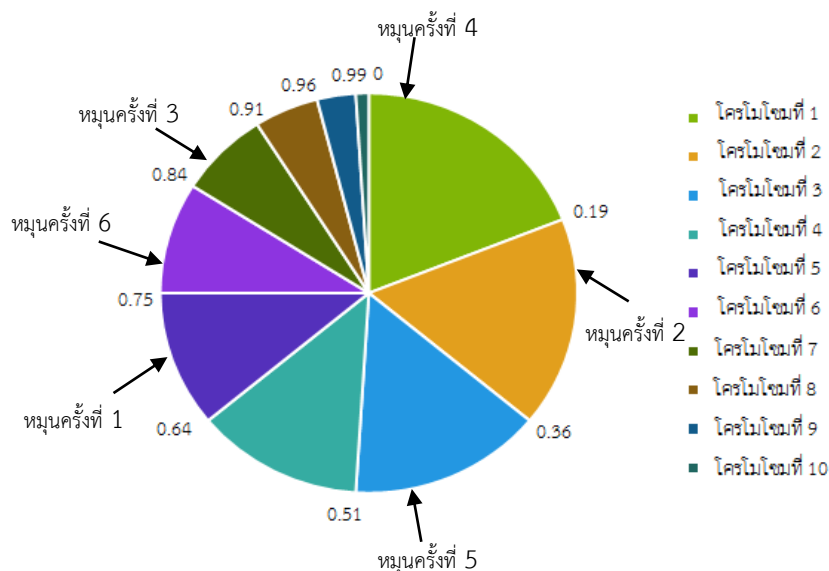
(Sivanandam and Deepa, 2008)

สำหรับในการศึกษาครั้งนี้ เลือกใช้การคัดเลือกแบบวงล้อรูเล็ต (Roulette Wheel Selection) เทคนิคนี้มีลักษณะที่เปรียบได้กับวงล้อรูเล็ต โดยบนวงล้อจะถูกแบ่งออกเป็นช่องหรือพื้นที่ที่มีขนาดไม่เท่ากัน (รูปที่ 2.10) โดยพื้นที่ของช่องจะแบ่งตามสัดส่วนค่าความเหมาะสมของโครโมโซมแต่ละตัว ทำให้โครโมโซมที่มีค่าความเหมาะสมมากมีโอกาสที่จะถูกเลือกมากกว่า โดยยังไม่ทิ้งโอกาสที่จะถูกเลือกของโครโมโซมที่มีค่าความเหมาะสมน้อย ซึ่งโอกาสหรือค่าความน่าจะเป็นที่จะถูกเลือกของโครโมโซมแต่ละตัวหาได้จากอัตราส่วนของค่าความเหมาะสมของโครโมโซมแต่ละตัว เทียบกับผลรวมค่าความเหมาะสมของโครโมโซมทุกตัว อย่างไรก็ตามวิธีนี้มีความลำเอียง (Bias) ในการเลือกค่อนข้างมาก เนื่องจากถ้าโครโมโซม (สมาชิกของกลุ่มประชากร) มีค่าความเหมาะสมที่ดีกว่า ก็จะมีโอกาสที่จะถูกเลือกซ้ำหลายครั้ง ตัวอย่างเช่น มีจำนวนโครโมโซม 10 ตัวแต่ละตัวมีค่าความเหมาะสมและค่าความน่าจะเป็นที่จะถูกเลือก ดังตารางที่ 2.6

ตารางที่ 2.6 ค่าความเหมาะสมและความน่าจะเป็นในการถูกเลือกของโครโมโซม

จำนวนโครโมโซม	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ค่าความเหมาะสม	1.9	1.7	1.5	1.3	1.1	0.9	0.7	0.5	0.3	0.1
ความน่าจะเป็นที่ถูกเลือก	0.19	0.17	0.15	0.13	0.11	0.09	0.07	0.05	0.03	0.01

จากนั้นทำการสุ่มจุดเริ่มต้นของการหมุน โดยเริ่มหมุนจากโครโมโซมตัวที่ 1 ทำการสุ่มค่าจาก 0 ถึง 1 เท้ากับจำนวนที่ต้องการ เช่น ในกรณีนี้ต้องการหมุน 6 ครั้งก็จะได้ค่ามา 6 ค่า คือ 0.70, 0.21, 0.85, 0.02, 0.49, 0.77 ก็จะได้โครโมโซมที่ถูกเลือก คือโครโมโซมตัวที่ 5, 2, 7, 1, 3, 6 ดังรูปที่ 2.10

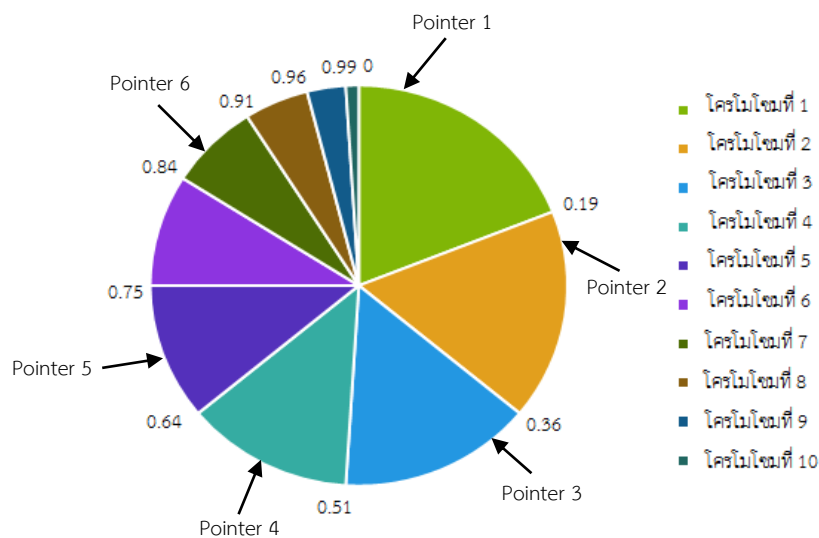


รูปที่ 2.10 การคัดเลือกโดยใช้วงล้อรูเล็ต

(Koedsin and Vaiphasa, 2013)

จากปัญหาความลำเอียงในขั้นตอนการคัดเลือกพ่อแม่พันธุ์ วิธีการหนึ่งที่มีความนิยมและถูกเลือกใช้ในงานวิจัยนี้คือ Stochastic Universal Sampling ซึ่งเป็นวิธีที่ไม่มีความลำเอียง และมีการกระจายต่ำ (Minimum spread) (Zalzala and Fleming, 1997; Mitchell, 1998) โดยขั้นตอนการเริ่มต้นจะคล้ายกับวิธีการของวงล้อรูเล็ต เริ่มจากค่าความน่าจะเป็นของทุกโครโมโซมรวมกันจะเท่ากับ 1 ซึ่งสามารถสร้างเป็นรูปวงล้อ (รูปที่ 2.11) แตกต่างกันที่วิธีแบบ Stochastic Universal Sampling นั้นหลังจากกำหนดจุดชี้ตำแหน่ง (Pointer) โดยการสุ่มในครั้งแรกแล้ว จะทำการเลือกสมาชิกของกลุ่มประชากรที่มีตัวชี้ตำแหน่งซ้อยู่เป็นตัวแรก ต่อจากนั้นจะทำการเลื่อนตำแหน่งของตัวชี้

จากจุดเดิมทีละชั้น โดยที่แต่ละชั้นนั้นจะมีระยะห่างเท่ากับ $1/n$ Pointer โดยที่ n Pointer คือ จำนวนตัวชี้หรือจำนวนโครโมโซมที่ต้องการ ตัวอย่างเช่น ต้องการคัดเลือกโครโมโซมจำนวน 6 โครโมโซม ดังนั้นระยะห่างระหว่างชั้นของตัวชี้จะมีค่าเท่ากับ $1/6$ ซึ่งมีค่าประมาณ 0.167 จากนั้นทำการสุ่มตำแหน่งของตัวชี้แรกที่มีค่าอยู่ระหว่าง $[0, 0.167]$ เช่นในที่นี่กำหนดให้มีค่า 0.05 ดังนั้นจะได้ตำแหน่งตัวชี้ทั้ง 6 ตำแหน่ง ดังนี้ 0.05, 0.21, 0.38, 0.55, 0.71 และ 0.87 ตามลำดับ โดยมีโครโมโซมที่ถูกเลือก คือ โครโมโซมที่ 1, 2, 3, 4, 5, 7 ตามลำดับ ดังรูปที่ 2.11

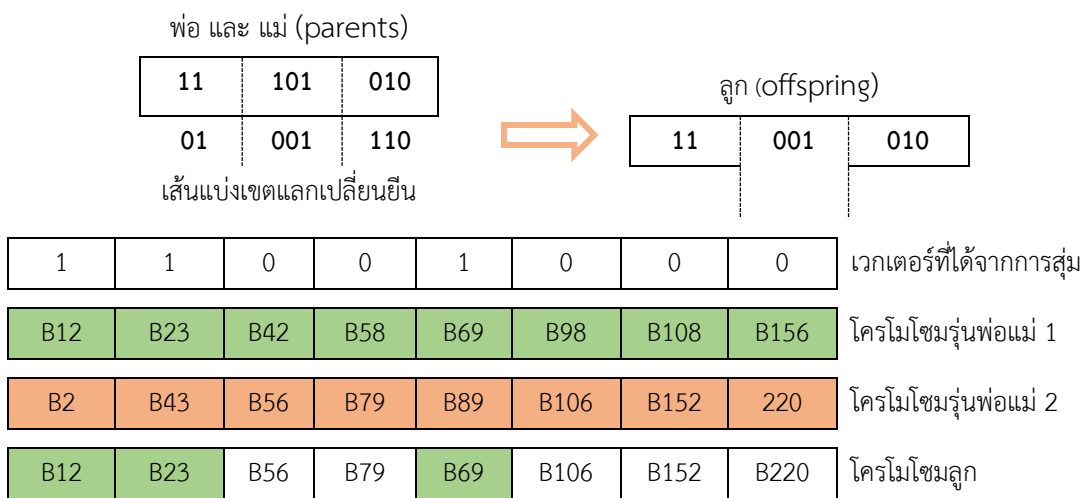


รูปที่ 2.11 การคัดเลือกโดยใช้ Stochastic Universal Sampling
(Koedsin and Vaiphasa, 2013)

4) การไขว้เปลี่ยน (Crossover)

เป็นการนำเอาโครโมโซมของประชากรที่ได้มาจับคู่ และผสมระหว่างยีนให้ได้โครโมโซมใหม่ เพื่อหาลักษณะทางพันธุกรรมใหม่ที่มีความเหมาะสมมากกว่า ซึ่งขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมนำหลักการนี้มาใช้ในการสร้างคำตอบใหม่ที่ต้องการ โดยนำโครโมโซมพ่อพันธุ์และแม่พันธุ์มาทำการสุ่มเลือกตำแหน่งจุดบนโครโมโซม เพื่อทำการกำหนดจุดที่จะเกิดการไขว้เปลี่ยน โดยทั้งก่อนและหลังตำแหน่งจุดที่เกิดการไขว้เปลี่ยนจะมีการคัดลอกและแลกเปลี่ยนค่าของทั้ง 2 โครโมโซม จนกลายเป็นโครโมโซมใหม่ และใช้กระบวนการเดียวกันนี้กับโครโมโซมที่เหลือ จนได้จำนวนโครโมโซมครบตามจำนวนประชากรเดิม โดยทั่วไปการไขว้เปลี่ยนไม่จำเป็นที่จะเกิดกับทุกคู่โครโมโซม ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับค่าความเป็นไปได้หรือเปอร์เซ็นต์ในการเกิดการไขว้เปลี่ยน (Crossover probability) ซึ่งส่วนใหญ่นิยมใช้ค่าอยู่ระหว่าง 70 – 90 เปอร์เซ็นต์ หากไม่มีการไขว้เปลี่ยนเกิดขึ้นจะมีผลทำให้โครโมโซมใหม่ที่ได้

มีลักษณะเหมือนกับโครโมโซมพ่อแม่ทุกประการ ในส่วนของวิธีการไขว้เปลี่ยน (Crossover) มีหลายวิธี แต่ในการศึกษาครั้งนี้เลือกใช้วิธีการไขว้เปลี่ยนแบบกระจาย (Scattered) โดยขั้นแรกจะมีการกำหนดค่าสุ่มประจำบิตเป็นระบบเลขฐานสอง (0 กับ 1) จำนวนเท่ากับขนาดของโครโมโซม โดยที่โครโมโซมใหม่ที่ได้จะเป็นการนำค่ามาจากค่าสุ่มประจำบิตของโครโมโซมรุ่นพ่อแม่ โดยหากค่าสุ่มประจำบิตมีค่าออกมาเท่ากับ 1 จะนำค่ามาจากโครโมโซมพ่อ และหากค่าสุ่มประจำบิตมีค่าเท่ากับ 0 จะนำค่ามาจากโครโมโซมแม่มาใช้ ซึ่งตัวอย่างการไขว้เปลี่ยน แสดงดังรูปที่ 2.12



รูปที่ 2.12 การไขว้เปลี่ยนแบบธรรมดาและแบบกระจาย

(Koedsin and Vaiphasa, 2013)

5) การกลายพันธุ์ (Mutation)

เป็นกระบวนการหนึ่งซึ่งช่วยเสริมความสมบูรณ์ของการสืบพันธุ์ เนื่องจากถึงแม้ว่ากระบวนการสืบพันธุ์จะสามารถสร้างโครโมโซมใหม่ขึ้นมาได้ แต่กระบวนการดังกล่าวอาศัยข้อมูลจากโครโมโซมเดิมที่มีอยู่แล้ว และอาจไม่สามารถค้นพบโครโมโซมอื่นภายนอกข้อมูลในกลุ่มประชากรของโครโมโซมเดิมได้ การกลายพันธุ์เป็นกระบวนการหนึ่งซึ่งช่วยให้สามารถค้นหาคำตอบที่อาจไม่มีข้อมูลอยู่ในกลุ่มประชากรของโครโมโซมเดิมได้ด้วยการสุ่มเปลี่ยนแปลงในโครโมโซม โดยโอกาสของการกลายพันธุ์จะถูกกำหนดโดยความน่าจะเป็นในการกลายพันธุ์ (Mutation probability) ซึ่งค่าความน่าจะเป็นส่วนใหญ่อยู่ระหว่าง 0 – 0.1 หรือ 0 ถึง 10 เปอร์เซ็นต์ ที่จะเกิดการกลายพันธุ์ ถึงแม้จะมีโอกาสในการเกิดน้อยเมื่อเทียบกับการไขว้เปลี่ยน แต่ก็ยังเป็นอีกตัวดำเนินการหนึ่งซึ่งอาจสร้างโครโมโซมที่มีความเหมาะสมมากกว่าประชากรรุ่นพ่อแม่ได้ดังรูปที่ 2.13

B2	B43	B56	B79	B89	B106	B152	220	ก่อนการกลายพันธุ์
B2	B43	B56	B79	B100	B106	B152	220	หลังกลายพันธุ์

รูปที่ 2.13 การกลายพันธุ์

(Koedsin and Vaiphasa, 2013)

2.7 การจำแนกประเภทข้อมูลภาพ (Image Classification)

การจำแนกประเภทข้อมูลภาพเป็นการประมวลผลในทางสถิติ เพื่อแยกข้อมูลจุดภาพทั้งหมดที่ประกอบเป็นพื้นที่ศึกษาออกเป็นกลุ่มย่อย โดยใช้ลักษณะทางสถิติเป็นตัวกำหนดความแตกต่างระหว่างกลุ่มจุดภาพ หรือกล่าวอีกนัยหนึ่ง การจำแนกประเภทข้อมูลภาพ หมายถึง การแบ่งจุดภาพที่มีคุณสมบัติการสะท้อนแสงคล้ายๆ กัน ออกเป็นกลุ่มหรือเป็นระดับซึ่งเรียกว่าชนิดหรือประเภท (Class) เพื่อที่จะแบ่งแยกวัตถุต่างๆ ที่แสดงในภาพออกจากกัน

การจำแนกประเภทข้อมูลภาพด้วยระบบคอมพิวเตอร์แบ่งออกเป็น 2 วิธี คือ การจำแนกประเภทข้อมูลภาพแบบควบคุม (Supervised Classification) และการจำแนกประเภทข้อมูลภาพแบบไม่ควบคุม (Unsupervised Classification) ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ใช้การจำแนกประเภทข้อมูลภาพแบบควบคุม (Supervised Classification) มาศึกษาการจำแนกพันธุ์ข้าวและโรคขอบใบแห้งในข้าวจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมระบบ Hyperion และ ระบบ ALI

การจำแนกประเภทข้อมูลแบบควบคุมหรือแบบกำกับดูแล (Supervised Classification)

เป็นวิธีการจำแนกข้อมูลภาพเชิงตัวเลขโดยใช้ค่าสถิติที่คำนวณได้จากพื้นที่ตัวอย่างมาสร้างกลุ่มตามขั้นตอนวิธี (Algorithm) ของการจำแนกโดยอ้างอิงข้อมูลพื้นที่ตัวอย่าง (Training area)

การเลือกตัวอย่างประเภทข้อมูล (Sampling of training sites/area) จัดเป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญมากในการจำแนกข้อมูลแบบกำกับดูแล เนื่องจากค่าสะท้อนแสงที่ได้จากพื้นที่ตัวอย่าง จะถูกนำมาคำนวณเพื่อที่จะประเมินความถูกต้องของการจำแนกประเภทข้อมูลในภายหลัง แนวทางคัดเลือกพื้นที่ตัวอย่างจากข้อมูลดาวเทียม คือ

- จะต้องเป็นตัวแทนของข้อมูลทั้งหมดในชั้นจำแนกนั้นๆ
- ข้อมูลประเภทเดียวกันควรมีความเป็นเนื้อเดียวกัน (Homogeneous) ทั้งนี้เพื่อลดการปะปนกับตัวอย่างประเภทอื่น พื้นที่ตัวอย่างที่มีความเป็นเนื้อเดียวกันมากถือเป็นตัวอย่างข้อมูลที่ดี

- พื้นที่ตัวอย่างของแต่ละชั้นจำแนกควรประกอบด้วยจุดภาพไม่ต่ำกว่า 30 จุดภาพ เพื่อให้มีตัวแทนทางสถิติที่มีลักษณะเป็นการกระจายแบบปกติ (สมพร สง่างวงศ์, 2552)

โดยในการศึกษาครั้งนี้จะเปรียบเทียบวิธีการจำแนกข้อมูลแบบควบคุม 2 วิธีคือ

2.7.1 วิธีความน่าจะเป็นไปได้สูงสุด (Maximum Likelihood Classification: MLC)

การจำแนกข้อมูลโดยวิธีนี้ต้องใช้ความรู้พื้นฐานทางด้านสถิติ คือจะต้องคำนวณเวกเตอร์เฉลี่ย ค่าเมทริกซ์ความแปรปรวนร่วม และค่าสหสัมพันธ์ของข้อมูลตัวอย่างจากทุกช่วงคลื่นที่นำมาใช้ในการจำแนกประเภท โดยตั้งอยู่บนสมมติฐานของการแจกแจงข้อมูลแบบปกติ (Normal distribution) แสดงได้โดยกราฟโค้งปกติ ซึ่งมีรูปแบบขึ้นอยู่กับค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานการกระจายตัวของจุดภาพรอบๆ ค่าเฉลี่ยอธิบายได้โดยทฤษฎีของความน่าจะเป็น หรือ Probability function

ความน่าจะเป็นไปได้ (Likelihood) ที่จุดภาพหนึ่งจะถูกจัดให้เป็นชั้นข้อมูลประเภทหนึ่งๆ คำนวณได้ดังสมการต่อไปนี้ (Murai et al., 1993)

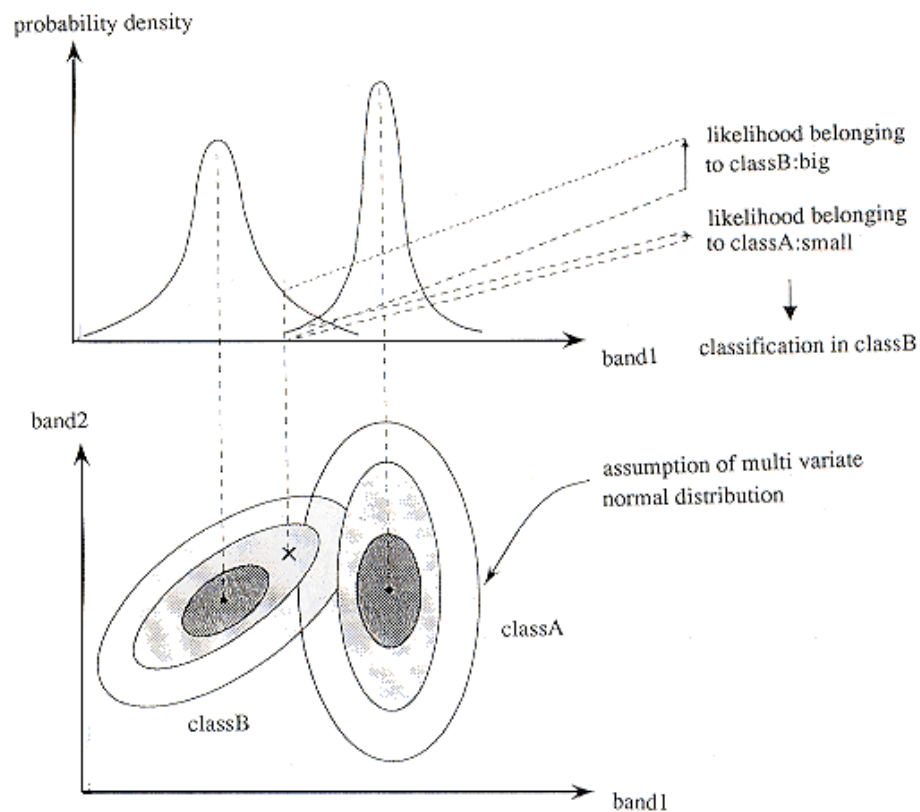
$$L_k = P(k/X) = P(k) \cdot P(X/k) / \sum P(i) \cdot P(X/i) \quad (1)$$

เมื่อ L_k = ความน่าจะเป็นของจุดภาพใดๆ ที่จะเป็นสมาชิกของประเภท K
 $P(k)$ = ความน่าจะเป็นเบื้องต้น (Prior Probability) ของข้อมูลประเภท K
 $P(X/k)$ = ความน่าจะเป็นแบบมีเงื่อนไขของการได้ X เป็นของประเภท K หรือฟังก์ชันการกระจายความน่าจะเป็น (Probability Density Function)
 $P(i)$ = ความน่าจะเป็นที่จะพบกลุ่มข้อมูลประเภท I ในภาพ
 $P(X/i)$ = ความน่าจะเป็นที่จุด X จะถูกจัดอยู่ในกลุ่มข้อมูลประเภท i

จากสมการ (1) เรากำหนดให้ $P(k)$ มีค่าเท่ากันทุกกลุ่ม ดังนั้น L_k จึงขึ้นอยู่กับ $P(X/k)$ เท่านั้น ส่วนค่า $\sum P(i) \cdot P(X/i)$ จะมีค่าคงที่สำหรับแต่ละภาพ

หลักการจำแนกประเภทข้อมูลแบบความน่าจะเป็นไปได้สูงสุด (รูปที่ 2.14) จะแสดงด้วยฟังก์ชันการกระจายแบบเกาส์เซียน (Gaussian Distribution Function) ใน 1 หรือ 2 มิติ การกระจายของจุดภาพส่วนมากจะหนาแน่นบริเวณศูนย์กลางของกลุ่ม และจะมีจำนวนลดลงตามระยะทางที่ห่างออกจากศูนย์กลางออกมาตามแนวการกระจายตัวของสมาชิกกลุ่ม ทำให้กราฟมีลักษณะเป็นรูปโค้งปกติและมีค่าสูงสุดอยู่ตรงจุดศูนย์กลาง ดังส่วนบนของรูปที่ 2.14 ความน่าจะเป็นที่จุดภาพหนึ่งๆ จะถูกจัดอยู่ในกลุ่มตัวอย่าง ขึ้นอยู่กับว่าจุดภาพนั้นอยู่ตรงส่วนใดของกราฟของแต่ละ

กลุ่ม โดยทั่วไปแล้วจะเขียนกราฟของเส้นความน่าจะเป็นเท่า (Equiprobability Contours) รอบ ศูนย์กลางของกลุ่ม เพื่อให้เกิดความสะดวกในการจำแนกจุดภาพเข้ากลุ่ม ดังส่วนล่างของรูปที่ 2.14 จุดภาพที่ตกอยู่บนเส้นความน่าจะเป็นเท่าเดียวกันจะมีโอกาสเท่ากันที่จะถูกจัดให้เป็นสมาชิกของกลุ่ม นั้น เช่น จุดภาพ X มีค่าการกระจายความน่าจะเป็นที่จะถูกจัดเป็นสมาชิกของประเภท B มากกว่าค่า การกระจายความน่าจะเป็นที่จะถูกจัดเป็นสมาชิกของประเภท A เมื่อพิจารณาตามหลักการของความ น่าจะเป็นไปได้สูงสุด (สมพร สง่าวงศ์, 2552)



รูปที่ 2.14 หลักการจำแนกประเภทข้อมูลแบบความน่าจะเป็นไปได้สูงสุด

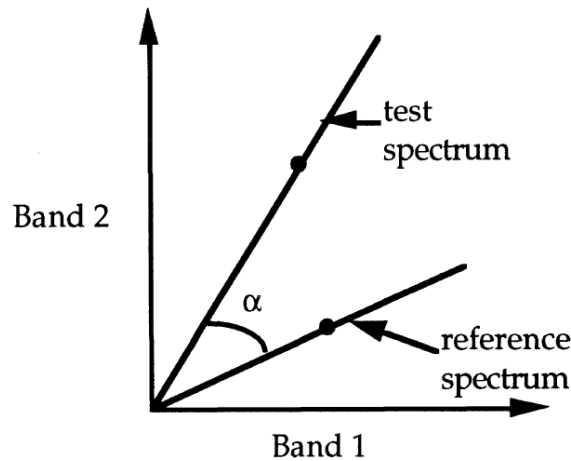
(Maximum Likelihood Classifier) (Curran, 1985)

ข้อดีของวิธีการนี้ คือ มีความถูกต้องมากที่สุดจึงได้รับความนิยมมาก แต่มีข้อจำกัดคือใช้ เวลาในการคำนวณมากเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการจำแนกอื่นๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้าทำงานกับข้อมูล หลายช่วงคลื่นหรือใช้ข้อมูลที่มีกลุ่มค่าสะท้อนแสงที่แตกต่างกันจำนวนมาก (Curran, 1985)

2.7.2 วิธีสเปกตรัลแองเกิลแมปเปอร์ (Spectral Angle Mapper: SAM)

วิธีสเปกตรัลแองเกิลแมปเปอร์ (SAM) เป็นการจำแนกที่ใช้การกำหนดความคล้ายคลึงกัน ระหว่างช่วงคลื่น โดยมีหลักการทำงานคือ ทำการคำนวณมุมระหว่างช่วงคลื่นและแปลงให้อยู่ใน

รูปแบบเวกเตอร์ในมิติที่มีขนาดเท่ากับจำนวนแบนด์ที่ใช้ในการจำแนก เวกเตอร์ของจุดภาพที่ไม่ทราบค่าหรือเวกเตอร์ทดสอบ (Test spectrum: t) จะถูกนำมาเปรียบเทียบกับเวกเตอร์ของจุดภาพอ้างอิงที่ทราบค่าแล้ว (Reference spectrum: r) ดังแสดงในรูปที่ 2.15



รูปที่ 2.15 เวกเตอร์อ้างอิง (r) และเวกเตอร์ทดสอบ (t) ระหว่าง 2 แบนด์
(Kruse et al., 1993)

จากรูปที่ 2.15 เวกเตอร์อ้างอิง (r) คือเวกเตอร์ที่เชื่อมต่อระหว่างจุดกำเนิด (Origin) กับค่าเฉลี่ยของค่าการสะท้อนของชั้นการจำแนกชนิดหนึ่งในแบนด์ที่ 1 และ 2 ในขณะที่เวกเตอร์ทดสอบ (t) จะเชื่อมต่อกับค่าการสะท้อนของจุดภาพที่จะจำแนกการคำนวณมุม (α) ระหว่างเวกเตอร์ (Spectral angle) สามารถทำได้ดังสมการ (1)

$$\alpha = \cos^{-1} \left(\frac{t \cdot r}{\|t\| \cdot \|r\|} \right) \quad (1)$$

สามารถเขียนในรูปแบบของ n แบนด์ ได้ดังนี้

$$\alpha = \cos^{-1} \left(\frac{\sum_{i=1}^n t_i r_i}{\sqrt{\sum_{i=1}^n t_i^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n r_i^2}} \right) \quad (2)$$

เมื่อเปรียบเทียบมุมระหว่างเวกเตอร์ (Spectral angle) ของจุดภาพทดสอบ (t) กับเวกเตอร์ของจุดภาพอ้างอิง (r) ในแต่ละชั้นการจำแนกจุดภาพทดสอบที่มีค่ามุน้อยที่สุดกับจุดภาพอ้างอิงชั้นใดจุดภาพทดสอบจะถูกจำแนกเป็นชั้นนั้นๆ (ชัยโชค ไวกาษา, 2557)

2.8 การตรวจสอบผลการจำแนก (Classification Accuracy Assessment)

ในการประเมินความถูกต้องของการจำแนกประเภทข้อมูลจากภาพถ่ายดาวเทียมนั้น จะทำการตรวจสอบผลการแปลและวิเคราะห์ข้อมูลดาวเทียมโดยเปรียบเทียบกับข้อมูลภาคพื้นดินที่ได้จากการเก็บข้อมูลภาคสนาม เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นที่ตรวจสอบ (Check area) ซึ่งผลที่ได้จากการเปรียบเทียบจะบ่งบอกคุณภาพและความถูกต้องในการจำแนก ในการศึกษาครั้งนี้จะประเมินความถูกต้องของการจำแนกออกเป็น 2 วิธีประกอบด้วย

1. สถิติเชิงพรรณนาแบบง่าย (Simple Descriptive Statistics) เป็นวิธีการประเมินค่าความถูกต้องโดยการนำข้อมูลที่ได้จากการสำรวจภาคสนามมาเปรียบเทียบกับผลการจำแนกภาพในรูปแบบของเมทริกซ์ความผิดพลาด (Error Matrix or Confusion Matrix) ดังรูป 2.16

		j = Columns (Reference)			Row Total
		1	2	k	n_{i+}
i = Rows (Classification)	1	n_{11}	n_{12}	n_{1k}	n_{1+}
	2	n_{21}	n_{22}	n_{2k}	n_{2+}
	k	n_{k1}	n_{k2}	n_{kk}	n_{k+}
Column Total n_{+j}		n_{+1}	n_{+2}	n_{+k}	n

รูปที่ 2.16 คุณลักษณะของเมทริกซ์ความผิดพลาด

(Congalton and Green, 2009)

โดยสถิติเชิงพรรณนาแบบง่าย ประกอบด้วย

- ค่าความผิดพลาดของข้อมูลที่ทำให้การจำแนกขาดหายไป (Omission Error) หรือความถูกต้องของผู้ผลิต (Producer's Accuracy) เป็นการประเมินค่าความผิดพลาดของข้อมูลที่ทำให้การจำแนกขาดหายไป โดยอาศัยสมการ

$$\text{Producer's accuracy } j = \frac{n_{jj}}{n_{+j}} \times 100$$

- ค่าความผิดพลาดของข้อมูลที่ทำให้การจำแนกเกินมา (Commission Error) หรือความถูกต้องของผู้ใช้งาน (User's Accuracy) เป็นการประเมินค่าความผิดพลาดของข้อมูลที่ทำให้การจำแนกเกินมา โดยอาศัยสมการ

$$\text{User's accuracy } i = \frac{n_{ii}}{n_{i+}} \times 100$$

- ค่าความถูกต้องโดยรวม (Overall Accuracy) คือ การประเมินค่าความถูกต้องโดยรวมของการจำแนก โดยคำนวณจากสัดส่วนระหว่างจำนวนของจุดภาพที่จำแนกได้ถูกต้องและจำนวนของจุดภาพทั้งหมดโดยอาศัยสมการ

$$\text{Overall accuracy} = \frac{\sum_{i=1}^k n_{ii}}{n} \times 100$$

2. การวิเคราะห์เชิงสถิติหลายตัวแปร (Multivariate Analytical Statistical) เป็นวิธีการประเมินความถูกต้องโดยอาศัยหลักการทางสถิติมาคำนวณค่าความถูกต้องของผลการจำแนกข้อมูล โดยการคำนวณค่าความสอดคล้องของสัมประสิทธิ์แคปปา (Conditional K_{hat} Coefficient of Agreement) ซึ่งเป็นการนอ้มัลไลซ์ค่าความถูกต้องโดยรวม ในการพิจารณาจะนำเอาค่าของจุดที่ถูกต้องในแนวเฉียงของตารางความคลาดเคลื่อนมาใช้คำนวณร่วมกับผลรวมทั้งในแนวสดมภ์และแถวตั้งสมการและตารางที่ 2.7 (Congalton and Green, 2009)

$$\hat{K} = \frac{n \sum_{i=1}^k n_{ii} - \sum_{i=1}^k n_{i+} n_{+i}}{n^2 - \sum_{i=1}^k n_{i+} n_{+i}}$$

เมื่อ	k	คือ จำนวนของแถวหรือประเภทการใช้ที่ดิน/สิ่งปกคลุมดิน
	X_{ii}	คือ จำนวนในแนวเฉียงของแถว i และสดมภ์ i
	X_{i+}	คือ จำนวนรวมในแถว i
	X_{+i}	คือ จำนวนรวมในสดมภ์ i
	N	คือ จำนวนรวมทั้งหมด



760051567

ตารางที่ 2.7 ตารางความคลาดเคลื่อน สำหรับประเมินความถูกต้อง

		Ground reference Test Information					
		Class	1	2	3	k	Row total
Remote Sensing Classification	1		$X_{1,1}$	$X_{1,2}$	$X_{1,3}$	$X_{1,k}$	X_{1+}
	2		$X_{2,1}$	$X_{2,2}$	$X_{2,3}$	$X_{2,k}$	X_{2+}
	3		$X_{3,1}$	$X_{3,2}$	$X_{3,3}$	$X_{3,k}$	X_{3+}
	K		$X_{k,1}$	$X_{k,2}$	$X_{k,3}$	$X_{k,k}$	X_{k+}
	Column total		X_{+1}	X_{+2}	X_{+3}	X_{+k}	N

ที่มา: Jensen, 2007

ผลที่ได้จากการคำนวณค่า Kappa ที่ใช้ในการตรวจสอบความถูกต้องสามารถแบ่งระดับของความถูกต้องได้ คือ

1. มีค่ามากกว่า 0.80 แสดงว่ามีค่าความถูกต้องสูงระหว่างข้อมูลที่ได้จากการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงและข้อมูลที่ใช้เป็นข้อมูลอ้างอิง
2. มีค่าอยู่ระหว่าง 0.40 ถึง 0.80 แสดงว่ามีค่าความถูกต้องปานกลางระหว่างข้อมูลที่ได้จากการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงและข้อมูลที่ใช้เป็นข้อมูลอ้างอิง
3. มีค่าน้อยกว่า 0.40 แสดงว่ามีค่าความถูกต้องต่ำระหว่างข้อมูลที่ได้จากการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงและข้อมูลที่ใช้เป็นข้อมูลอ้างอิง

2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.9.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องทางด้านบทบาทและความสำคัญของพันธุ์ข้าว

พันธุ์ข้าวถือเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญอย่างยิ่งในการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตข้าวและมีคุณภาพที่ดี โดยไม่ต้องเพิ่มต้นทุนการผลิตซึ่งพันธุ์ข้าวแต่ละพันธุ์จะให้ผลผลิต คุณภาพ ระยะเวลาการเพาะปลูก ความต้องการน้ำ ความต้านทานโรคและแมลงศัตรูข้าวแตกต่างกัน โดยมีรายละเอียดดังนี้

- 1) ชัยรัตน์ จันทรหนู และนริศรา จำรูญวงษ์ (2557) ได้ศึกษาการคาดการณ์การเคลื่อนย้ายของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลจากข้อมูลการระบาดในจังหวัดชัยนาท จากรายงานสรุปสถานการณ์การระบาดของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลรายสัปดาห์ของกรมส่งเสริมการเกษตร ในปี พ.ศ. 2552 พ.ศ. 2553 และ ณ วันที่ 7 สิงหาคม 2556 พบว่า พื้นที่การระบาดในจังหวัดชัยนาท เท่ากับ 149,984 ไร่, 440,119 ไร่ และ 7,253 ไร่ ตามลำดับ และจากรายงานของศูนย์วิจัยข้าวชัยนาท พบว่า ใน พ.ศ.2553 มีช่วงเวลาการระบาดของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลในเดือนมีนาคมและสิงหาคม พ.ศ.

2554 ระบาดในเดือนมีนาคม และ พ.ศ. 2555 ระบาดในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนเมษายน โดยส่วนใหญ่ระบาดใน 6 อำเภอ ได้แก่ อำเภอเมืองชัยนาท มโนรมย์ วัดสิงห์ หันคา สรรคบุรี และสรรพยา พื้นที่ส่วนใหญ่เป็นเขตนาชลประทาน มีการปลูกข้าวอย่างต่อเนื่อง ในรอบ 1 ปี ในช่วงเดือนมิถุนายน-กันยายน พ.ศ. 2556 พบว่าการระบาดของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล 2 ช่วง คือ ช่วงที่ 1 เดือนกุมภาพันธ์-มีนาคม ในเขตอำเภอเมืองชัยนาทและอำเภอหันคา ช่วงที่ 2 เดือนกรกฎาคม-สิงหาคม ในเขตอำเภอเมืองชัยนาท อำเภอหันคา และ อำเภอสรรคบุรี เนื่องจากมีอิทธิพลของลมฝ่ายใต้ช่วยในการเคลื่อนย้าย โดยมีจุดเริ่มต้นการระบาดในแปลงที่ปลูกข้าวพันธุ์อ่อนแอ คือ พันธุ์ข้าวปทุมธานี 1

2) นกตล ศิริเพชร และคณะ (2555) ปัจจัยการระบาดของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล เกิดจากปัจจัยทั้งทางด้านชีวภาพ และสภาพแวดล้อม เช่น การปลูกข้าวพันธุ์ที่อ่อนแอ ปลูกข้าวพันธุ์เดียวเป็นพื้นที่กว้างต่อเนื่องกันมากกว่า 3 ปี หรือ การปลูกข้าวที่หนาแน่น การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตราสูง การใช้สารเคมีกำจัดแมลงไม่ถูกหลักวิชาการทำให้เสียสมดุลของศัตรูธรรมชาติ อุณหภูมิ ความชื้น และทิศทางลม เป็นต้น

3) พชนี ชัยวัฒน์ และคณะ (2554) ได้ศึกษาการจัดการพันธุ์ข้าวเพื่อลดการระบาดของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล โดยศึกษาถึงความแตกต่างของความรุนแรงในการทำลายข้าวพันธุ์ด้านทานมาตรฐานและข้าวพันธุ์รับรองของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลในพื้นที่ชลประทานในเขตภาคเหนือตอนล่าง ภาคกลาง และภาคตะวันตก เพื่อลดความเสียหายของผลผลิตข้าว สุ่มจับเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลจำนวน 81 กลุ่มประชากร จาก 80 อำเภอใน 16 จังหวัด ประกอบด้วยจังหวัดพิษณุโลก พิจิตร ชัยนาท ลพบุรี สระบุรี สุพรรณบุรี อ่างทอง พระนครศรีอยุธยา ปทุมธานี นครนายก ปราจีนบุรี ฉะเชิงเทรา สระแก้ว ราชบุรี เพชรบุรี และนครปฐม มาทดสอบกับชุดข้าวพันธุ์รับรองจำนวน 9 พันธุ์ คือ ปทุมธานี 1 ชัยนาท 1 สุพรรณบุรี 1 สุพรรณบุรี 3 สุพรรณบุรี 90 พิษณุโลก 2 กข31 กข23 และกข7 และพันธุ์อ่อนแอ ประเมินความรุนแรงในการทำลายพันธุ์ข้าวของแมลงโดยใช้ระบบ Standard Evaluation System (SES) ของ IRRI และวิเคราะห์ข้อมูลแบบ cluster analysis จากผลการทดลองพบว่า พันธุ์ข้าวที่เกษตรกรปลูกมีบทบาทสำคัญต่อการเพิ่มหรือลดจำนวนของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล ถ้ามีการปลูกพันธุ์ข้าวที่อ่อนแออย่างกว้างขวางและติดต่อกันเป็นเวลานาน ควรส่งเสริมให้เกษตรกรปลูกพันธุ์ข้าวที่ได้รับรองพันธุ์ที่มีปฏิกริยาต้านทานต่อกลุ่มเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล ในแต่ละพื้นที่

4) สุรเดช ปาละวิสุทธิ์ และคณะ (2552) ได้ปรับปรุงพันธุ์ข้าวสายพันธุ์ CNT96028-21-1-PSL-1-1 (กข41) ที่ศูนย์วิจัยข้าวพิษณุโลกให้ต้านทานเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลระบาดอย่างต่อเนื่องในพื้นที่ชลประทานในเขตภาคเหนือตอนล่างให้ผลผลิตสูงและมีคุณภาพเมล็ดดีเป็นที่ต้องการของตลาด เพื่อเพิ่มผลผลิตข้าวในพื้นที่และผลผลิตรวมของประเทศ ซึ่งสายพันธุ์ CNT96028-21-1-PSL-1-1 เป็น



760051567

CU Thesais 5687782420 dissertation / recv: 06082562 03:48:43 / seq: 5

สายพันธุ์ที่สามารถแก้ปัญหาเหล่านี้ได้ เนื่องจากให้ผลผลิตสูงถึง 904 กก./ไร่ สูงกว่าพันธุ์สุพรรณบุรี 1 พืชโลก 2 สุพรรณบุรี 3 กข29 และชัยนาท 1 คิดเป็นร้อยละ 116 108 123 104 101 และ 108 ตามลำดับ ต้านทานเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล และโรคไหม้ สามารถปลูกทดแทนพันธุ์พืชโลก 2 และ ชัยนาท 1 ได้ โดยให้เป็นทางเลือกของเกษตรกร

5) ปรีชา วังศิลาบัตร (2539) พบว่า พันธุ์ข้าวมีอิทธิพลต่ออัตราการเพิ่มปริมาณเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลที่ต่างกัน โดยในพันธุ์อ่อนแอสามารถเพิ่มปริมาณแมลงได้มากกว่าพันธุ์ต้านทานถึง 12-13 เท่า

2.9.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องทางด้านปัจจัยและผลกระทบต่อการระบาดของโรคข้าว

ความเสียหายจากโรคข้าวเป็นปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลกระทบต่อปริมาณและคุณภาพของข้าว โดยเฉพาะในเขตชลประทานที่ปลูกข้าวอย่างต่อเนื่องตลอดทั้งปีพื้นที่ขาดการปรับปรุงบำรุงดิน ทำให้ดินเสื่อมสภาพ ประกอบกับสภาวะภูมิอากาศที่แปรปรวนส่งผลทำให้ โรคและแมลงเข้าทำลายได้ง่าย จนเกิดการระบาดอยู่เป็นประจำ โดยมีรายละเอียดดังนี้

1) อัจฉราพร ณ ลำปาง เนินพลับ และคณะ (2557) ศึกษาผลของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่มีต่อชนิดของเชื้อสาเหตุและการระบาดของโรคข้าวในชลประทานที่ปลูกต่อเนื่อง ดำเนินการระหว่าง พ.ศ.2554-2556 ร่วมกับศูนย์วิจัยข้าว 8 แห่ง ในเขตพื้นที่ทำนาชลประทานอย่างต่อเนื่องในภาคเหนือ ภาคกลาง ภาคตะวันออก และภาคใต้ รวมทั้งหมด 16 จังหวัด โดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของข้อมูลอุตุนิยมวิทยากับการระบาดของโรคข้าวทั้งในแปลงนาเกษตรกรโดยการสำรวจในศูนย์วิจัยข้าวที่เกี่ยวข้องโดยปลูกข้าวพันธุ์ที่นิยมในพื้นที่ในแปลงนาทุกเดือนตลอดทั้งปี ผลการทดลอง พบว่า มีโรคข้าวระบาดในแปลงเกษตรกร เขตนาชลประทานที่ปลูกต่อเนื่องรวมทั้งหมด 19 จังหวัด มากกว่าจำนวนที่ตั้งขอบเขตไว้ โรคที่พบเรียงตามลำดับจำนวนแปลง และพื้นที่การระบาดที่พบ 5 อันดับแรก คือ โรคขอบใบแห้ง โรคไหม้ โรคใบจุดสีน้ำตาล โรคถอดฝักดาบ และโรคใบขีดโปร่งแสงโรคอื่นๆ ที่พบบ้าง คือโรคเมล็ดด่าง โรคใบหงิก และโรคเขียวเตี้ย สำหรับการปลูกข้าวที่นิยมในพื้นที่ทุกเดือนอย่างต่อเนื่องในศูนย์วิจัยข้าว ในพ.ศ.2555/2556 พบโรคที่มีความรุนแรงถึงระดับวิกฤติ 2 โรค ด้วยกันคือ โรคขอบใบแห้ง และโรคใบจุดสีน้ำตาล ในศูนย์วิจัยข้าว เชียงราย ชัยนาท ฉะเชิงเทรา และพัทลุง เมื่อเปรียบเทียบข้อมูลอุตุนิยมวิทยา พ.ศ. 2555/2556 ของจังหวัดที่พบโรคกับข้อมูลระยะยาวถึง 30 ปี ในภาพรวมพบว่า โรคขอบใบแห้งและใบจุดสีน้ำตาลสามารถระบาดได้ถึงระดับวิกฤติในสภาพที่ร้อนกว่า ความชื้นสัมพัทธ์ที่ต่ำกว่า และปริมาณน้ำฝนแปรปรวนสูงมากกว่าข้อมูลระยะยาว บ่งบอกถึงการปรับตัวได้ดีในสภาพฟ้าอากาศที่เปลี่ยนแปลงไป และสอดคล้องกับการสำรวจในแปลงเกษตรกร



760051567

2) ดวงกมล บุญช่วย อนรรฆพล บุญช่วย และดวงพร วิรุจิจิตต์ (2556) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการระบาดของโรคข้าวกับการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศในพื้นที่นาชลประทานจังหวัดชัยนาทและนครสวรรค์ระหว่างเดือนตุลาคม 2553 – ธันวาคม 2556 โดยสำรวจโรคข้าวในระยะกล้าแตกกอ และออกรวง ของข้าวพันธุ์พิษณุโลก 2 ชัยนาท 1 ปทุมธานี 1 กข31 กข41 และกข47 โดยเลือกสำรวจพื้นที่ที่มีการระบาดของโรคข้าวตั้งแต่ 10 ไร่ ขึ้นไป พบนาข้าวเป็นโรคจำนวน 39 แปลงรวมเป็นพื้นที่ 646 ไร่ จากผลการสำรวจในช่วงระยะเวลา 3 ปีดังกล่าว พบว่าโรคขอบใบแห้งเป็นโรคที่สำคัญ (major disease) และมีพื้นที่การระบาดมากที่สุด คือ 492 ไร่ รองลงมา คือ โรคยอดฝักดาบโรคเมล็ดต่าง โรคใบขีดโปร่งแสง และโรคใบหงิก ตามลำดับ ซึ่งข้าวพันธุ์กข41 การระบาดของโรคขอบใบแห้งจะรุนแรงกว่าข้าวพันธุ์กข31 โดยข้อมูลภูมิอากาศที่เอื้อต่อการระบาดคืออุณหภูมิสูงสุด 33.2-34.5 °C อุณหภูมิต่ำสุด 22.9-25.1 °C ความชื้นสัมพัทธ์ 68-79% ปริมาณน้ำฝน 0-365 มม. นอกจากนี้ยังพบว่า ผลผลิตของข้าวพันธุ์กข31 และกข41 มีแนวโน้มลดลงเนื่องจากการทำลายของโรคและศัตรูข้าวอื่นๆ โดยเฉพาะโรคขอบใบแห้งที่พบทุกฤดูฝนปลูกมักพบระบาดรุนแรงในระยะออกรวง ทำให้เปอร์เซ็นต์การติดเมล็ดของข้าวลดลง ส่งผลให้ได้ผลผลิตน้อยกว่าผลผลิตตามลักษณะประจำพันธุ์ (กข31 738-745 กิโลกรัม/ไร่, กข41 904 กิโลกรัม/ไร่) ผลผลิตเฉลี่ย (22 รุ่น) ของข้าวพันธุ์ กข31และ กข41 เท่ากับ 566.38 และ 572.57 กิโลกรัม/ไร่ ผลผลิตลดลงคิดเป็นร้อยละ 23.25 และ 36.66 ตามลำดับ

3) นุจรินทร์ จังชันธิ์ ปิยะพันธ์ ศรีคุ้ม กรสิริ ศรีนิล ธราพร ยืนยงค์ และกัลย์ธีรา คันธา (2557) ศึกษาผลของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อการระบาดของโรคข้าวจังหวัดเชียงรายและพะเยาโดยการปลูกข้าวพันธุ์พิษณุโลก 2 (พันธุ์อ่อนแอ) และพันธุ์สันป่าตอง 1 (พันธุ์ต้านทาน) ในแปลงนาทดลองศูนย์วิจัยข้าวเชียงราย ทุกเดือนตลอดทั้งปี โดยวิธีหว่านน้ำตม รวม 36 เดือน พร้อมทั้งสำรวจแปลงเกษตรกรที่พบการระบาดของโรคข้าวตั้งแต่ 10 ไร่ขึ้นไป โดยประเมินการเกิดโรค (incidence) และความรุนแรงของโรค (severity) เพื่อหาแนวโน้มความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และปริมาณน้ำฝน กับการระบาดของโรคข้าว จากการศึกษาพบการระบาดของโรคข้าวทั้งพันธุ์อ่อนแอและพันธุ์ต้านทาน ซึ่งมีความหลากหลายของโรคและความรุนแรงเพิ่มมากขึ้นทุกปี โดยระยะกล้าพบการระบาดของโรคไหม้มากที่สุด ระยะแตกกอพบการระบาดของโรคใบจุดสีน้ำตาลมากที่สุด ระยะเก็บเกี่ยวพบการระบาดของโรคขอบใบแห้งมากที่สุด และจากการสำรวจโรคข้าวจากแปลงนาเกษตรกรจังหวัดเชียงรายและจังหวัดพะเยา ปี 2554-2556 พบการระบาดของโรคไหม้ โรคขอบใบแห้ง โรคยอดฝักดาบ โรคใบจุดสีน้ำตาล และโรคใบขีดสีน้ำตาลเพิ่มขึ้นทุกปีเช่นกัน สอดคล้องกับแปลงนาทดลองที่ศึกษาเมื่อตรวจสอบข้อมูลสภาพภูมิอากาศจากสถานีอุตุนิยมวิทยาจังหวัดเชียงราย ระหว่างปี 2554-2556 เปรียบเทียบกับข้อมูลอุตุนิยมวิทยา 30 ปีย้อนหลัง พบว่า อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย ปริมาณน้ำฝนรวมมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น และอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยมีแนวโน้มลดลง



760051567

CD :Thesis 5687782420 dissertation / recv : 06082562 03:48:43 / seq : 5

ซึ่งมีผลต่อการระบาดของโรคข้าวที่มีความหลากหลายและรุนแรงเพิ่มมากขึ้นในแต่ละปี ส่วนหนึ่งอาจเป็นผลมาจากสภาพอากาศที่เปลี่ยนแปลงไป ซึ่งมีความเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตและแพร่พันธุ์ของเชื้อโรค ส่งผลให้แนวโน้มการระบาดของโรคข้าวเพิ่มมากขึ้นในอนาคต

4) พันนิภา ยาใจ ปิยะวรรณ ไยดี และกุลชญา เกศสุวรรณ (2557) ศึกษาผลของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อการระบาดของโรคข้าวในนาชลประทานที่ปลูกต่อเนื่องในจังหวัดแพร่ และอุตรดิตถ์ ดำเนินการตั้งแต่เดือนมกราคม 2554 จนถึงธันวาคม 2556 ในศูนย์วิจัยข้าวแพร่ ทดลอง 2 พันธุ์ คือ สันป่าตอง 1 และ กข14 ปลูกทุกเดือนโดยวิธีปักดำ รวม 36 เดือน ส่วนแปลงเกษตรกร ดำเนินการสำรวจการเกิดโรคในแปลงทดลองและเก็บข้อมูลอุตุนิยมวิทยา ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และปริมาณน้ำฝน เมื่อเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยระยะยาว (2546-2555) พบว่าค่าอุณหภูมิเฉลี่ยทั้ง 3 ปี สูงขึ้น ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยลดลง ส่วนความชื้นสัมพัทธ์ในปี 2555 เพิ่มขึ้น และปี 2556 ลดลง ผลการทดลองทั้ง 3 ปี พบการระบาดของโรคขอบใบแห้งเข้าทำลายข้าวทั้งสองพันธุ์แต่ระดับความรุนแรงในพันธุ์ กข14 มากกว่าพันธุ์สันป่าตอง 1 โดยการเกิดโรค (incidence) เป็นเปอร์เซ็นต์พื้นที่ถูกทำลายเฉลี่ย 38.23 เปอร์เซ็นต์ ความรุนแรงของโรค (severity) เป็นพื้นที่สีเขียวถูกทำลายเฉลี่ย 25.76 เปอร์เซ็นต์ ในการติดตามการระบาดของโรคข้าวในนาเกษตรกรจำนวน 129 แปลง ในจังหวัดแพร่ และอุตรดิตถ์ ตั้งแต่เดือน มกราคม 2554 ถึง ธันวาคม 2556 พบปัญหาการระบาดของโรคขอบใบแห้ง 109 แปลง พื้นที่รวม 727 ไร่ โรคไหม้ 15 แปลง พื้นที่ระบาดมากกว่า 5 ไร่ ประมาณ 4 แปลง โรคใบจุดสีน้ำตาล 5 แปลง พื้นที่ 50 ไร่ ผลการสำรวจแปลงเกษตรกรในจังหวัดแพร่ และอุตรดิตถ์ในเวลา 3 ปี บ่งบอกว่า โรคขอบใบแห้ง โรคไหม้ โรคใบจุดสีน้ำตาล มีความสำคัญเป็นอันดับต้นในพื้นที่สำรวจ

5) เฉลิมขวัญ ฉิมวัย นิตยา รินสุข อัจฉราพร ณ ลำปาง เนินพลับ และยุทธพงษ์ เพชราภรณ์ (2557) ศึกษาการระบาดของโรคข้าวกับการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศในนาชลประทานที่ปลูกต่อเนื่องของศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี โดยปลูกข้าว 2 พันธุ์ ได้แก่ ข้าวพันธุ์ กข31 และพิษณุโลก 2 ทุกเดือนตลอดปีที่ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี ตั้งแต่ปี 2554-2556 จากนั้นสุ่มสำรวจการเกิดโรคข้าวในแปลงนาทดลอง และเก็บข้อมูลอุตุนิยมวิทยา ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และปริมาณน้ำฝน จากสถานีอุตุนิยมวิทยาของศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี พบว่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยต่อเดือนของทั้ง 3 ปี มีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้น ส่วนปริมาณน้ำฝนโดยรวมกลับมีปริมาณลดลงทุกปี ระยะเวลาฝนตกที่ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานีมีระยะเวลา 6 เดือนตั้งแต่ในเดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคม และมีปริมาณน้ำฝนมากในช่วงเดือนกรกฎาคม-ตุลาคม ของทุกปี จากการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศดังกล่าว ส่งผลให้ในปี 2554 แปลงนาทดลองพบโรคไหม้ โรคใบจุดสีน้ำตาล โรคใบขีดโปร่งแสง และโรคใบแถบแดง ส่วนปี 2555 พบโรคไหม้ โรคใบจุดสีน้ำตาล โรคใบขีดโปร่งแสงและโรคเมล็ดด่าง ปี



760051567

CU Thesais 5687782420 dissertation / rev: 06082562 03:48:43 / seq: 5

2556 พบโรคขอบใบแห้ง โรคใบขีดสีน้ำตาล โรคใบขีดโปร่งแสง และโรคเมล็ดต่าง ซึ่งเป็นโรคสาเหตุสำคัญในแปลงนาทดลองที่ปลูกต่อเนื่องของศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี

6) วรรณพรรณ จันลาภา ทัสดาว เกตุเนตร อัจฉราพร ณ ลำปาง เนินพลับ สมหมาย ศรีวิสุทธิ เฉลิมพล เฉลิมพลโยธินและรัฐพร วรรณนะสุชาติ (2557) ศึกษาผลของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อการระบาดของโรคข้าวในภาคตะวันออกเฉียงเหนือระหว่างปี 2554-2556 จำนวน 2 กิจกรรม 1) ติดตามสถานการณ์ระบาดของโรคข้าวในแปลงนาเกษตรกรจากเครือข่าย พบการระบาดของโรคใหม่ทุกปี แต่ที่มีระดับรุนแรงของโรค (severity) สูงที่สุดในเดือนมกราคม 2556 ประมาณ 40 เปอร์เซ็นต์ โรคขอบใบแห้ง พบระดับความรุนแรงของโรค (severity) สูงที่สุดในเดือนกันยายน 2555 ประมาณ 90 เปอร์เซ็นต์ โรคใบขีดโปร่งแสง พบระดับความรุนแรงของโรค (severity) สูงที่สุดในเดือนกรกฎาคม 2555 ประมาณ 40 เปอร์เซ็นต์ 2) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการระบาดของโรคข้าวกับการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศ ดำเนินการที่ศูนย์วิจัยข้าวฉะเชิงเทรา โดยปลูกข้าวทุกเดือนตลอดทั้งปีใช้ข้าว 2 พันธุ์ พิษณุโลก 2 และชัยนาท 1 สุ่มสำรวจการเกิดโรคในระยะกล้า แดกกอ ออกรวง และเก็บข้อมูลอุตุนิยมิวิทยา พบว่า อุณหภูมิ และความชื้นสัมพันธ์เฉลี่ยในปี 2555 สูงกว่าปี 2554 และปี 2556 ในขณะที่ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยมีปริมาณลดลงในปี 2555 และปี 2556 จากปี 2554 พบการเข้าทำลายของโรคใบจุดสีน้ำตาล ใบขีดสีน้ำตาล ขอบใบแห้ง และใบขีดโปร่งแสง

7) พยอม ศรีจำปา และคณะ (2541) ที่กล่าวว่า โรคขอบใบแห้งเป็นโรคที่สำคัญ มีการระบาดที่รุนแรง และทำความเสียหายในแหล่งปลูกข้าวที่สำคัญทุกภาคของประเทศไทย โดยเฉพาะนาในเขตชลประทาน และการแพร่ระบาดของโรคขอบใบแห้งจะแพร่ไปกับน้ำ ในสภาพแวดล้อมที่มีความชื้นสูง สภาพฝนตก ลมแรงจะทำให้โรคนี้อระบาดมากขึ้น

2.9.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องทางการจำแนกชนิดพันธุ์พืชด้วยข้อมูลแบบมัลติสเปกตรัลกับข้อมูลแบบไฮเปอร์สเปกตรัล

การทำแผนที่พืชพรรณจากข้อมูลการรับรู้จากระยะไกล พบว่าข้อมูลการรับรู้จากระยะไกลแบบไฮเปอร์สเปกตรัลให้ผลความถูกต้องของการจำแนก (classification accuracies) สูงกว่าข้อมูลที่ได้จากการรับรู้จากระยะไกลแบบมัลติสเปกตรัล ดังนี้

1) Marshall and Thenkabail (2015) ศึกษาประโยชน์ของการรับรู้จากระยะไกลแบบ Hyperspectral narrowband (HNB) และ multispectral broadband (MSBB) เพื่อศึกษาดัชนีพืชพรรณสำหรับประเมินปริมาณ Biomass ของพืช 4 ชนิด คือ ข้าว (rice) ถั่วอัลฟัลฟา (alfalfa) ฝ้าย (cotton) และ ข้าวโพด (maize) โดยข้อมูลแบบ Hyperspectral ใช้ข้อมูลจากดาวเทียม EO-1 ระบบ Hyperion ส่วนข้อมูลแบบ multispectral ใช้ข้อมูลจากดาวเทียม IKONOS, GeoEye-1, Landsat ETM+, MODIS, และ WorldView-2 ผลการศึกษา พบว่า ดัชนีพืชพรรณแบบ Two-Band



760051567

Vegetation Indices (TBVIs) และ Multiple-Band Vegetation Indices (MBVIs) ที่ได้ จากดาวเทียมระบบ Hyperspectral ให้ผลการประเมิน biomass ที่ดีกว่าดาวเทียมระบบ multispectral โดยให้ค่า R^2 ของข้าว ถั่วอัลฟัลฟา ฝ้ายและ ข้าวโพดเท่ากับ 0.91, 0.81, 0.97 และ 0.94 ตามลำดับ ซึ่งช่วงคลื่นที่เหมาะสมสำหรับประเมิน Biomass ของข้าวอยู่ที่ความยาวคลื่น 549 and 752 nm ($R^2=0.91$) ถั่วอัลฟัลฟา 925 and 1104 nm ($R^2=0.81$) ฝ้าย 722 and 732 nm ($R^2=0.97$) และข้าวโพด 529 and 895 nm ($R^2=0.94$)

2) Xiaming et al. (2015) จำแนกเมล็ดข้าว 5 พันธุ์ (Ruan-Ya-Xiang-Si, Jiang-Su, Chang-Li-Xiang, Zhen-Zhu และ Si-Miao) โดยใช้ข้อมูลประเภท Hyperspectral ด้วยเครื่อง FieldSpec@3 spectrometer และใช้การวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (principal component analysis: PCA) มาช่วยในการลดมิติข้อมูลของภาพ Hyperspectral โดยเปรียบเทียบวิธีจำแนกภาพถ่ายออกเป็น 3 วิธี คือ K-Nearest Neighbors (KNN), Support Vector Machine (SVM) และ Least Square Support Vector Machine (LS-SVM) มาสร้างแบบจำลองในการจำแนกพันธุ์ข้าว โดยใช้ตัวอย่างทั้งหมด 125 ตัวอย่าง (เมล็ดพันธุ์ละ 25 ตัวอย่าง) ตรวจสอบความถูกต้องโดยใช้ cross-validation ของวิธีการ KNN ($K = 2$), SVM และ LS-SVM เท่ากับ 94.4, 96.8 and 100% ตามลำดับและค่าความถูกต้องของการพยากรณ์ (prediction accuracy) เท่ากับ 89.6, 93.6 and 100% ตามลำดับ จากผลการศึกษานี้ให้เห็นว่าวิธี LS-SVM ให้ผลการจำแนกชนิดพันธุ์ข้าวได้ดีที่สุด

3) George et al. (2014) ได้จำแนกชนิดของป่าไม่ผลัดใบ (evergreen forest) ทางด้านตะวันตกของ Himalaya ในประเทศอินเดีย โดยเปรียบเทียบข้อมูลระหว่างข้อมูลไฮเปอร์สเปกตรัลที่ได้จากดาวเทียม EO-1 ระบบ Hyperion และข้อมูลแบบหลายช่วงคลื่นที่ได้จากดาวเทียม Landsat ระบบ TM โดยจำแนกชนิดของป่าออกเป็น 6 ชนิดได้แก่ Grey oak, Brown oak, Chir pine, blue pine, Western Himalayan fir และ Cedar ผลการศึกษาความถูกต้องของการจำแนกชนิดของป่าที่ พบว่า ภาพที่ได้จากดาวเทียม EO-1 ระบบ Hyperion ให้ผลความถูกต้องสูงกว่าภาพที่ได้จากดาวเทียม Landsat ระบบ TM (overall accuracy 69.62%, kappa statistic 0.65) นอกจากนี้ยังพบว่า วิธีการจำแนกแบบ Support Vector Machine (SVM) ให้ผลที่ดีกว่า (overall accuracy เท่ากับ 82.27%, kappa statistic เท่ากับ 0.79) วิธีจำแนกแบบ Spectral Angle Mapper (SAM) (overall accuracy เท่ากับ 74.68% kappa statistic เท่ากับ 0.70)

4) Shwetank et al. (2011) ได้พัฒนาค่าสะท้อนแสงวัตถุมมาตรฐาน (Digital Spectral Library) และเปรียบเทียบผลการจำแนกพันธุ์ข้าวก่อน (pre) และหลัง (post) การปรับแก้ค่าความคลาดเคลื่อนเชิงคลื่น (Atmospheric Correction) มาเปรียบเทียบกับลักษณะการสะท้อนของค่าสเปกตรัมที่ได้จากภาพดาวเทียม EO-1 ระบบ Hyperion หลังจากนั้นใช้การจำแนกประเภทข้อมูลภาพแบบควบคุม (Supervised Classification) ด้วยวิธี Spectral Angle Mapper: SAM มา



ใช้จำแนกชนิดของข้าว 5 สายพันธุ์ คือ Ratan (IET-1411), CSR-10(IET-10349/10694), Haryana Basmati-1 (IET-10367), HKR-126 and CSR-13(IET-10348) ในฤดูฝน (Kharif season) ของ รัฐ Haryana ประเทศอินเดียจากข้อมูลการสำรวจระยะไกลแบบไฮเปอร์สเปกตรัล (EO-1 Hyperion) โดยเปรียบเทียบค่าความถูกต้องโดยรวม (overall accuracy) ก่อนและหลังการปรับแก้ค่าความคลาดเคลื่อนเชิงคลื่นด้วยวิธีการจำแนกภาพแบบ Spectral Angle Mapper (SAM) ซึ่งให้ค่าความถูกต้องโดยรวมสูงขึ้นจาก 86.96% เป็น 89.33% นอกจากนี้ยังให้ข้อค้นพบว่า ค่าการสะท้อนแสงของข้าวแต่ละพันธุ์ขึ้นอยู่กับลักษณะประจำพันธุ์ (crop characteristics) และระยะการเจริญเติบโต (growth stage) โดยเฉพาะในช่วงคลื่น VNIR และ SWIR

5) Darvishsefat et al. (2011) ได้ประเมินการสะท้อนพลังงานช่วงคลื่นของข้าวพื้นเมืองทางตอนเหนือของประเทศอิหร่าน 7 พันธุ์ได้แก่ Fajr, Hybrid, Khazar, Nemat, Neda, Shiroudi and Tarom โดยใช้เครื่อง ASD field spectroradiometer (350-2,500 nm) วัดที่ระดับชั้นเรือนยอด (Canopies) ในช่วงอายุก่อนการเก็บเกี่ยว ที่แปลงสาธิตศูนย์วิจัยข้าวIranian จังหวัด Mazandaran เพื่อหาดัชนีพืชพรรณ (vegetation indices) ที่เหมาะสมสำหรับการจำแนก ได้แก่ NDVI, Datt, NDSI, WI, VI, GRI, SIPI, SAVI และ PRI ในการทดสอบความอ่อนไหวต่อปริมาณ canopy chlorophyll content, photosynthesis intensity, nitrogen และ water content ประกอบการจำแนกความแตกต่างของพันธุ์ข้าว จากนั้นวิเคราะห์ความแตกต่างของแต่ละพันธุ์ด้วยสถิติ ANOVA และ Tukey's paired test ที่ค่า p value < .05 ผลการศึกษาพบว่าการใช้ดัชนีพืชพรรณของ Datt และ PRI ให้ค่าการสะท้อนพลังงานช่วงคลื่นของข้าวแต่ละพันธุ์แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ทั้งหมด 19 จาก 21 กรณี

6) Rao (2008) ทำการศึกษาการแยกชนิดของพันธุ์พืชในบริเวณ Andhra Pradesh state ในประเทศอินเดีย โดยทำการจำแนกเป็นพืชพันธุ์ 3 ชนิด คือ ข้าว พริก และข้าวโพดในขั้นต้นทำการปรับปรุงภาพดาวเทียมไฮเปอร์สเปกตรัลด้วยฟังก์ชัน Fast Fourier Transform technique ในโปรแกรม ERDAS IMAGINE 8.6 และแก้ไขความคลาดเคลื่อนเนื่องจาก Atmospheric error ด้วย FLAASH atmospheric correction software module แล้วใช้ค่าดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์มอลไลซ์กำหนดค่า Threshold value เป็น 0.23 ในโปรแกรม ENVI 4.1 เพื่อทำการจำแนกบริเวณที่เป็นพืชและไม่ใช่พืชออกจากกัน สุดท้ายทำการจำแนกชนิดพืชพันธุ์ด้วยฟังก์ชัน SAM (Spectral Angle Mapper) ให้ค่าความถูกต้องประมาณ 89 %

7) Galvao et al. (2005) จำแนกชนิดพันธุ์ของอ้อยทางภาคตะวันออกเฉียงใต้ของบราซิล (Sao Paulo) โดยใช้ภาพ Hyperion จากดาวเทียม Earth Observing-1 (EO-1) เพื่อจำแนกอ้อย 5 สายพันธุ์ คือ SP80-1842, SP87-365, RB72-454, SP80-1816 และ SP81-3250 โดยอาศัยลักษณะการสะท้อนแสงของชั้นเรือนยอด (Canopy architecture) เทียบกับการดูคลื่นแสงของ



chlorophyll content, leaf liquid water, และ lignin-cellulose ของแต่ละชนิดพันธุ์มาใช้ประกอบการจำแนกผลการศึกษา พบว่าช่วงคลื่น NIR ที่ความยาวคลื่น 864 nm (threshold) สามารถจำแนกพันธุ์ SP80-1842 ออกจากชนิดพันธุ์อื่นๆ ได้ดี ส่วนอีก 4 ชนิดพันธุ์ที่เหลือมีการสะท้อนแสงใกล้เคียงกัน (similar reflectance) จึงใช้วิธีจำแนกกลุ่มแบบ multiple discriminant analysis (MDA) โดยเลือกฟังก์ชันการจำแนกแบบคานอนิคอล (canonical discriminat functions) มาช่วยในการจำแนกชนิดพันธุ์ของอ้อย ซึ่งให้ค่าความถูกต้องของแต่ละชนิดพันธุ์ SP87-365, RB72-454, SP80-1816 และ SP81-3250 เท่ากับ 96%, 86%, 76% และ 73% ตามลำดับ

2.9.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องทางการตรวจหาโรคข้าวด้วยการรับรู้จากระยะไกล

จากผลการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องทางการตรวจหาโรคข้าวด้วยการรับรู้จากระยะไกล พบว่า การตอบสนองต่อการสะท้อนเชิงสเปกตรัม (Spectral reflectance) ของโรคข้าวแต่ละโรคจะมีลักษณะความยาวช่วงคลื่นเฉพาะตัวที่ต่างแตกต่างกันออกไป หรือที่เรียกว่า ลายเซ็นเชิงคลื่น (Spectral signature) ซึ่งสามารถตรวจหาค่าการสะท้อนเชิงสเปกตรัมของโรคข้าวได้ดี ที่ความยาวช่วงคลื่น Visible (VIS, 400-690 นาโนเมตร), Near-infrared (NIR, 700-1,300 นาโนเมตร) และ Shortwave-infrared (1,400-2,500 นาโนเมตร) โดยมีรายละเอียดดังนี้

1) Das et al. (2015) ติดตามโรคขอบใบแห้งของข้าวในประเทศอินเดีย โดยการศึกษาในภาคสนาม (Field scale) ใช้เครื่องวัดค่าการสะท้อนแบบไฮเปอร์สเปกตรัล (ASD field spectro-radiometer pro) แล้ว upscale มาศึกษาในระดับดาวเทียมด้วยข้อมูลแบบมัลติสเปกตรัล (Multispectral satellite data) คือใช้ข้อมูลจากดาวเทียมIRSระบบ LISS IV โดยใช้วิธี The step-wise discriminate analysis (SDA) มาวิเคราะห์ผลการศึกษาพบว่าในการแยกพื้นที่ที่เป็นโรคและไม่เป็นโรคขอบใบแห้งในข้าวโดยใช้ดัชนีพืชพรรณของ plant senescence index (PSRI) กับ pigment-specific simple ratio (PSSR_b) ที่ได้จากเครื่อง spectro-radiometer มีความสัมพันธ์กับข้อมูลที่ได้จากดาวเทียม linear imaging self-scanner (LISS) IV sensor นอกจากนี้ยังให้ข้อเสนอแนะว่าควรใช้ข้อมูลดาวเทียมที่มีความละเอียดเชิงคลื่น (spectral resolution) และความละเอียดเชิงพื้นที่ (spatial resolution) มากกว่านี้ เพื่อปรับปรุงความถูกต้องของการตรวจหาโรคให้สูงขึ้น

2) Liu et al. (2010) ได้ใช้วิธี LVQ Neural Network ร่วมกับการใช้ Feature Transformation แบบ Principal Component Analysis ในภาพถ่ายไฮเปอร์สเปกตรัลเพื่อทำการตรวจหาโรคเชื้อราในข้าว (*Glume Blight Disease* , *Phoma sorghina*) ในบริเวณแปลงทดสอบ โดยผลของการวิจัยพบว่า ค่าความถูกต้องโดยรวมของวิธีการนี้กับข้อมูลดิบ (Raw Data), inverse logarithmic, ค่าอนุพันธ์ครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 มีค่า 91.6%, 86.4%, 95.5%, และ 100% ตามลำดับ



3) Yang (2010) ทำการศึกษาความรุนแรงของโรคขอบใบแห้งในข้าว โดยอาศัยการเปรียบเทียบค่าความรุนแรงของโรคในข้าวสองสายพันธุ์ (TCS10, TNG67) โดยอาศัยความแตกต่างของค่าการสะท้อนของช่วงคลื่นของภาพถ่ายไฮเปอร์สเปกตรัลเป็นข้อมูลในการเปรียบเทียบ ค้นพบว่าช่วงคลื่น 757 – 1039 nm เป็นช่วงของการสะท้อนที่ไวต่อการเปลี่ยนแปลงของโรคขอบใบแห้งในข้าวทั้งสองชนิดนี้

4) Qin and Zhang (2005) ทำการศึกษาหาโรคกาบใบแห้งในข้าว โดยใช้ภาพถ่ายดาวเทียมแบบ multispectral โดยการใช้การตรวจสอบค่าการสะท้อนของค่าดัชนีพืชพรรณเทียบกับแปลงทดสอบตัวอย่างที่เป็นโรคค้นพบว่าโรคข้าวมีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงของโรคในช่วงคลื่น Visible รวมไปถึงสามารถทำการสร้างค่าดัชนี (disease index: DI) ซึ่งถึงการเป็นโรคในข้าวในแปลงทดสอบและทำการตรวจสอบค่าที่ได้ด้วยวิธีการทางสถิติด้วย T-test ซึ่งให้ค่าความเชื่อมั่น 95 %

5) Kobayashi et al. (2001) ทำการศึกษาหาโรคไหม้ในเมล็ดของข้าวในบริเวณประเทศญี่ปุ่น ด้วยการใช้ภาพถ่ายทางอากาศและดาวเทียมแบบ Multispectral ร่วมกับการใช้ Multispectral radiometer ในแปลงทดสอบเพื่อหาความสัมพันธ์ของดัชนีพืชพรรณและช่วงคลื่นที่เหมาะสมในการจำแนกข้าวที่เป็นโรคไหม้ในเมล็ดกับข้าวที่ไม่เป็นโรค โดยผลการวิจัยพบว่า ช่วงคลื่นที่แสดงถึงบริเวณที่เป็นโรคในข้าวคือช่วงคลื่น visible 485 nm และ 675 nm ช่วงคลื่นใกล้ 1430 nm และช่วงคลื่น 1910 – 1935 nm

2.9.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องทางด้านวิธีการคัดเลือกช่วงคลื่นที่เหมาะสมสำหรับข้อมูลไฮเปอร์สเปกตรัล

ปัญหาหนึ่งของการประยุกต์ใช้ข้อมูลการรับรู้จากระยะไกลแบบไฮเปอร์สเปกตรัล คือ ข้อมูลมีจำนวนมิติหรือตัวแปรมาก (High dimensional data) ทำให้เกิดปัญหามิติข้อมูล (Curse of Dimensionality) จึงมีความจำเป็นต้องหาวิธีลดจำนวนมิติของข้อมูลหรือการคัดเลือกแบนด์ (Dimension reduction/Band selection) เพื่อเป็นการเตรียมข้อมูลเบื้องต้น (Data preprocessing) สำหรับการวิเคราะห์ในขั้นต่อไป

1) Wang et al. (2015) ใช้ภาพถ่ายระบบไฮเปอร์สเปกตรัล (Hyperspectral imaging system: HIS) ในห้องปฏิบัติการโดยเลือกช่วงคลื่น visible และ near-infrared (400-1000 nm) มาทดลองจำแนกชนิดและคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ข้าวเหนียว (Glutinous rice) 3 ชนิดหลักที่นิยมปลูกในประเทศจีน โดยการใช้การวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (principal component analysis: PCA) มาช่วยในการลดมิติข้อมูลของภาพ Hyperspectral ซึ่งได้ช่วงคลื่นที่เหมาะสมสำหรับใช้ในการศึกษาคั้งนี้คือ 7 ช่วงคลื่น (418.96, 452.14, 592.76, 613.3, 742.86, 783.94 และ 965.64 nm) และเปรียบเทียบวิธีการจำแนกภาพถ่ายออกเป็น 4 วิธี คือ 1) PCA อิงกับ spectral data 2) BPNN อิง



กับ spectral data 3) BPNN อิงกับ image data 4) BPNN อิงกับ การหลอมรวมข้อมูล (Data Fusion) ให้ค่าความถูกต้องเท่ากับ 89.18%, 89.91%, 88.09% และ 94.45% ตามลำดับจากผลการศึกษาได้สาธิตให้เห็นว่าเทคโนโลยีของ Hyperspectral image (HSI) มีความยืดหยุ่นและเอาไปใช้ประโยชน์ในการควบคุมคุณภาพและเป็นนวัตกรรมในการจำแนกชนิดและคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ข้าวได้ดี

2) Thenkabail et al. (2013) ได้ศึกษาการคัดเลือกแถบช่วงคลื่นแคบที่เหมาะสม (Hyperspectral Narrow bands: HNBs) และดัชนีพืชพรรณ (HVIS) สำหรับศึกษาตัวชี้วัดทางชีวภาพ (Biomass, LAI, plant density และ yield) และจำแนกชนิดพืชพรรณโดยใช้เครื่องวัดค่าการสะท้อนแสง (Field Reflectance) และข้อมูลภาพ Hyperion จากดาวเทียม EO-1 ของพื้นที่ในแถบ Africa, the Middle East, Central Asia and India โดยจำแนกพืชที่เกษตรกรนิยมปลูกของโลกออกเป็น 8 ชนิด ได้แก่ Wheat, corn, rice, barley, soybeans, pulses, cotton and alfalfa ผลการศึกษาพบว่า ความถูกต้องโดยรวม (overall Accuracy) ที่ได้จากภาพ HNBs 20 bands อยู่ที่ 95% ซึ่งให้ผลดีกว่าภาพ Landsat 7 ระบบ ETM+ 6 แบนด์ 67% และ ALI 9 แบนด์ 71% (Multispectral) สูงถึง 25% แต่จากการวิเคราะห์วารสารวิชาการมากกว่า 100 Paper ด้วยวิธีการวิเคราะห์ทอภิมาน (meta-analysis) พบว่า จำนวนแบนด์ที่เหมาะสมสำหรับการประเมินตัวชี้วัดทางชีวภาพ (biophysical) และทางชีวเคมี (biochemical) ของพืชทั้ง 8 ชนิด คือ 33 แบนด์ (HNBs) ซึ่งในการศึกษาคั้งนี้ยังพบปัญหาเรื่องความซ้ำซ้อนของข้อมูลเชิงมิติของภาพ Hyperion ที่เรียกว่า the Hughes Phenomenon (หรือ the curse of high dimensionality) ซึ่งจำเป็นที่จะต้องหาวิธีแก้ปัญหานี้ต่อไป

3) Koedsin and Vaiphasa (2013) ทำการศึกษาการจำแนกพันธุ์ไม้ในป่าชายเลนระดับสายพันธุ์ จำนวน 5 ชนิด คือ 1.โกงกางใบเล็ก 2.โกงกางใบใหญ่ 3.ถั่วขาว 4.แสมขาว และ 5.แสมทะเล บริเวณแหลมตะลุมพุก อ.ปากพนัง จ.นครศรีธรรมราช โดยใช้เทคนิคการสำรวจระยะไกลแบบไฮเปอร์สเปกตรัลจากภาพถ่ายดาวเทียม EO-1 Hyperion และเปรียบเทียบผลด้วยการคัดเลือกช่วงคลื่น (Bands Selection) ที่เหมาะสมระหว่าง วิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm) และ Sequential Forward Selection ผลการศึกษาพบว่า การจำแนกชนิดพันธุ์ไม้ในป่าชายเลนด้วยวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมให้ค่าความถูกต้องในการจำแนกสูงกว่าวิธี SFS ซึ่งสามารถปรับค่าความถูกต้องโดยรวมจาก 87% เป็น 92% แต่อย่างไรก็ตามผลการทดลองยังมีความสับสนระหว่างโกงกางใบเล็กกับโกงกางใบใหญ่อยู่

4) Song et al. (2011) ได้ศึกษาการคัดเลือกช่วงคลื่นจากข้อมูลการสำรวจระยะไกลแบบไฮเปอร์สเปกตรัล ภายใต้เงื่อนไขความแตกต่างของระดับไนโตรเจน 4 ระดับ ได้แก่ appropriate (180kg/ha), insufficient (135kg/ha), excessive (225kg/ha) และ no nitrogen และ ความ



แตกต่างของระดับน้ำ 3 ระดับ ได้แก่ Insufficient , Appropriate และ excess ในนาข้าว ตามระยะการเจริญเติบโตของข้าวออกเป็น 5 ระยะคือ seedling, Booting stage, Tillering stage, At the end of Heading stage และ Maturity stage ทำการศึกษาในห้องปฏิบัติการ โดยเปรียบเทียบวิธีการจำแนกแบบ Principal component analysis (PCA) และ partial least squares (PLS) ผลการศึกษาพบว่า ลักษณะการสะท้อนคลื่นแสงของใบข้าวที่ระดับไนโตรเจน (nitrogen) ต่างๆ จะอยู่ที่ช่วงคลื่น green, red and NIR ระหว่างความยาวคลื่น 500-850 nm (552, 675, 705 and 776 nm) ส่วนการสะท้อนคลื่นแสงของระดับน้ำทั้ง 3 ระดับอยู่ที่ 1158, 1378 และ 1965 nm นอกจากนี้ยังให้ข้อเสนอแนะอีกว่าควรศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการสะท้อนของใบ (leaf-level) และชั้นเรือนยอด (canopy-level) ควบคู่ไปด้วยเพื่อให้ผลการจำแนกมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

5) Vaiphasa et al. (2007) ศึกษาการใช้ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm) มาใช้ในการคัดเลือกช่วงคลื่นที่เหมาะสมของภาพถ่ายดาวเทียม Hyperion สำหรับจำแนกพันธุ์ไม้ป่าชายเลนจำนวน 16 พันธุ์ ซึ่งมีมิติของข้อมูลสูงซึ่งในงานวิจัยคือมีจำนวนช่วงคลื่น 2151 ช่วงคลื่น ผลการวิจัยพบว่าขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมสามารถเลือกช่วงคลื่นที่เหมาะสมในการจำแนกป่าชายเลนระดับพันธุ์ไม้ได้ดี โดยช่วงคลื่นที่เหมาะสมคือ 513, 717, 1263, 1385, 1489 และ 1669 นาโนเมตร นอกจากนี้ช่วงคลื่นดังกล่าวยังมีความสัมพันธ์กับคุณสมบัติทางกายภาพ-เคมี (Physio-Chemical) ของป่าชายเลนอีกด้วย

6) Thenkabail et al. (2004) ประเมินความถูกต้องของภาพถ่ายดาวเทียมแบบ hyperspectral สำหรับการจำแนกพืชพรรณในเขตทุ่งหญ้าสะวันนาของแอฟริกา โดยศึกษาใน 4 เขตภูมินิเวศ (eco-regions) ได้แก่ ไม้พุ่ม (shrubs), วัชพืช (weeds), หญ้า (grasses), และ พืชทางการเกษตร (agricultural crop species) เพื่อค้นหาจำนวนแบนด์ที่เหมาะสมที่สุดของภาพถ่าย Hyperion ที่ความยาวคลื่นตั้งแต่ 400–2500 nm ทั้งหมด 168 narrowbands เทียบกับเครื่อง spectroradiometer โดยใช้เทคนิคของเหมืองข้อมูล (data mining) ซึ่งประกอบไปด้วย component analysis (PCA), lambda-lambda R^2 models (LL R^2 M), stepwise discriminate analysis (SDA) และ derivative greenness vegetation indices (DgVI) มาใช้ในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการจำแนก พบว่า จำนวนแบนด์ที่เหมาะสมที่สุดในการจำแนกชนิดของพืช คือ 22 แบนด์ ซึ่งในค่าความถูกต้องโดยรวม 90% และหากเปรียบเทียบกับภาพ Landsat ระบบ Enhanced Thematic Mapper plus (ETM+) ยังพบว่าภาพ hyperspectral สามารถเพิ่มความถูกต้องในการจำแนกได้สูงถึง 9–43%

7) Hirano et al. (2003) ทำการศึกษาการแยกพันธุ์ไม้ป่าชายเลนโดยใช้ Airborne visible/Infrared Imaging Spectrometer (AVIRIS) ซึ่งมีจำนวน 224 ช่วงคลื่นมีความกว้างของแต่ละช่วงคลื่น 0.01 ไมโครเมตรและมีความละเอียดเชิงพื้นที่เท่ากับ 20 เมตรโดยป่าชายเลน



760051567

CD :Thesis 5687782420 dissertation / recv : 06082562 03:48:43 / seq : 5

ประกอบด้วย Black, Red และ White Mangrove และป่าไม้ที่อยู่บริเวณเกาะ (Tree Island) อื่นๆ โดยข้อมูลพันธุ์ไม้ที่ใช้ในการนำมาจำแนกใช้ฐานข้อมูล GIS ของ Center for Remote Sensing and Mapping Science (CRMS) ซึ่งเป็นแผนที่อัตราส่วน 1:40,000 โดยใช้เทคนิค Minimum Noise Fraction เพื่อทำการลดจำนวนช่วงคลื่นที่นำมาทำการจำแนกและใช้เทคนิค Spectral Angle Mapper ในโปรแกรม ENVI 4.7 ในการจำแนกซึ่งให้ผลการจำแนกตั้งแต่ 40–100 % ทั้งนี้ความถูกต้องของการจำแนกขึ้นอยู่กับชนิดพันธุ์ไม้



760051567

CD :Thesis 5687782420 dissertation / recv : 06082562 03:48:43 / seq : 5

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

ในการศึกษาครั้งนี้ ผู้ศึกษาได้ทำการแบ่งหัวข้อวิธีดำเนินการวิจัยออกเป็นหัวข้อต่างๆ ดังต่อไปนี้

- 3.1 พื้นที่ศึกษาวิจัย
- 3.2 ข้อมูลและอุปกรณ์
- 3.3 ขั้นตอนการศึกษาวิจัย
- 3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

3.1 พื้นที่ศึกษาวิจัย

ในการจำแนกพันธุ์ข้าวและโรคขอบใบแห้งในข้าว แบ่งพื้นที่ศึกษาออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

3.1.1 พื้นที่ศึกษาสำหรับจำแนกพันธุ์ข้าว

พื้นที่ศึกษาการจำแนกพันธุ์ข้าวด้วยเครื่องวัดค่าการสะท้อนแสงแบบไฮเปอร์สเปกตรัล คือ บริเวณตำบลไร่พัฒนา (ข้าวเจ้าพันธุ์กข31) ตำบลนางลือ (ข้าวเจ้าพันธุ์กข41) และตำบลแพรศรีราชา (ข้าวเจ้าพันธุ์ปทุมธานี 1) ดังรูปที่ 3.1 (ก) ส่วนพื้นที่ศึกษาการจำแนกพันธุ์ข้าวด้วยภาพถ่ายจากดาวเทียม คือ พื้นที่นาในเขตชลประทานครอบคลุมบริเวณบางส่วนของ 4 อำเภอ ประกอบด้วย อำเภอมโนรมย์ อำเภอเมือง อำเภอสรรคบุรี และอำเภอหันคา จังหวัดชัยนาท ดังรูปที่ 3.1 (ข)

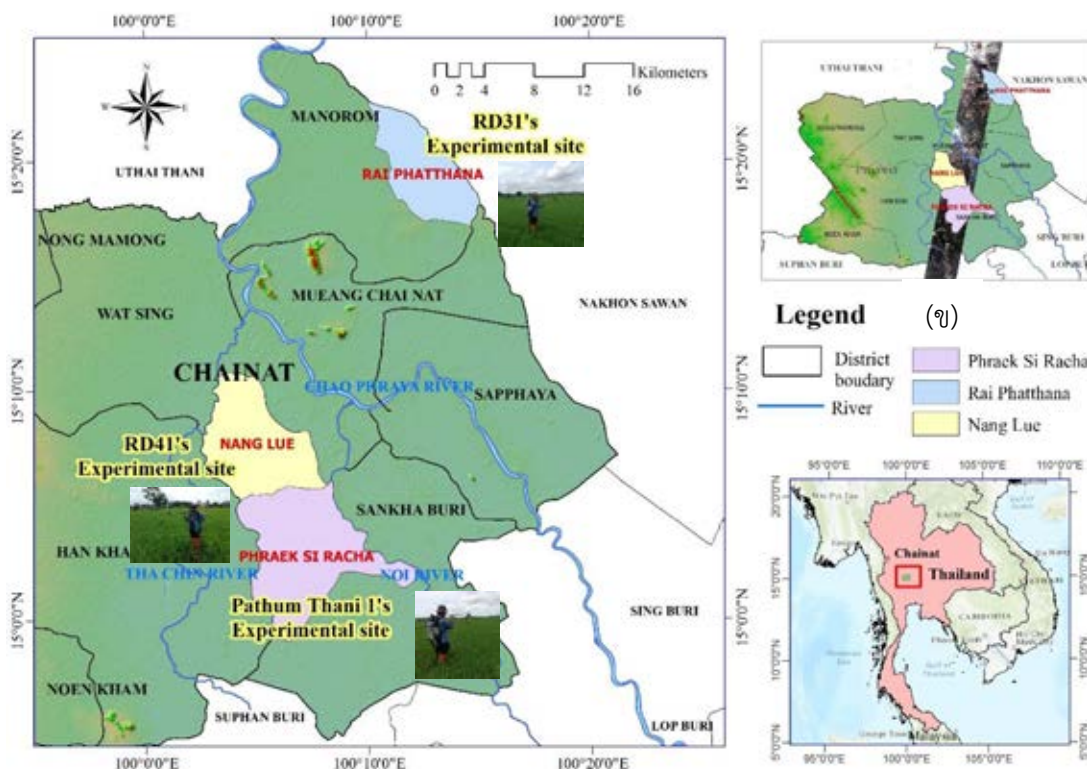
พื้นที่โดยรวมของจังหวัด มีลักษณะภูมิประเทศเป็นพื้นที่ราบลุ่ม มีแม่น้ำเจ้าพระยา แม่น้ำท่าจีน แม่น้ำน้อย ไหลผ่านพื้นที่ต่างๆ ทั่วทั้งจังหวัด ทำให้ดินมีความอุดมสมบูรณ์ มีเขื่อนเจ้าพระยาที่สามารถผันน้ำไปใช้ในการเกษตรได้ตลอดปี จนทำให้มีการทำนาถึงปีละ 3 ครั้ง หรือ 5 ครั้งใน 2 ปี จากข้อมูลการขึ้นทะเบียนเกษตรกรผู้ปลูกข้าว ปีเพาะปลูก 2557/2558 (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2558) พบว่ามีพื้นที่ปลูกข้าว (ตามแนวภาพ Hyperion) ประมาณ 12,535 ไร่ พันธุ์ข้าวนาปีที่เกษตรกรนิยมปลูกในพื้นที่มากที่สุด คือ กข31 (ปทุมธานี 80) (34.76%) รองลงมา ได้แก่ ปทุมธานี 1 (28.61%) กข41 (21.08%) และพันธุ์อื่นๆ เช่น กข47 กข49 ชัยนาท 1 สุพรรณบุรี 1 และไรซ์เบอร์รี่ (15.56%)

จังหวัดชัยนาทถือเป็นแหล่งผลิตและจำหน่ายเมล็ดพันธุ์ข้าวคุณภาพดีที่สำคัญของประเทศไทย โดยเฉพาะกลุ่มผู้ผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวตำบลนางลือ – ท่าชัย ในปีเพาะปลูก 2556/2557 สามารถผลิตเมล็ดข้าวพันธุ์ดีได้ 101,800 ตัน/ปี คิดเป็นร้อยละ 13.22 ของปริมาณการผลิตทั้งประเทศ (770,000 ตัน/ปี) ซึ่งสร้างรายได้ให้กับเกษตรกรในจังหวัด รวมมูลค่าการจำหน่ายทั้งสิ้น 2,240 ล้านบาท (สำนักงานพาณิชย์จังหวัดชัยนาท, 2556)



760051567

CD :Thesis 5687782420 dissertation / rev: 06082562 03:48:43 / seq: 5



(ก)

รูปที่ 3.1 (ก) พื้นที่ศึกษาการจำแนกพันธุ์ข้าวบริเวณอำเภอมนोरมย์ อำเภอเมือง และอำเภอสรรคบุรี จังหวัดชัยนาท และ (ข) ภาพถ่ายดาวเทียม EO-1 Hyperion บันทึกเมื่อวันที่ 13 กรกฎาคม 2557

3.1.2 พื้นที่ศึกษาสำหรับแยกโรคขอบใบแห้งในข้าว

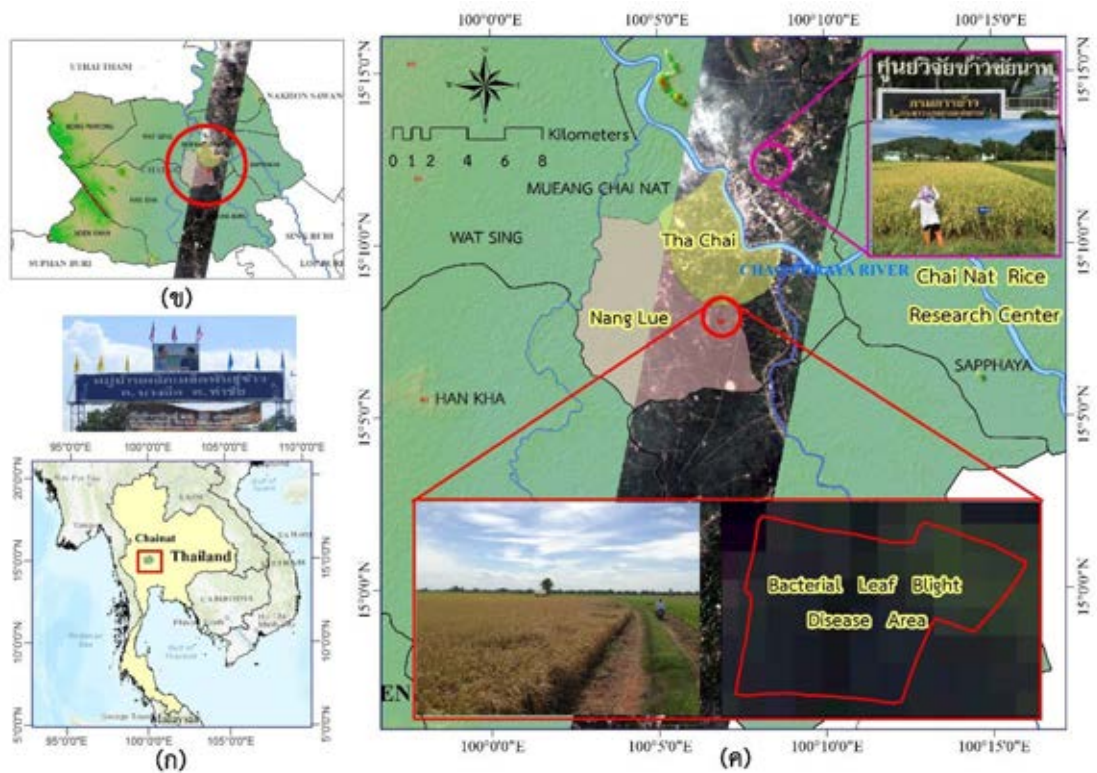
พื้นที่ศึกษาสำหรับการจัดทำลายเซ็นเชิงคลื่นของข้าวเจ้าพันธุ์ กข41 ที่เป็นและไม่เป็นโรคขอบใบแห้ง ด้วยเครื่องวัดค่าการสะท้อนแสงแบบไฮเปอร์สเปกตรัล คือ แปลงทดลองภายในศูนย์วิจัยข้าวชัยนาท

พื้นที่ที่ใช้ในการแยกพื้นที่ปลูกข้าวที่เป็นโรคขอบใบแห้ง (Bacterial leaf blight disease) ของข้าวเจ้าพันธุ์ กข41 (ข้าวเจ้าสายพันธุ์ CNT96028-21-1-PSL-1-1) ออกจากพื้นที่ปลูกข้าวที่ไม่เป็นโรค ด้วยข้อมูลการรับรู้จากระยะไกลแบบไฮเปอร์สเปกตรัล (EO-1 ระบบ Hyperion) และแบบมัลติ สเปกตรัล (EO-1 ระบบ ALI) คือ บริเวณตำบลนางลือและตำบลท่าชัย อำเภอเมือง จังหวัดชัยนาท

ซึ่งพื้นที่ทั้ง 2 ตำบล ถือเป็นแหล่งผลิตพันธุ์ข้าวที่สำคัญของจังหวัดและของประเทศ ประกอบด้วยกลุ่มผู้ผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวตำบลนางลือ – ท่าชัย และผู้ประกอบการภาคเอกชน จำนวน 65 ราย ในปีเพาะปลูก 2556/2557 สามารถผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวพันธุ์ดีได้ 90,000 ตัน/ปี คิดเป็นร้อยละ

88.41 ของปริมาณการผลิตทั้งจังหวัด (101,800 ตัน/ปี) (สำนักงานพาณิชย์จังหวัดชัยนาท, 2556) เนื่องจากพื้นที่ดังกล่าวเกษตรกรปลูกข้าวตลอดทั้งปี ส่งผลทำให้โรคและแมลงเข้าทำลายได้ง่ายจนเกิดการระบาดอยู่เป็นประจำ (ดวงกมล บุญช่วย และคณะ, 2556) ดังรูปที่ 3.2

จากการสำรวจข้อมูลภาคสนาม (ระหว่างวันที่ 24-26 กรกฎาคม 2557) ร่วมกับเจ้าหน้าที่ศูนย์วิจัยข้าวชัยนาท พบการระบาดของโรคขอบใบแห้งในข้าวเจ้าพันธุ์ กข41 จำนวน 1 แปลง ณ บ้านหนองกรด ตำบลนางสี อำเภอมือง จังหวัดชัยนาท มีขนาดพื้นที่ที่เกิดโรค 18 ไร่ อายุข้าว 95 วัน อยู่ในช่วงการเจริญเติบโตทางเมล็ด (Ripening phase) ระยะเมล็ดแก่เต็มที่ (Mature grain) (รูปที่ 3.2ค) ในช่วงที่ใกล้เคียงกับข้อมูลจากดาวเทียม EO-1 Hyperion ที่บันทึกภาพ (13 กรกฎาคม 2557) ดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 พื้นที่ศึกษา (ก) อำเภอมือง จังหวัดชัยนาท (ข) บริเวณตำบลนางสีและตำบลท่าชัย (ค) ภาพถ่ายดาวเทียม EO-1 Hyperion บันทึกเมื่อวันที่ 13 กรกฎาคม 2557 และรูปถ่ายบริเวณนาข้าวพันธุ์ กข41 ที่เป็นโรคขอบใบแห้ง สำรวจเมื่อวันที่ 24 กรกฎาคม 2557

3.2 ข้อมูลและอุปกรณ์

ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษามีดังต่อไปนี้

(1) ข้อมูลการรับรู้จากระยะไกลแบบมัลติสเปกตรัล (Multispectral remote sensing) ที่ได้จากภาพถ่ายดาวเทียม EO-1 ระบบ Advance Land Image (ALI) กับการรับรู้จากระยะไกลแบบไฮเปอร์สเปกตรัล (Hyperspectral remote sensing) ที่ได้จากภาพถ่ายดาวเทียม EO-1 ระบบ Hyperion ที่ติดตั้งอยู่บนดาวเทียมดวงเดียวกันและถ่ายภาพในช่วงเวลาเดียวกันที่แนวโคจร (path) ที่ 129 และแถว (row) ที่ 49 บันทึกภาพเมื่อ 13 กรกฎาคม 2557 โดยในการศึกษาครั้งนี้ได้คัดเลือกช่วงคลื่นที่มีสัญญาณมาใช้วิเคราะห์ข้อมูลจำนวน 198 ช่วงคลื่น จากจำนวนทั้งหมด 242 ช่วงคลื่น และภาพถ่ายดาวเทียม EO-1 ระบบ ALI จำนวน 9 ช่วงคลื่น จากทั้งหมด 10 ช่วงคลื่น

(2) ข้อมูลขอบเขตการปกครองจังหวัดชัยนาท

(3) ข้อมูลขอบเขตชลประทานและแผนที่แปลงนาจากสำนักงานชลประทานที่ 10 และ 12

(4) แผนที่ภูมิประเทศของกรมแผนที่ทหารชุด L7018 มาตราส่วน 1:50,000

(5) ข้อมูลการขึ้นทะเบียนเกษตรกรผู้ปลูกข้าว ปีเพาะปลูก 2557/2558 จากสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร และเกษตรอำเภอโนนรมย์ เมืองสรรคบุรี และหันคา

อุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษาประกอบด้วยซอฟต์แวร์และฮาร์ดแวร์ ดังนี้

(1) ซอฟต์แวร์

- ENVI version 5.3
- ArcGIS Desktop version 10.5
- QGIS version 2.4
- Matlab version 2014
- ViewSpec Pro
- SAMS

(2) ฮาร์ดแวร์

- เครื่องคอมพิวเตอร์แบบพกพา
- ระบบกำหนดตำแหน่งบนพื้นโลก (GPS) รุ่น eTrex Vista HCx
- เครื่องวัดค่าการสะท้อนแสงแบบไฮเปอร์สเปกตรัล รุ่น ASD FieldSpec® 3
- กล้องถ่ายภาพดิจิทัล



3.3 วิธีการศึกษา

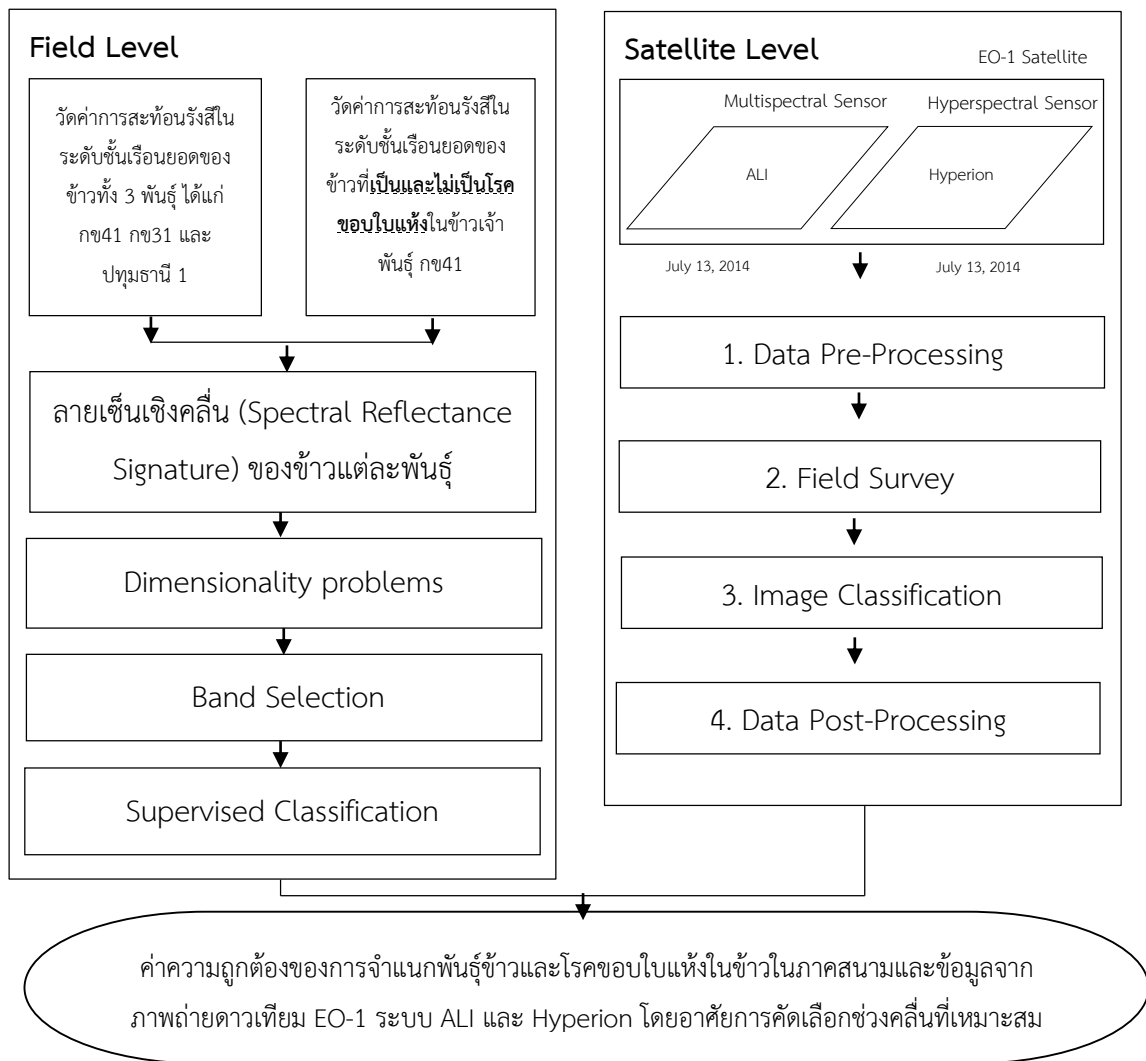
ในการศึกษารั้งนี้แบ่งการศึกษาออกเป็น 2 ระดับ คือ ระดับภาคสนาม (Field level) และระดับดาวเทียม (Satellite level)

โดยในการศึกษาระดับภาคสนาม (Field level) มุ่งเน้นการจัดทำลายเซ็นเชิงคลื่น (Spectral signature) ของข้าวเจ้าทั้ง 3 พันธุ์ ได้แก่ กข41 กข31 และปทุมธานี 1 ในแปลงนาของเกษตรกร ส่วนการจัดทำลายเซ็นเชิงคลื่นของข้าวเจ้าพันธุ์กข41 ที่เป็นและไม่เป็นโรคขอบใบแห้ง นั้นศึกษาในแปลงทดลองของศูนย์วิจัยข้าวชัยนาท

ส่วนการศึกษาในระดับดาวเทียม (Satellite level) นั้นมุ่งเน้นการเปรียบเทียบค่าความถูกต้องของการจำแนกพันธุ์ข้าวและโรคขอบใบแห้งในข้าวที่ได้จากข้อมูลการรับรู้จากระยะไกลแบบมัลติสเปกตรัลจากภาพถ่ายดาวเทียม EO-1 ระบบ Advance Land Image (ALI) เปรียบเทียบกับข้อมูลการรับรู้จากระยะไกลแบบไฮเปอร์สเปกตรัลจากภาพถ่ายดาวเทียม EO-1 ระบบ Hyperion เพื่อคัดเลือกช่วงคลื่นที่เหมาะสมสำหรับการจำแนกพันธุ์ข้าวและโรคขอบใบแห้งในข้าวที่ดีที่สุด ซึ่งมีขั้นตอนโดยรวมของการศึกษาแสดงดังรูปที่ 3.3



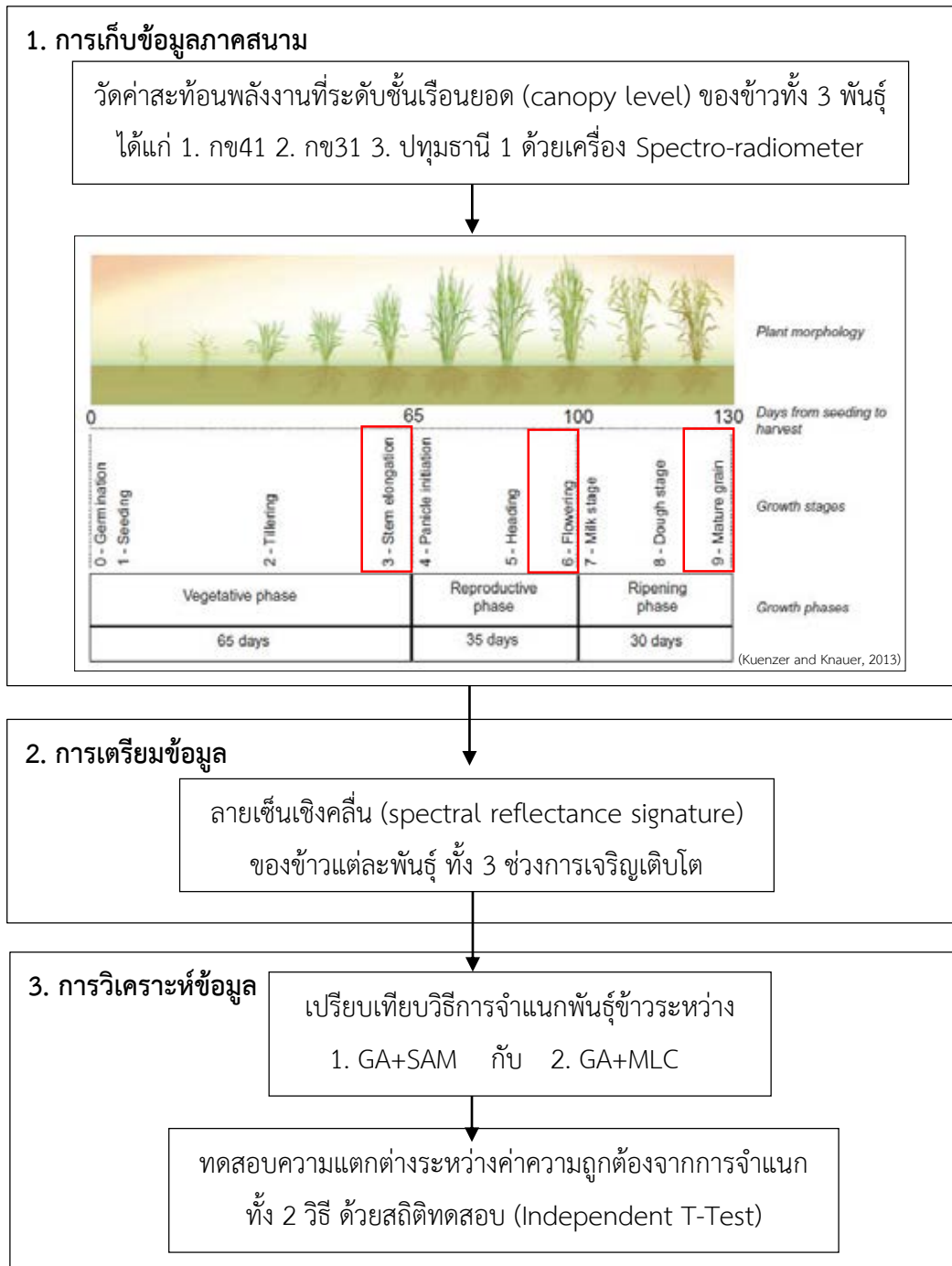
760051567



รูปที่ 3.3 ขั้นตอนการศึกษาในภาพรวม

3.3.1 ระดับภาคสนาม (Field level)

ในการศึกษาระดับภาคสนาม (Field level) มุ่งเน้นการจัดทำลายเซ็นเชิงคลื่น (Spectral signature) ของข้าวเจ้าทั้ง 3 พันธุ์ ได้แก่ ข้าวเจ้าพันธุ์ กข41 กข31 และปทุมธานี 1 ใน 3 ช่วงการเจริญเติบโต ได้แก่ 1. การเจริญเติบโตทางลำต้น 2. การเจริญเติบโตทางการสืบพันธุ์ และ 3. การเจริญเติบโตทางเมล็ด ซึ่งมีขั้นตอนแสดงดังรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 ขั้นตอนการศึกษาในระดับภาคสนาม (Field level)



3.3.1.1 การเก็บข้อมูลภาคสนาม (Data field collection)

แบ่งออกเป็น 2 ส่วน

1) การจัดทำลายเซ็นเชิงคลื่นของพันธุ์ข้าว

ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจภาคสนามประกอบด้วย ค่าการสะท้อนพลังงานของข้าวเจ้าทั้ง 3 พันธุ์ได้แก่ ข้าวเจ้าพันธุ์ กข41 กข31 (ปทุมธานี 80) และปทุมธานี 1 โดยใช้เครื่องวัดค่าการสะท้อนแสงแบบไฮเปอร์สเปกตรัล (Field Spectro-radiometer) รุ่น ASD FieldSpec® 3 ที่ได้รับความอนุเคราะห์จากสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน) สามารถตรวจวัดค่าการสะท้อนพลังงานระหว่างช่วงคลื่น 350 - 2500 nm (รายละเอียดของเครื่องแสดงดังตารางที่ 3.1) โดยจุดที่วัดค่าการสะท้อนพลังงานของนาข้าวแต่ละพันธุ์ มีจำนวน 30 แปลงๆ ละ 3 จุด (ต้น กลาง และท้ายแปลง) รวมทั้งสิ้น 90 จุดในแต่ละพันธุ์ ยกเว้นข้าวเจ้าพันธุ์กข41 ที่มีจำนวนตัวอย่าง 60 จุด เนื่องจากในช่วงการเก็บตัวอย่างสภาพอากาศมีปริมาณเมฆค่อนข้างมาก และมีลมค่อนข้างแรง ส่งผลทำให้ค่าการสะท้อนพลังงานผิดปกติ (outlier) ในแต่ละจุดจะวัดค่าการสะท้อนพลังงานของข้าวแต่ละพันธุ์ที่มุม Nadir position ที่ระดับความสูงเหนือชั้นเรือนยอด (Canopy level) 1 เมตร ซึ่งใช้ค่ามุมรับภาพ (Field of view ; FOV) เท่ากับ 25 องศา ครอบคลุมพื้นที่เส้นผ่านศูนย์กลาง (Diameter) 44.3 เซนติเมตร ทำการวัดค่าการสะท้อนพลังงานซ้ำ (Replication) จำนวน 30 ครั้งต่อจุด ค่าที่ได้ถูกบันทึกเป็นแบบ Raw DN (Digital Number) โดยก่อนการวัดในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างจะปรับเทียบ (Calibrate) ด้วยแผ่น White reference panel ทุกครั้ง

ตารางที่ 3.1 คุณสมบัติเฉพาะของเครื่อง Spectroradiometer รุ่น ASD FieldSpec® 3

Sensor	Wavelength (nm)	Spectral Resolution (nm)	Number of Bands
ASD FieldSpec®3	400-1,050	1.4	465
Spectroradiometer	1050-2,500	2	560

ที่มา: Analytical Spectral Devices; ASD, 2002

การเก็บข้อมูลภาคสนามครอบคลุมบริเวณบางส่วนของพื้นที่นาในเขตชลประทานใน 3 อำเภอ ประกอบด้วย 1. ตำบลไร่พัฒนา อำเภอมโนรมย์ (ตัวแทนข้าวเจ้าพันธุ์กข31) 2. ตำบลนางลือ อำเภอมะนัง (ตัวแทนข้าวเจ้าพันธุ์กข41) และ 3. ตำบลแพรกศรีราชา อำเภอสรรคบุรี (ตัวแทนข้าวเจ้าพันธุ์ปทุมธานี 1) จังหวัดชัยนาท โดยเริ่มเก็บข้อมูลระหว่างวันที่ 27 สิงหาคม



760051567

CU Thesais 5687782420 dissertation / recv: 06082562 03:48:43 / seq: 5

2559 ถึงวันที่ 20 พฤศจิกายน 2559 เพื่อให้ครอบคลุมช่วงการเจริญเติบโตของข้าวทั้ง 3 ช่วง ได้แก่ 1. ช่วงการเจริญเติบโตทางลำต้น (Vegetative phase) เลือกวัดในระยะแตกกอสูงสุด (Stem elongation) 2. ช่วงการเจริญเติบโตทางการสืบพันธุ์ (Reproductive phase) เลือกวัดในระยะออกดอก (Flowering) และ 3. ช่วงการเจริญเติบโตของเมล็ด (Ripening phase) เลือกวัดในระยะเมล็ดแก่เต็มที่ (Mature grain) ของข้าวเจ้าทั้ง 3 พันธุ์ ในช่วงเวลาตั้งแต่ 10.00-14.00 นาฬิกา (รายละเอียดแสดงดังตารางที่ 3.2)

ตารางที่ 3.2 ช่วงเวลาการเก็บข้อมูลภาคสนามของแปลงเกษตรกร

	0	31	45	52	59	73	80	87	101	115	Days
หวานข้าว	27 /ก.ค./2559	สำรวจช่วงที่ 1 27-28/ส.ค./2559	สำรวจช่วงที่ 1 10-11/ก.ย./2559	สำรวจช่วงที่ 1 17-18/ก.ย./2559	สำรวจช่วงที่ 2 24-25/ก.ย./2559	สำรวจช่วงที่ 2 08-09/ต.ค./2559	สำรวจช่วงที่ 2 15-16/ต.ค./2559	สำรวจช่วงที่ 3 22-23/ต.ค./2559	สำรวจช่วงที่ 3 05-06/พ.ย./2559	สำรวจช่วงที่ 3 19-20/พ.ย./2559	
พันธุ์		RD41	RD31	PT1	RD41	RD31	PT1	RD41	RD31	PT1	Rice varieties
	Stem elongation stage			Flowering stage			Mature grain stage			Growth stages	
	Vegetative phase				Reproductive phase			Ripening phase			Growth phases

หมายเหตุ เลือกแปลงเกษตรกรที่ปลูกข้าววันที่ 27 กรกฎาคม 2559

2) การจัดทำลายเซ็นเชิงคลื่นของข้าวเจ้าพันธุ์ กข41 ที่เป็นและไม่เป็นโรคขอบใบแห้ง ด้วยเครื่องวัดค่าการสะท้อนแสงแบบไฮเปอร์สเปกตรัล (Field Spectroradiometer)

ใช้วิธีการปลูกเชื้อสาเหตุโรค (artificial inoculation) ในแปลงปักดำขนาด 3 x 30 เมตร ระยะปลูก 25 x 25 เซนติเมตร ภายในศูนย์วิจัยข้าวชัยนาท โดยใช้ข้าวพันธุ์ กข41 ซึ่งเป็นพันธุ์อ่อนแอต่อโรคขอบใบแห้ง ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 16-20-0 อัตรา 30 กิโลกรัมต่อไร่ ก่อนปักดำ 1 วัน และใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ หลังปักดำ 30 วัน ปลูกเชื้อแบคทีเรีย *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* สาเหตุโรคขอบใบแห้ง หลังปักดำ 3 - 7 อาทิตย์ ในการศึกษาครั้งนี้เลือกปลูกเชื้อที่ข้าวอายุ 50 วัน หรือ ระยะข้าวแตกกอสูงสุด โดยใช้กรรไกรจุ่มสารละลาย



เชื้อแบคทีเรียแล้วตัดปลายใบข้าวออก 1 – 2 นิ้ว (clipping method) ปลุกเชื้อจำนวน 5 แถว โดยตัด แถวละ 5 กอๆ ละประมาณ 5-10 ใบ (รายละเอียดดังภาคผนวก ข)

ทั้งนี้รายละเอียดและวิธีการเก็บข้อมูลเหมือนกับหัวข้อการจัดทำลายเซ็นเชิงคลื่น ของพันธุ์ข้าว โดยจำนวนตัวอย่างของข้าวเจ้าพันธุ์ กข41 ที่เป็นและไม่เป็นโรคขอบใบแห้ง เลือกเก็บ ตัวอย่างละ 3 จุดๆ ละ 30 ซ้ำ ด้วยเครื่องวัดค่าการสะท้อนแสงแบบไฮเปอร์สเปกตรัล (Spectroradiometer) รุ่น ASD FieldSpec® 3 หลังจากปลุกเชื้อ (inoculate) แบคทีเรีย *X. oryzae* pv. *oryzae* ลงบนต้นข้าวพันธุ์ กข41 (ข้าวอายุ 50 วัน) ทุกๆ 7 วัน ทั้งหมดจำนวน 5 ครั้ง จนถึงระยะเก็บเกี่ยว เพื่อเปรียบเทียบลายเซ็นเชิงคลื่นของข้าวเจ้าพันธุ์ กข41 ที่เป็นและไม่เป็นโรค ขอบใบแห้ง ซึ่งในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ได้รับความอนุเคราะห์การปลุกเชื้อ ประเมินเปอร์เซ็นต์พื้นที่ที่ถูก ทำลาย (%incidence) และประเมินความรุนแรงของโรคเป็นพื้นที่สีเขียวที่ถูกทำลาย (%severity) ตามระบบของ Standard Evaluation System for Rice (SES) จากคุณดวงกมล บุญช่วยและ เจ้าหน้าที่ดูแลแปลงทดลองจากศูนย์วิจัยข้าวชัยนาท รายละเอียดดังตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 ช่วงเวลาการเก็บข้อมูลภาคสนามภายในแปลงทดลองศูนย์วิจัยข้าวชัยนาท

	0	21	50	57	64	71	78	85	Days
ตกกล้า	07 /ก.ค./2559								
ปักดำ		27 /ก.ค./2559							
ปลุกเชื้อ			26 /ส.ค./2559						
สำรวจครั้งที่ 1				05/ก.ย./2559					
สำรวจครั้งที่ 2					12/ก.ย./2559				
สำรวจครั้งที่ 3						19/ก.ย./2559			
สำรวจครั้งที่ 4							26/ก.ย./2559		
สำรวจครั้งที่ 5								03/ต.ค./2559	
	Vegetative phase				Reproductive phase			Ripening phase	Growth phases

หมายเหตุ ปลุกเชื้อวันที่ 26 สิงหาคม 2559 (เมื่ออายุข้าวได้ 50 วัน)

3.3.1.2 การเตรียมข้อมูล (Data preparation)

ขั้นตอนการจัดเตรียมข้อมูลก่อนการวิเคราะห์มีขั้นตอน ดังนี้

1. แปลงค่า Raw DN ที่ได้จากเครื่อง Spectroradiometer เป็นค่าการสะท้อนรังสี (Reflectance) ของข้าวแต่ละพันธุ์ รวมถึงข้าวเจ้าพันธุ์ กข41 ที่เป็นและไม่เป็นโรคขอบใบแห้ง ที่บันทึกได้จากภาคสนาม ด้วยซอฟต์แวร์ ViewSpec Pro
2. วิเคราะห์ค่าเฉลี่ยการสะท้อนรังสี (Reflectance) จากจำนวน 30 ครั้งต่อจุด ให้เหลือเพียงค่าเดียว เพื่อใช้เป็นตัวแทนค่าการสะท้อนเชิงคลื่นของแต่ละจุดตัวอย่าง

3. ลดค่าสัญญาณรบกวน (Noise) ให้กับข้อมูล โดยใช้วิธี Savitzky-Golay Filtering ด้วยซอฟต์แวร์ SAMS ในการศึกษาครั้งนี้เลือกใช้ตัวกรองขนาด (Filter size) 4-0

4. กำจัดค่าการสะท้อนพลังงานที่เกิดจากอิทธิพลของการดูดกลืนน้ำในใบพืช (Water absorption bands) ทั้งหมด 3 ช่วงคลื่น ได้แก่ ช่วงคลื่น 1355 – 1450 nm, 1800-1950 nm และ 2420 – 2500 nm

3.3.1.3 การวิเคราะห์ข้อมูล (Data analysis)

การจำแนกข้าวเจ้าพันธุ์ข41 กข31 และปทุมธานี 1 โดยอาศัยการคัดเลือกช่วงคลื่นที่เหมาะสมจากข้อมูลเครื่องวัดค่าการสะท้อนแสงแบบไฮเปอร์สเปกตรัล

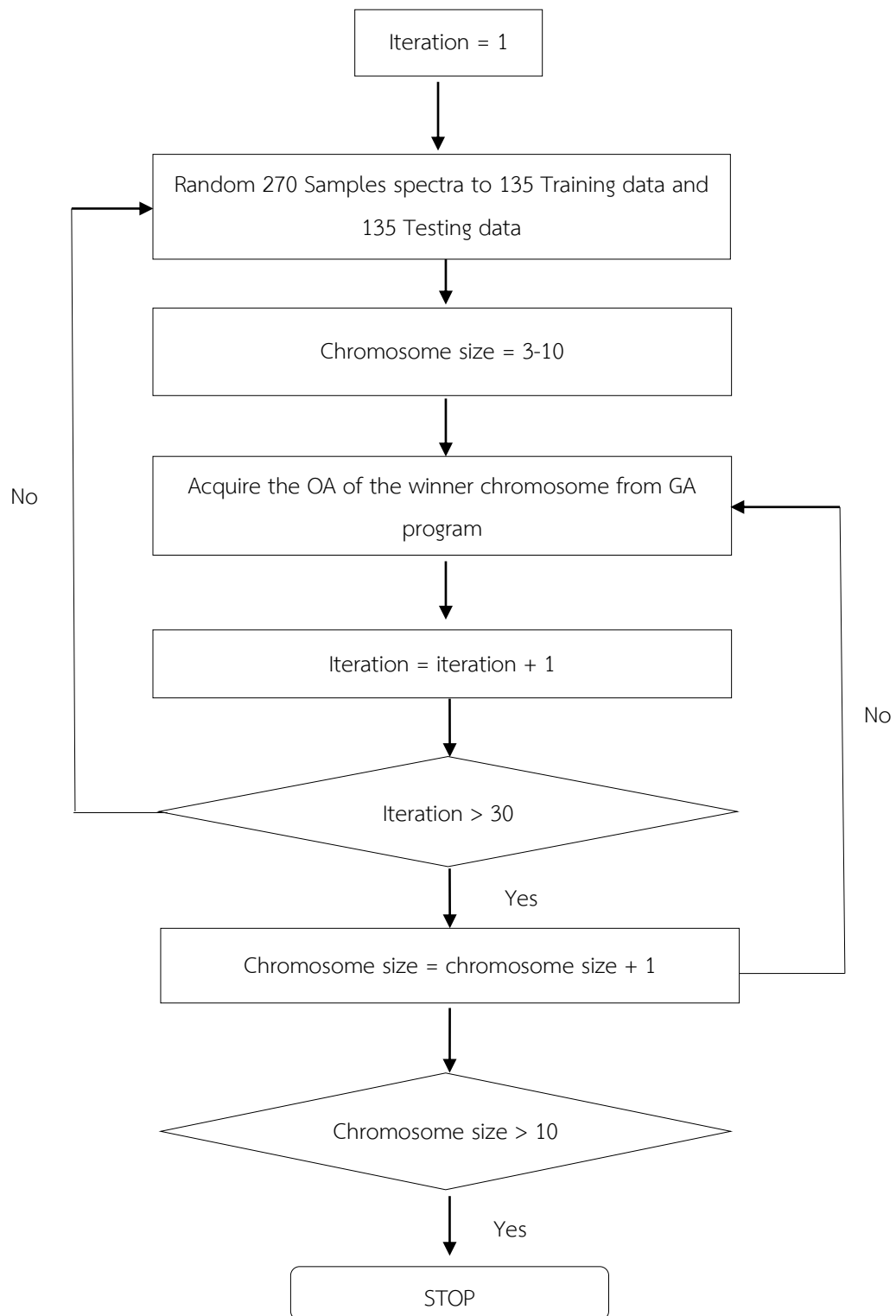
การศึกษานี้เลือกใช้วิธีเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm: GA) ร่วมกับวิธีสเปกตรัลแองเกิลแมปเปอร์ (Spectral Angle Mapper: SAM) เปรียบเทียบกับวิธีเชิงพันธุกรรมร่วมกับวิธีความน่าจะเป็นไปได้สูงสุด (Maximum likelihood Classifier: MLC) โดยในขั้นตอนการทำงานของ GA ผู้วิจัยทดลองเปลี่ยนขนาดโครโมโซมระหว่าง 3 ถึง 10 โครโมโซม เป็นจำนวน 30 ครั้งในแต่ละขนาดของโครโมโซม เพื่อคัดเลือกช่วงคลื่นที่เหมาะสม จาก 2151 ช่วงคลื่น (ระหว่างช่วงคลื่น 350 - 2500 นาโนเมตร) ในการจำแนกข้าวเจ้าพันธุ์ข41 กข31 และปทุมธานี 1 ด้วยข้อมูลที่ได้จากเครื่องวัดค่าการสะท้อนแสงแบบไฮเปอร์สเปกตรัล (Field Spectro-radiometer) ซึ่งรายละเอียดแสดงดังผังงานในรูปที่ 3.5

เพื่อเป็นการยืนยันผลที่ได้จากการทดลองจะมีการสุ่มตัวอย่างจากตัวอย่าง 270 ตัวอย่างออกเป็นข้อมูลในการสอน 135 ตัวอย่างและข้อมูลในการทดสอบ 135 ตัวอย่าง โดยจะทำการสุ่มข้อมูลใหม่ทุกๆ ครั้ง เป็นจำนวน 30 ครั้งต่อหนึ่งรอบของการเปลี่ยนขนาดของโครโมโซม เมื่อทำการสุ่มตัวอย่างเรียบร้อยแล้วจะเข้าสู่กระบวนการคัดเลือกช่วงคลื่นด้วยวิธีเชิงพันธุกรรม โดยในแต่ละโครโมโซมจะถูกนำมาหาค่าความเหมาะสม ซึ่งในที่นี้ใช้ค่าความถูกต้องโดยรวม (OA) ในการจำแนกข้อมูลการสอนในแต่ละรอบ (ใน 30 รอบ) โครโมโซมที่มีค่าความเหมาะสมมากที่สุดจะถูกรายงานและนำมาหาค่าความถูกต้องโดยรวม ในการจำแนกจากข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบ จากนั้นทำการเฉลี่ยค่าความถูกต้องโดยรวมของข้อมูลทดสอบเพื่อหาขนาดโครโมโซมที่เหมาะสมต่อไป



760051567

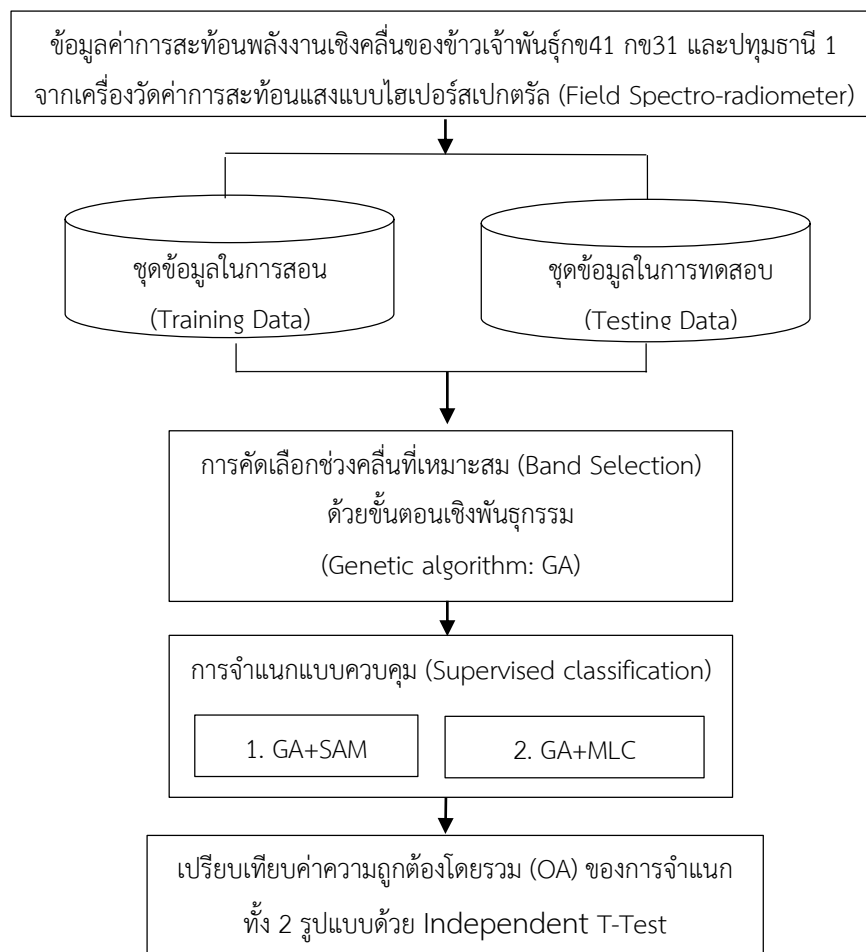
CD :Thesis 5687782420 dissertation / rev: 06082562 03:48:43 / seq: 5



รูปที่ 3.5 ผังงานแสดงการหาขนาดโครโมโซมที่เหมาะสมด้วยวิธีเชิงพันธุกรรม



เมื่อคัดเลือกจำนวนช่วงคลื่นหรือขนาดโครโมโซมที่เหมาะสมในการจำแนกได้แล้ว ค่าความถูกต้องโดยรวมของข้อมูลทดสอบทั้ง 30 ค่าในขั้นตอนข้างต้น จะถูกนำมาเปรียบเทียบกับผลที่ได้จากการจำแนกด้วยวิธี GA ร่วมกับ MLC โดยผลลัพธ์ที่ได้จากวิธีการทั้งสองจะถูกนำมาเปรียบเทียบเพื่อทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างที่อิสระต่อกัน (Independent T-Test) โดยสามารถเขียนรายละเอียดขั้นตอนเป็นแผนผังการทำงานดังรูปที่ 3.6

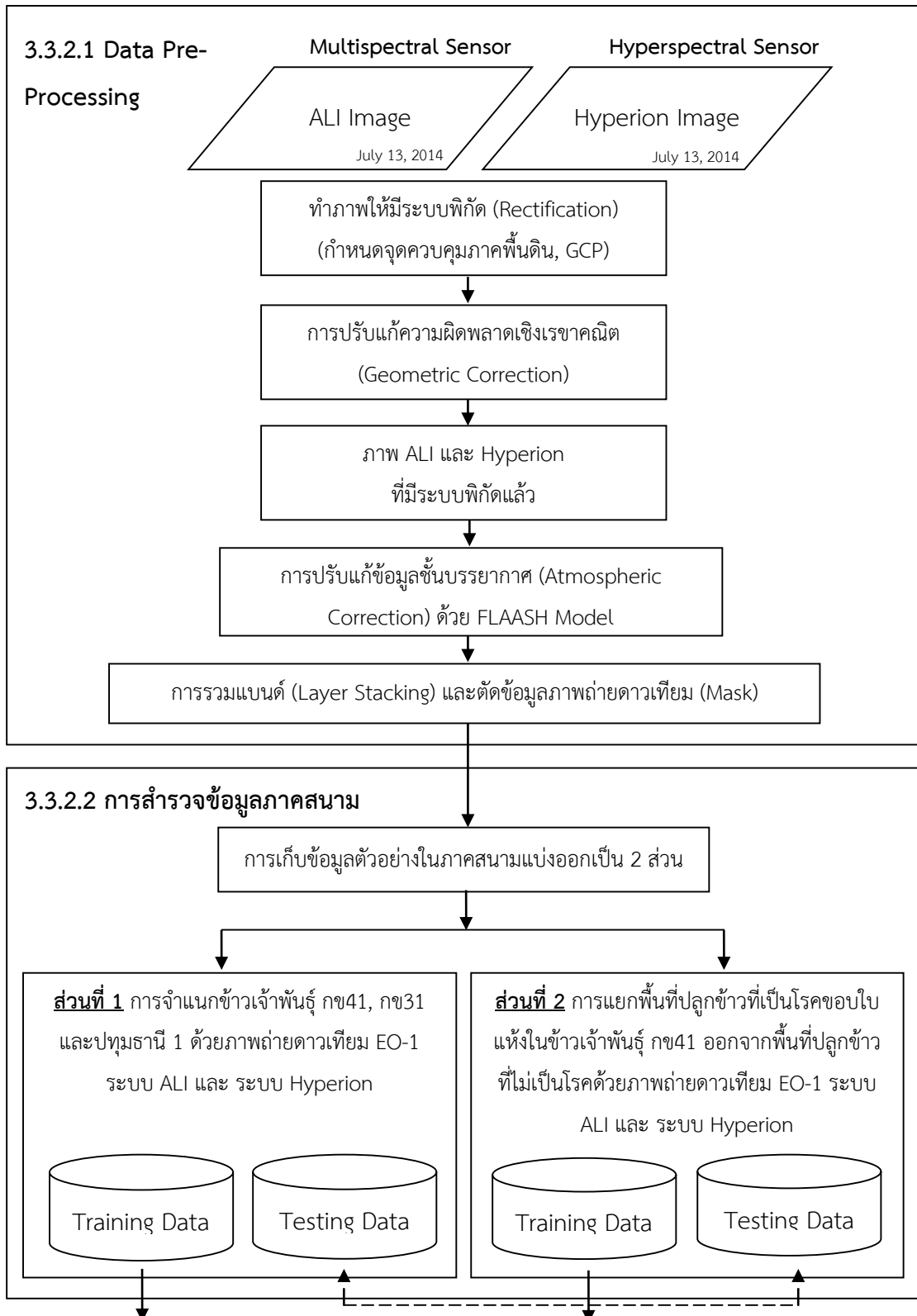


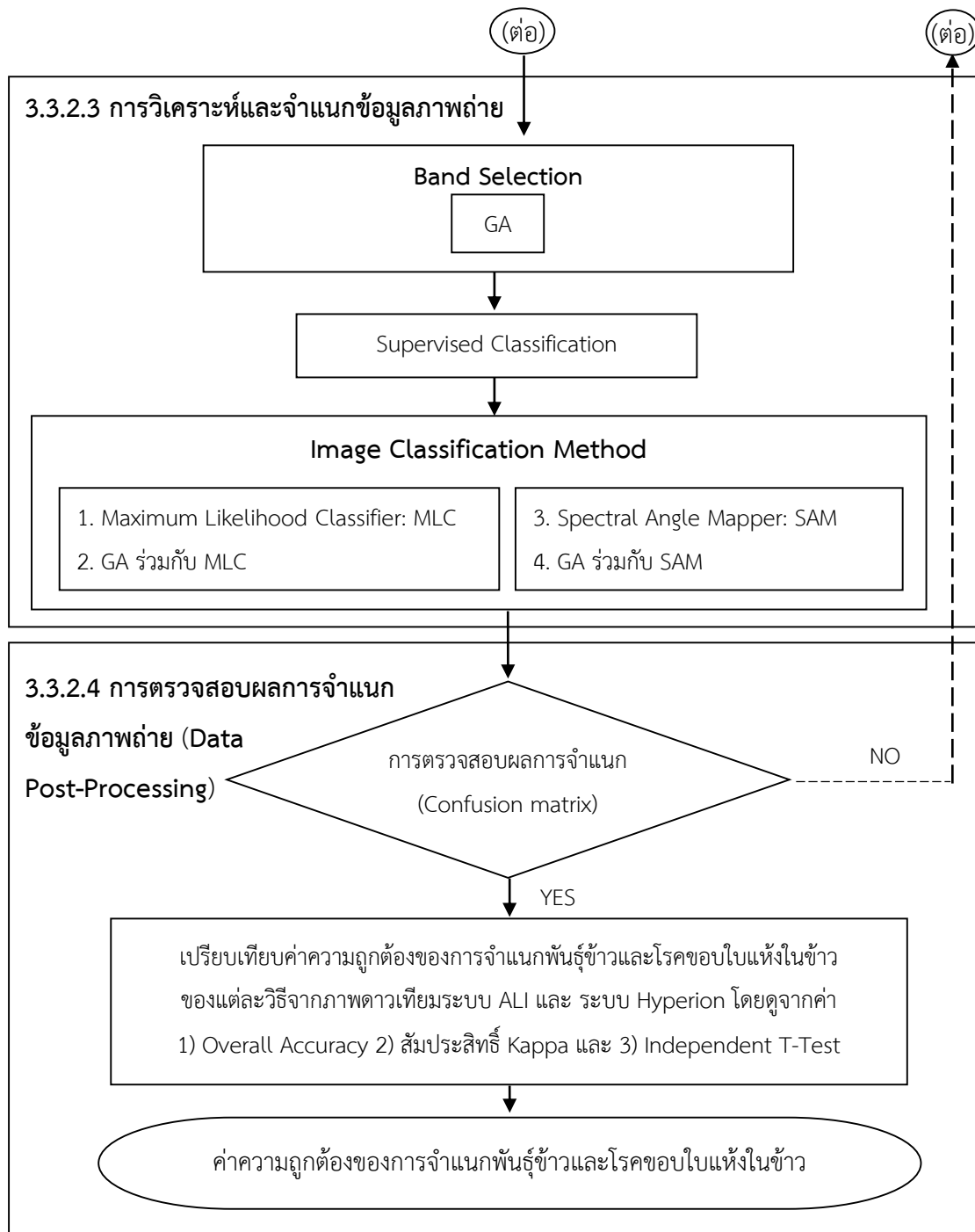
รูปที่ 3.6 ขั้นตอนการทำงาน

3.3.2 ระดับดาวเทียม (Satellite level)

ในการศึกษาครั้งนี้มุ่งเน้นการเปรียบเทียบค่าความถูกต้องของการจำแนกพันธุ์ข้าวและโรคขอบใบแห้งในข้าวที่ได้จากข้อมูลการรับรู้จากระยะไกลแบบมัลติสเปกตรัลจากภาพถ่ายดาวเทียม EO-1 ระบบ Advance Land Image (ALI) เปรียบเทียบกับค่าความถูกต้องของการจำแนกพันธุ์ข้าวและโรคขอบใบแห้งในข้าวที่ได้จากข้อมูลการรับรู้จากระยะไกลแบบไฮเปอร์สเปกตรัลจากภาพถ่าย

ดาวเทียม EO-1 ระบบ Hyperion โดยผลการจำแนกแต่ละวิธีจะถูกเปรียบเทียบความถูกต้องของการจำแนกด้วยข้อมูลภาคสนาม ลำดับขั้นตอนโดยรวมของการศึกษาในระดับดาวเทียม แสดงดังรูปที่ 3.7





รูปที่ 3.7 ขั้นตอนการศึกษาในระดับดาวเทียม (Satellite level)

3.3.2.1 การจัดหาข้อมูลและการประมวลผลเบื้องต้น (Data preprocessing and acquisition)

ในการศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยได้ใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม 2 ระบบคือ ระบบ ALI และ ระบบ Hyperion ในการจำแนกพันธุ์ข้าวและโรคขอบใบแห้งในข้าว โดยสืบค้นผ่านระบบค้นหาข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม EO-1 ระบบ ALI และ ระบบ Hyperion ผ่านเว็บไซต์ <http://earthexplorer.usgs.gov/> ของ United States Geological Survey: USGS การวิจัยในครั้งนี้ใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม EO-1 ระบบ ALI และ EO-1 ระบบ Hyperion (path 129 row 49) บันทึกภาพเมื่อวันที่ 13 กรกฎาคม 2557 เวลา 10.00 น. โดยในการศึกษาครั้งนี้ได้คัดเลือกช่วงคลื่นของภาพถ่ายดาวเทียม EO-1 ระบบ Hyperion ที่มีสัญญาณมาใช้วิเคราะห์ข้อมูลจำนวน 198 ช่วงคลื่น จากจำนวนทั้งหมด 242 ช่วงคลื่น และภาพถ่ายดาวเทียม EO-1 ระบบ ALI จำนวน 9 ช่วงคลื่น (ยกเว้นช่วงคลื่น Panchromatic : PAN) จากทั้งหมด 10 ช่วงคลื่น

โดยมีรายละเอียดของขั้นตอนการประมวลผลเบื้องต้น ดังนี้

1) การทำจุดควบคุมภาคพื้นดิน (Ground Control Point)

การปรับแก้ค่าความถูกต้องของภาพถ่ายดาวเทียมจำเป็นต้องกำหนดจำนวนจุดควบคุมภาคพื้นดิน เพื่อให้เพียงพอต่อการคำนวณปรับแก้ค่าความถูกต้อง จากการศึกษาของ Gao J. (2009) ได้ใช้แบบจำลองโพลีโนเมียลลำดับที่สอง (2^{nd} order polynomial model) ในการคำนวณจำนวนจุดควบคุมภาคพื้นดิน พบว่า จำนวนจุดควบคุมภาคพื้นดินขั้นต่ำเพื่อให้เพียงพอต่อการคำนวณปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงเรขาคณิตของภาพถ่ายดาวเทียมที่ยังไม่มีระบบพิกัด อย่างน้อยควรมี 6 จุดขึ้นไป โดยในการศึกษาครั้งนี้ได้กำหนดจุดควบคุมภาคพื้นดินจำนวน 6 จุด ในพื้นที่ศึกษาระหว่างวันที่ 23-25 กรกฎาคม 2557 โดยใช้เครื่องรับสัญญาณดาวเทียม รุ่น eTrex Vista HCx ด้วยวิธีการหาตำแหน่งแบบสมบูรณ์ (Absolute positioning method)

2) การปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงเรขาคณิต (Geometric correction)

ขั้นตอนการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงเรขาคณิตมีความสำคัญเป็นอย่างมากต่อการจำแนกประเภทข้อมูล ดังนั้นจำเป็นต้องทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุดเพื่อให้ตำแหน่งบนข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมตรงกับตำแหน่งในพื้นที่จริง หากว่าข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ทำการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงเรขาคณิตมีความคลาดเคลื่อนมาก จะทำให้เกิดผลเสียต่อการจำแนก คือ เมื่อกำหนด Ground truth บนพื้นที่จริงจะไม่ตรงกับ Training area บนข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมทำให้เกิดความผิดพลาดในการจำแนกประเภทได้

ทำการปรับแก้ความผิดพลาดเชิงเรขาคณิตของข้อมูลภาพจากดาวเทียม EO-1 ด้วยวิธีการภาพเริ่มต้นไปยังภาพอ้างอิง (Image to Image Rectification) โดยอาศัยจุดควบคุมทางภาคพื้นดินของกรมแผนที่ทหารเพื่อแปลงค่าพิกัดภาพระหว่างตำแหน่งของจุดภาพบนภาพถ่ายดาวเทียม



และแผนที่ภูมิประเทศของกรมแผนที่ทหารที่นำมาใช้อ้างอิงให้เป็นตำแหน่งเดียวกันในระบบพิกัดอ้างอิง คือ ระบบ UTM WGS 1984 Zone 47 โดยใช้สมการความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งของวัตถุแบบโพลีโนเมียล ลำดับที่ 2 และการสุ่มตัวอย่างค่าความสว่างให้กับภาพใหม่ (Resampling) ด้วยวิธีตำแหน่งที่ใกล้ที่สุด (Nearest Neighbor) โดยใช้จุดควบคุมภาพจำนวน 6 จุดให้ค่าความคลาดเคลื่อนในการปรับแก้ (Root Mean Square Error, RMSE) เท่ากับ 0.18 จุดภาพ

3) การปรับแก้ข้อมูลชั้นบรรยากาศ (Atmospheric correction)

การปรับแก้ข้อมูลชั้นบรรยากาศด้วยแบบจำลอง Fast Line of Sight atmospheric Analysis of Spectral Hypercube (FLAASH) ในโปรแกรม ENVI ซึ่งใช้พื้นฐานแบบจำลองการถ่ายรังสีของชั้นบรรยากาศแบบ MODTRAN-4 โดยภาพถ่ายดาวเทียมดังกล่าวได้ทำการกำหนดพิกัดภูมิศาสตร์ ระบบพื้นหลักฐานอ้างอิงแบบ WGS 1984 Zone 47 north โดยมีรายละเอียดของค่าพารามิเตอร์ในแบบจำลอง FLAASH แสดงดังตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4 ค่าพารามิเตอร์สำหรับปรับแก้ค่าการสะท้อนช่วงคลื่นอินฟราเรดจากชั้นบรรยากาศของข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม EO-1 โดยใช้ FLAASH Model

No	Input parameters		Remarks
1	Pixel size	30m X 30m	As per the data description of Hyperion
2	Ground elevation (avg elevation)	0.03 km above MSL	Calculated based on the SRTM data of the image area
3	Scene centre Latitude/Longitude	13°40'02.31" N 99°51'28.62" E	Provided in the header file of the dataset
4	Sensor altitude	705 km	As per the data description of Hyperion
5	Visibility	0.097 to 0.704 Aerosol Optical Thickness (unit less quantity)	As per the calculation for rural area and suggested range by Dasora et al. (2005)
6	Flight date & flight time	13.07.2014& 09:36:15-09:36:47	As provided in the header file of the image data

ตารางที่ 3.4 (ต่อ)

No	Input parameters		Remarks
7	Atmospheric model	Tropical (5119 std atm-cm)	Based in the seasonal latitude for Tropical region (FLAASH user guide)
8	Aerosol model	Rural (4.11 g/cm ²)	As per the authors knowledge rural is selected and the standard value applied to FLAASH model.
9	Water retrieval	1135 nm	Selected based on the spectral range of Hyperion image (356-2577nm)
10	Spectral polishing	Yes	Applied to minimize the effect of artifacts/spikes Advanced FLAASH parameters
Advanced FLAASH parameters			
11	Zenith angle	180	Provided with product description
12	Azimuth angle	73.35	Provided with product description
13	MODTRAN resolution	5 cm ⁻¹	As per the FLAASH user guide
14	MODTRAN multiscatter model	ISAACS	As per the FLAASH user guide
15	Output reflectance scale factor	10000	Recommended scale factor for floating-point into 2-byte integer data

ที่มา: FLAASH User's Guide (2009)



760051567

CU Thesais 5687782420 dissertation / recv: 06082562 03:48:43 / seq: 5

3.3.2.2 การสำรวจข้อมูลภาคสนาม (Ground survey)

ส่วนที่ 1 จำแนกพันธุ์ข้าว

ในการศึกษาครั้งนี้ได้กำหนดพื้นที่ตัวอย่างให้กับชนิดของพันธุ์ข้าวเจ้า ทั้งหมด 3 พันธุ์ ได้แก่ ข้าวเจ้าพันธุ์ กข41, กข31 และ ปทุมธานี 1 ซึ่งเป็นตัวแทนของพันธุ์ข้าวเบา (Early maturing rice) อายุของการเก็บเกี่ยว 90-100 วัน, ข้าวกลาง (Medium maturing rice) อายุของการเก็บเกี่ยว 105-115 วัน และข้าวหนัก (Late maturing rice) อายุของการเก็บเกี่ยว >120 วัน ตามลำดับ ร่วมกับข้อมูลทะเบียนเกษตรกร (จากสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร และเกษตรกรอำเภอ มโนรมย์ เมืองสรรคบุรี และหันคา) และแผนที่แปลงนา (จากสำนักงานชลประทานที่ 10 และ 12) เพื่อช่วยในการเก็บข้อมูลภาคสนาม

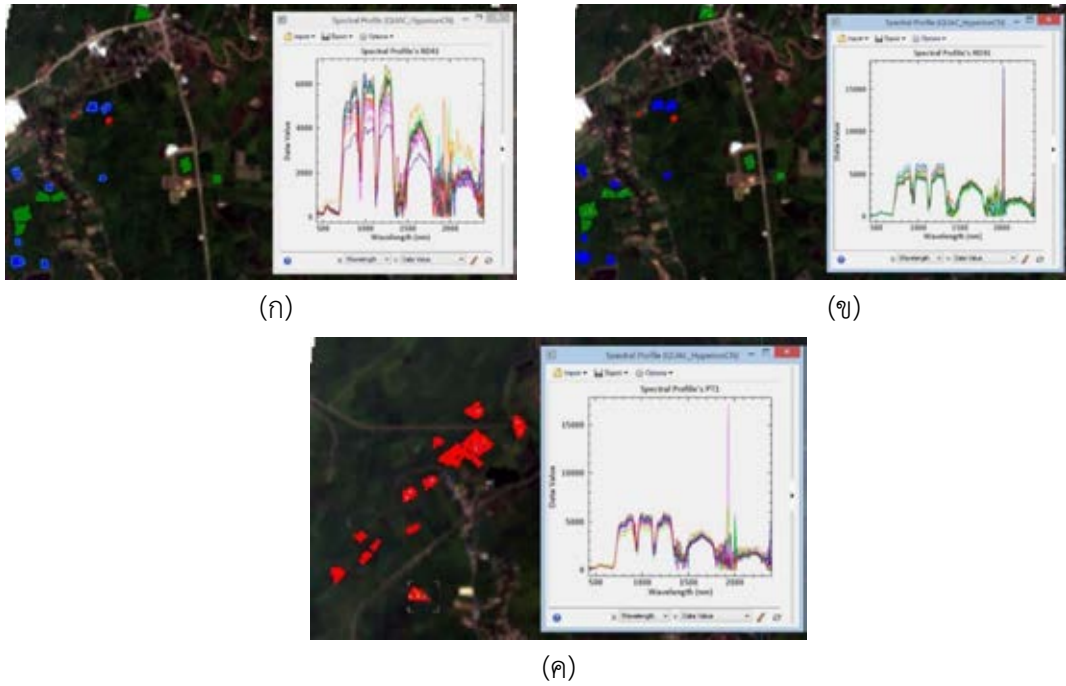
จำนวนจุดภาพตัวอย่าง

ในการเก็บข้อมูลตัวอย่างจะต้องมีจำนวนข้อมูลตัวอย่างให้เพียงพอตามหลักสถิติที่ใช้ในการจำแนกภาพดาวเทียมและต้องทำการเลือกตำแหน่งของการเก็บข้อมูลตัวอย่างแต่ละประเภทให้กระจายทั่วพื้นที่ศึกษา เพื่อให้ได้ตัวแทนข้อมูลที่หลากหลาย ครอบคลุมพื้นที่ศึกษาทั้งหมด ไม่ควรเป็นข้อมูลที่มาจกพื้นที่ตำแหน่งเดียว โดยในการศึกษาครั้งนี้ใช้คำแนะนำของ Congalton and Green (2009) ที่แนะนำไว้ว่าควรจะมีจุดภาพตัวอย่าง 30 จุดภาพต่อ 1 ประเภทของการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน (Congalton and Green, 2009)

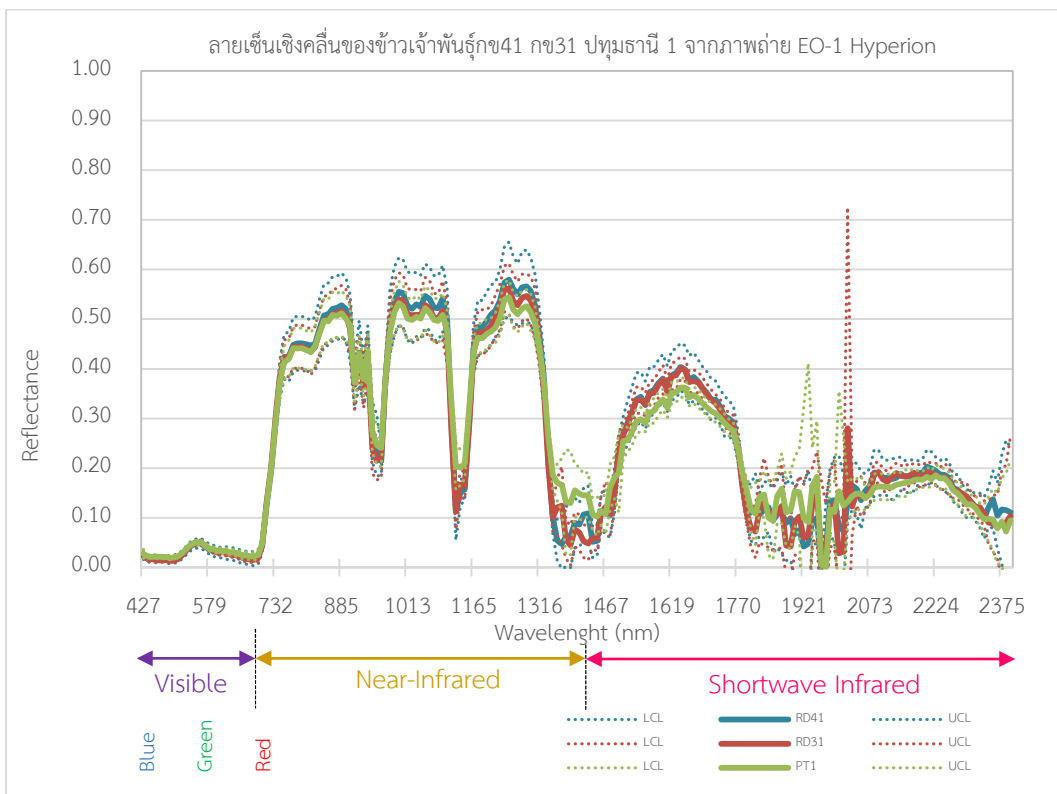
จากนั้นนำจำนวนจุดตัวอย่างที่ได้ไปสุ่มหาตำแหน่งที่จะทำการสำรวจ โดยใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบแบ่งชั้น (Stratified random sampling) เพื่อกำหนดพื้นที่ตัวอย่าง (Training data) และพื้นที่ทดสอบ (Testing data) ในการจำแนกพันธุ์ข้าว ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ได้กำหนดขนาดของแต่ละแปลงตัวอย่าง (Point) มีขนาดเท่ากับ 3X3 Pixel (1 pixel ของภาพ Hyperion และ ALI มีความละเอียด 30x30 เมตร) ดังตารางที่ 3.5

ตารางที่ 3.5 จำนวนแปลงตัวอย่างและแปลงทดสอบของพันธุ์ข้าวที่ใช้ในการศึกษา

ID	Rice Varieties	Training Data (Pixel)	Testing Data (Pixel)
RD41	RD 41 (ข้าวเบา)	227	306
RD31	RD31 (PathumThani 80) (ข้าวกลาง)	215	332
PT1	PathumThani 1 (ข้าวหนัก)	228	318
Total		670	956



รูปที่ 3.8 (ก) ลายเซ็นเชิงคลื่นของข้าวพันธุ์กข41 (ข) ข้าวพันธุ์กข31 และ (ค) ข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 จากภาพถ่ายดาวเทียม EO-1ระบบ Hyperion



รูปที่ 3.9 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของลายเซ็นเชิงคลื่นของข้าวพันธุ์กข41 (ข) ข้าวพันธุ์กข31 และ (ค) ข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 จากภาพถ่ายดาวเทียม EO-1 ระบบ Hyperion

ส่วนที่ 2 แยก (Separation) พื้นที่ปลูกข้าวที่เป็นและไม่เป็นโรคขอบใบแห้ง

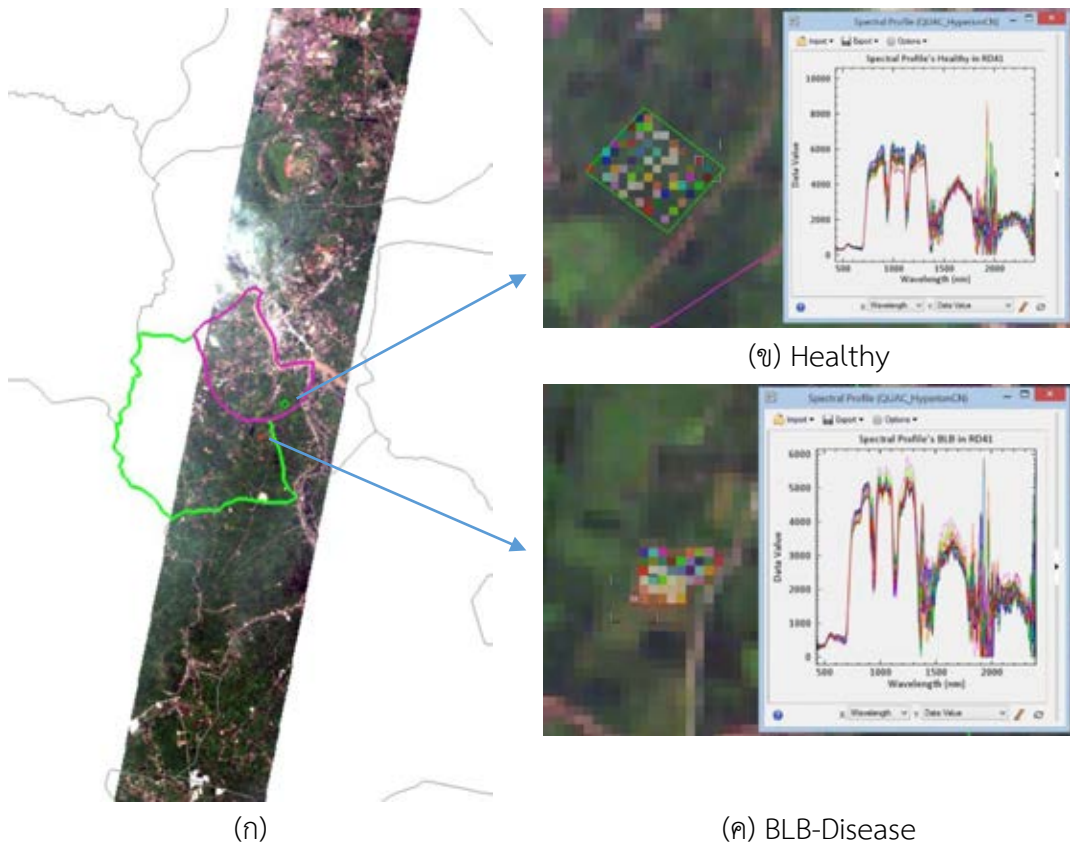
บันทึกค่าจุดกึ่งกลางแปลงตัวอย่าง โดยใช้เครื่องรับสัญญาณดาวเทียม GPS ชนิดพกพาี่ห้อ Garmin GPS รุ่น eTrex Vista HCx ในการระบุตำแหน่งบริเวณแปลงที่เป็นโรคและไม่เป็นโรคขอบใบแห้ง ในการศึกษาที่ใช้การบันทึกค่าจุดกึ่งกลางแปลงตัวอย่างที่ปรับแก้ความถูกต้องโดยใช้หลักการ DGPS (Differential GPS) ซึ่งใช้เครื่องรับสัญญาณดาวเทียม GPS แบบพกพาจำนวน 2 เครื่อง เรียกว่า Pseudorange-based Difference GPS (เฉลิมชนม์ สติระพจน์, 2552) สำหรับข้อมูลที่ใช้เป็นข้อมูลต้นแบบจากภาคสนามจะใช้การวนข้อมูล (Rotation) เพื่อสร้างข้อมูลใหม่จำนวน 30 ชุดทั้งข้อมูลพื้นที่ตัวอย่าง (Training Data) และข้อมูลพื้นที่ทดสอบ (Testing Data) เพื่อลดความลำเอียงของข้อมูลในขั้นตอนการจำแนกและเป็นตัวแทนทางสถิติที่มีลักษณะการกระจายแบบปกติ (สมพร สว่างศ์, 2552) โดยข้อมูลที่มีการวน 1 ชุดจะถูกแบ่งออกเป็นข้อมูลพื้นที่ตัวอย่างและข้อมูลพื้นที่ทดสอบจำนวนเท่ากัน โดยผลการจำแนกจะทำการเปรียบเทียบความถูกต้องกับข้อมูลทดสอบในชุดเดียวกัน ดังตารางที่ 3.6

ตารางที่ 3.6 จำนวนแปลงตัวอย่างและแปลงทดสอบของโรคขอบใบแห้งในข้าวที่ใช้ในการศึกษา

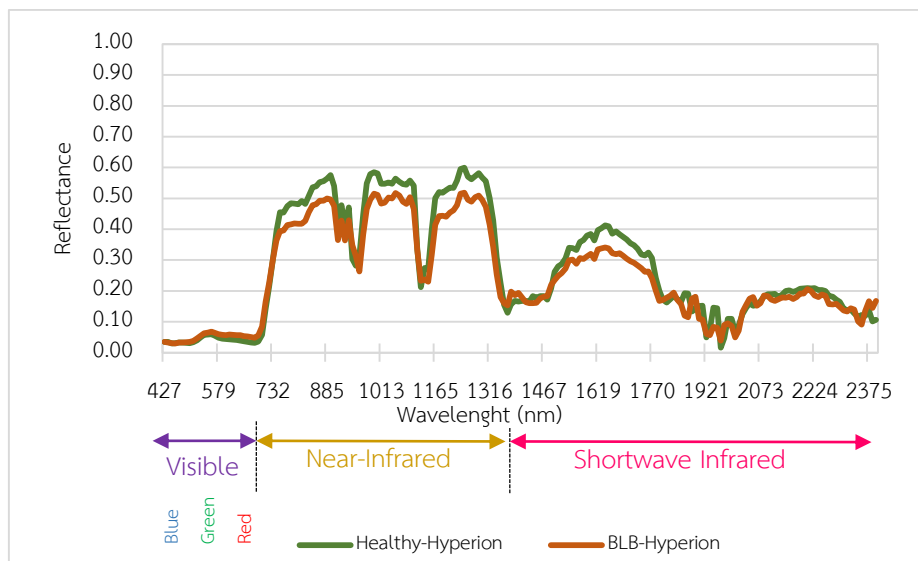
ชื่อพันธุ์ข้าว	ข้าวเจ้าสายพันธุ์	Training Data (Pixel)	Testing Data (Pixel)
ข้าวเจ้าพันธุ์ กข41 (บริเวณที่เป็นโรค)	CNT96028-21-1- PSL-1-1	20	23
ข้าวเจ้าพันธุ์ กข41 (บริเวณที่ไม่เป็นโรค)	CNT96028-21-1- PSL-1-1	30	30
รวม		50	53



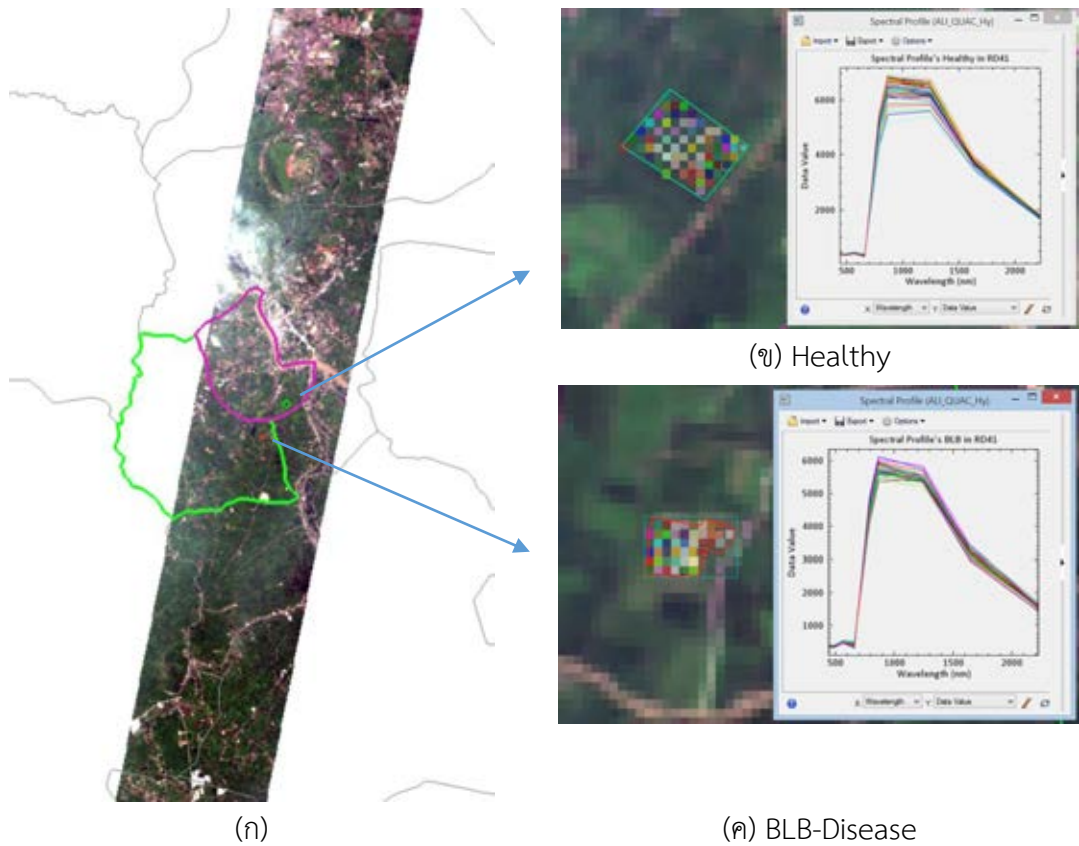
760051567



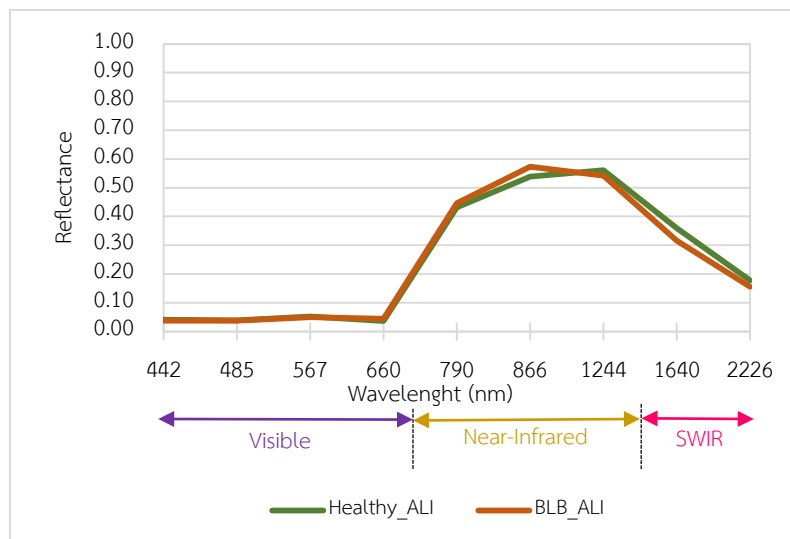
รูปที่ 3.10 (ก) ภาพถ่ายดาวเทียม EO-1 Hyperion บริเวณตำบลนางลือ-ท่าชัย จังหวัดชัยนาท (ข) แปลงนาเกษตรกรที่สำรวจพบว่าไม่เป็นโรค และ (ค) เป็นโรคขอบใบแห้งในข้าวเจ้าพันธุ์ กข41 แสดงผลด้วยภาพสีจริง Band 29-20-12 (R_{641nm}-R_{549nm}-R_{468nm})



รูปที่ 3.11 ค่าการสะท้อนในแต่ละช่วงคลื่นของข้าวพันธุ์ กข41 (RD41) บริเวณที่เป็นโรคและไม่เป็นโรคขอบใบแห้ง จากภาพถ่ายดาวเทียม Hyperion

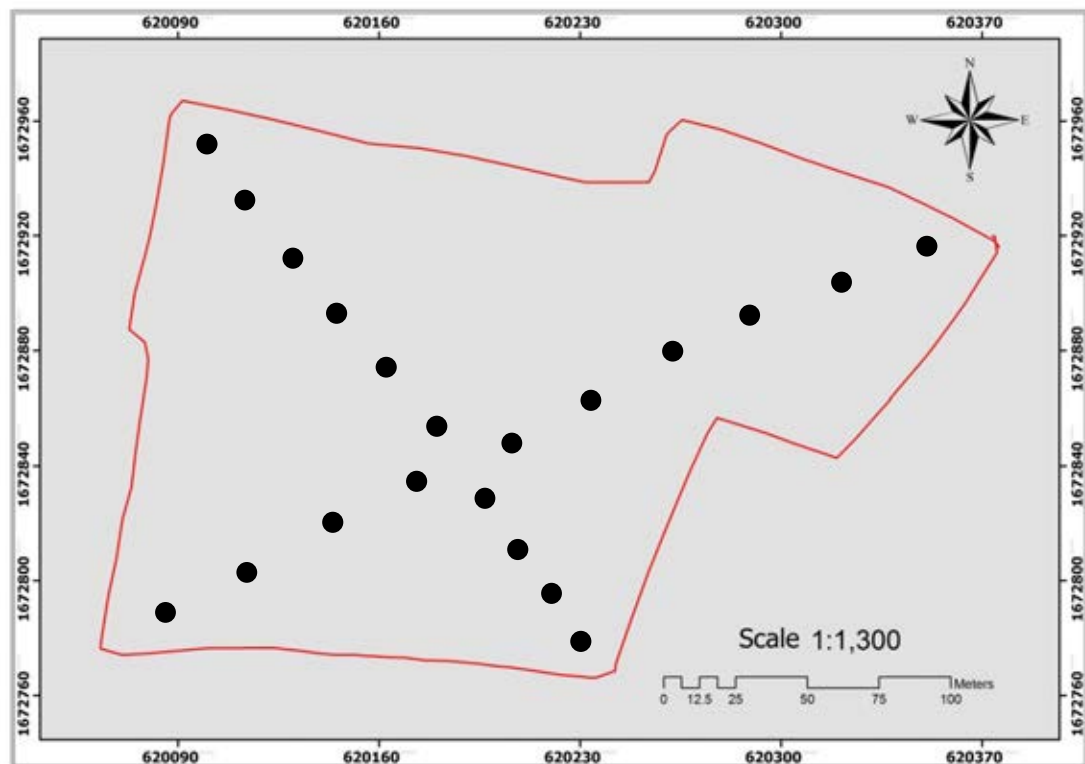


รูปที่ 3.12 (ก) ภาพถ่ายดาวเทียม EO-1 ALI บริเวณตำบลนางสี้อ-ท่าชัย จังหวัดชัยนาท (ข) แปลงนาเกษตรกรที่สำรวจพบว่าไม่เป็นโรค และ (ค) เป็นโรคขอบใบแห้งในข้าวเจ้าพันธุ์ กข41 แสดงผลด้วยภาพสีผสมจริง Band 3-2-1 (R_{660nm}-R_{567nm}- R_{485nm})



รูปที่ 3.13 ค่าการสะท้อนในแต่ละช่วงคลื่นของข้าวพันธุ์ กข41 (RD41) บริเวณที่เป็นโรคและไม่เป็นโรคขอบใบแห้ง จากภาพถ่ายดาวเทียม ALI

สำหรับการสำรวจแปลงเกษตรกรที่มีการระบาดของโรคขอบใบแห้งในข้าวนั้น
สำรวจร่วมกับเจ้าหน้าที่ศูนย์วิจัยข้าวชัยนาท โดยประเมินการเกิดโรคด้วยสายตาเป็นเปอร์เซ็นต์พื้นที่
ที่ถูกทำลาย (%incidence) และประเมินความรุนแรงของโรคเป็นพื้นที่สีเขียวที่ถูกทำลาย
(%severity) ตามวิธี Standard Evaluation System for Rice (SES) ของสถาบันวิจัยข้าวระหว่าง
ประเทศ (International Rice Research Institute: IRRI) (IRRI, 1988) โดยเดินตามเส้นทแยงมุม 2
เส้น เส้นละ 10 จุด รวม 20 จุด /แปลง (กองวิจัยและพัฒนาข้าว, 2559) ดังรูปที่ 3.14 จากนั้นบันทึก
พันธุ์ข้าวที่เป็นโรค พิกัดแปลงที่สำรวจ ระยะการเจริญเติบโตของข้าวที่พบอาการคิดเป็นเปอร์เซ็นต์
เฉลี่ยของพื้นที่ที่ถูกทำลาย (%incidence) และระดับความรุนแรงของพื้นที่สีเขียวที่ถูกทำลาย
(%severity)



รูปที่ 3.14 แผนผังการสำรวจความรุนแรงของโรคขอบใบแห้งในข้าวของพื้นที่ศึกษา

3.3.2.3 การจำแนกข้อมูลภาพดาวเทียม (Image Classification)

ในขั้นตอนนี้จะทำการจำแนกข้อมูลจากดาวเทียมโดยใช้วิธีการจำแนกแบบ
ควบคุม (Supervised Classification) เป็นวิธีการจำแนกประเภทข้อมูลที่มีผู้วิเคราะห์ต้องกำหนดพื้นที่
ข้อมูลตัวอย่างของแต่ละประเภทข้อมูลให้กับคอมพิวเตอร์เพื่อนำค่าความสว่างของพื้นที่ตัวอย่างไป
คำนวณหาค่าสถิติ เช่น ค่าต่ำสุด (Minimum) ค่าสูงสุด (Maximum) ค่าเฉลี่ย (Mean) ค่าเบี่ยงเบน

มาตรฐาน (Standard deviation) และค่า Covariance matrix ของแต่ละประเภทข้อมูล โดยค่าเหล่านี้จะเป็นตัวแทนสำหรับการจำแนกประเภทข้อมูลของพื้นที่ทั้งหมด และภายในพื้นที่ข้อมูล ตัวอย่างจะต้องเป็นข้อมูลประเภทเดียวกันหรือมีความเป็นเอกพันธ์ (Homogeneous) โดยมี 2 ขั้นตอนย่อยดังนี้

1) กระบวนการคัดเลือกช่วงคลื่นที่เหมาะสม (Band selection) ก่อนการจำแนกพันธุ์ข้าวและโรคขอบใบแห้งในข้าวด้วยข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม EO-1 ระบบ Hyperion จะผ่านกระบวนการคัดเลือกช่วงคลื่นที่เหมาะสม เพื่อแก้ปัญหามิติข้อมูล (High dimensional data) ของข้อมูลการรับรู้จากระยะไกลแบบไฮเปอร์สเปกตรัล โดยใช้การศึกษาครั้งนี้เลือกใช้วิธีเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm: GA) ดัดแปลง source code จาก Vaiphasa et al., (2007) และ Koedsin and Vaiphasa, (2013)

2) การจำแนกข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม (Image Classification) ใช้วิธีการจำแนกแบบควบคุม (Supervised Classification) โดยเปรียบเทียบวิธีการจำแนกแบบใช้พารามิเตอร์ (Parametric) โดยใช้วิธีความน่าจะเป็นไปได้สูงสุด (Maximum Likelihood Classifier: MLC) กับแบบไม่ใช้พารามิเตอร์ (Nonparametric) โดยใช้วิธี Spectral Angle Mapper: SAM และทดลองจำแนกร่วมกับกระบวนการคัดเลือกช่วงคลื่นที่เหมาะสม เพื่อหาวิธีจำแนกพันธุ์ข้าวและโรคขอบใบแห้งในข้าวที่ดีที่สุด โดยศึกษา 4 รูปแบบ ดังนี้ 1. Maximum Likelihood Classifier: MLC 2. GA ร่วมกับ MLC 3. Spectral Angle Mapper: SAM และ 4. GA ร่วมกับ SAM

3.3.2.4 การตรวจสอบผลการจำแนกข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม (Data post processing)

ในการประเมินความถูกต้องของการจำแนกประเภทข้อมูลจากภาพถ่ายดาวเทียมนั้น จะทำการตรวจสอบผลการแปลและวิเคราะห์ข้อมูลดาวเทียมโดยเปรียบเทียบกับข้อมูลภาคพื้นดินที่ได้จากการเก็บข้อมูลภาคสนาม เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นที่ตรวจสอบ (Check area) ซึ่งวิธีการที่ใช้ในการตรวจสอบความถูกต้องของการจำแนกภาพถ่ายดาวเทียม คือ การตรวจสอบแบบเมทริกซ์ความคลาดเคลื่อน (Confusion matrix) เพื่อทำการประเมินความถูกต้องของการจำแนกชนิดพันธุ์และโรคขอบใบแห้งในข้าว ประกอบด้วย

(1) ความถูกต้องโดยรวม (Overall accuracy) ความถูกต้องของผู้ผลิต (Producer's accuracy) และความถูกต้องของผู้ใช้งาน (User's accuracy)

(2) ความสอดคล้องของสัมประสิทธิ์แคปปาของโคเฮิน (Cohen's kappa coefficient)



3.4 การทดสอบสมมติฐานทางสถิติ (Statistical hypothesis testing)

ค่าความถูกต้องของการจำแนกพันธุ์ข้าวและโรคขอบใบแห้งในข้าว ที่ได้ข้อมูลจากเครื่องวัดค่าการสะท้อนแสงแบบไฮเปอร์สเปกตรัลและภาพถ่ายดาวเทียม EO-1 ระบบ Hyperion และ EO-1 ระบบ ALI จะถูกนำมาเปรียบเทียบเพื่อทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างที่อิสระต่อกัน (Independent T-Test) โดยมีสมมติฐานว่าง (Null Hypothesis) $H_0: \mu_1 = \mu_2$ และสมมติฐานทางเลือก (Alternative Hypothesis) $H_1: \mu_1 \neq \mu_2$



760051567

CU Theses 5687782420 dissertation / recv: 06082562 03:48:43 / seq: 5

บทที่ 4

ผลการศึกษาและอภิปรายผล

การศึกษาครั้งนี้ใช้เครื่องวัดค่าการสะท้อนแสงแบบไฮเปอร์สเปกตรัลแบบเคลื่อนที่ร่วมกับการรับรู้จากระยะไกลแบบมัลติสเปกตรัลและแบบไฮเปอร์สเปกตรัลจากดาวเทียม EO-1 เพื่อจำแนกพันธุ์ข้าวและโรคขอบใบแห้งในข้าว ซึ่งจากวัตถุประสงค์ สามารถนำเสนอผลการศึกษา โดยแบ่งออกเป็น 3 ส่วนหลัก ดังนี้

4.1 ผลการจัดทำลายเซ็นเซอร์คลีน และการจำแนกข้าวเจ้าพันธุ์กข41 กข31 และปทุมธานี 1 ในภาคสนามและข้อมูลจากภาพถ่ายดาวเทียม EO-1

4.2 ผลการจัดทำลายเซ็นเซอร์คลีน และการแยกข้าวเจ้าพันธุ์กข41 ที่เป็นและไม่เป็นโรคขอบใบแห้ง ในภาคสนามและข้อมูลจากภาพถ่ายดาวเทียม EO-1

4.3 อภิปรายผลการศึกษา

4.1 ผลการจัดทำลายเซ็นเซอร์คลีน และการจำแนกข้าวเจ้าพันธุ์กข41 กข31 และปทุมธานี 1 ในภาคสนามและข้อมูลจากภาพถ่ายดาวเทียม EO-1

แบ่งผลการศึกษาออกเป็น 3 หัวข้อย่อยดังนี้

4.1.1 ผลการจัดทำลายเซ็นเซอร์คลีนของข้าวเจ้าพันธุ์กข41 กข31 และปทุมธานี 1 ด้วยเครื่องวัดค่าการสะท้อนแสงแบบไฮเปอร์สเปกตรัล (Field Spectro-radiometer)

จากการตรวจวัดค่าการสะท้อนแสงของคลีนแม่เหล็กไฟฟ้าที่ระดับความสูง 1 เมตร เหนือชั้นเรือนยอด (Canopy level) ของข้าวเจ้าพันธุ์กข41 กข31 และปทุมธานี 1 (จำนวนพันธุ์ละ 90 จุดตัวอย่าง) ในเขตพื้นที่นาชลประทาน จังหวัดชัยนาท ปีการเพาะปลูก 2559/2560 ด้วยเครื่องวัดค่าการสะท้อนแสงแบบไฮเปอร์สเปกตรัล (Field Spectro-radiometer) รุ่น ASD FieldSpec® 3 สามารถแบ่งผลการศึกษาได้เป็น 3 ช่วงตามการเจริญเติบโตของข้าวทั้ง 3 พันธุ์ ดังนี้



760051567

1. ช่วงการเจริญเติบโตทางลำต้น (Vegetative phase)

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้เลือกเก็บตัวอย่างการเจริญเติบโตทางลำต้น ในระยะแตกกอสูงสุด (Stem elongation) ของข้าวเจ้าแต่ละพันธุ์ (ช่วงอายุ 31-52 วัน) ผลการศึกษาค้นคว้าพบว่า ลายเซ็นเชิงคลื่นมีค่าการสะท้อนที่แตกต่างกันอย่างชัดเจนในช่วงคลื่น near-infrared (740 - 1350 nm) โดยข้าวเจ้าพันธุ์กข41 มีค่าการสะท้อนแสงของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเฉลี่ยสูงที่สุดเท่ากับ 0.616 ± 0.085 รองลงมาคือ ข้าวเจ้าพันธุ์ปทุมธานี 1 (0.504 ± 0.078) และ ข้าวเจ้าพันธุ์กข31 (0.379 ± 0.056)

ส่วนค่าการสะท้อนแสงต่ำที่สุด พบในช่วงคลื่นที่ตามองเห็น (350-700 nm) โดยเฉพาะช่วงคลื่นสีน้ำเงิน (350-500 nm) ซึ่งข้าวเจ้าพันธุ์ปทุมธานี 1 มีค่าการสะท้อนแสงของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเฉลี่ยต่ำที่สุด เท่ากับ 0.020 ± 0.007 รองลงมาคือ ข้าวเจ้าพันธุ์กข41 (0.024 ± 0.012) และ ข้าวเจ้าพันธุ์กข31 (0.036 ± 0.002) รายละเอียดดังรูปที่ 4.1 และตารางภาคผนวกที่ ค.1

2. ช่วงการเจริญเติบโตทางการสืบพันธุ์ (Reproductive phase)

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้เลือกเก็บตัวอย่างการเจริญเติบโตทางการสืบพันธุ์ ในระยะออกดอก (Flowering) ของข้าวเจ้าแต่ละพันธุ์ (ช่วงอายุ 59-80 วัน) ผลการศึกษาค้นคว้าพบว่า ลายเซ็นเชิงคลื่นมีค่าการสะท้อนที่แตกต่างกันอย่างชัดเจนในช่วงคลื่น near-infrared (740 - 1350 nm) โดยข้าวเจ้าพันธุ์กข41 มีค่าการสะท้อนแสงของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเฉลี่ยสูงที่สุดเท่ากับ 0.440 ± 0.070 รองลงมาคือ ข้าวเจ้าพันธุ์ กข31 (0.405 ± 0.069) และ ข้าวเจ้าพันธุ์ปทุมธานี 1 (0.403 ± 0.068)

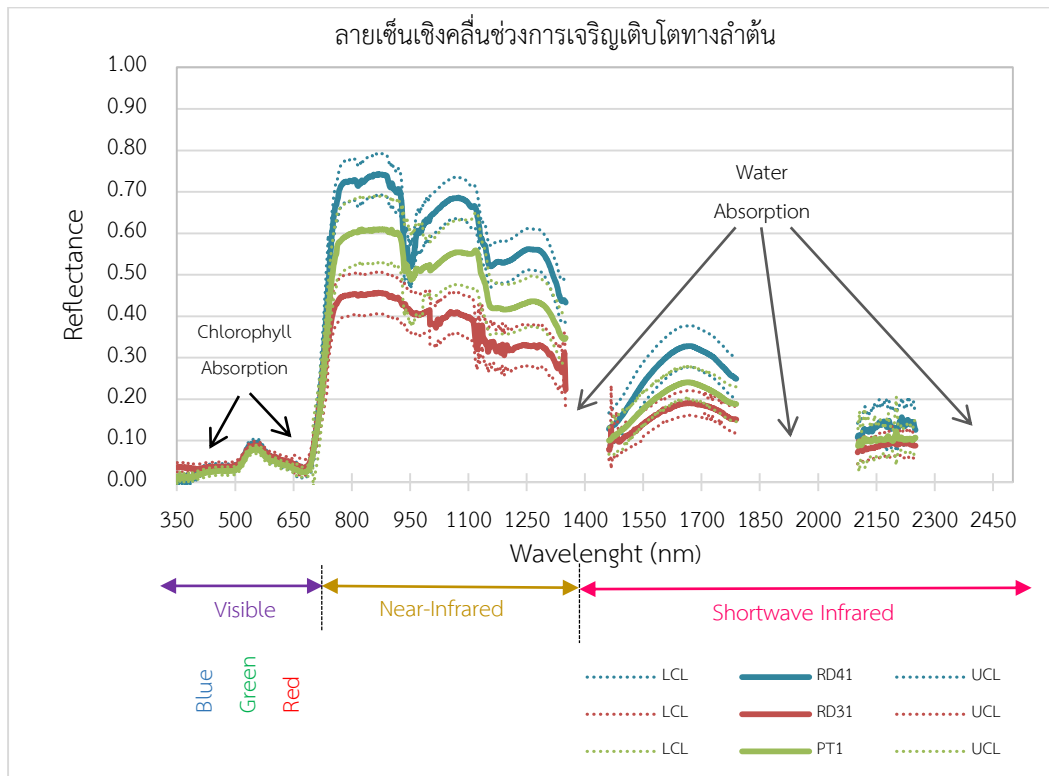
ส่วนค่าการสะท้อนแสงต่ำที่สุด พบในช่วงคลื่นที่ตามองเห็น (350-700 nm) โดยเฉพาะช่วงคลื่นสีน้ำเงิน (350-500 nm) ซึ่งข้าวเจ้าพันธุ์ กข31 มีค่าการสะท้อนแสงของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเฉลี่ยต่ำที่สุด เท่ากับ 0.017 ± 0.004 รองลงมาคือ ข้าวเจ้าพันธุ์ปทุมธานี 1 (0.018 ± 0.004) และ ข้าวเจ้าพันธุ์กข41 (0.022 ± 0.005) รายละเอียดดังรูปที่ 4.2 และตารางภาคผนวกที่ ค.2

3. ช่วงการเจริญเติบโตของเมล็ด (Ripening phase)

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้เลือกเก็บตัวอย่างการเจริญเติบโตของเมล็ด ในระยะเมล็ดแก่เต็มที่ (Mature grain) ของข้าวเจ้าแต่ละพันธุ์ (ช่วงอายุ 87-115 วัน) ผลการศึกษาค้นคว้าพบว่า ลายเซ็นเชิงคลื่นมีค่าการสะท้อนที่แตกต่างกันอย่างชัดเจนในช่วงคลื่น near-infrared (740 - 1350 nm) โดยข้าวเจ้าพันธุ์กข41 มีค่าการสะท้อนแสงของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเฉลี่ยสูงที่สุดเท่ากับ 0.392 ± 0.039 รองลงมาคือ ข้าวเจ้าพันธุ์ กข31 (0.385 ± 0.044) และ ข้าวเจ้าพันธุ์ปทุมธานี 1 (0.276 ± 0.027)

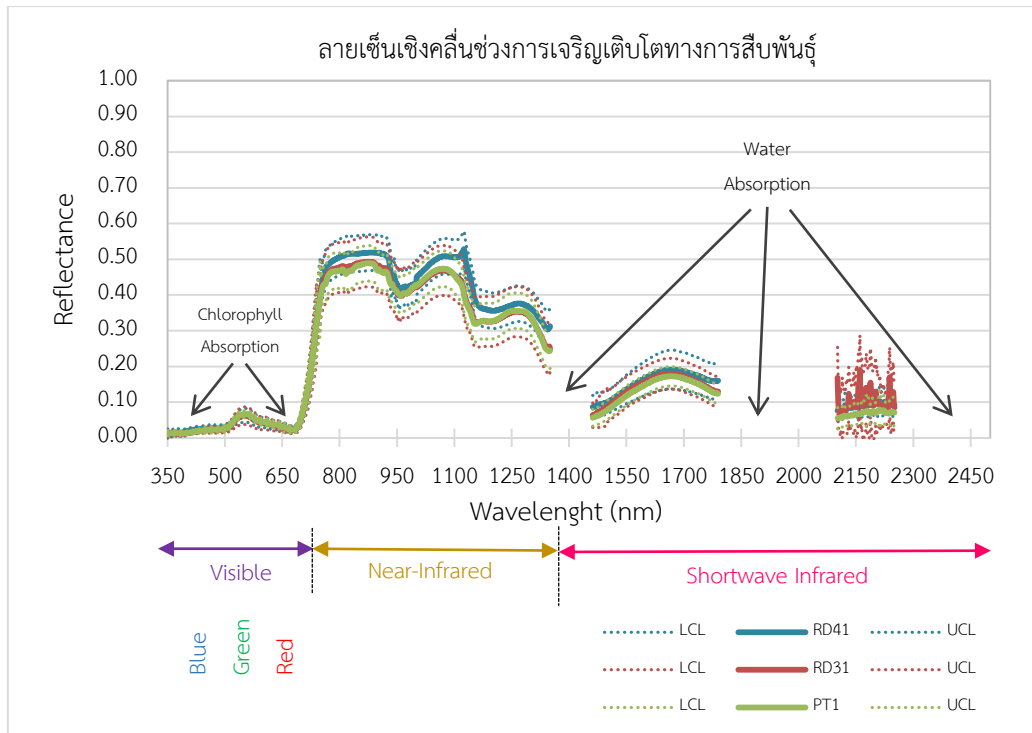
ส่วนค่าการสะท้อนแสงต่ำที่สุด พบในช่วงคลื่นที่ตามองเห็น (350-700 nm) โดยเฉพาะช่วงคลื่นสีน้ำเงิน (350-500nm) ซึ่งข้าวเจ้าพันธุ์ กข31 มีค่าการสะท้อนแสงของคลื่น

แม่เหล็กไฟฟ้าเฉลี่ยต่ำที่สุด เท่ากับ 0.023 ± 0.012 รองลงมาคือ ข้าวเจ้าพันธุ์กข41 (0.027 ± 0.008) และข้าวเจ้าพันธุ์ปทุมธานี 1 (0.028 ± 0.011) รายละเอียดดังรูปที่ 4.3 และตารางภาคผนวกที่ ค.3

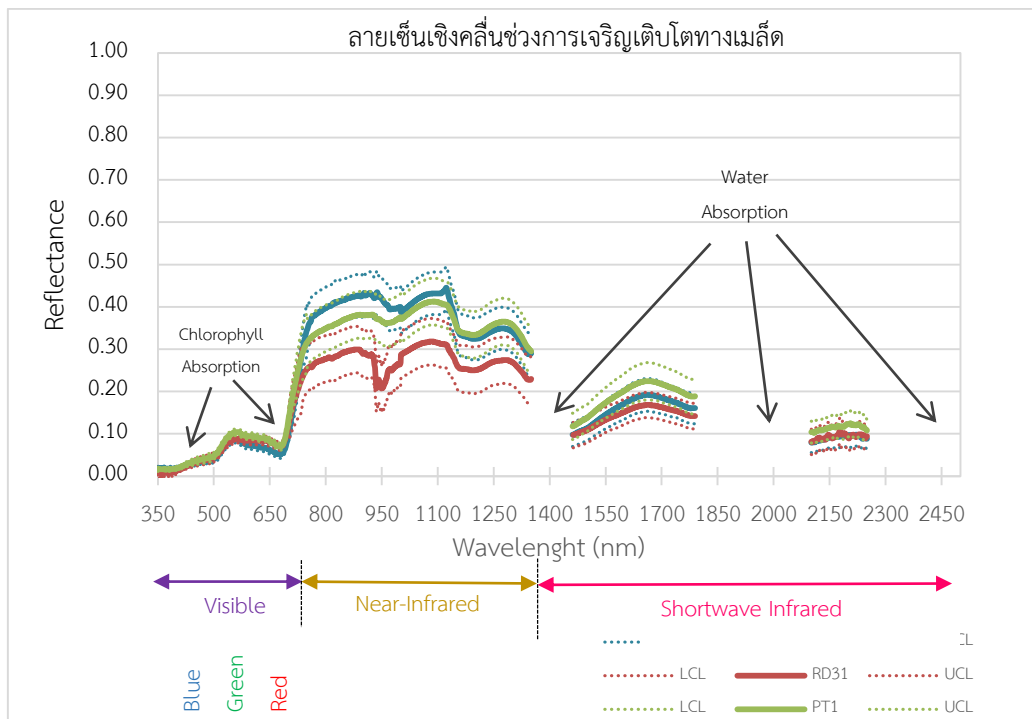


รูปที่ 4.1 ลักษณะลายเซ็นเชิงคลื่นของข้าวเจ้าพันธุ์กข41 กข31 และปทุมธานี 1 ในช่วงการเจริญเติบโตทางลำต้น (N = 60)
(upper confidence limit: UCL, lower confident limit: LCL)





รูปที่ 4.2 ลักษณะลายเส้นเชิงคลื่นของข้าวเจ้าพันธุ์กข41 กข31 และปทุมธานี 1 ในช่วงการเจริญเติบโตทางการสีพันธุ (N = 90)



รูปที่ 4.3 ลักษณะลายเส้นเชิงคลื่นของข้าวเจ้าพันธุ์กข41 กข31 และปทุมธานี 1 ในช่วงการเจริญเติบโตของเมล็ด (N = 90)



จากรูปที่ 4.1-4.3 พบว่า ลักษณะลายเซ็นเชิงคลื่น (spectral signature curve) ของข้าวทั้ง 3 พันธุ์ในแต่ละช่วงการเจริญเติบโต ที่ได้จากเครื่องวัดค่าการสะท้อนแสงแบบไฮเปอร์สเปกตรัล จะให้ค่าการสะท้อนแสงแตกต่างกันออกไปตามช่วงความยาวคลื่น โดยขึ้นอยู่กับองค์ประกอบที่มีผลต่อการสะท้อนพลังงาน คือ คลอโรฟิลล์ การดูดซับพลังงานของใบ โครงสร้างของใบ และการจัดวางตัวของใบ โดยมีรายละเอียดในแต่ละช่วงคลื่น ดังนี้

1. ช่วงคลื่นที่ตามองเห็น (Visible light: 350-700 nm) ของข้าวเจ้าทั้ง 3 พันธุ์จะมีการสะท้อนพลังงานต่ำในช่วงคลื่นนี้ โดยจะดูดกลืนพลังงานมากที่สุดที่ความยาวคลื่น 430 nm และ 460 nm (ช่วงคลื่นสีน้ำเงิน 350-500 nm) และความยาวคลื่น 640 nm และ 660 nm (ช่วงคลื่นสีแดง 601-700 nm) เนื่องจากคลอโรฟิลล์ที่อยู่ในใบข้าวซึ่งเป็นรงควัตถุ (Pigments) จะดูดกลืนแสงในช่วงคลื่นนี้ได้ดี (Chlorophyll Absorption Bands) และจะสะท้อนพลังงานออกมามากที่สุดที่ความยาวคลื่น 550 nm (สีเขียว 501-600 nm) จึงทำให้เรามองเห็นใบของข้าวเป็นสีเขียว เนื่องจากช่วงคลื่นสีแดงและสีน้ำเงินถูกคลอโรฟิลล์ดูดซับพลังงานเอาไว้ และเมื่อพิจารณาการสะท้อนพลังงานในช่วงการเจริญเติบโตทางการสีบพันธุ์ และช่วงการเจริญเติบโตของเมล็ด พบว่า การสะท้อนพลังงานในช่วงคลื่นนี้มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น โดยเฉพาะช่วงคลื่นสีแดง เนื่องจากปริมาณคลอโรฟิลล์และการสังเคราะห์แสงของข้าวน้อยลง (Thenkabali, 2013)

2. ช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ (Near-infrared: 740-1350 nm) ของข้าวเจ้าทั้ง 3 พันธุ์จะมีค่าการสะท้อนพลังงานสูงที่สุดในช่วงคลื่นนี้ โดยจะสะท้อนพลังงานมากที่สุดระหว่างช่วงคลื่น 800-1100 nm และค่าการสะท้อนจะลดลงในช่วงคลื่น infrared slope (1150-1350 nm) เนื่องจากคลอโรฟิลล์ที่มีอยู่ในใบ ลักษณะโครงสร้างภายในของใบ (cell structure) และลักษณะของทรงพุ่ม (canopy) สามารถสะท้อนพลังงานที่มาตกกระทบในช่วงคลื่นนี้ได้ดี (Shwetank et al., 2010; Leinenkugel et al., 2013; Thenkabali, 2013; Guan et al., 2016) จึงให้ค่าการสะท้อนที่แตกต่างกันของข้าวแต่ละชนิดพันธุ์ นอกจากนี้สีของใบหรือรงควัตถุที่อยู่ในใบข้าว มีผลทำให้ค่าการสะท้อนแตกต่างกัน โดยใบที่มีสีเขียวจะให้ค่าการสะท้อนมากที่สุด รองลงมาเป็นใบพีชสีแดง ใบพีชสีม่วง ส่วนใบพีชสีขาวหรือใบพีชที่ไม่มีรงควัตถุจะสะท้อนต่ำที่สุด (ศุทธิณี ดนตรี, 2549) ดังจะเห็นได้จากข้าวที่มีอายุมากขึ้นค่าการสะท้อนในช่วงคลื่นนี้จะลดลง (Leinenkugel et al., 2013; Guan et al., 2016)

3. ช่วงคลื่นอินฟราเรดคลื่นสั้น (Shortwave Infrared: 1350-2500 nm) ของข้าวเจ้าทั้ง 3 พันธุ์ค่าการสะท้อนพลังงานจะแปรผกผันกับปริมาณน้ำทั้งหมดในใบข้าว ซึ่งอิทธิพลของน้ำในใบข้าวจะดูดกลืนพลังงานเอาไว้ ความยาวคลื่นช่วงนี้เรียกว่า Water absorption bands โดยในการศึกษาครั้งนี้ได้ตัดช่วงคลื่นที่ได้รับอิทธิพลดังกล่าว 3 ช่วงคลื่น คือ 1351-1460 nm, 1790-2100 nm และ 2251-2500 nm ในขณะที่ช่วงคลื่น 1600 nm และ 2200 nm ข้าวจะสะท้อนพลังงานสูง



760051567

CU Thesais 5687782420 dissertation / rev: 06082562 03:48:43 / seq: 5

ที่สุด โดยจะผกผันกับปริมาณน้ำในใบ ยิ่งข้าวอายุมากขึ้นปริมาณน้ำในใบจะลดลง ส่งผลทำให้ค่าการสะท้อนพลังงานสูงขึ้น ยกเว้นข้าวเจ้าพันธุ์กข41 ในช่วงการเจริญเติบโตทางลำต้นที่มีค่าการสะท้อนผิดไปจากที่กล่าว เพราะในช่วงการเก็บข้อมูลภาคสนาม ลักษณะทรงพุ่มของข้าวยังไม่ปกคลุมผิวน้ำ (ข้าวโตช้ากว่าปกติ) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Boschetti M. et al, (2014) ที่ศึกษาเปรียบเทียบดัชนีความแตกต่างของสเปกตรัลแบบนอร์มอลไลซ์ (normalised difference spectral index: NDSIs) จากข้อมูล MODIS ในการตรวจวัดพื้นผิวน้ำของระบบนิเวศนาข้าวที่มีน้ำท่วมระดับต่างๆ พบว่าที่ระดับน้ำท่วมนาข้าว 10 เซนติเมตร ให้ค่าการสะท้อนพลังงานในช่วงคลื่น SWIR (1450-1700 nm และ 2000-2200 nm) มากกว่ากรณี ระดับน้ำ 5 เซนติเมตร และไม่มีน้ำขัง นอกจากนี้ยังสามารถใช้ช่วงคลื่นนี้ดูความผิดปกติของโรคขอบใบแห้งในข้าวได้ (Yang, 2010) ซึ่งจะกล่าวไว้ในหัวข้อ 4.2.1 ต่อไป

4.1.2 การจำแนกข้าวเจ้าพันธุ์กข41 กข31 และปทุมธานี 1 โดยอาศัยการคัดเลือกช่วงคลื่นที่เหมาะสมจากข้อมูลเครื่องวัดค่าการสะท้อนแสงแบบไฮเปอร์สเปกตรัล

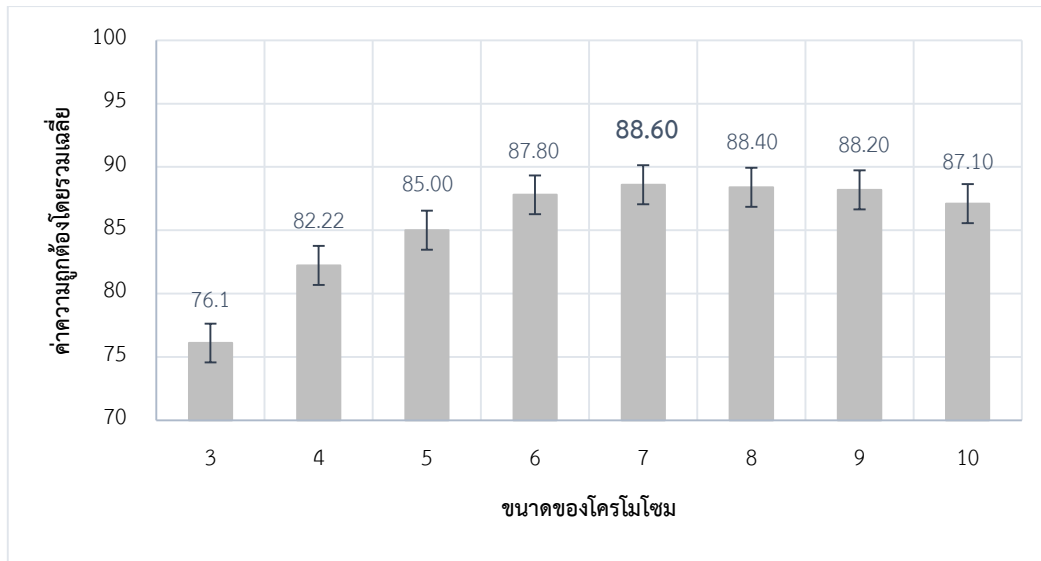
การศึกษานี้เลือกใช้วิธีเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm: GA) ร่วมกับวิธีสเปกตรัลแองเกิลแมปเปอร์ (Spectral Angle Mapper: SAM) เปรียบเทียบกับวิธีเชิงพันธุกรรมร่วมกับวิธีความน่าจะเป็นไปได้สูงสุด (Maximum Likelihood Classifier: MLC) เพื่อคัดเลือกช่วงคลื่นที่เหมาะสม จาก 2151 ช่วงคลื่น (ระหว่างช่วงคลื่น 350 - 2500 นาโนเมตร) ในการจำแนกข้าวเจ้าพันธุ์กข41 กข31 และปทุมธานี 1 ด้วยข้อมูลที่ได้จากเครื่องวัดค่าการสะท้อนแสงแบบไฮเปอร์สเปกตรัล (Field Spectro-radiometer)

4.1.2.1 ขนาดของโครโมโซมที่เหมาะสมและการคัดเลือกช่วงคลื่นที่เหมาะสมด้วยขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม

ในการหาจำนวนช่วงคลื่นที่เหมาะสมด้วยวิธีเชิงพันธุกรรม สำหรับใช้เป็นตัวกำหนดขนาดของโครโมโซม (ในที่นี้คือจำนวนช่วงคลื่นที่จะใช้ในการจำแนกข้าวเจ้าพันธุ์กข41 กข31 และปทุมธานี 1) โดยในการศึกษานี้ทดลองเปลี่ยนขนาดโครโมโซมตั้งแต่ 3 ถึง 10 และทดสอบผลการจำแนกในแต่ละขนาดโครโมโซม 10 รอบ โดยข้อมูลแต่ละกลุ่มจะถูกหมุนวน (Data rotation) ให้เป็นข้อมูลตัวอย่างและข้อมูลทดสอบ เพื่อหาขนาดของโครโมโซมที่เหมาะสมที่สุด จากรูปที่ 4.4 แสดงให้เห็นว่าขนาดโครโมโซมตั้งแต่ 6 ถึง 9 มีค่าค่อนข้างคงที่ โดยที่ขนาดโครโมโซมเท่ากับ 7 มีค่าความถูกต้องโดยรวมเฉลี่ยสูงที่สุด (88.60%) ดังนั้นในการศึกษานี้จึงเลือกใช้ขนาดโครโมโซมเท่ากับ 7 มาใช้ในขั้นตอนต่อไป



760051567



รูปที่ 4.4 การเปรียบเทียบค่าความถูกต้องโดยรวมเฉลี่ยของการจำแนกพันธุ์ข้าว
ที่ขนาดโครโมโซมต่างๆ

โดยในการศึกษาครั้งนี้แบ่งการนำเสนอออกเป็น 3 ส่วนตามช่วงการเจริญเติบโต
ของข้าว

1) ช่วงการเจริญเติบโตทางลำต้น

ในขั้นตอนการคัดเลือกช่วงคลื่นที่เหมาะสม (band selection) ด้วยวิธีเชิง
พันธุกรรม (GA) จะกำหนดขนาดโครโมโซมเท่ากับ 7 ช่วงคลื่น (bands) หลังจากนั้นจำแนกพันธุ์ข้าว
ด้วยวิธีการจำแนกแบบควบคุม (Supervised classification) โดยเปรียบเทียบ 2 รูปแบบ คือ GA
ร่วมกับ SAM และ GA ร่วมกับ MLC ในส่วนนี้จะนำเสนอเฉพาะช่วงคลื่นที่ถูกคัดเลือกด้วยวิธี
GA ร่วมกับ SAM เนื่องจากให้ค่าความถูกต้องโดยรวม (OA) สูงกว่า โดยผลการคัดเลือกช่วงคลื่นและค่า
ความถูกต้องโดยรวมของการจำแนกพันธุ์ข้าว ทั้ง 30 ชุดข้อมูล แสดงดังตารางที่ 4.1 และผลการ
เปรียบเทียบค่าความถูกต้องโดยรวมระหว่างวิธี GA ร่วมกับ SAM กับวิธี GA ร่วมกับ MLC ในการ
จำแนกข้าวเจ้าพันธุ์กข41 กข31 และปทุมธานี 1 ช่วงการเจริญเติบโตทางลำต้น ดังตารางที่ 4.2



760051567

ตารางที่ 4.1 ช่วงคลื่นที่ถูกคัดเลือกทั้ง 30 โครโมโซม กรณีขนาดโครโมโซมเท่ากับ 7 ในช่วงการเจริญเติบโตทางลำต้น

Runs	Bands (nm)							OA-Test	Cohen's kappa
	1	2	3	4	5	6	7		
1	418	527	668	756	1028	1772	2143	88.89	0.83
2	412	489	661	874	1275	1748	2143	87.78	0.82
3	404	503	627	769	1183	1535	2101	88.89	0.83
4	427	511	613	774	1216	1529	2242	91.11	0.87
5	435	520	629	837	1236	1725	2118	87.78	0.82
6	413	520	654	865	1314	1757	2179	90.00	0.85
7	406	509	657	878	1330	1778	2165	88.89	0.83
8	433	522	609	834	1350	1783	2187	88.89	0.83
9	451	554	601	783	1318	1678	2192	92.22	0.88
10	449	532	631	829	1327	1552	2231	88.89	0.83
11	435	489	627	878	1275	1678	2143	90.00	0.85
12	404	503	629	837	1183	1535	2143	87.78	0.81
13	448	511	668	783	1028	1725	2242	91.11	0.86
14	451	527	629	774	1314	1772	2110	90.00	0.85
15	435	554	657	929	1350	1778	2179	91.11	0.86
16	449	489	661	837	1318	1748	2143	88.89	0.83
17	421	511	657	834	1314	1535	2192	85.56	0.78
18	407	520	627	774	1350	1725	2101	91.11	0.86
19	418	511	668	929	1350	1778	2143	91.11	0.86
20	451	554	601	783	1318	1678	2192	93.33	0.90
21	451	527	613	756	1318	1772	2143	87.78	0.81
22	468	511	661	837	1028	1748	2165	88.89	0.83
23	435	509	609	937	1330	1535	2165	86.67	0.80
24	412	509	661	783	1275	1783	2192	90.00	0.85
25	412	520	654	756	1028	1778	2143	88.89	0.83



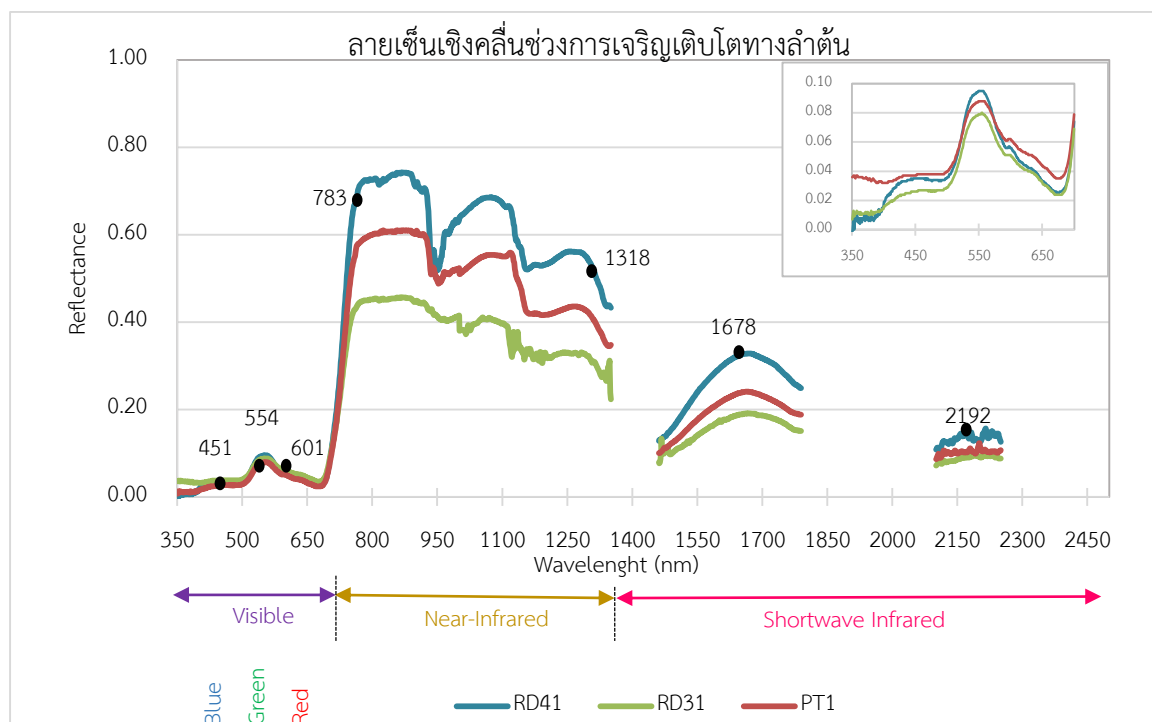
760051567

CD :Thesis 5687782420 dissertation / rev: 06082562 03:48:43 / seq: 5

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

Runs	Bands (nm)							OA-Test	Cohen's kappa
	1	2	3	4	5	6	7		
26	435	503	668	774	1350	1783	2110	88.89	0.83
27	418	520	629	865	1318	1748	2101	90.00	0.85
28	435	520	601	829	1314	1772	2187	88.89	0.83
29	449	503	627	783	1028	1757	2110	88.89	0.83
30	410	527	668	878	1183	1725	2143	88.89	0.83

จากตารางที่ 4.1 ข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบทั้ง 30 รอบ จะพบว่ารอบที่ 20 ให้ค่าความถูกต้องโดยรวมของข้อมูลทดสอบ (OA testing) มีค่ามากที่สุดเท่ากับ 93.33% ประกอบด้วยช่วงคลื่น 451 nm, 554 nm, 601 nm, 783 nm, 1318 nm, 1678 nm และ 2192 nm ดังรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.5 ช่วงคลื่นที่ถูกคัดเลือกด้วยวิธีเชิงพันธุกรรม กรณีขนาดโครโมโซมเท่ากับ 7 ในการจำแนกข้าวเจ้าพันธุ์ กข41 กข31 และปทุมธานี 1 ช่วงการเจริญเติบโตทางลำต้น

ตารางที่ 4.2 เปรียบเทียบค่าความถูกต้องโดยรวมระหว่างวิธี GA ร่วมกับ SAM กับวิธี GA ร่วมกับ MLC ในการจำแนกข้าวเจ้าพันธุ์กข41 กข31 และปทุมธานี 1 ช่วงการเจริญเติบโตทางลำต้น

Runs	Overall Accuracy: OA		Cohen's kappa	
	GA+SAM	GA+MLC	GA+SAM	GA+MLC
1	88.89	81.11	0.83	0.72
2	87.78	85.56	0.82	0.78
3	88.89	86.67	0.83	0.80
4	91.11	85.56	0.87	0.78
5	87.78	87.78	0.82	0.82
6	90.00	86.36	0.85	0.80
7	88.89	87.78	0.83	0.82
8	88.89	86.67	0.83	0.80
9	92.22	83.33	0.88	0.75
10	88.89	88.89	0.83	0.83
11	90.00	86.67	0.85	0.80
12	87.78	86.67	0.81	0.80
13	91.11	80.00	0.86	0.70
14	90.00	85.56	0.85	0.78
15	91.11	83.33	0.86	0.75
16	88.89	88.89	0.83	0.83
17	85.56	88.89	0.78	0.83
18	91.11	85.56	0.86	0.78
19	91.11	86.67	0.86	0.80
20	93.33	81.11	0.90	0.71
21	87.78	86.67	0.81	0.80
22	88.89	84.44	0.83	0.76
23	86.67	86.67	0.80	0.80
24	90.00	85.55	0.85	0.78
25	88.89	86.67	0.83	0.80
26	88.89	84.44	0.83	0.76



760051567

CU Thesais 5687782420 dissertation / recv: 06082562 03:48:43 / seq: 5

ตารางที่ 4.2 (ต่อ)

Runs	Overall Accuracy: OA		Cohen's kappa	
	GA+SAM	GA+MLC	GA+SAM	GA+MLC
27	90.00	87.78	0.85	0.81
28	88.89	83.33	0.83	0.75
29	88.89	85.56	0.83	0.78
30	88.89	81.11	0.83	0.71

การวิเคราะห์ความถูกต้อง (Accuracy Assessment) ของการจำแนกพันธุ์ข้าวในช่วงการเจริญเติบโตทางลำต้น

ในส่วนนี้จะแสดงผลการจำแนกเฉพาะกรณีที่ทำให้ผลการจำแนกสูงที่สุดของแต่ละวิธีเท่านั้น โดยใช้วิธีการตรวจสอบแบบตารางแมทริกซ์ (Error Matrix) ซึ่งแบ่งข้อมูล (split half) ออกเป็น 2 ชุดๆ ละ 30 ตัวอย่างของข้าวในแต่ละพันธุ์ สำหรับใช้เป็นข้อมูลตัวอย่าง (90 ตัวอย่าง) และข้อมูลทดสอบ (90 ตัวอย่าง)

ผลการตรวจสอบความถูกต้องของการจำแนกข้าวเจ้าพันธุ์กข41 กข31 และปทุมธานี 1 จากเครื่องวัดค่าการสะท้อนแสงแบบไฮเปอร์สเปกตรัล ในช่วงการเจริญเติบโตทางลำต้นพบว่า วิธี GA ร่วมกับ SAM ให้ค่าความถูกต้องโดยรวม (Overall Accuracy) และค่า Kappa สูงกว่าวิธี GA ร่วมกับ MLC (ตารางที่ 4.3 และ 4.4)

ตารางที่ 4.3 การตรวจสอบความถูกต้องแบบตารางแมทริกซ์ (Error Matrix) ของการจำแนกพันธุ์ข้าวจากเครื่องวัดค่าการสะท้อนแสงแบบไฮเปอร์สเปกตรัล ด้วยวิธี GA ร่วมกับ SAM ช่วงการเจริญเติบโตทางลำต้น

		Reference Data				Producer's accuracy (%)	User's accuracy (%)
		พันธุ์ข้าว	กข41	กข31	ปทุมธานี 1		
Classified Data	กข41	27	0	2	29	90.00	93.10
	กข31	1	29	0	30	96.67	96.67
	ปทุมธานี 1	2	1	28	31	93.33	90.32
	รวม	30	30	30	90	Kappa coefficient = 0.90	
	ค่าความถูกต้องโดยรวม (Overall accuracy) = 93.33						

ตารางที่ 4.4 การตรวจสอบความถูกต้องแบบตารางแมทริกซ์ (Error Matrix) ของการจำแนกพันธุ์ข้าวจากเครื่องวัดค่าการสะท้อนแสงแบบไฮเปอร์สเปกตรัล ด้วยวิธี GA ร่วมกับ MLC ช่วงการเจริญเติบโตทางลำต้น

Reference Data						Producer's accuracy (%)	User's accuracy (%)
Classified Data	พันธุ์ข้าว	กข41	กข31	ปทุมธานี 1	รวม		
	กข41	25	2	3	30	83.33	83.33
	กข31	2	28	0	30	93.33	93.33
	ปทุมธานี 1	3	0	27	30	90.00	90.00
	รวม	30	30	30	90	Kappa coefficient = 0.83	
ค่าความถูกต้องโดยรวม (Overall accuracy) = 88.89							

เมื่อพิจารณาค่าความถูกต้องของการจำแนกข้าวแต่ละพันธุ์ของทั้ง 2 วิธี จากตารางที่ 4.3 และ ตารางที่ 4.4 พบว่า ผลการจำแนกข้าวเจ้าพันธุ์กข31 มีความแตกต่างอย่างชัดเจนกับพันธุ์กข41 และปทุมธานี 1 ซึ่งให้ค่าความถูกต้องของผู้ผลิต (Producer's accuracy) สูงที่สุด คิดเป็นร้อยละ 96.67 และ 93.33 ตามลำดับ ในขณะที่ข้าวเจ้าพันธุ์กข41 และปทุมธานี 1 ยังมีความสับสนในการจำแนก ทั้งนี้ค่าความถูกต้องของการจำแนกยังอยู่ในระดับสูง (ค่า OA มากกว่าร้อยละ 80 แสดงว่ามีค่าความถูกต้องสูง (Jensen, 2007))

2) ช่วงการเจริญเติบโตทางการสืบพันธุ์

ในขั้นตอนการคัดเลือกช่วงคลื่นที่เหมาะสม (band selection) ด้วยวิธีเชิงพันธุกรรม (GA) จะกำหนดขนาดโครโมโซมเท่ากับ 7 ช่วงคลื่น (bands) หลังจากนั้นจำแนกพันธุ์ข้าวด้วยวิธีการจำแนกแบบควบคุม (Supervised classification) โดยเปรียบเทียบ 2 รูปแบบ คือ GA ร่วมกับ SAM และ GA ร่วมกับ MLC ในส่วนนี้จะนำเสนอผลเฉพาะช่วงคลื่นที่ถูกคัดเลือกด้วยวิธี GA ร่วมกับ SAM เนื่องจากให้ค่าความถูกต้องโดยรวม (OA) สูงกว่า โดยผลการคัดเลือกช่วงคลื่นและค่าความถูกต้องโดยรวมของการจำแนกพันธุ์ข้าว ทั้ง 30 ชุดข้อมูล แสดงดังตารางที่ 4.5 และผลการเปรียบเทียบค่าความถูกต้องโดยรวมระหว่างวิธี GA ร่วมกับ SAM กับวิธี GA ร่วมกับ MLC ในการจำแนกข้าวเจ้าพันธุ์กข41 กข31 และปทุมธานี 1 ช่วงการเจริญเติบโตทางการสืบพันธุ์ ดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.5 ช่วงคลื่นที่ถูกคัดเลือกทั้ง 30 โครโมโซมกรณีขนาดโครโมโซมเท่ากับ 7 ช่วงการเจริญเติบโตทางการสืบพันธุ์

Runs	Bands (nm)							OA- Test	Cohen's kappa
	1	2	3	4	5	6	7		
1	443	511	624	823	1251	1538	2158	82.22	0.73
2	458	534	617	836	1217	1594	2134	80.74	0.71
3	419	508	635	767	1168	1787	2146	83.70	0.76
4	480	541	635	855	1089	1546	2242	85.19	0.78
5	460	565	629	847	1089	1669	2150	80.00	0.70
6	425	527	653	764	1264	1632	2174	87.41	0.81
7	440	573	644	811	1173	1562	2250	83.70	0.76
8	467	553	604	790	1185	1791	2153	89.63	0.84
9	482	532	661	758	1143	1645	2249	86.67	0.80
10	461	568	652	948	1096	1721	2167	85.19	0.78
11	458	534	617	773	1264	1594	2134	85.93	0.78
12	419	541	635	855	1251	1632	2250	86.67	0.80
13	480	511	624	911	1118	1546	2158	84.44	0.76
14	458	553	629	790	1168	1546	2250	84.44	0.76
15	460	565	653	823	1221	1562	2250	85.93	0.78
16	440	518	624	811	1185	1669	2242	86.67	0.80
17	443	511	650	836	1089	1538	2153	88.89	0.83
18	467	527	650	773	1264	1441	2146	85.19	0.77
19	425	554	617	767	1010	1538	2001	87.41	0.81
20	419	541	644	855	1251	1367	2158	81.48	0.72
21	434	553	644	825	1173	1650	2145	84.44	0.76
22	434	541	624	811	1217	1555	2001	82.22	0.73
23	460	554	648	911	1251	1538	2100	84.44	0.76
24	460	518	653	811	1118	1555	2242	86.86	0.80
25	425	508	644	764	1221	1686	2150	87.41	0.81



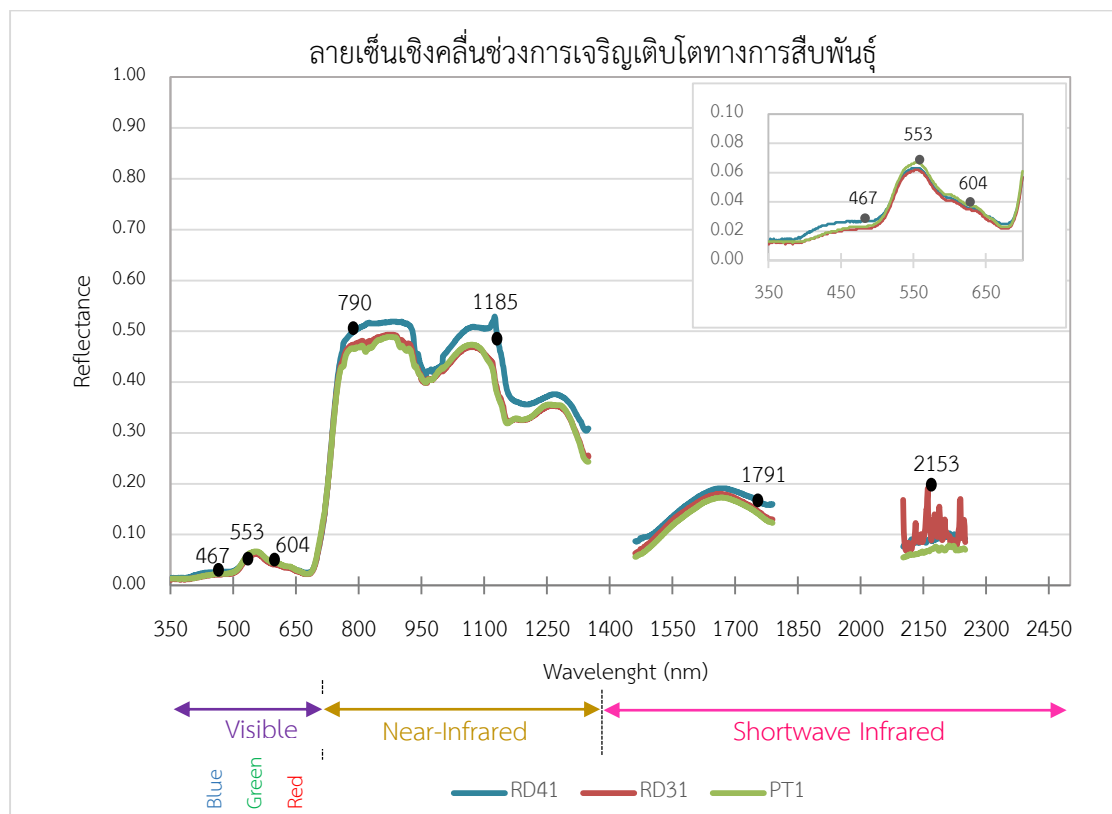
760051567

CU Thesais 5687782420 dissertation / rev: 06082562 03:48:43 / seq: 5

ตารางที่ 4.5 (ต่อ)

Runs	Bands (nm)							OA-Test	Cohen's kappa
	1	2	3	4	5	6	7		
26	458	541	648	823	1010	1787	2100	80.74	0.71
27	419	570	635	764	1089	1562	2174	84.44	0.76
28	443	565	635	855	1185	1594	2134	85.19	0.77
29	425	511	653	911	1010	1632	1791	88.15	0.82
30	467	541	629	825	1168	1787	2174	80.74	0.71

จากตารางที่ 4.5 ข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบทั้ง 30 รอบ จะพบว่ารอบที่ 8 ให้ค่าความถูกต้องโดยรวมของข้อมูลทดสอบ (OA testing) มีค่ามากที่สุดเท่ากับ 89.63% ประกอบด้วยช่วงคลื่น 467 nm, 553 nm, 604 nm, 790 nm, 1185 nm, 1791 nm และ 2153 nm ดังรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.6 ช่วงคลื่นที่ถูกคัดเลือกด้วยวิธีเชิงพันธุกรรม กรณีขนาดโครโมโซมเท่ากับ 7 ในการจำแนกข้าวเจ้าพันธุ์ กข41 กข31 และปทุมธานี 1 ช่วงการเจริญเติบโตทางการสืบพันธุ์

ตารางที่ 4.6 เปรียบเทียบค่าความถูกต้องโดยรวมระหว่างวิธี GA ร่วมกับ SAM กับวิธี GA ร่วมกับ MLC ในการจำแนกข้าวเจ้าพันธุ์กข41 กข31 และปทุมธานี 1 ช่วงการเจริญเติบโตทางการสืบพันธุ์

Runs	Overall Accuracy: OA		Cohen's kappa	
	GA+SAM	GA+MLC	GA+SAM	GA+MLC
1	82.22	82.96	0.73	0.74
2	80.74	80.74	0.71	0.71
3	83.70	83.70	0.76	0.76
4	85.19	86.67	0.78	0.80
5	80.00	85.19	0.70	0.78
6	87.41	82.96	0.81	0.74
7	83.70	79.26	0.76	0.69
8	89.63	81.48	0.84	0.72
9	86.67	79.26	0.80	0.69
10	85.19	82.22	0.78	0.73
11	85.93	86.67	0.78	0.80
12	86.67	83.70	0.80	0.75
13	84.44	78.52	0.76	0.67
14	84.44	85.19	0.76	0.77
15	85.93	85.19	0.78	0.77
16	86.67	88.15	0.80	0.82
17	88.89	75.56	0.83	0.63
18	85.19	77.78	0.77	0.66
19	87.41	88.15	0.81	0.82
20	81.48	78.52	0.72	0.67
21	84.44	85.19	0.76	0.77
22	82.22	87.41	0.73	0.81
23	84.44	80.00	0.76	0.70
24	86.86	81.48	0.80	0.72
25	87.41	83.70	0.81	0.75
26	80.74	85.19	0.71	0.77



760051567

CU Thesais 5687782420 dissertation / recv: 06082562 03:48:43 / seq: 5

ตารางที่ 4.6 (ต่อ)

Runs	Overall Accuracy: OA		Cohen's kappa	
	GA+SAM	GA+MLC	GA+SAM	GA+MLC
27	84.44	86.67	0.76	0.80
28	85.19	79.26	0.77	0.68
29	88.15	79.26	0.82	0.68
30	80.74	82.22	0.71	0.73

การวิเคราะห์ความถูกต้อง (Accuracy Assessment) ของการจำแนกพันธุ์ข้าวในช่วงการเจริญเติบโตทางการสืบพันธุ์

ในส่วนนี้จะแสดงผลการจำแนกเฉพาะกรณีที่ให้ผลการจำแนกสูงที่สุดของแต่ละวิธีเท่านั้น โดยใช้วิธีการตรวจสอบแบบตารางแมทริกซ์ (Error Matrix) ซึ่งแบ่งข้อมูล (split half) ออกเป็น 2 ชุดๆ ละ 45 ตัวอย่างของข้าวในแต่ละพันธุ์ สำหรับใช้เป็นข้อมูลตัวอย่าง (135 ตัวอย่าง) และข้อมูลทดสอบ (135 ตัวอย่าง)

ผลการตรวจสอบความถูกต้องของการจำแนกข้าวเจ้าพันธุ์กข41 กข31 และปทุมธานี 1 จากเครื่องวัดค่าการสะท้อนแสงแบบไฮเปอร์สเปกตรัล ในช่วงการเจริญเติบโตทางการสืบพันธุ์ พบว่า วิธี GA ร่วมกับ SAM ให้ค่าความถูกต้องโดยรวม (Overall Accuracy) และค่า Kappa สูงกว่าวิธี GA ร่วมกับ MLC (ตารางที่ 4.7 และ ตารางที่ 4.8)

ตารางที่ 4.7 การตรวจสอบความถูกต้องแบบตารางแมทริกซ์ (Error Matrix) ของการจำแนกพันธุ์ข้าวจากเครื่องวัดค่าการสะท้อนแสงแบบไฮเปอร์สเปกตรัล ด้วยวิธี GA ร่วมกับ SAM ช่วงการเจริญเติบโตทางการสืบพันธุ์

		Reference Data				Producer's accuracy (%)	User's accuracy (%)
		พันธุ์ข้าว	กข41	กข31	ปทุมธานี 1		
Classified Data	พันธุ์ข้าว						
	กข41	43	1	0	44	95.56	97.73
	กข31	1	38	5	44	84.44	86.36
	ปทุมธานี 1	1	6	40	47	88.89	85.11
	รวม	45	45	45	135	Kappa coefficient = 0.84	
ค่าความถูกต้องโดยรวม (Overall accuracy) = 89.63							

ตารางที่ 4.8 การตรวจสอบความถูกต้องแบบตารางแมทริกซ์ (Error Matrix) ของการจำแนกพันธุ์ข้าวจากเครื่องวัดค่าการสะท้อนแสงแบบไฮเปอร์สเปกตรัล ด้วยวิธี GA ร่วมกับ MLC ช่วงการเจริญเติบโตทางการสืบพันธุ์

Reference Data						Producer's accuracy (%)	User's accuracy (%)
Classified Data	พันธุ์ข้าว	กข41	กข31	ปทุมธานี 1	รวม		
	กข41	42	1	2	45	93.33	93.33
	กข31	2	39	5	46	86.67	84.78
	ปทุมธานี 1	1	5	38	44	84.44	86.36
	รวม	45	45	45	135	Kappa coefficient = 0.82	
ค่าความถูกต้องโดยรวม (Overall accuracy) = 88.15							

เมื่อพิจารณาค่าความถูกต้องของการจำแนกข้าวแต่ละพันธุ์ของทั้ง 2 วิธี จากตารางที่ 4.7 และ 4.8 พบว่า ผลการจำแนกข้าวเจ้าพันธุ์กข41 มีความแตกต่างอย่างชัดเจนกับพันธุ์กข31 และปทุมธานี 1 ซึ่งให้ค่าความถูกต้องของผู้ผลิต (Producer's accuracy) สูงที่สุด คิดเป็นร้อยละ 95.56 และ 93.33 ตามลำดับ ในขณะที่ข้าวเจ้าพันธุ์กข31 และปทุมธานี 1 ยังมีความสับสนในการจำแนก ทั้งนี้ค่าความถูกต้องของการจำแนกยังอยู่ในระดับสูง (ค่า OA มากกว่าร้อยละ 80 แสดงว่ามีค่าความถูกต้องสูง (Jensen, 2007))

3) ช่วงการเจริญเติบโตทางเมล็ด

ในขั้นตอนการคัดเลือกช่วงคลื่นที่เหมาะสม (band selection) ด้วยวิธีเชิงพันธุกรรม (GA) จะกำหนดขนาดโครโมโซมเท่ากับ 7 ช่วงคลื่น (bands) หลังจากนั้นจำแนกพันธุ์ข้าวด้วยวิธีการจำแนกแบบควบคุม (Supervised classification) โดยเปรียบเทียบ 2 รูปแบบ คือ GA ร่วมกับ SAM และ GA ร่วมกับ MLC ในส่วนนี้จะนำเสนอผลเฉพาะช่วงคลื่นที่ถูกคัดเลือกด้วยวิธี GA ร่วมกับ SAM เนื่องจากให้ค่าความถูกต้องโดยรวม (OA) สูงกว่า โดยผลการคัดเลือกช่วงคลื่นและค่าความถูกต้องโดยรวมของการจำแนกพันธุ์ข้าว ทั้ง 30 ชุดข้อมูล แสดงดังตารางที่ 4.9 และผลการเปรียบเทียบค่าความถูกต้องโดยรวมระหว่างวิธี GA ร่วมกับ SAM กับวิธี GA ร่วมกับ MLC ในการจำแนกข้าวเจ้าพันธุ์กข41 กข31 และปทุมธานี 1 ช่วงการเจริญเติบโตทางเมล็ด ดังตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.9 ช่วงคลื่นที่ถูกคัดเลือกทั้ง 30 โครโมโซมกรณีขนาดโครโมโซมเท่ากับ 7 ในช่วงการเจริญเติบโตทางเมล็ด

Runs	Bands (nm)							OA- Test	Cohen's kappa
	1	2	3	4	5	6	7		
1	465	503	619	899	1191	1682	2156	85.93	0.79
2	497	593	680	850	1320	1676	2235	86.67	0.80
3	457	524	615	941	1114	1747	2191	85.93	0.79
4	438	510	636	1076	1179	1671	2144	85.93	0.79
5	472	552	687	1042	1322	1763	2165	85.93	0.79
6	483	518	649	923	1254	1719	2175	85.19	0.78
7	443	584	611	987	1153	1714	2286	85.19	0.78
8	468	566	625	1054	1220	1754	2139	85.19	0.78
9	497	593	627	913	1320	1676	2235	85.93	0.79
10	458	537	634	850	1274	1780	2141	84.44	0.77
11	472	549	649	899	1320	1676	2175	84.44	0.77
12	468	518	664	1049	1114	1721	2156	85.19	0.78
13	465	584	636	923	1320	1671	2286	85.19	0.78
14	416	503	680	991	1322	1719	2235	84.44	0.77
15	439	524	611	987	1254	1714	2235	85.19	0.78
16	497	558	625	899	1152	1682	2175	85.19	0.78
17	441	593	687	1054	1320	1763	2139	85.93	0.79
18	428	566	619	911	1446	1789	2156	84.44	0.77
19	472	535	625	778	1278	1747	2235	85.19	0.78
20	443	503	627	913	1254	1705	2191	85.93	0.79
21	497	510	619	778	1191	1690	2162	85.93	0.79
22	497	520	604	1042	1153	1682	2139	84.44	0.77
23	483	520	687	987	1114	1854	2162	85.93	0.79
24	439	593	649	778	1446	1763	2165	84.44	0.77
25	465	543	627	752	1320	1854	2005	85.19	0.78
26	438	535	660	913	1220	1714	2156	84.44	0.77



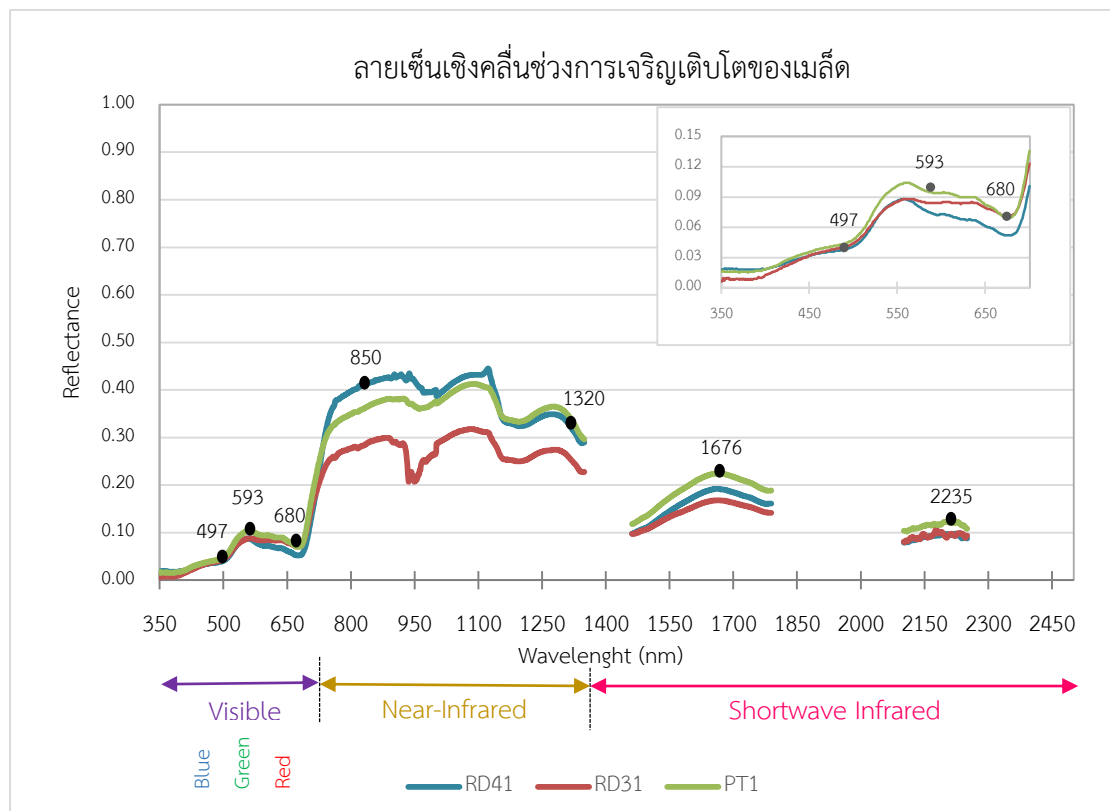
760051567

CU Thesais 5687782420 dissertation / recv: 06082562 03:48:43 / seq: 5

ตารางที่ 4.9 (ต่อ)

Runs	Bands (nm)							OA-Test	Cohen's kappa
	1	2	3	4	5	6	7		
27	457	524	611	752	1152	1690	2286	84.44	0.77
28	471	510	625	923	1446	1747	2139	85.19	0.78
29	497	552	604	1054	1179	1705	2175	84.44	0.77
30	483	593	615	913	1191	1747	2191	85.93	0.79

จากตารางที่ 4.9 ข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบทั้ง 30 รอบ จะพบว่ารอบที่ 2 ให้ค่าความถูกต้องโดยรวมของข้อมูลทดสอบ (OA testing) มีค่ามากที่สุดเท่ากับ 86.67% ประกอบด้วยช่วงคลื่น 497 nm, 593 nm, 680 nm, 850 nm, 1320 nm, 1676 nm และ 2235 nm ดังรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.7 ช่วงคลื่นที่ถูกคัดเลือกด้วยวิธีเชิงพันธุกรรม กรณีขนาดโครโมโซมเท่ากับ 7 ในการจำแนกข้าวเจ้าพันธุ์ กข41 กข31 และปทุมธานี 1 ช่วงการเจริญเติบโตทางเมล็ด

ตารางที่ 4.10 เปรียบเทียบค่าความถูกต้องโดยรวมระหว่างวิธี GA ร่วมกับ SAM กับวิธี GA ร่วมกับ MLC ในการจำแนกข้าวเจ้าพันธุ์กข41 กข31 และปทุมธานี 1 ช่วงการเจริญเติบโตทางเมล็ด

Runs	Overall Accuracy: OA		Cohen's kappa	
	GA+SAM	GA+MLC	GA+SAM	GA+MLC
1	85.93	82.22	0.79	0.73
2	86.67	81.48	0.80	0.72
3	85.93	82.96	0.79	0.74
4	85.93	83.70	0.79	0.76
5	85.93	82.96	0.79	0.74
6	85.19	82.22	0.78	0.73
7	85.19	82.96	0.78	0.74
8	85.19	82.22	0.78	0.73
9	85.93	81.48	0.79	0.72
10	84.44	82.96	0.77	0.74
11	84.44	82.96	0.77	0.74
12	85.19	82.22	0.78	0.73
13	85.19	81.48	0.78	0.72
14	84.44	82.96	0.77	0.74
15	85.19	82.22	0.78	0.73
16	85.19	82.96	0.78	0.74
17	85.93	82.22	0.79	0.73
18	84.44	81.48	0.77	0.72
19	85.19	81.48	0.78	0.72
20	85.93	81.48	0.79	0.72
21	85.93	81.48	0.79	0.72
22	84.44	82.22	0.77	0.73
23	85.93	82.22	0.79	0.73
24	84.44	82.96	0.77	0.74
25	85.19	81.48	0.78	0.72
26	84.44	81.48	0.77	0.72



760051567

CU Thesais 5687782420 dissertation / recv: 06082562 03:48:43 / seq: 5

ตารางที่ 4.10 (ต่อ)

Runs	Overall Accuracy: OA		Cohen's kappa	
	GA+SAM	GA+MLC	GA+SAM	GA+MLC
27	84.44	82.22	0.77	0.73
28	85.19	82.96	0.78	0.74
29	84.44	82.22	0.77	0.73
30	85.93	80.74	0.79	0.71

การวิเคราะห์ความถูกต้อง (Accuracy Assessment) ของการจำแนกพันธุ์ข้าวในช่วงการเจริญเติบโตทางเมล็ด

ในส่วนนี้จะแสดงผลการจำแนกเฉพาะกรณีที่ให้ผลการจำแนกสูงที่สุดของแต่ละวิธีเท่านั้น โดยใช้วิธีการตรวจสอบแบบตารางแมทริกซ์ (Error Matrix) ซึ่งแบ่งข้อมูล (split half) ออกเป็น 2 ชุดๆ ละ 45 ตัวอย่างของข้าวในแต่ละพันธุ์ สำหรับใช้เป็นข้อมูลตัวอย่าง (135 ตัวอย่าง) และข้อมูลทดสอบ (135 ตัวอย่าง)

ผลการตรวจสอบความถูกต้องของการจำแนกข้าวเจ้าพันธุ์ กข41 กข31 และ ปทุมธานี 1 จากเครื่องวัดค่าการสะท้อนแสงแบบไฮเปอร์สเปกตรัล ในช่วงการเจริญเติบโตทางเมล็ด พบว่า วิธี GA ร่วมกับ SAM ให้ค่าความถูกต้องโดยรวม (Overall Accuracy) และค่า Kappa สูงกว่าวิธี GA ร่วมกับ MLC (ตารางที่ 4.11)

ตารางที่ 4.11 การตรวจสอบความถูกต้องแบบตารางแมทริกซ์ (Error Matrix) ของการจำแนกพันธุ์ข้าวจากเครื่องวัดค่าการสะท้อนแสงแบบไฮเปอร์สเปกตรัล ด้วยวิธี GA ร่วมกับ SAM ช่วงการเจริญเติบโตทางเมล็ด

		Reference Data				Producer's accuracy (%)	User's accuracy (%)
		พันธุ์ข้าว	กข41	กข31	ปทุมธานี 1		
Classified Data	กข41	38	2	2	42	84.44	90.48
	กข31	4	42	6	52	93.33	80.77
	ปทุมธานี 1	3	1	37	41	82.22	90.24
	รวม	45	45	45	135	Kappa coefficient	
	ค่าความถูกต้องโดยรวม (Overall accuracy) = 86.67						= 0.80

ตารางที่ 4.12 การตรวจสอบความถูกต้องแบบตารางแมทริกซ์ (Error Matrix) ของการจำแนกพันธุ์ข้าวจากเครื่องวัดค่าการสะท้อนแสงแบบไฮเปอร์สเปกตรัล ด้วยวิธี GA ร่วมกับ MLC ช่วงการเจริญเติบโตทางเมล็ด

Reference Data						Producer's accuracy (%)	User's accuracy (%)
Classified Data	พันธุ์ข้าว	กข41	กข31	ปทุมธานี 1	รวม		
	กข41	36	0	5	41	80.00	87.80
	กข31	6	42	5	53	93.33	79.25
	ปทุมธานี 1	3	3	35	41	77.78	85.37
	รวม	45	45	45	135	Kappa coefficient = 0.76	
ค่าความถูกต้องโดยรวม (Overall accuracy) = 83.70							

เมื่อพิจารณาค่าความถูกต้องของการจำแนกข้าวแต่ละพันธุ์ของทั้ง 2 วิธี จากตารางที่ 4. 11และ ตารางที่ 4.12 พบว่า ผลการจำแนกข้าวเจ้าพันธุ์กข31 มีความแตกต่างอย่างชัดเจนกับพันธุ์กข41 และปทุมธานี 1 ซึ่งให้ค่าความถูกต้องของผู้ผลิต (Producer's accuracy) สูงที่สุด คิดเป็นร้อยละ 93.33 และ 93.33 ตามลำดับ ในขณะที่ข้าวเจ้าพันธุ์กข41 และปทุมธานี 1 ยังมีความสับสนในการจำแนก ทั้งนี้ค่าความถูกต้องของการจำแนกยังอยู่ในระดับสูง (ค่า OA มากกว่าร้อยละ 80 แสดงว่ามีค่าความถูกต้องสูง (Jensen, 2007))

4.1.2.2 ผลการเปรียบเทียบการจำแนกทางสถิติ

ผลการเปรียบเทียบวิธีการจำแนกด้วยวิธี GA ร่วมกับวิธี SAM เปรียบเทียบกับวิธี GA ร่วมกับวิธี MLC ทางสถิติ ในแต่ละช่วงการเจริญเติบโตของข้าว พบว่า ช่วงการเจริญเติบโตทางลำต้นให้ค่าความถูกต้องโดยรวมเฉลี่ยของทั้ง 2 วิธี เท่ากับ 89.37% และ 85.51% ตามลำดับ รองลงมาคือ ช่วงการเจริญเติบโตทางเมล็ด และช่วงการเจริญเติบโตทางสีพันธุ์ (ตารางที่ 4.13 ก)

เมื่อนำค่าความถูกต้องโดยรวม (OA) และค่า Kappa จากทั้ง 2 วิธี มาทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยสถิติทดสอบ (Independent T-Test) พบว่า วิธี GA ร่วมกับวิธี SAM เปรียบเทียบกับวิธี GA ร่วมกับวิธี MLC ทั้ง 3 ช่วงการเจริญเติบโต มีค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ผลการทดสอบดังกล่าวยืนยันได้ว่าผลการจำแนกที่ได้จากการคัดเลือกช่วงคลื่นที่เหมาะสมด้วยวิธี GA ร่วมกับวิธี SAM ให้ผลการทดลองที่มีความถูกต้องในการจำแนกมากกว่าการจำแนกด้วยวิธี GA ร่วมกับวิธี MLC รายละเอียดดังตารางที่ 4.13-4.14

ตารางที่ 4.13 สถิติพื้นฐานของค่าความถูกต้องโดยรวมและค่าสัมประสิทธิ์ kappa ในการจำแนกพันธุ์ข้าวแต่ละช่วงการเจริญเติบโตจากทั้ง 2 วิธีการ

ช่วงการเจริญเติบโต	ค่าสถิติพื้นฐาน	Overall Accuracy: OA		Cohen's kappa	
		GA+SAM	GA+MLC	GA+SAM	GA+MLC
ช่วงการเจริญเติบโตทางลำต้น	Min	85.56	80.00	0.78	0.70
	Max	93.33	88.89	0.90	0.83
	Mean	89.37	85.51	0.84	0.78
	SD	1.62	2.39	0.02	0.04
ช่วงการเจริญเติบโตทางสีบพันธุ์	Min	80.00	75.56	0.70	0.63
	Max	89.63	88.15	0.84	0.82
	Mean	84.87	82.74	0.77	0.74
	SD	2.55	3.40	0.04	0.05
ช่วงการเจริญเติบโตทางเมล็ด	Min	84.44	81.48	0.77	0.72
	Max	86.67	83.70	0.80	0.76
	Mean	85.63	82.52	0.78	0.74
	SD	0.62	0.72	0.01	0.01

ตารางที่ 4.14 ค่าความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยสถิติทดสอบ (Independent T-Test) ในการจำแนกพันธุ์ข้าวแต่ละช่วงการเจริญเติบโตจากทั้ง 2 วิธีการ

ช่วงการเจริญเติบโต	Accuracy Assessment	t-value	df	Sig
ช่วงการเจริญเติบโตทางลำต้น	OA	7.325	51	.000*
	Kappa	7.133	51	.000*
ช่วงการเจริญเติบโตทางสีบพันธุ์	OA	2.743	54	.008*
	Kappa	2.781	53	.007*
ช่วงการเจริญเติบโตทางเมล็ด	OA	17.321	58	.000*
	Kappa	20.400	57	.000*

* ค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05



4.1.3 การจำแนกข้าวเจ้าพันธุ์กข41 กข31 และปทุมธานี 1 ด้วยข้อมูลการรับรู้จากระยะไกลแบบมัลติสเปกตรัลและแบบไฮเปอร์สเปกตรัล ในระดับดาวเทียม (Satellite level)

ผลการศึกษาในส่วนนี้แบ่งการนำเสนอออกเป็น 2 ส่วนตามประเภทเซ็นเซอร์ของดาวเทียม EO-1 ในการกำหนดข้อมูลตัวอย่างและข้อมูลทดสอบ ผู้วิจัยใช้ข้อมูลภาคสนามร่วมกับข้อมูลแบบขึ้นทะเบียนเกษตรกรผู้ปลูกข้าวปีการเพาะปลูก 2557/58 ตามแนวถ่ายภาพของดาวเทียม EO-1 แนวโคจร (path) ที่ 129 และแถว (row) ที่ 49 ที่บันทึกภาพเมื่อวันที่ 13 กรกฎาคม 2557 ของ 4 อำเภอ ได้แก่ อำเภอมโนรมย์ เมืองสรรคบุรี และหันคา จังหวัดชัยนาท โดยยึดคำแนะนำของ (Congalton and Green, 1999) ที่ว่าจำนวนข้อมูลตัวอย่างและข้อมูลทดสอบ แต่ละประเภทควรมีมากกว่า 30 จุดภาพขึ้นไป เพื่อให้มีตัวแทนทางสถิติที่มีลักษณะการกระจายแบบปกติ

4.1.3.1 ผลการจำแนกข้าวเจ้าพันธุ์กข41 กข31 และปทุมธานี 1 ด้วยข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมแบบมัลติสเปกตรัลจากภาพถ่ายดาวเทียม EO-1 ระบบ ALI

ในการศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยใช้วิธีการจำแนกแบบควบคุม (Supervised classification) โดยเปรียบเทียบวิธีการจำแนกเป็น 2 วิธี คือ 1. แบบใช้พารามิเตอร์ (Parametric) โดยใช้วิธีความน่าจะเป็นไปได้สูงสุด (Maximum Likelihood Classifier: MLC) (ให้ผลดังตารางที่ 4.14 และรูปที่ 4.8 ก) กับ 2. แบบไม่ใช้พารามิเตอร์ (Nonparametric) โดยใช้วิธีสเปกตรัลแองเกิลแมปเปอร์ (Spectral Angle Mapper: SAM) (ให้ผลดังตารางที่ 4.15 และรูปที่ 4.8 ข)

โดยแบ่งชั้นข้อมูลสำหรับใช้เป็นชุดข้อมูลทดสอบ (testing data) ออกเป็น 3 ชั้นข้อมูล คือ ข้าวเจ้าพันธุ์กข41 (306 pixels) กข31 (332 pixels) และปทุมธานี 1 (318 pixels) รวมทั้งสิ้น 956 pixels



760051567

1. วิธีที่ 1 การจำแนกแบบวิธี Maximum Likelihood Classifier: MLC

ตารางที่ 4.15 การตรวจสอบความถูกต้องแบบตารางแมทริกซ์ (Error Matrix) ของการจำแนกพันธุ์ข้าวจากดาวเทียม EO-1 ระบบ ALI ด้วยวิธี Maximum Likelihood Classifier ช่วงการเจริญเติบโตทางการสืบพันธุ์

Reference Data (Pixels)						Producer's accuracy (%)	User's accuracy (%)
Classified Data	พันธุ์ข้าว	กข41	กข31	ปทุมธานี 1	รวม		
Unclassified		23	1	0	24	-	-
กข41		68	50	67	185	22.22	36.76
กข31		122	243	46	411	73.19	59.12
ปทุมธานี 1		93	38	205	336	64.47	61.01
รวม		306	332	318	956	Kappa coefficient = 0.31	
ค่าความถูกต้องโดยรวม (Overall accuracy) = 53.97							

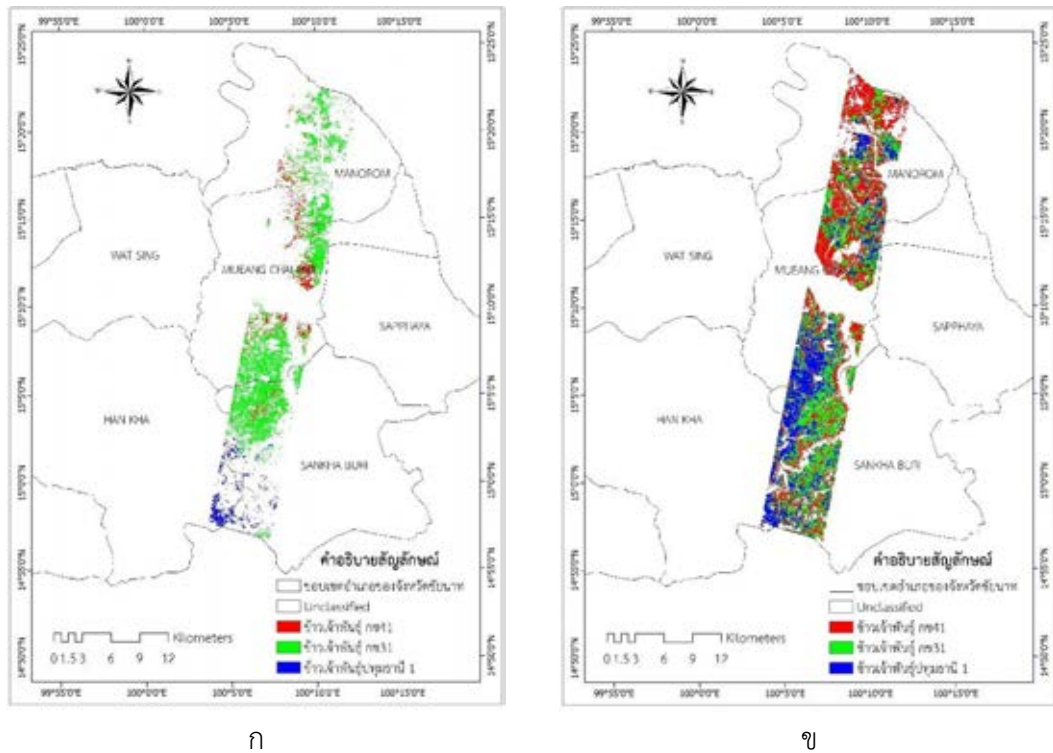
2. วิธีที่ 2 การจำแนกแบบวิธี Spectral Angle Mapper: SAM

ตารางที่ 4.16 การตรวจสอบความถูกต้องแบบตารางแมทริกซ์ (Error Matrix) ของการจำแนกพันธุ์ข้าวจากดาวเทียม EO-1 ระบบ ALI ด้วยวิธี Spectral Angle Mapper ช่วงการเจริญเติบโตทางการสืบพันธุ์

Reference Data (Pixels)						Producer's accuracy (%)	User's accuracy (%)
Classified Data	พันธุ์ข้าว	กข41	กข31	ปทุมธานี 1	รวม		
Unclassified		18	3	0	24	-	-
กข41		90	48	65	185	29.41	48.65
กข31		113	241	43	411	72.59	58.64
ปทุมธานี 1		85	40	210	336	66.04	62.50
รวม		306	332	318	956	Kappa coefficient = 0.35	
ค่าความถูกต้องโดยรวม (Overall accuracy) = 56.59							



760051567



รูปที่ 4.8 ผลการจำแนกข้าวเจ้าพันธุ์ กข41 กข31 และปทุมธานี 1 จากภาพถ่ายดาวเทียม EO-1 ระบบ ALI ด้วย (ก) วิธี MLC (ข) วิธี SAM

4.1.3.2 ผลการจำแนกข้าวเจ้าพันธุ์กข41 กข31 และปทุมธานี 1 ด้วยข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมแบบไฮเปอร์สเปกตรัลจากภาพถ่ายดาวเทียม EO-1 ระบบ Hyperion

ในการศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยใช้วิธีการจำแนกแบบควบคุม (Supervised classification) โดยเปรียบเทียบวิธีการจำแนกเป็น 4 วิธี คือ 1. วิธีความน่าจะเป็นไปได้สูงสุด (Maximum Likelihood Classifier: MLC) 2. วิธีสเปกตรัลแองเกิลแมปเปอร์ (Spectral Angle Mapper: SAM) 3. วิธีเชิงพันธุกรรมร่วมกับวิธี MLC และ 4. วิธีเชิงพันธุกรรมร่วมกับวิธี SAM ให้ผลดังตารางที่ 4.17-4.18 และรูปที่ 4.9

โดยแบ่งชั้นข้อมูลสำหรับใช้เป็นชุดข้อมูลทดสอบ ออกเป็น 3 ชั้นข้อมูล คือ ข้าวเจ้าพันธุ์กข41 (306 pixels) กข31 (332 pixels) และปทุมธานี 1 (318 pixels) รวมทั้งสิ้น 956 pixels รายละเอียดตาราง ที่ 4.17-4.18 และ รูปที่ 4.9

1. วิธีที่ 1 การจำแนกแบบวิธี Maximum Likelihood Classifier: MLC

ตารางที่ 4.17 การตรวจสอบความถูกต้องแบบตารางแมทริกซ์ (Error Matrix) ของการจำแนกพันธุ์ข้าวจากดาวเทียม EO-1 ระบบ Hyperion ด้วยวิธี Maximum Likelihood Classifier ช่วงการเจริญเติบโตทางการสืบพันธุ์

Reference Data (Pixels)						Producer's accuracy (%)	User's accuracy (%)
Classified Data	พันธุ์ข้าว	กข41	กข31	ปทุมธานี 1	รวม		
Unclassified	33	2	5	40	-	-	
กข41	180	27	29	236	58.82	76.27	
กข31	35	278	19	332	83.73	83.73	
ปทุมธานี 1	58	25	265	348	83.33	76.15	
รวม	306	332	318	956	Kappa coefficient = 0.64		
ค่าความถูกต้องโดยรวม (Overall accuracy) = 75.63							

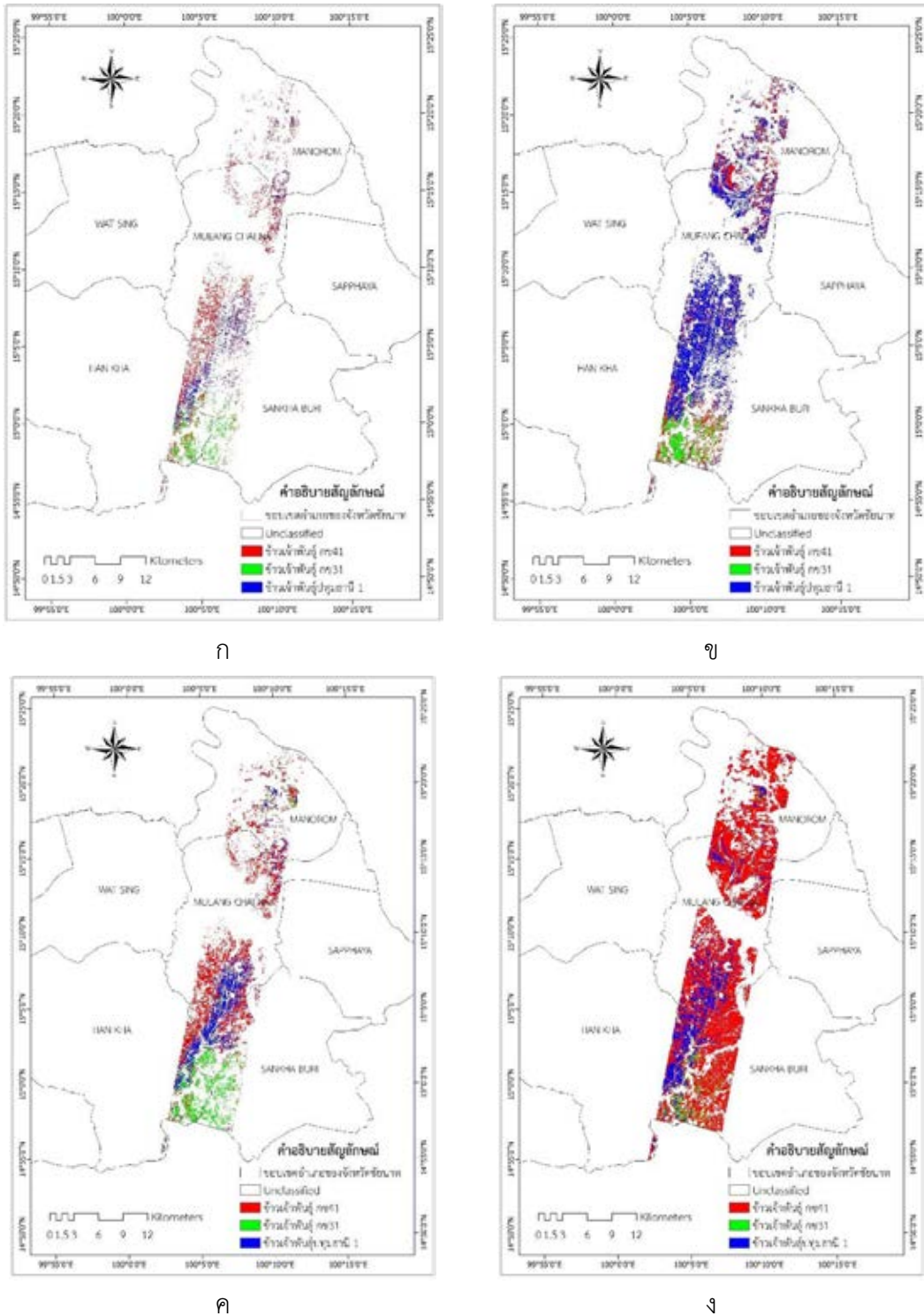
2. วิธีที่ 2 การจำแนกแบบวิธี Spectral Angle Mapper: SAM

ตารางที่ 4.18 การตรวจสอบความถูกต้องแบบตารางแมทริกซ์ (Error Matrix) ของการจำแนกพันธุ์ข้าวจากดาวเทียม EO-1 ระบบ Hyperion ด้วยวิธี Spectral Angle Mapper ช่วงการเจริญเติบโตทางการสืบพันธุ์

Reference Data (Pixels)						Producer's accuracy (%)	User's accuracy (%)
Classified Data	พันธุ์ข้าว	กข41	กข31	ปทุมธานี 1	รวม		
Unclassified	37	4	3	44	-	-	
กข41	187	25	24	236	61.11	79.24	
กข31	27	290	16	333	87.35	87.09	
ปทุมธานี 1	55	13	275	343	86.48	80.17	
รวม	306	332	318	956	Kappa coefficient = 0.69		
ค่าความถูกต้องโดยรวม (Overall accuracy) = 78.66							



760051567



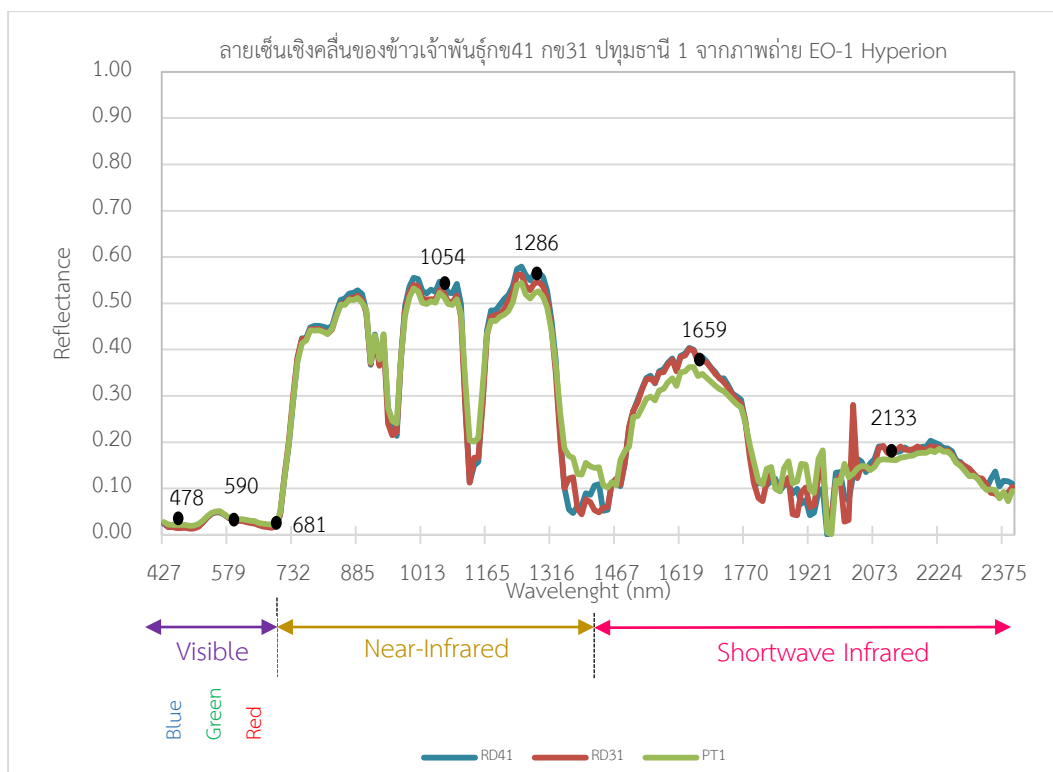
รูปที่ 4.9 ผลการจำแนกข้าวเจ้าพันธุ์กข41 กข31 และปทุมธานี 1 จากภาพถ่ายดาวเทียม EO-1 ระบบ Hyperion ด้วย (ก) วิธี MLC (ข) วิธี SAM (ค) วิธี GA+MLC (ง) วิธี GA+SAM

ตารางที่ 4.19 ช่วงคลื่นที่ถูกคัดเลือกทั้ง 10 โครโมโซมกรณีขนาดโครโมโซมเท่ากับ 7 ช่วงการเจริญเติบโตทางการสืบพันธุ์

Runs	Bands (nm)							OA- Test	Cohen's kappa
	1	2	3	4	5	6	7		
1	427	508	681	973	1235	1457	2214	80.77	0.72
2	457	529	620	844	1245	1528	2133	82.03	0.74
3	478	518	630	973	1296	1568	2284	84.52	0.77
4	478	590	681	1054	1286	1659	2133	85.04	0.78
5	468	549	681	1064	1235	1639	2163	83.89	0.76
6	478	590	661	1094	1286	1639	2244	82.74	0.74
7	488	569	630	943	1235	1659	2264	83.89	0.76
8	498	579	681	1044	1296	1669	2274	82.85	0.75
9	478	559	691	973	1255	1639	2133	82.03	0.74
10	457	600	671	854	1276	1679	2285	81.59	0.73

จากตารางที่ 4.19 ข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบทั้ง 10 รอบ ให้ค่าความถูกต้องโดยรวมของข้อมูลทดสอบ (OA testing) มีค่ามากที่สุดเท่ากับ 85.04% ประกอบด้วยช่วงคลื่น 478 nm, 590 nm, 681 nm, 1054 nm, 1286 nm, 1659 nm และ 2133 nm ดังรูปที่ 4.10





รูปที่ 4.10 ช่วงคลื่นที่ถูกคัดเลือกด้วยวิธีเชิงพันธุกรรม กรณีขนาดโครโมโซมเท่ากับ 7 ในการจำแนกข้าวเจ้าพันธุ์ กข41 กข31 และปทุมธานี 1 ช่วงการเจริญเติบโตทางการสืบพันธุ์ จากภาพถ่ายดาวเทียม EO-1 Hyperion

ตารางที่ 4.20 เปรียบเทียบค่าความถูกต้องโดยรวมระหว่างวิธี GA ร่วมกับ SAM กับวิธี GA ร่วมกับ MLC ในการจำแนกข้าวเจ้าพันธุ์กข41 กข31 และปทุมธานี 1 จากภาพถ่ายดาวเทียม EO-1 Hyperion ช่วงการเจริญเติบโตทางการสืบพันธุ์

Runs	Overall Accuracy: OA		Cohen's kappa	
	GA+SAM	GA+MLC	GA+SAM	GA+MLC
1	80.77	80.25	0.72	0.71
2	82.03	81.09	0.74	0.72
3	84.52	82.22	0.77	0.74
4	85.04	82.55	0.78	0.74
5	83.89	79.87	0.76	0.70



760051567

ตารางที่ 4.20 (ต่อ)

Runs	Overall Accuracy: OA		Cohen's kappa	
	GA+SAM	GA+MLC	GA+SAM	GA+MLC
6	82.74	78.66	0.74	0.69
7	83.89	81.49	0.76	0.73
8	82.85	81.90	0.75	0.73
9	82.03	80.13	0.74	0.71
10	81.59	81.59	0.73	0.73
Min	80.77	78.66	0.72	0.69
Max	85.04	82.55	0.78	0.74
Mean	82.93	80.97	0.75	0.72
SD	1.37	1.22	0.02	0.02

ตารางที่ 4.21 การตรวจสอบความถูกต้องแบบตารางแมทริกซ์ (Error Matrix) ของการจำแนกพันธุ์ข้าวจากภาพถ่ายดาวเทียม EO-1 Hyperion ด้วยวิธี GA ร่วมกับ SAM ช่วงการเจริญเติบโตทางการสืบพันธุ์

Reference Data (Pixels)						Producer's accuracy (%)	User's accuracy (%)
Classified Data	พันธุ์ข้าว	กข41	กข31	ปทุมธานี 1	รวม		
	Unclassified	33	3	3	39	-	-
	กข41	205	10	14	229	66.99	89.52
	กข31	25	313	6	344	94.28	90.99
	ปทุมธานี 1	43	6	295	344	92.77	85.76
	รวม	306	332	318	956	Kappa coefficient	
ค่าความถูกต้องโดยรวม (Overall accuracy) = 85.04						= 0.78	



760051567

CD :Thesis 5687782420 dissertation / rev: 06082562 03:48:43 / seq: 5

ตารางที่ 4.22 การตรวจสอบความถูกต้องแบบตารางแมทริกซ์ (Error Matrix) ของการจำแนกพันธุ์ข้าวจากภาพถ่ายดาวเทียม EO-1 Hyperion ด้วยวิธี GA ร่วมกับ MLC ช่วงการเจริญเติบโตทางการสืบพันธุ์

Reference Data (Pixels)						Producer's accuracy (%)	User's accuracy (%)
Classified Data	พันธุ์ข้าว	กข41	กข31	ปทุมธานี 1	รวม		
Unclassified	29	3	3	35	-	-	
กข41	197	14	15	226	64.38	87.17	
กข31	30	306	13	349	91.89	87.68	
ปทุมธานี 1	50	10	287	347	90.25	82.71	
รวม	306	333	318	957	Kappa coefficient = 0.74		
ค่าความถูกต้องโดยรวม (Overall accuracy) = 82.55							

เมื่อพิจารณาค่าความถูกต้องของการจำแนกข้าวแต่ละพันธุ์จากภาพถ่ายดาวเทียม EO-1 Hyperion ของทั้ง 2 วิธี จากตารางที่ 4.20 ถึงตารางที่ 4.21 พบว่า ผลการจำแนกข้าวเจ้าพันธุ์กข31 มีความแตกต่างอย่างชัดเจนกับพันธุ์กข41 และปทุมธานี 1 ซึ่งให้ค่าความถูกต้องของผู้ผลิต (Producer's accuracy) สูงที่สุด คิดเป็นร้อยละ 94.28 และ 91.89 ตามลำดับ ในขณะที่ข้าวเจ้าพันธุ์กข41 และปทุมธานี 1 ยังมีความสับสนในการจำแนก ทั้งนี้ค่าความถูกต้องของการจำแนก อยู่ในระดับปานกลาง (ค่า OA อยู่ระหว่างร้อยละ 40 ถึง 80 แสดงว่ามีค่าความถูกต้องปานกลาง (Jensen, 2007))

4.2 ผลการจัดทำลายเชื้อเชิงคลิ่นและการแยกพื้นที่ปลูกข้าวเจ้าพันธุ์กข41 ที่เป็นและไม่เป็นโรคขอบใบแห้ง ในภาคสนามและข้อมูลจากภาพถ่ายดาวเทียม EO-1

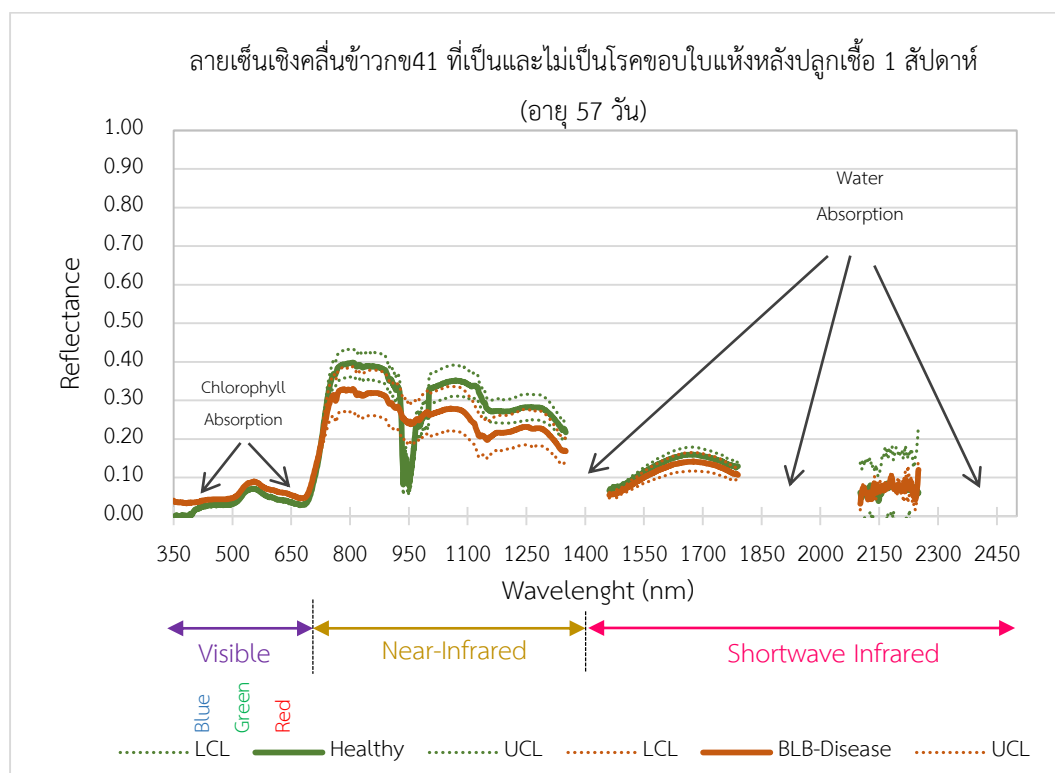
แบ่งผลการศึกษาออกเป็น 2 ส่วน

4.2.1 ผลการจัดทำลายเชื้อเชิงคลิ่นของข้าวเจ้าพันธุ์กข41 ที่เป็นและไม่เป็นโรคขอบใบแห้ง ด้วยเครื่องวัดค่าการสะท้อนแสงแบบไฮเปอร์สเปกตรัล (Field Spectro-radiometer)

หลังจากปลูกเชื้อ (inoculate) แบคทีเรีย *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* ลงบนต้นข้าวพันธุ์ กข41 ในแปลงทดลองพันธุ์ข้าว ศูนย์วิจัยข้าวชัยนาท เมื่อข้าวอายุได้ 50 วัน (วันตกกล้า 22 มิถุนายน 2559 วันปักดำ 14 กรกฎาคม 2559) หลังจากนั้นทุกๆ 7 วันทำการตรวจวัดค่าการสะท้อนพลังงานที่ระดับเรือนยอด ด้วยเครื่องวัดค่าการสะท้อนแสงแบบไฮเปอร์สเปกตรัล

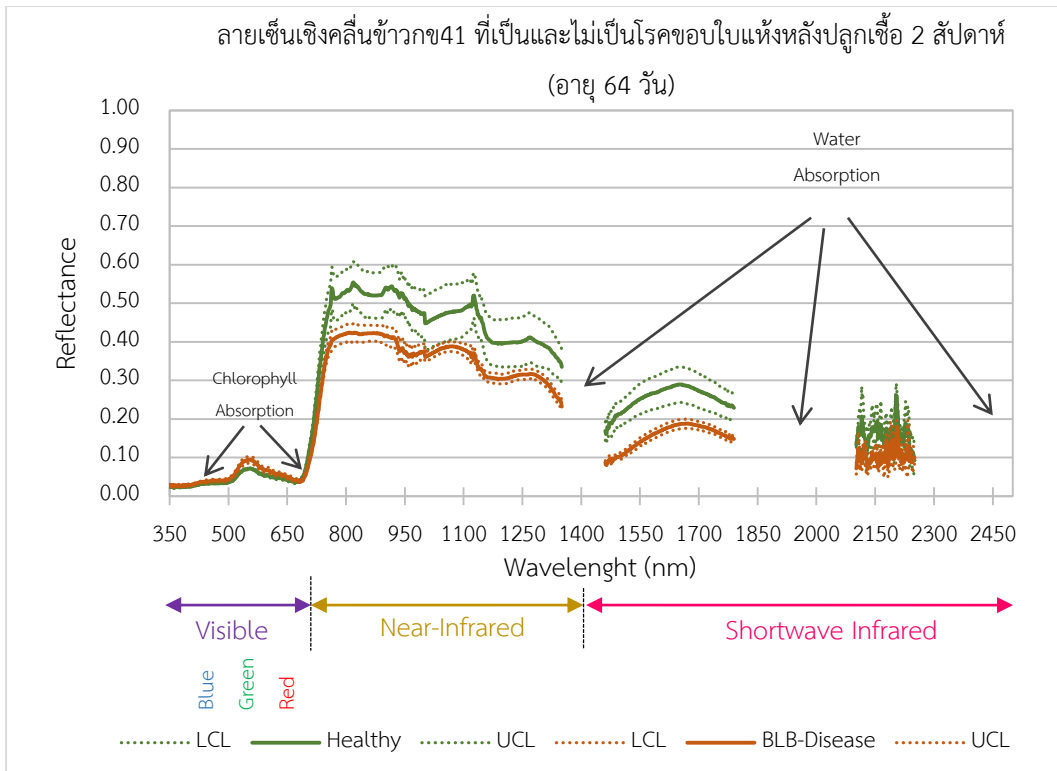
(Spectroradiometer) รุ่น ASD FieldSpec® 3 เพื่อเปรียบเทียบลายเซ็นเชิงคลื่นของข้าวเจ้าพันธุ์ กข41 ที่เป็นและไม่เป็นโรคขอบใบแห้ง ทั้งหมดจำนวน 5 ครั้งจนถึงระยะเก็บเกี่ยว

ลักษณะลายเซ็นเชิงคลื่น (spectral signature curve) ของข้าวเจ้าพันธุ์ กข41 ที่เป็นและ ไม่เป็นโรคขอบใบแห้ง ที่ได้จากเครื่องวัดค่าการสะท้อนแสงแบบไฮเปอร์สเปกตรัล มีค่าการสะท้อนที่ แตกต่างกันอย่างชัดเจนระหว่างความยาวช่วงคลื่น 740 nm ถึง 1350 nm (ช่วงคลื่น near-infrared) และค่าการสะท้อนพลังงานในช่วงคลื่นนี้มีแนวโน้มลดลงเมื่อข้าวมีอายุมากขึ้น เนื่องจากการ สังเคราะห์แสงของข้าวน้อยลง สำหรับข้าวเจ้าพันธุ์ กข41 ที่เป็นโรคขอบใบแห้ง ในช่วงคลื่นสีแดงและ สีน้ำเงิน จะมีค่าการสะท้อนพลังงานมากกว่าข้าวที่ไม่เป็นโรค เนื่องจากปริมาณคลอโรฟิลล์ที่ลดลง และในช่วงคลื่นอินฟราเรดคลื่นสั้นช่วงที่ 1 (1461-1789 nm) และช่วงที่ 2 (2100-2242 nm) ข้าวที่ เป็นโรคขอบใบแห้งจะมีการสะท้อนพลังงานของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ดีกว่าข้าวที่ไม่เป็นโรค เนื่องจาก ข้าวที่ไม่เป็นโรคมึน้ำในใบมากกว่าข้าวที่เป็นโรคขอบใบแห้ง ซึ่งน้ำในใบจะเป็นตัวดูดกลืนพลังงานที่ดี ในช่วงคลื่นนี้ (water absorption) ดังรูปที่ 4.11 – รูปที่ 4.15 และตารางภาคผนวก จ



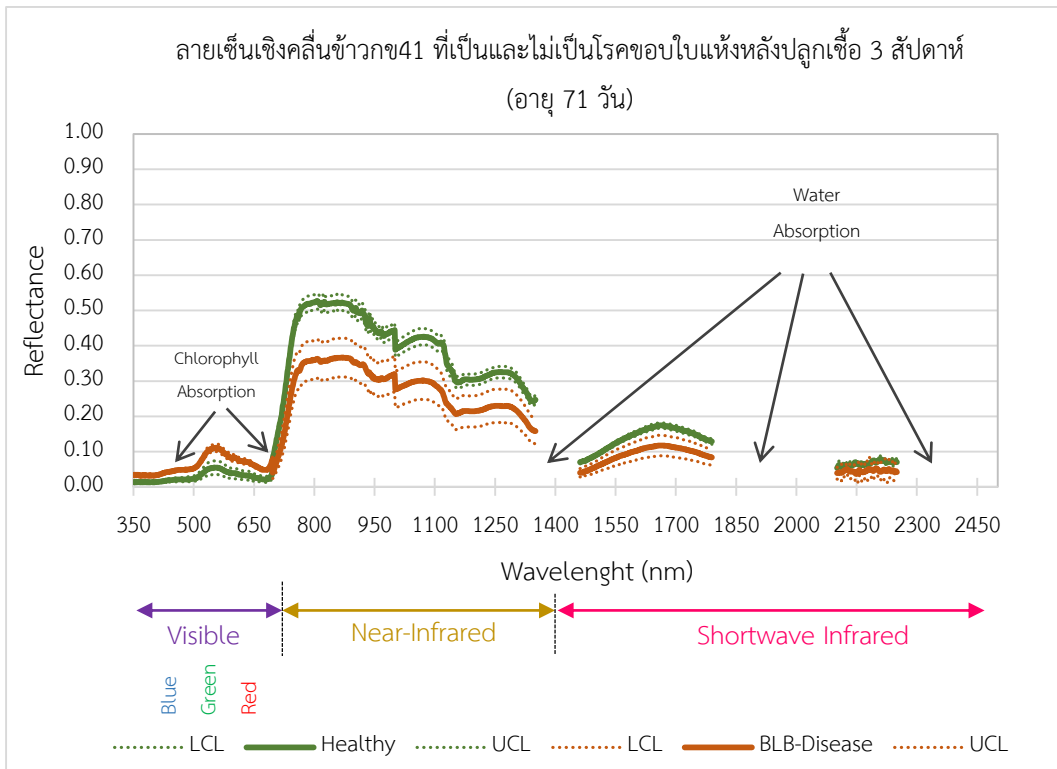
รูปที่ 4.11 ลายเซ็นเชิงคลื่นของข้าวเจ้าพันธุ์ กข41 ที่เป็นและไม่เป็นโรคขอบใบแห้ง หลังปลูกเชื้อ 1 สัปดาห์ (อายุ 57 วัน) %severity (ความรุนแรงของโรค) เฉลี่ย = 10%

ลายเซ็นเชิงคลื่นข้าวกข41 ที่เป็นและไม่เป็นโรคขอบใบแห้งหลังปลูกเชื้อ 2 สัปดาห์ (อายุ 64 วัน)



รูปที่ 4.12 ลายเซ็นเชิงคลื่นของข้าวเจ้าพันธุ์ กข41 ที่เป็นและไม่เป็นโรคขอบใบแห้ง หลังปลูกเชื้อ 2 สัปดาห์ (อายุ 64 วัน) %severity (ความรุนแรงของโรค) เฉลี่ย = 18%

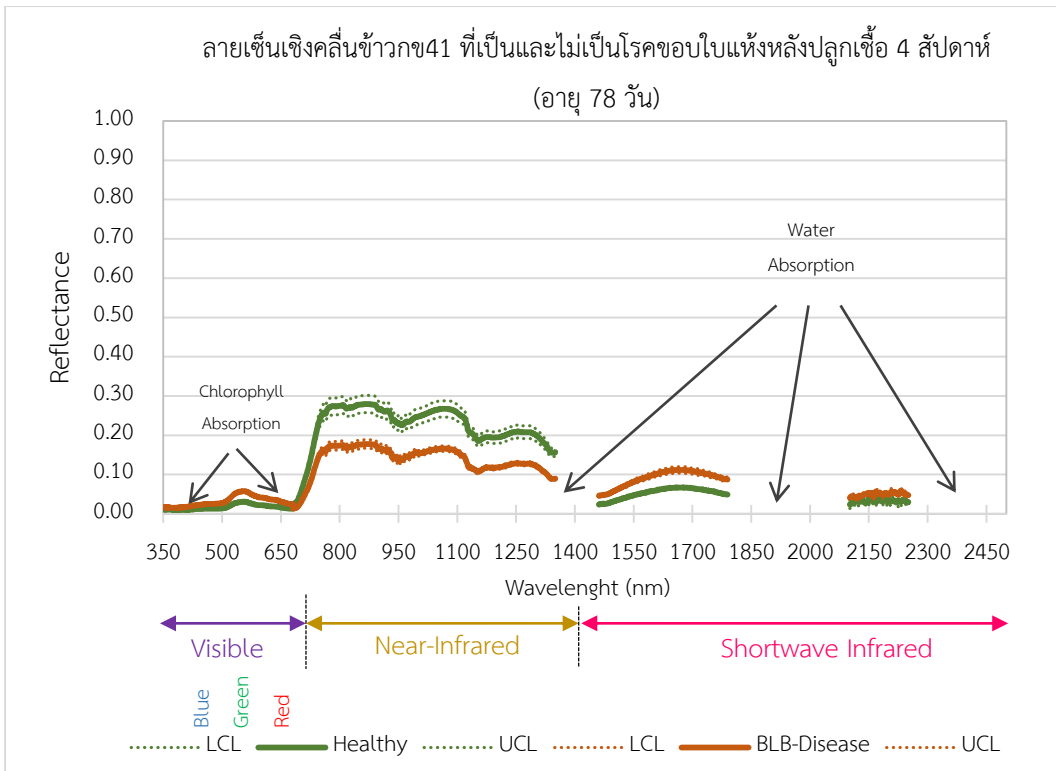
ลายเซ็นเชิงคลื่นข้าวกข41 ที่เป็นและไม่เป็นโรคขอบใบแห้งหลังปลูกเชื้อ 3 สัปดาห์ (อายุ 71 วัน)



รูปที่ 4.13 ลายเซ็นเชิงคลื่นของข้าวเจ้าพันธุ์ กข41 ที่เป็นและไม่เป็นโรคขอบใบแห้ง หลังปลูกเชื้อ 3 สัปดาห์ (อายุ 71 วัน) %severity (ความรุนแรงของโรค) เฉลี่ย = 25%

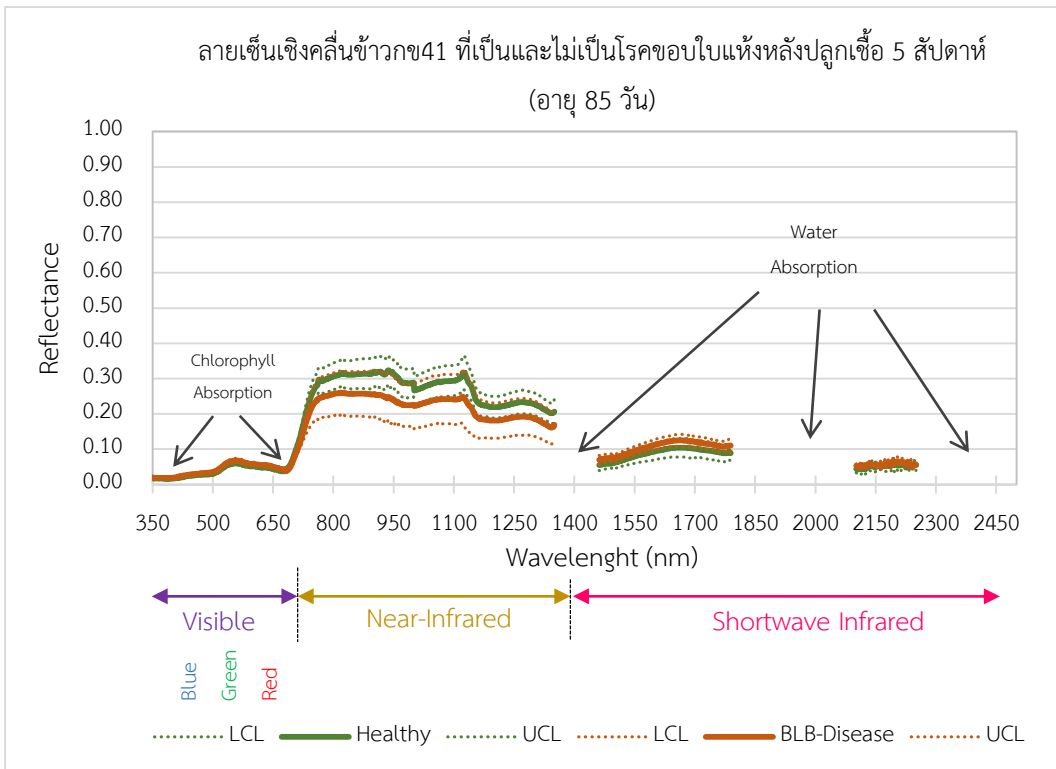


ลายเซ็นเชิงคลื่นข้าวกข41 ที่เป็นและไม่เป็นโรคขอบใบแห้งหลังปลูกเชื้อ 4 สัปดาห์ (อายุ 78 วัน)



รูปที่ 4.14 ลายเซ็นเชิงคลื่นของข้าวเจ้าพันธุ์ กข41 ที่เป็นและไม่เป็นโรคขอบใบแห้ง หลังปลูกเชื้อ 4 สัปดาห์ (อายุ 78 วัน) %severity (ความรุนแรงของโรค) เฉลี่ย = 36%

ลายเซ็นเชิงคลื่นข้าวกข41 ที่เป็นและไม่เป็นโรคขอบใบแห้งหลังปลูกเชื้อ 5 สัปดาห์ (อายุ 85 วัน)



รูปที่ 4.15 ลายเซ็นเชิงคลื่นของข้าวเจ้าพันธุ์ กข41 ที่เป็นและไม่เป็นโรคขอบใบแห้ง หลังปลูกเชื้อ 5 สัปดาห์ (อายุ 85 วัน) %severity (ความรุนแรงของโรค) เฉลี่ย = 39%



จากรูปที่ 4.11 – รูปที่ 4.15 จะเห็นได้ว่าข้าวเจ้าพันธุ์กข41 ที่เป็นโรคขอบใบแห้ง ในช่วงคลื่นสีน้ำเงินและสีแดง จะมีค่าการสะท้อนพลังงานมากกว่าข้าวที่ไม่เป็นโรค ทั้งนี้เนื่องจากปริมาณคลอโรฟิลล์ที่สะสมในใบลดลง ดังเช่น ความผิดปกติของการสะท้อนพลังงานในช่วงคลื่นการดูดกลืนคลอโรฟิลล์ (Chlorophyll absorption bands) ช่วงคลื่นสีน้ำเงิน (430 nm และ 460 nm) และช่วงคลื่นสีแดง (640 nm และ 660 nm) (Jensen, J. R., 2007) ในช่วงที่ข้าวเริ่มเป็นโรคขอบใบแห้ง (รูปที่ 4.11) มีค่าการสะท้อนพลังงาน (Reflectance) 0.041

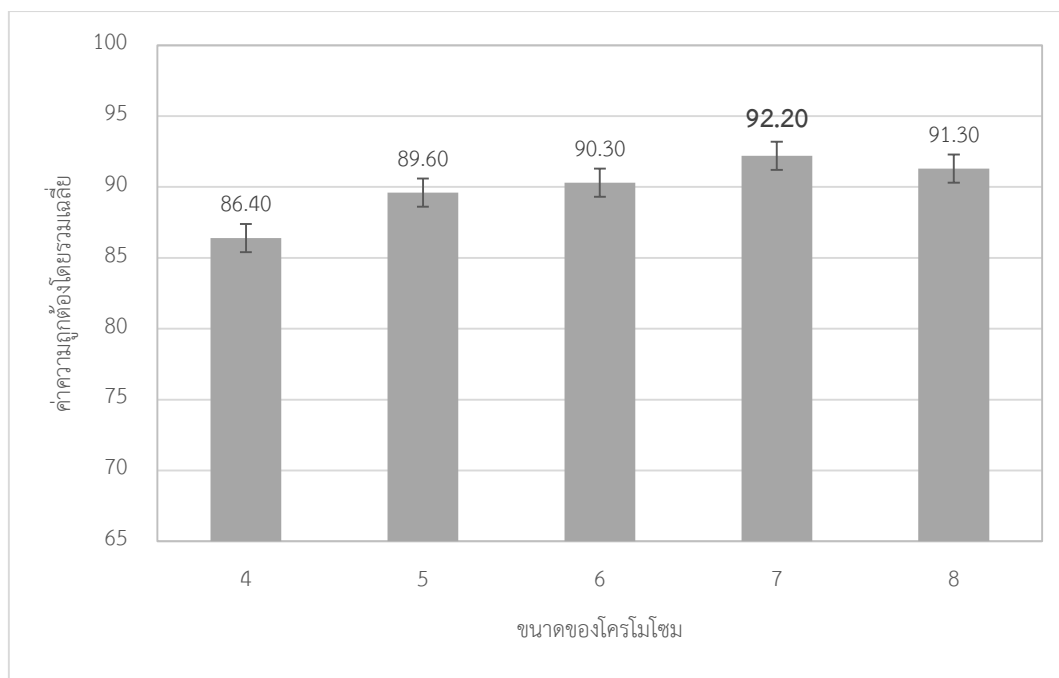
โดยจะเห็นความแตกต่างของการสะท้อนพลังงานในช่วงคลื่นสีน้ำเงินและแดงชัดเจนระหว่างข้าวที่เป็นและไม่เป็นโรคขอบใบแห้ง ในสัปดาห์ที่ 3 หลังปลูกเชื้อ (อายุ 71 วัน) เนื่องจากในช่วงเวลาดังกล่าวข้าวที่ไม่เป็นโรคใบมีสีเขียวมากกว่า จึงส่งผลทำให้ค่าการสะท้อนพลังงานของข้าวที่เป็นโรคสูงกว่าข้าวที่ไม่เป็นโรคขอบใบแห้ง

เนื่องจากเปอร์เซ็นต์ความรุนแรงของโรคในแต่ละระยะไม่แตกต่างกันมาก จึงส่งผลทำให้ลักษณะลายเซ็นเชิงคลื่นในช่วงคลื่นสีน้ำเงินและแดงสะท้อนไม่แตกต่างกัน ยกเว้นข้าวอายุ 71 วัน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Yang, 2010 ที่พบว่าถ้าความรุนแรงของโรคไม่มากการสะท้อนในช่วงคลื่น SWIR ข้าวปกติจะไม่แตกต่างกันมาก ซึ่งสามารถดูความรุนแรงของโรคได้จากช่วงคลื่น visible light Shortwave infrared (1300-1799.9 nm) และ mid- infrared (1800-2500 nm)

4.2.2 ผลการแยกพื้นที่ปลูกข้าวเจ้าพันธุ์กข41 ที่เป็นและไม่เป็นโรคขอบใบแห้งด้วยข้อมูลจากภาพถ่ายดาวเทียม EO-1 แบบมัลติสเปกตรัล (Advance Land Image, EO-1 ALI) และแบบไฮเปอร์สเปกตรัล (EO-1 Hyperion) โดยอาศัยการคัดเลือกช่วงคลื่นที่เหมาะสม

4.2.2.1 ขนาดของโครโมโซมที่เหมาะสมและการคัดเลือกช่วงคลื่นที่เหมาะสมด้วยขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม

ในการหาจำนวนช่วงคลื่นที่เหมาะสมด้วยวิธีเชิงพันธุกรรม จากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม EO-1 ระบบ ALI ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ใช้ช่วงคลื่นจำนวน 9 ช่วงคลื่น จาก 10 ช่วงคลื่น (ยกเว้นระบบ Panchromatic) ส่วนภาพถ่ายดาวเทียมระบบ Hyperion ใช้ข้อมูลจำนวน 198 ช่วงคลื่นจาก 242 ช่วงคลื่น (Level 1GST) มาใช้เป็นตัวกำหนดขนาดของโครโมโซม (ในที่นี้คือจำนวนช่วงคลื่นที่จะใช้ในการแยกโรคขอบใบแห้งในข้าวพันธุ์ กข41 ออกจากบริเวณที่ไม่เป็นโรค) โดยในการศึกษาครั้งนี้ทดลองเปลี่ยนขนาดโครโมโซมตั้งแต่ 4 ถึง 8 และทดสอบผลการจำแนกในแต่ละขนาดโครโมโซม เป็นจำนวน 30 ครั้ง (รวมทั้งสิ้น 150 ครั้ง) เพื่อหาขนาดของโครโมโซมที่เหมาะสมที่สุด โดยค่าความถูกต้องโดยรวมเฉลี่ยของข้อมูลทดสอบในแต่ละขนาดโครโมโซม ดังรูปที่ 4.16



รูปที่ 4.16 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความถูกต้องโดยรวมในการแยกโรคขอบใบแห้งในข้าวพันธุ์ กข41 ออกจากบริเวณที่ไม่เป็นโรคที่ขนาดโครโมโซม 4-8

จากรูปที่ 4.16 แสดงให้เห็นว่าขนาดโครโมโซมตั้งแต่ 5 ถึง 8 มีค่าค่อนข้างคงที่ อย่างไรก็ตามจะเห็นว่าที่ขนาดโครโมโซมเท่ากับ 7 มีค่าความถูกต้องโดยรวมสูงที่สุด (มีค่าเฉลี่ยความถูกต้องโดยรวม 92.2 ± 4.98 %) ดังนั้นในการศึกษานี้จึงเลือกใช้ขนาดโครโมโซมเท่ากับ 7 มาใช้ในการทดสอบความถูกต้องของการแยกโรคขอบใบแห้งในข้าวพันธุ์ กข41 จากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม EO-1 ระบบ Hyperion ให้ผลดังตารางที่ 4.23 และเปรียบเทียบกับระบบ ALI ดังตารางที่ 4.24

ตารางที่ 4.23 ช่วงคลื่นที่ถูกคัดเลือกทั้ง 30 โครโมโซมจากภาพถ่ายดาวเทียม EO-1 Hyperion กรณีขนาดโครโมโซมเท่ากับ 7 ในการแยกข้าวเจ้าพันธุ์กข41 ที่เป็นและไม่เป็นโรคขอบใบแห้ง ด้วยวิธี GA ร่วมกับ SAM

Runs	Bands (nm)							OA-Test	Cohen's kappa
	1	2	3	4	5	6	7		
1	427	579	610	702	1003	1356	2204	96.23	0.92
2	488	518	651	722	1044	1407	2345	98.11	0.96
3	447	559	641	803	1134	1710	2174	94.34	0.89
4	518	539	630	875	1165	1538	2052	98.11	0.96



ตารางที่ 4.23 (ต่อ)

Runs	Bands (nm)							OA- Test	Cohen's kappa
	1	2	3	4	5	6	7		
5	457	549	671	742	1205	1397	2093	94.55	0.89
6	478	599	610	943	1084	1447	2153	90.91	0.82
7	468	569	630	712	1245	1366	2244	96.36	0.93
8	437	518	651	824	1225	1578	2123	94.55	0.89
9	508	610	641	993	1155	1477	2032	89.09	0.78
10	437	599	630	783	1094	1901	2335	94.55	0.89
11	427	529	620	732	1286	1599	2083	94.55	0.89
12	427	508	620	752	1054	1619	2113	90.91	0.82
13	478	518	661	854	1255	1498	2375	92.73	0.85
14	457	559	641	813	1266	1356	2234	96.36	0.93
15	468	529	661	925	1185	1366	2355	94.44	0.89
16	468	599	610	773	1033	1457	2143	94.44	0.89
17	488	559	651	844	1013	1710	2163	92.45	0.85
18	447	518	630	973	1023	1982	2073	84.91	0.68
19	427	599	681	864	1255	1659	2254	98.11	0.96
20	447	579	620	752	1296	1588	2315	94.34	0.89
21	427	529	661	963	1215	1356	2325	90.57	0.81
22	427	518	691	885	1114	1820	2002	98.11	0.96
23	437	518	630	983	1235	1518	2012	96.23	0.92
24	468	579	671	793	1064	1397	2214	94.34	0.89
25	457	599	641	953	1074	1639	2285	79.25	0.58
26	478	579	651	702	1144	1548	2133	94.44	0.89
27	468	529	620	834	1175	1558	2305	83.33	0.67
28	488	579	691	712	1276	1831	2103	90.57	0.81
29	488	559	641	712	1266	1397	2063	94.34	0.88
30	478	518	661	933	1124	1488	2224	96.23	0.92
ค่าความถูกต้องโดยรวมเฉลี่ย (Overall Accuracy)								93.25	0.86



760051567

CU Thesais 5687782420 dissertation / rev: 06082562 03:48:43 / seq: 5

ตารางที่ 4.24 เปรียบเทียบค่าความถูกต้องโดยรวมจากภาพถ่ายดาวเทียม EO-1 ระหว่างระบบ ALI กับ Hyperion ในการแยกข้าวเจ้าพันธุ์กข41 ที่เป็นและไม่เป็นโรคขอบใบแห้ง ช่วงการเจริญเติบโตทางการสืบพันธุ์ ด้วยวิธี GA ร่วมกับ SAM

Runs	EO-1 ALI		EO-1 Hyperion	
	OA	Kappa	OA	Kappa
1	43.40	0.00	96.23	0.92
2	41.51	-0.04	98.11	0.96
3	43.40	0.00	94.34	0.89
4	45.28	0.03	98.11	0.96
5	43.40	0.00	94.55	0.89
6	43.40	0.00	90.91	0.82
7	41.51	-0.04	96.36	0.93
8	43.40	0.00	94.55	0.89
9	43.40	0.00	89.09	0.78
10	43.40	0.00	94.55	0.89
11	43.40	0.00	94.55	0.89
12	41.51	-0.04	90.91	0.82
13	43.40	0.00	92.73	0.85
14	45.28	0.03	96.36	0.93
15	45.28	0.03	94.44	0.89
16	43.40	0.00	94.44	0.89
17	43.40	0.00	92.45	0.85
18	45.28	0.03	84.91	0.68
19	41.51	-0.04	98.11	0.96
20	43.40	0.00	94.34	0.89
21	43.40	0.00	90.57	0.81
22	43.40	0.00	98.11	0.96
23	43.40	0.00	96.23	0.92
24	43.40	0.00	94.34	0.89
25	43.40	0.00	79.25	0.58



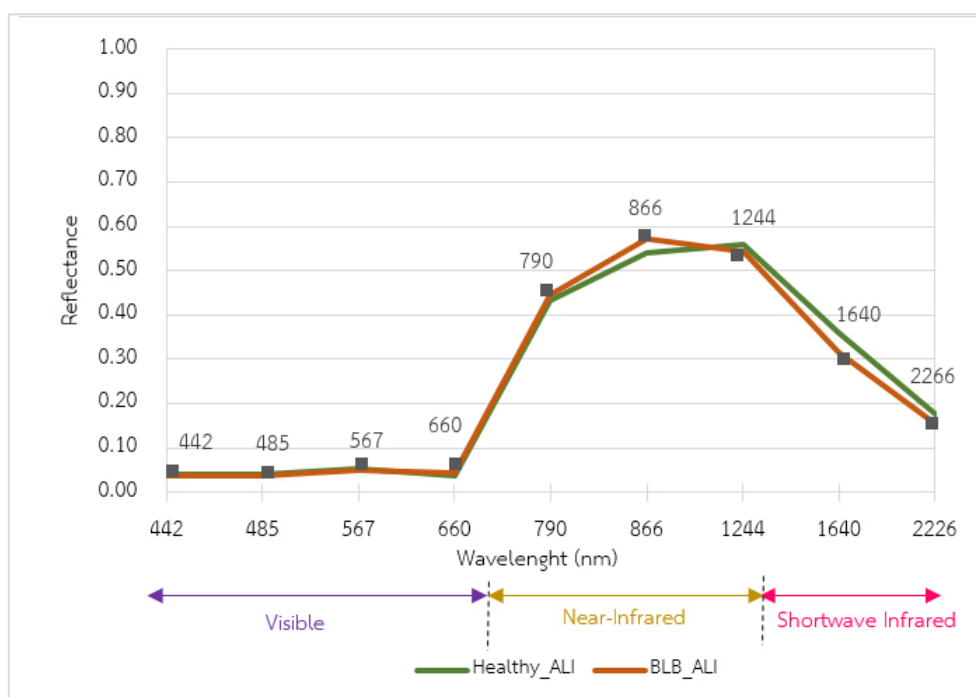
760051567

CD :Thesis 5687782420 dissertation / recv: 06082562 03:48:43 / seq: 5

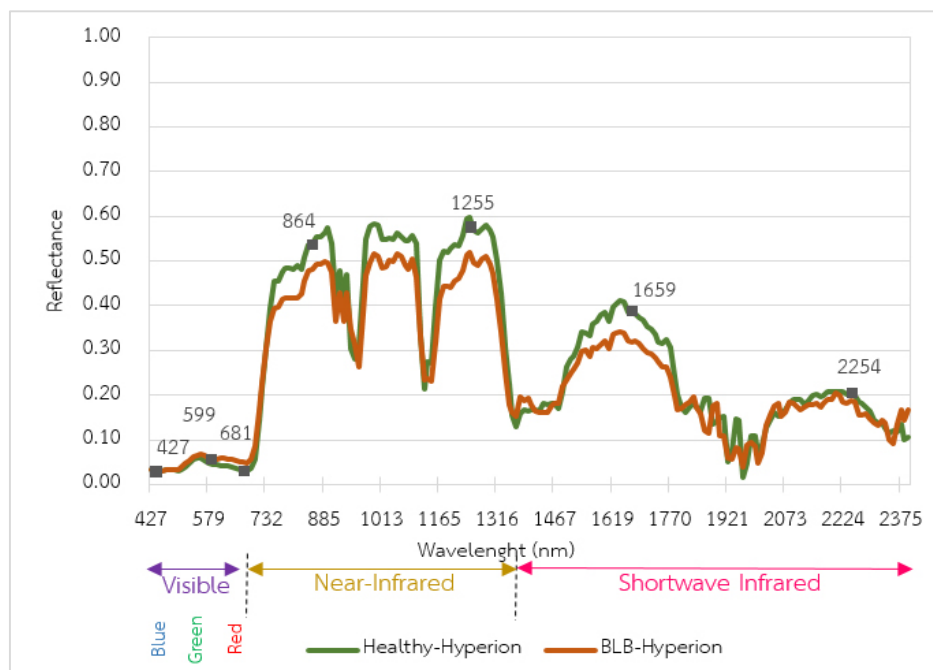
ตารางที่ 4.23 (ต่อ)

Runs	EO-1 ALI		EO-1 Hyperion	
	OA	Kappa	OA	Kappa
26	43.40	0.00	94.44	0.89
27	41.51	-0.04	83.33	0.67
28	45.28	0.03	90.57	0.81
29	43.40	0.00	94.34	0.88
30	43.40	0.00	96.23	0.92

จากตารางที่ 4.22 และ 4.23 โครโมโซมที่ให้ค่าความถูกต้องโดยรวมของข้อมูลทดสอบ (OA testing) มีค่ามากที่สุดเท่ากับ 98.11% ประกอบด้วย ช่วงคลื่นตามมองเห็น 427nm, 599nm, 681nm อินฟราเรดใกล้ 864nm, 1255 nm และอินฟราเรดกลาง 1659 nm, 2254 nm (ดังรูปที่ 4.17) ซึ่งภาพถ่ายดาวเทียม EO-1 ระบบ Hyperion ให้ค่าความถูกต้องโดยรวมเฉลี่ยทั้ง 30 รอบ เท่ากับ 93.25% ในขณะที่การแยกด้วยจำนวนภาพถ่ายดาวเทียม EO-1 ระบบ ALI ให้ค่าความถูกต้องโดยรวมเฉลี่ยทั้ง 30 รอบ เพียง 43.40%



(ก)



(ข)

รูปที่ 4.17 ตำแหน่งช่วงคลื่นที่ถูกคัดเลือกด้วยวิธีเชิงพันธุกรรมจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม
(ก) EO-1 ระบบ ALI และ (ข) EO-1 ระบบ Hyperion

4.2.2.2 ผลการเปรียบเทียบการจำแนกทางสถิติ

ผลการเปรียบเทียบค่าความถูกต้องของการแยกโรคขอบใบแห้งด้วยวิธีเชิงพันธุกรรมร่วมกับ SAM จากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม EO-1 ระบบ ALI และ ระบบ Hyperion พบว่าให้ค่าความถูกต้องโดยรวมสูงสุด เท่ากับ 45.28% และ 98.11% และต่ำสุด เท่ากับ 41.51% และ 79.25% ส่วนค่าความถูกต้องโดยรวมเฉลี่ยเท่ากับ $43.40 \pm 1.11\%$ และ $93.25 \pm 4.41\%$ ตามลำดับ

เมื่อนำค่าความถูกต้องโดยรวม (OA) และค่า Kappa จากทั้ง 2 ระบบ มาทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยสถิติทดสอบ (Independent T-Test) พบว่า ผลการแยกด้วยข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม EO-1 ระบบ ALI กับการแยกด้วยข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม EO-1 ระบบ Hyperion มีค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (ดังตารางที่ 4.25-4.26) ผลการทดสอบดังกล่าวยืนยันได้ว่าผลการแยกข้าวเจ้าพันธุ์ช41 ที่เป็นและไม่เป็นโรคขอบใบแห้ง ช่วงการเจริญเติบโตทางการสืบพันธุ์ จากภาพถ่ายดาวเทียม EO-1 ระบบ Hyperion ให้ผลการทดลองที่มีความถูกต้องในการจำแนกมากกว่าระบบ ALI

ตารางที่ 4.25 สถิติพื้นฐานของค่าความถูกต้องโดยรวมและค่าสัมประสิทธิ์ Kappa ในการแยกข้าวเจ้าพันธุ์กข41 ที่เป็นและไม่เป็นโรคขอบใบแห้ง จากภาพถ่ายดาวเทียม EO-1 ระหว่างระบบ ALI กับ Hyperion ด้วยวิธี GA ร่วมกับ SAM

ช่วงการ เจริญเติบโต	ค่าสถิติ พื้นฐาน	EO-1 ALI		EO-1 Hyperion	
		OA	Kappa	OA	Kappa
ช่วงการ เจริญเติบโต	Min	41.51	-0.04	79.25	0.58
	Max	45.28	0.03	98.11	0.96
ทางสืบพันธุ์	Mean	43.40	0.00	93.25	0.86
	SD	1.11	0.02	4.41	0.09

ตารางที่ 4.26 ค่าความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยสถิติทดสอบ (Independent T-Test) ในการแยกข้าวเจ้าพันธุ์กข41 ที่เป็นและไม่เป็นโรคขอบใบแห้ง จากภาพถ่ายดาวเทียม EO-1 ระหว่างระบบ ALI กับ Hyperion ด้วยวิธี GA ร่วมกับ SAM

ช่วงการ เจริญเติบโต	Accuracy Assessment	t-value	df	Sig
ช่วงการเจริญเติบโต ทางสืบพันธุ์	OA	-60.065	33	.000*
	Kappa	-51.702	32	.000*

* ค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

4.3 อภิปรายผลการศึกษา

แบ่งการนำเสนอออกเป็น 3 ส่วน

4.3.1 สิ่งที่พบในการศึกษาครั้งนี้

จากผลการศึกษากำหนดข้าวเจ้าพันธุ์กข41 กข31 และปทุมธานี 1 และการแยกข้าวเจ้าพันธุ์กข41 ที่เป็นและไม่เป็นโรคขอบใบแห้ง ทั้งในระดับภาคสนาม (Field level) และระดับดาวเทียม (Satellite level) สามารถอภิปรายผลการศึกษาในแต่ละส่วน ดังนี้

4.3.1.1 การจำแนกข้าวเจ้าพันธุ์กข41 กข31 และปทุมธานี 1

1) ระดับภาคสนาม (Field level)

จากผลการตรวจสอบความถูกต้องของการจำแนกข้าวเจ้าพันธุ์กข41 กข31 และปทุมธานี 1 ทั้ง 3 ช่วงการเจริญเติบโต ด้วยเครื่องวัดค่าการสะท้อนแสงแบบไฮเปอร์สเปกตรัล โดย

อาศัยการคัดเลือกช่วงคลื่นที่เหมาะสมเชิงพันธุกรรม (GA) พบว่า วิธี GA ร่วมกับวิธี SAM ให้ผลการทดลองที่มีความถูกต้องในการจำแนกมากกว่าการจำแนกด้วยวิธี GA ร่วมกับวิธี MLC

ถึงแม้ผลลัพธ์ของช่วงคลื่นที่ผ่านการคัดเลือกจะมีความแตกต่างกันในแต่ละช่วงการเจริญเติบโตของข้าว หากพิจารณาแล้วจะ พบว่า การคัดเลือกช่วงคลื่นที่เหมาะสมจะประกอบด้วย 7 ช่วงคลื่น ได้แก่ ช่วงคลื่นตามมองเห็น (Red, Green, Blue) ช่วงคลื่นขอบแดง (Red Edge) อินฟราเรดใกล้ (NIR) และช่วงคลื่นอินฟราเรดคลื่นสั้น ทั้ง 2 ช่วง (SWIR1 และ SWIR2)

ความสำเร็จของการคัดเลือกช่วงคลื่นที่เหมาะสมด้วยวิธีเชิงพันธุกรรม สามารถเพิ่มค่าความถูกต้องโดยรวมในการจำแนกพันธุ์ข้าว เมื่อใช้ร่วมกับการจำแนกด้วยวิธี MLC หรือวิธี SAM ซึ่งตำแหน่งของช่วงคลื่น (band selection) ที่ได้จากวิธีเชิงพันธุกรรมมีความสัมพันธ์กับคุณสมบัติทางชีวเคมีของพืช (Biochemical properties) โดยช่วงคลื่นที่ตามมองเห็น (VIS region) จะมีความสัมพันธ์กับปริมาณคลอโรฟิลล์และแคโรทีนอยด์ จากผลการศึกษาของ (Curran, 1989; Sims and Gamon, 2002; Jensen, 2002) พบว่า ช่วงคลื่นที่ดูดกลืนคลอโรฟิลล์ a และ b อยู่ในช่วงคลื่นสีน้ำเงิน (400 ถึง 495 nm) และช่วงคลื่นสีแดง (620-700 nm) โดยจะดูดกลืน chlorophyll a มากที่สุดในช่วงคลื่น 430 nm และ 660 nm และ ดูดกลืน chlorophyll b มากที่สุดในช่วงคลื่น 460 nm และ 640 nm ส่วนช่วงคลื่นที่ดูดกลืนแคโรทีนอยด์ (Carotenoids) อยู่ในช่วงคลื่นสีน้ำเงิน (400 ถึง 495 nm) โดยจะดูดกลืนแคโรทีนอยด์ มากที่สุดที่ช่วงคลื่นตำแหน่ง 470 nm (Sims and Gamon, 2002) และจากการศึกษาของ Xu et al. (2019) พบว่า ตำแหน่งขอบสะท้อนแสงช่วงคลื่นสีแดง (Red-edge position: REP) ระหว่างช่วงคลื่น 690-740 nm สามารถตอบสนองกับปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งในใบและเรือนยอดของข้าว (leaf and canopy chlorophyll contents) ในประเทศจีนได้ นอกจากนี้ยังมีปัจจัยด้านโครงสร้างภายในของพืช (Kumar et al., 2001; Jensen 2007) ปริมาณของช่องว่างอากาศระหว่างเซลล์ของใบพืช (volumes of intercellular air spaces) ปริมาณทางชีวเคมีของใบ (foliar biochemical contents) และปริมาณน้ำในใบพืช จากผลการศึกษาของ Curran (1989) พบว่า ปริมาณการดูดกลืนน้ำในใบพืชจะพบว่าเป็นช่วงคลื่น NIR (970 nm และ 1200 nm) และช่วงคลื่น SWIR (1400, 1940 และ 2400 nm) และผลการศึกษาของ Das et al., (2017) พบว่าช่วงคลื่นที่สามารถตอบสนองได้ดีกับความเครียดจากการขาดน้ำ (water-deficit stress) ของข้าวสาลีในประเทศจีน คือช่วงคลื่น 1391 nm และ 1830 nm

โดยผลการคัดเลือกช่วงคลื่นในการจำแนกพันธุ์ข้าวด้วยเครื่องวัดค่าการสะท้อนแสงแบบไฮเปอร์สเปกตรัล ในช่วงการเจริญเติบโตทางเมล็ด ด้วยวิธี GA ร่วมกับ SAM พบว่า ช่วงคลื่นที่เหมาะสมสำหรับจำแนกพันธุ์ข้าว ประกอบด้วยช่วงคลื่น 497 nm, 593 nm, 680 nm, 850 nm, 1320 nm, 1676 nm และ 2235 nm (ตารางที่ 4.9) ซึ่งให้ค่าความถูกต้องโดยรวมและช่วงคลื่นที่สอดคล้องกับงานวิจัยของ Darvishsefat et al. (2011) ที่ประเมินการสะท้อนพลังงานของข้าว

พื้นเมืองทางตอนเหนือของประเทศอิหร่าน 7 พันธุ์ ในช่วงอายุก่อนการเก็บเกี่ยว โดยใช้เครื่อง ASD field spectroradiometer ผลการศึกษาพบว่า การใช้ดัชนีพืชพรรณของ Datt ในการศึกษาคลอโรฟิลล์ และดัชนี PRI1 ในการศึกษาเรื่องการสังเคราะห์แสง ให้ผลการศึกษาที่ดีที่สุดในการจำแนกพันธุ์ข้าว ซึ่งทั้ง 2 ดัชนีพืชพรรณใช้ช่วงคลื่น 680nm, 710nm และ 850nm ในการคำนวณสมการ และให้ข้อสังเกตว่า การเปลี่ยนแปลงการสะท้อนพลังงานของข้าวจะอยู่ในช่วงคลื่นเดียวกับที่คลอโรฟิลล์สามารถดูดกลืนแสงได้มากที่สุด ซึ่งอยู่ในช่วงคลื่นสีแดงไกล (Far red: 680nm)

อย่างไรก็ตาม ถึงแม้จะเป็นการศึกษาข้าวคนละชนิดพันธุ์ แต่ก็ให้ผลการทดลองที่คล้ายคลึงกัน แสดงให้เห็นว่าการจำแนกพันธุ์ข้าวด้วยข้อมูลจากเครื่องวัดค่าการสะท้อนแสงแบบไฮเปอร์สเปกตรัล สามารถจำแนกชนิดของข้าวได้หลายสายพันธุ์

2) ระดับดาวเทียม (Satellite level)

จากผลการจำแนกข้าวเจ้าพันธุ์กข41 กข31 และปทุมธานี 1 ในช่วงการเจริญเติบโตทางการสีพันธุ์ (ระยะออกรวงของแต่ละพันธุ์) ด้วยข้อมูลจากภาพถ่ายดาวเทียม EO-1 พบว่า ภาพถ่ายดาวเทียมแบบไฮเปอร์สเปกตรัล (EO-1 Hyperion) ให้ค่าความถูกต้องสูงกว่าแบบมัลติสเปกตรัล (EO-1 ALI)

สำหรับภาพถ่ายดาวเทียมแบบไฮเปอร์สเปกตรัล (EO-1 Hyperion) ผู้ศึกษาเพิ่มวิธีเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm) มาใช้ในขั้นตอนการคัดเลือกช่วงคลื่น (Band selections) ร่วมกับวิธีการจำแนกแบบกำกับดูแล ทั้ง 2 วิธี ข้างต้น พบว่า วิธี GA ร่วมกับ MLC สามารถปรับปรุงค่าความถูกต้องโดยรวม (OA) จาก 75.63% เป็น 80.97% และค่าสัมประสิทธิ์แคปปา (Kappa) จาก 0.64 เป็น 0.72 ตามลำดับ ส่วน วิธี GA ร่วมกับ SAM สามารถปรับปรุงค่าความถูกต้องโดยรวม (OA) จาก 78.66% เป็น 82.93% และค่าสัมประสิทธิ์แคปปา (Kappa) จาก 0.69 เป็น 0.75 ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Thenkabail et al. (2013) ที่เปรียบเทียบค่าความถูกต้องของการจำแนกพืชที่เกษตรกรนิยมปลูกของโลกออกเป็น 8 ชนิด ได้แก่ Wheat, corn, rice, barley, soybeans, pulses, cotton และ alfalfa ผลการศึกษาพบว่า ความถูกต้องโดยรวม (overall Accuracy) ของภาพ Hyperion ที่ได้จากการคัดเลือกแถบช่วงคลื่นแคบ (Hyperspectral Narrow bands: HNBs) 20 bands เท่ากับ 95% ซึ่งให้ผลการจำแนกดีกว่าภาพ Landsat 7 ระบบ ETM+ 6 แบนด์ 67% และ ALI 9 แบนด์ 71% (Multispectral)

จากผลการศึกษาเป็นข้อยืนยันได้ว่าการใช้ข้อมูลการรับรู้จากระยะไกลแบบไฮเปอร์สเปกตรัลทั้งในระดับภาคสนามและระดับดาวเทียมให้ค่าความถูกต้องสูงกว่าการจำแนกพันธุ์ข้าวด้วยข้อมูลการรับรู้จากระยะไกลแบบมัลติสเปกตรัลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และหากประยุกต์ใช้ร่วมกับวิธีเชิงพันธุกรรมในขั้นตอนการคัดเลือกช่วงคลื่นที่เหมาะสมจะช่วยปรับปรุงค่าความ

ถูกต้องในการจำแนกให้สูงขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานของ Becker et al., (2009); Thenkabail et al., (2013); Mariotto et al., (2013)

4.3.1.2 การแยกข้าวเจ้าพันธุ์ข41 ที่เป็นและไม่เป็นโรคขอบใบแห้ง

1) ระดับภาคสนาม (Field level)

จากลักษณะลายเซ็นเชิงคลื่น (spectral signature curve) ของข้าวเจ้าพันธุ์ข41 ที่เป็นและไม่เป็นโรคขอบใบแห้ง ที่ได้จากเครื่องวัดค่าการสะท้อนแสงแบบไฮเปอร์สเปกตรัล มีค่าการสะท้อนที่แตกต่างกันอย่างชัดเจนระหว่างความยาวช่วงคลื่น 740 nm ถึง 1350 nm (ช่วงคลื่น near-infrared) และในช่วงคลื่นอินฟราเรดคลื่นสั้นช่วงที่ 1 (1461-1789 nm) และช่วงที่ 2 (2100-2242 nm) ข้าวที่เป็นโรคขอบใบแห้งจะมีการสะท้อนพลังงานของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ดีกว่าข้าวที่ไม่เป็นโรค เนื่องจากข้าวที่ไม่เป็นโรคน้ำในใบมากกว่าข้าวที่เป็นโรคขอบใบแห้ง ซึ่งน้ำในใบจะเป็นตัวดูดกลืนพลังงานที่ดีในช่วงคลื่นนี้ (water absorption) ให้ผลการศึกษาสอดคล้องกับงานวิจัยของ Das et al. (2015) ที่ติดตามและประเมินความรุนแรงของโรคขอบใบแห้งในระดับภาคสนาม (Field level) โดยใช้เครื่องวัดค่าการสะท้อนแบบไฮเปอร์สเปกตรัล (Field spectroradiometer) พบว่า ช่วงคลื่นอินฟราเรดคลื่นสั้น (SWIR) ของข้าวที่เป็นโรคขอบใบแห้งที่รุนแรงจะสะท้อนพลังงานสูงกว่าข้าวปกติ ในช่วงคลื่น 1450-1750 nm และ 1950-2350 nm

2) ระดับดาวเทียม (Satellite level)

การศึกษาในส่วนนี้เป็นการศึกษาเปรียบเทียบค่าความถูกต้องระหว่างผ่านและไม่ผ่านกระบวนการปรับแก้ข้อมูลชั้นบรรยากาศ (Atmospheric Correction) ของภาพถ่ายดาวเทียม Hyperion ก่อนทำการแยกข้าวเจ้าพันธุ์ข41 ที่เป็นและไม่เป็นโรคขอบใบแห้ง ด้วยวิธีเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm) ร่วมกับวิธีจำแนกข้อมูลภาพถ่ายแบบ Spectral Angle Mapper (SAM) ซึ่งจากผลการศึกษาของธีรภัทร เลิศปฏิภาณพงษ์ (2559) ที่ศึกษาร่วมกับผู้วิจัยในพื้นที่จังหวัดชัยนาท โดยในขั้นตอนนี้ผู้วิจัยดังกล่าวเลือกที่จะไม่ผ่านกระบวนการปรับแก้ข้อมูลชั้นบรรยากาศ ให้ค่าความถูกต้องโดยรวมเฉลี่ย 89.3% ส่วนการศึกษาในครั้งนี้เลือกใช้การปรับแก้เชิงบรรยากาศ ด้วยแบบจำลอง FLAASH ในโปรแกรม ENVI พบว่า สามารถเพิ่มค่าความถูกต้องโดยรวมเฉลี่ยจาก 89.3% เป็น 93.25% อย่างไรก็ตาม จากผลการศึกษาทั้ง 2 วิธี เป็นข้อยืนยันได้ว่า ภาพถ่ายดาวเทียมระบบ Hyperion สามารถแยกข้าวเจ้าพันธุ์ข41 ที่เป็นและไม่เป็นโรคขอบใบแห้ง ได้

และการศึกษาครั้งนี้ยังเปรียบเทียบค่าความถูกต้องในการแยกข้าวเจ้าพันธุ์ข41 ที่เป็นและไม่เป็นโรคขอบใบแห้ง ระหว่าง ภาพถ่ายดาวเทียมระบบ Hyperion กับ ALI พบว่า ค่าความถูกต้องโดยรวมเฉลี่ยของภาพถ่ายดาวเทียมระบบ Hyperion ($93.25 \pm 4.41\%$) มากกว่าระบบ



760051567

CD :Thesis 5687782420 dissertation / rev: 06082562 03:48:43 / seq: 5

ALI ($43.40 \pm 1.11\%$) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Shwetank et al. (2010) และ Das et al. (2015) ที่พบว่า ข้อมูลจากการรับรู้ระยะไกลแบบไฮเปอร์สเปกตรัลให้ค่าความถูกต้องในการจำแนกสูงกว่าข้อมูลจากการรับรู้ระยะไกลแบบมัลติสเปกตรัล

จากผลการคัดเลือกช่วงคลื่นที่เหมาะสมด้วยวิธีของ GA ร่วมกับ SAM ในการแยกข้าวเจ้าพันธุ์ข41 ที่เป็นและไม่เป็นโรคขอบใบแห้ง ประกอบด้วย 7 ช่วงคลื่น คือ 427nm, 599nm, 681nm, 864nm, 1255 nm 1659 nm และ 2254 nm ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Yang (2010) ที่พบว่าช่วงคลื่นที่ตอบสนองต่อโรคขอบใบแห้งในข้าว คือ ช่วงคลื่น 757-1039 nm และ Singh et al. (2012) คือ ช่วงคลื่น 770-860 nm และ 920-1050 nm ซึ่งส่วนใหญ่อยู่ในช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ (NIR) และงานวิจัยของ Das et al. (2015) ที่พบการตอบสนองต่อโรคขอบใบแห้งในข้าวในช่วงคลื่น VIS (540 และ 680 nm) ช่วงคลื่น NIR (760, 990 nm) และ ช่วงคลื่น SWIR (1450-1750 nm และ 1950-2350 nm)

4.3.2 สิ่งที่ต้องปรับปรุงแก้ไข

4.3.2.1 การจำแนกข้าวเจ้าพันธุ์ข41 กข31 และปทุมธานี 1

จากปัญหาการจำแนกพันธุ์ข้าวที่มีลักษณะประจำพันธุ์ใกล้เคียงกันของข้าวเจ้าพันธุ์ข41 กับ ปทุมธานี 1 ในช่วงการเจริญเติบโตทางเมล็ด ซึ่งมีลักษณะทรงพุ่มที่คล้ายกัน คือ รวงข้าวของทั้ง 2 พันธุ์จะอยู่ใต้ใบธง ส่งผลทำให้เกิดความสับสนในการจำแนก ดังตาราง error matrix ที่ 4.11 - 4.12 และตารางที่ 4.20-4.21 เมื่อพิจารณาจากค่าความถูกต้องของผู้ผลิต (Producer's accuracy) ที่บอกถึงความถูกต้องภายในชั้นการจำแนก พบว่า ให้ค่าความถูกต้องต่ำกว่าข้าวเจ้าพันธุ์ข31 (รวงข้าวอยู่เหนือใบธง) แสดงให้เห็นว่ามีการปะปนกันของการจำแนก ดังนั้น เพื่อเพิ่มค่าความถูกต้องในการจำแนกพันธุ์ข้าวให้สูงมากขึ้น ในอนาคตควรมีการศึกษาร่วมกับการวิเคราะห์เนื้อภาพ (Texture Analysis)

และปัญหาจากสัญญาณรบกวน (noise) ของพื้นน้ำในนาข้าว ส่งผลทำให้ลักษณะลายเซ็นเชิงคลื่นของข้าวเจ้าพันธุ์ข41 ช่วงการเจริญเติบโตทางลำต้น มีค่าการสะท้อนพลังงานสูงกว่าปกติ ในช่วงคลื่นอินฟราเรดคลื่นสั้น เนื่องจากในช่วงการเก็บข้อมูลภาคสนาม ลักษณะทรงพุ่มของข้าวเจ้าพันธุ์ข41 ยังไม่ปกคลุมผืนน้ำ (ข้าวโตช้ากว่าปกติ) ซึ่งให้ผลสอดคล้องกับงานวิจัยของ Boschetti M. et al, (2014) ที่ศึกษาเปรียบเทียบดัชนีความแตกต่างของสเปกตรัลแบบนอร์มอลไลซ์ (normalised difference spectral index: NDSIs) จากข้อมูล MODIS ในการตรวจวัดพื้นผิวน้ำของระบบนิเวศนาข้าวที่มีน้ำท่วมระดับต่างๆ พบว่า ที่ระดับน้ำท่วมนาข้าว 10 เซนติเมตร



760051567

ให้ค่าการสะท้อนพลังงานในช่วงคลื่น SWIR (1450-1700 nm และ 2000-2200 nm) มากกว่ากรณีระดับน้ำ 5 เซนติเมตร และไม่มีน้ำขังในนาข้าว

ในการเก็บตัวอย่างการสะท้อนพลังงานจากข้าวด้วยเครื่อง Field spectroradiometer เลือกช่วงเวลาที่ศึกษาระหว่าง 10.00-14.00 น. และใช้มุม Nadir (90 องศา) เพียงมุมเดียวในการศึกษาครั้งนี้ ซึ่งจากการศึกษาของ Jensen, J. R. (2007) และ Li et al. (2018) พบว่า การวัดค่าการสะท้อนพลังงานของวัตถุในแต่ละช่วงเวลาและมุมที่ทำการวัดให้ค่าการสะท้อนพลังงานไม่เท่ากัน ดังนั้นเพื่อลดผลกระทบดังกล่าว ควรมีการศึกษาผลกระทบจากฟังก์ชันการกระจายความเข้มของแสงสะท้อน 2 ทิศทาง (Bi-directional reflectance distribution function: BRDF)

4.3.2.2 การแยกข้าวเจ้าพันธุ์กข41 ที่เป็นและไม่เป็นโรคขอบใบแห้ง

จากงานวิจัยก่อนหน้าด้านโรคขอบใบแห้งในนาชลประทานของประเทศไทย พบว่า ปัจจัยด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลก อาทิเช่น อุณหภูมิ ปริมาณน้ำฝน ทิศทางลม ความชื้นสัมพัทธ์ มีผลกระทบต่อความรุนแรงของโรคในแต่ละช่วงเวลาไม่เท่ากัน (พยอม ศรีจำปา และคณะ, 2541; ดวงกมล บุญช่วยและคณะ, 2556; วรณพรรณ จันลาภา และคณะ, 2557; เฉลิมขวัญ ฉิมวัย และคณะ, 2557; พันนิภา ยาใจ และคณะ, 2557; นุจรินทร์ จังขันธุ์ และคณะ, 2557; อัจฉราพร ณ ลำปาง เนินพลับ และคณะ, 2558) ดังนั้นจึงมีความจำเป็นต้องทดลองวัดค่าการสะท้อนพลังงานภายใต้สภาวะที่แตกต่างกันและหลายฤดูกาลเพาะปลูก เพื่อยืนยันผลการทดลอง รวมถึงปรับปรุงวิธีการประเมินความรุนแรงของโรค (%severity หรือพื้นที่สีเขียวถูกทำลาย) จากการประเมินด้วยสายตาเป็นการประเมินด้วยโปรแกรมหรือการใช้ image processing เพื่อเพิ่มความเที่ยงตรง

ในการศึกษาครั้งนี้ศึกษาในแปลงนาทดลองของศูนย์วิจัยข้าวชัยนาท ซึ่งมีขนาดแปลงที่เล็กมาก (3x30 เมตร) เมื่อเปรียบเทียบกับความละเอียดเชิงพื้นที่ของภาพถ่ายดาวเทียม EO-1 (30x30 เมตรต่อ 1 จุดภาพ) จึงไม่ได้เป็นตัวแทนที่ดีในการศึกษาโรคขอบใบแห้งจากข้อมูลดาวเทียม โดยแนวทางคัดเลือกพื้นที่ตัวอย่างจากข้อมูลดาวเทียมควรจะต้องประกอบด้วยจุดภาพไม่ต่ำกว่า 30 จุดภาพ เพื่อให้มีตัวแทนทางสถิติที่มีลักษณะเป็นการกระจายแบบปกติ (สมพร สง่างศ์, 2552)

4.3.3 การศึกษาเพิ่มเติมในอนาคต

4.3.3.1 การจำแนกข้าวเจ้าพันธุ์กข41 กข31 และปทุมธานี 1

จากผลการศึกษาของ Guo, Jia et al. (2019) ที่ประยุกต์ใช้โครงข่ายประสาทแบบคอนโวลูชัน (Deep Convolutional Neural Network (CNN) learning) ในการจำแนกพันธุ์ข้าวที่มีลักษณะ (feature space) คล้ายกัน ทั้งรูปแบบ spectral/temporal ในหลายช่วงเวลา จากภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel-2 ให้ค่าความถูกต้องในการจำแนกพันธุ์ข้าว (Sherpa variety) ของ

ผู้ผลิต (producer's accuracy) สูงถึง 98.46% จากผลการศึกษาดังกล่าว มีความเป็นไปได้สูงหากนำ Deep CNN Learning มาใช้ในการจำแนกข้าวพันธุ์กข41 และปทุมธานี 1 ที่มีลักษณะทรงพุ่มคล้ายกัน (รวงข้าวอยู่ใต้ใบ) รวมถึงลักษณะใบที่ห่อ ซึ่งเป็นเอกลักษณ์ของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 จะช่วยเพิ่มค่าความถูกต้องของการจำแนกพันธุ์ข้าวจากภาพถ่ายดาวเทียม

เนื่องจากการศึกษาเรื่องชนิดพันธุ์ข้าวมีปัจจัยหลายอย่างที่ควบคุมไม่ได้ เช่น วิธีการเพาะปลูก ระดับความเอาใจใส่ของเกษตรกร สภาพภูมิอากาศของพื้นที่ศึกษา ความอุดมสมบูรณ์ของดิน ดังจะเห็นได้จากผลการทดลองในส่วนของการแปลงเกษตรกรกับแปลงทดลองของศูนย์วิจัยข้าวชัยนาทที่การเจริญเติบโตแตกต่างกัน ดังนั้นเพื่อให้เกิดความถูกต้องจึงจำเป็นต้องมีการศึกษาภายใต้สภาวะที่แตกต่างกันและศึกษาอย่างต่อเนื่อง เพื่อตรวจสอบ ความถูกต้อง (validation) ของการคัดเลือกช่วงคลื่นที่เหมาะสมในการจำแนกชนิดพันธุ์ของข้าว

4.3.3.2 การแยกข้าวเจ้าพันธุ์กข41 ที่เป็นและไม่เป็นโรคขอบใบแห้ง

จากผลการศึกษาของ Lu, Yi, Zeng, Liu, & Zhang, (2017) ที่ประยุกต์ใช้ Deep CNN ในการวิเคราะห์โรคข้าว และการศึกษาของ Liang, Zhang, Zhang, & Cao, (2019) ที่ประยุกต์ใช้ Deep CNN ในการเรียนรู้รูปแบบของโรคไหม้ในข้าว ที่ระดับความรุนแรงต่างๆ ให้ผลการศึกษาที่สูง (OA= 95.83%) จากผลการศึกษาดังกล่าวน่าจะเป็นแนวทางหนึ่งในการนำวิธี Deep CNN มาใช้ในการศึกษาโรคขอบใบแห้งในข้าว

ในอนาคตหากต้องการเครื่องมือสำหรับการตรวจหาและเฝ้าระวังโรคข้าวแบบทันที (real time) ควรมีการประยุกต์ใช้อากาศยานไร้คนขับ (UAV hyperspectral sensor) ร่วมกับการประมวลผลภาพ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำการเกษตรสมัยใหม่หรือที่เรียกในปัจจุบันว่า เกษตรแม่นยำสูง (Precision Agriculture)

อย่างไรก็ตามในการประยุกต์ใช้ข้อมูลจากภาพถ่ายดาวเทียมในการศึกษาโรคข้าว ควรศึกษาอย่างต่อเนื่อง เพราะมีปัจจัยหลายอย่างที่ไม่สามารถควบคุมได้ อาทิเช่น สภาพอากาศที่เปลี่ยนแปลง ความรุนแรงของโรคในแต่ละช่วง เพื่อยืนยันผลการทดลองต่อไป โดยท้ายที่สุดแล้วผู้วิจัยคาดหวังว่าวิธีการที่ใช้ในการศึกษานี้จะสามารถนำไปใช้กับโรคชนิดอื่นๆ และพืชชนิดอื่นๆ ต่อไป



บทที่ 5

สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

จากผลการศึกษา เรื่อง การประยุกต์ใช้การรับรู้จากระยะไกลแบบไฮเปอร์สเปกตรัลเพื่อจำแนกพันธุ์ข้าวและโรคขอบใบแห้งในข้าว สามารถสรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ ดังนี้

5.1 สรุปผลการศึกษา

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการศึกษา

ในการศึกษานี้มีวัตถุประสงค์หลัก 2 ข้อ คือ 1) เพื่อเปรียบเทียบความถูกต้องของการจำแนกข้าวเจ้าพันธุ์ กข41 กข31 และปทุมธานี 1 ด้วยข้อมูลการรับรู้จากระยะไกลแบบมัลติสเปกตรัลและแบบไฮเปอร์สเปกตรัล และ 2) เพื่อแยกพื้นที่ปลูกข้าวที่เป็นโรคขอบใบแห้งในข้าวเจ้าพันธุ์กข41 ออกจากพื้นที่ปลูกข้าวที่ไม่เป็นโรค ด้วยข้อมูลการรับรู้จากระยะไกลแบบมัลติสเปกตรัลและแบบไฮเปอร์สเปกตรัล ซึ่งสามารถสรุปผลได้ดังนี้

5.1.1 ผลการจัดทำลายเซ็นเชิงคลื่น และการจำแนกข้าวเจ้าพันธุ์กข41 กข31 และปทุมธานี 1 ในภาคสนามและข้อมูลจากภาพถ่ายดาวเทียม EO-1

1) ผลการจัดทำลายเซ็นเชิงคลื่นของข้าวเจ้าพันธุ์กข41 กข31 และปทุมธานี 1

ลักษณะลายเซ็นเชิงคลื่น (spectral signature curve) ของข้าวทั้ง 3 พันธุ์ในแต่ละช่วงการเจริญเติบโต ที่ได้จากเครื่องวัดค่าการสะท้อนแสงแบบไฮเปอร์สเปกตรัล มีค่าการสะท้อนที่แตกต่างกันอย่างชัดเจนระหว่างความยาวช่วงคลื่น 740 nm ถึง 1350 nm (ช่วงคลื่น near-infrared) โดยช่วงการเจริญเติบโตทางลำต้น มีค่าการสะท้อนแสงของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 0.616 ± 0.085 รองลงมาคือ ช่วงการเจริญเติบโตทางการสืบพันธุ์ และช่วงการเจริญเติบโตของเมล็ด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.440 ± 0.070 และ 0.392 ± 0.039 ตามลำดับ เนื่องจากคลอโรฟิลล์ที่มีอยู่ในใบสามารถตอบสนองพลังงานที่มากกระทบในช่วงคลื่นนี้ได้ดี จึงสามารถใช้ช่วงอินฟราเรดใกล้ในการจำแนกชนิดของข้าวได้ ทั้งนี้เมื่อข้าวมีอายุมากขึ้นค่าการสะท้อนพลังงานในช่วงคลื่นนี้มีแนวโน้มลดลงเนื่องจากการสังเคราะห์แสงของข้าวน้อยลง

สำหรับข้าวเจ้าพันธุ์กข41 ในช่วงคลื่น near-infrared จะสะท้อนพลังงานสูงสุดที่ทั้ง 3 ช่วงการเจริญเติบโต เนื่องจากทรงพุ่มมีขนาดใหญ่ (จำนวนต้นต่อกอมาก) มีขนาดใบที่กว้างและยาว จึงให้ค่าการสะท้อนของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าสูงกว่าทรงพุ่มขนาดเล็ก และข้าวที่ใบมีลักษณะเรียวยาวแหลม (กข31) และใบห่อ (ปทุมธานี 1)



760051567

2) การจำแนกข้าวเจ้าพันธุ์กข41 กข31 และปทุมธานี 1 โดยอาศัยการคัดเลือกช่วงคลื่นที่เหมาะสม

ผลการตรวจสอบความถูกต้องของการจำแนกข้าวเจ้าพันธุ์กข41 กข31 และปทุมธานี 1 จากเครื่องวัดค่าการสะท้อนแสงแบบไฮเปอร์สเปกตรัล โดยพิจารณาจากค่าความถูกต้องโดยรวม (OA) และค่า Kappa จากทั้ง 2 วิธี มาทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยสถิติทดสอบ (Independent T-Test) พบว่า วิธี GA ร่วมกับวิธี SAM เปรียบเทียบกับวิธี GA ร่วมกับวิธี MLC ทั้ง 3 ช่วงการเจริญเติบโต มีค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ผลการทดสอบดังกล่าวยืนยันได้ว่าผลการจำแนกที่ได้จากการคัดเลือกช่วงคลื่นที่เหมาะสมด้วยวิธี GA ร่วมกับวิธี SAM ให้ผลการทดลองที่มีความถูกต้องในการจำแนกมากกว่าการจำแนกด้วยวิธี GA ร่วมกับวิธี MLC

3) การจำแนกพันธุ์ข้าวในระดับดาวเทียม

การจำแนกข้าวเจ้าพันธุ์กข41 กข31 และปทุมธานี 1 ในช่วงการเจริญเติบโตทางการสืบพันธุ์ (ระยะออกรวงของแต่ละพันธุ์) ด้วยข้อมูลจากภาพถ่ายดาวเทียม EO-1 พบว่า ภาพถ่ายดาวเทียมแบบไฮเปอร์สเปกตรัล (EO-1 Hyperion) ให้ค่าความถูกต้องสูงกว่าแบบมัลติสเปกตรัล (EO-1 ALI)

ดังจะเห็นได้จากผลการเปรียบเทียบค่าความถูกต้องโดยรวม (OA) และค่าสัมประสิทธิ์แคปปา (Kappa) โดยภาพถ่ายดาวเทียมแบบมัลติสเปกตรัล (EO-1 ALI) เปรียบเทียบ 2 วิธี คือ 1) วิธี Maximum Likelihood Classifier (MLC) และ 2) วิธี Spectral Angle Mapper (SAM) ให้ผลการศึกษา ดังนี้

1) ภาพถ่ายดาวเทียมแบบมัลติสเปกตรัล (EO-1 ALI) วิธี MLC และ วิธี SAM ให้ค่า OA เท่ากับ 53.97% และ 56.59% ค่า Kappa เท่ากับ 0.31 และ 0.35 ตามลำดับ

2) ภาพถ่ายดาวเทียมแบบไฮเปอร์สเปกตรัล (EO-1 Hyperion) วิธี MLC และ วิธี SAM ให้ค่า OA เท่ากับ 75.63% และ 78.66% ค่า Kappa เท่ากับ 0.64 และ 0.69 ตามลำดับ

ในขณะที่ภาพถ่ายดาวเทียมแบบไฮเปอร์สเปกตรัล (EO-1 Hyperion) ผู้ศึกษาเพิ่มวิธีเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm) มาใช้ในขั้นตอนการคัดเลือกช่วงคลื่น (Band selections) ร่วมกับวิธีการจำแนกแบบก้ำก๋อแล ทั้ง 2 วิธี ข้างต้น พบว่า วิธี GA ร่วมกับ MLC สามารถปรับปรุงค่าความถูกต้องโดยรวม (OA) จาก 75.63% เป็น 80.97% และค่าสัมประสิทธิ์แคปปา (Kappa) จาก 0.64 เป็น 0.72 ตามลำดับ ส่วน วิธี GA ร่วมกับ SAM สามารถปรับปรุงค่าความถูกต้องโดยรวม (OA) จาก 78.66% เป็น 82.93% และค่าสัมประสิทธิ์แคปปา (Kappa) จาก 0.69 เป็น 0.75 ตามลำดับ



760051567

5.1.2 ผลการจัดทำลายเซ็นเซิงคลื่น และการแยกพื้นที่ปลูกข้าวเจ้าพันธุ์ข41 ที่เป็นและไม่เป็นโรคขอบใบแห้ง ในภาคสนามและข้อมูลจากภาพถ่ายดาวเทียม EO-1

1) ผลการจัดทำลายเซ็นเซิงคลื่นของข้าวเจ้าพันธุ์ข41 ที่เป็นและไม่เป็นโรคขอบใบแห้ง ด้วยเครื่องวัดค่าการสะท้อนแสงแบบไฮเปอร์สเปกตรัล (Field Spectro-radiometer)

ลักษณะลายเซ็นเซิงคลื่น (spectral signature curve) ของข้าวเจ้าพันธุ์ข41 ที่เป็นและไม่เป็นโรคขอบใบแห้ง ที่ได้จากเครื่องวัดค่าการสะท้อนแสงแบบไฮเปอร์สเปกตรัล มีค่าการสะท้อนที่แตกต่างกันอย่างชัดเจนระหว่างความยาวช่วงคลื่น 740 nm ถึง 1350 nm (ช่วงคลื่น near-infrared) และค่าการสะท้อนพลังงานในช่วงคลื่นนี้มีแนวโน้มลดลงเมื่อข้าวมีอายุมากขึ้น เนื่องจากการสังเคราะห์แสงของข้าวน้อยลง สำหรับข้าวเจ้าพันธุ์ข41 ที่เป็นโรคขอบใบแห้ง ในช่วงคลื่นสีแดงและสีน้ำเงิน จะมีค่าการสะท้อนพลังงานมากกว่าข้าวที่ไม่เป็นโรค เนื่องจากปริมาณคลอโรฟิลล์ที่ลดลง และในช่วงคลื่นอินฟราเรดคลื่นสั้นช่วงที่ 1 (1461-1789 nm) และช่วงที่ 2 (2100-2242 nm) ข้าวที่เป็นโรคขอบใบแห้งจะมีการสะท้อนพลังงานของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ต่ำกว่าข้าวที่ไม่เป็นโรค เนื่องจากข้าวที่ไม่เป็นโรคมึน้ำในใบมากกว่าข้าวที่เป็นโรคขอบใบแห้ง ซึ่งน้ำในใบจะเป็นตัวดูดกลืนพลังงานที่ดีในช่วงคลื่นนี้ (water absorption)

2) ผลการแยกข้าวเจ้าพันธุ์ข41 ที่เป็นและไม่เป็นโรคขอบใบแห้งด้วยข้อมูลจากภาพถ่ายดาวเทียม EO-1 แบบมัลติสเปกตรัล (Advance Land Image, EO-1 ALI) และแบบไฮเปอร์สเปกตรัล (EO-1 Hyperion) โดยอาศัยการคัดเลือกช่วงคลื่นที่เหมาะสม

ผลการเปรียบเทียบค่าความถูกต้องของการแยกโรคขอบใบแห้งด้วยวิธีเซิงพันธุกรรมร่วมกับ SAM จากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม EO-1 ระบบ ALI และ ระบบ Hyperion พบว่า ให้ค่าความถูกต้องโดยรวมสูงสุด เท่ากับ 45.28% และ 98.11% และต่ำสุด เท่ากับ 41.51% และ 79.25% ส่วนค่าความถูกต้องโดยรวมเฉลี่ยเท่ากับ $43.40 \pm 1.11\%$ และ $93.25 \pm 4.41\%$ ตามลำดับ

เมื่อนำค่าความถูกต้องโดยรวม (OA) และค่า Kappa จากทั้ง 2 ระบบ มาทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยสถิติทดสอบ (Independent T-Test) พบว่า ผลการแยกด้วยข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม EO-1 ระบบ ALI กับการแยกด้วยข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม EO-1 ระบบ Hyperion มีค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ผลการทดสอบดังกล่าวยืนยันได้ว่าผลการแยกข้าวเจ้าพันธุ์ข41 ที่เป็นและไม่เป็นโรคขอบใบแห้ง ช่วงการเจริญเติบโตทางการสืบพันธุ์ จากภาพถ่ายดาวเทียม EO-1 ระบบ Hyperion ให้ผลการทดลองที่มีความถูกต้องในการจำแนกมากกว่าระบบ ALI

อย่างไรก็ตามในการประยุกต์ใช้ข้อมูลจากภาพถ่ายดาวเทียมในการศึกษาทั้งการจำแนกพันธุ์ข้าวและโรคขอบใบแห้งในข้าว ควรมีการศึกษาอย่างต่อเนื่อง เพื่อยืนยันผลการทดลอง เพราะมี



760051567

CD :Thesis 5687782420 dissertation / rev: 06082562 03:48:43 / seq: 5

ปัจจัยหลายประการ ทั้งจากธรรมชาติและมนุษย์ที่ไม่สามารถควบคุมได้ อาทิเช่น วิธีการปลูกและการดูแลแปลงของเกษตรกรแต่ละราย สภาพภูมิอากาศในแต่ละฤดูกาลเพาะปลูก ภัยธรรมชาติ ความรุนแรงของโรคในแต่ละช่วง เป็นต้น โดยท้ายที่สุดแล้วผู้วิจัยคาดหวังว่าวิธีการที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ จะสามารถนำไปใช้กับโรคชนิดอื่นๆ และพืชชนิดอื่นๆ ต่อไป

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการศึกษาลักษณะลายเซ็นเชิงคลื่นของข้าวเจ้าพันธุ์ข41 กข31 และปทุมธานี 1 หลายช่วงฤดูกาลเพาะปลูก เพื่อเป็นการยืนยันผลต่อไป

2. ควรมีการศึกษาร่วมกับการวิเคราะห์เนื้อภาพ (Texture Analysis) เพื่อเพิ่มค่าความถูกต้องในการจำแนกพันธุ์ข้าวให้สูงมากขึ้นกว่าการใช้ค่าการสะท้อนพลังงานเพียงอย่างเดียว หรือศึกษาร่วมกับโครงข่ายประสาทแบบคอนโวลูชัน (Convolutional Neural Network: CNN) มาช่วยในการดึงคุณลักษณะ (feature space) ของพันธุ์ข้าวที่มีลักษณะทรงพุ่มคล้ายกัน อาทิเช่น ข้าวพันธุ์ข41 และปทุมธานี 1 หรือกลุ่มพันธุ์ข้าวที่มีลักษณะรวงอยู่ใต้ใบธง (คอรวงสั้น) เช่น ข้าวพันธุ์ข47 และ กข49 เป็นต้น

3. ควรมีการศึกษาช่วงคลื่นที่ตอบสนองต่อโรคขอบใบแห้งให้ครอบคลุมการเปลี่ยนแปลงที่ระดับความรุนแรงต่างๆ ของโรคในช่วงระยะต่างๆ ของการเจริญเติบโตของข้าว ในแปลงตัวอย่างเพิ่มเติม ทั้งข้อมูลในระดับดาวเทียมและภาคสนาม เพื่อพัฒนาแนวทางในการติดตามและเฝ้าระวังโรคขอบใบแห้งด้วยเทคโนโลยีการรับรู้จากระยะไกลต่อไป



760051567

ภาคผนวก ก:

ลักษณะประจำพันธุ์ของพันธุ์ข้าวที่ใช้ในการศึกษา



760051567

CU Theses 5687782420 dissertation / recv: 06082562 03:48:43 / seq: 5

ลักษณะประจำพันธุ์ของพันธุ์ข้าวที่ใช้ในการศึกษา

1. ข้าวเจ้าพันธุ์ กข41 (RD41)

ประวัติพันธุ์

พันธุ์ข้าว กข41 สายพันธุ์ CNT96028-21-1-PSL-1-1 ได้จากการผสม 3 ทางระหว่างลูกผสม ข้าวที่ 1 ของ CNT85059-27-1-3-2 กับสุพรรณบุรี 60 นำไปผสมกับ RP217-635-8 ที่ศูนย์วิจัยข้าว ชัยนาทในฤดูนาปี 2539 ปลูกข้าวที่ 1-3 ที่ศูนย์วิจัยข้าวชัยนาท และข้าวที่ 4-6 ที่ศูนย์วิจัยข้าวพิษณุโลก ตั้งแต่ฤดูนาปี 2541 ถึงฤดูนาปี 2542 ปลูกศึกษาพันธุ์ฤดูนาปี 2543 และเปรียบเทียบผลผลิต ภายในสถานีฤดูนาปี 2544 ที่ศูนย์วิจัยข้าวพิษณุโลก จากนั้นนำเข้าเปรียบเทียบผลผลิตระหว่างสถานี ที่ศูนย์วิจัยข้าวพิษณุโลก และศูนย์วิจัยข้าวชัยนาทและลพบุรี ในฤดูนาปี 2545 ถึงฤดูนาปี 2550 นำเข้าเปรียบเทียบผลผลิตในนาราชภัฏ ในนาเกษตรกรจังหวัดพิษณุโลก ลพบุรี สิงห์บุรี และ ชัยนาท ตั้งแต่ฤดูนาปี 2546 ถึงฤดูนาปี 2550 ทดสอบผลผลิต การยอมรับของเกษตรกร ตั้งแต่ฤดูนา ปี 2547 ถึงฤดูนาปี 2550 ในนาเกษตรกรจังหวัดพิษณุโลก พิจิตร สุโขทัย แพร่ อุบลราชธานี สกลนคร สุรินทร์ ปทุมธานี สุพรรณบุรี และพัทลุง

การรับรองพันธุ์

คณะกรรมการพิจารณาพันธุ์ กรมการข้าว มีมติให้เป็นพันธุ์รับรอง ชื่อ กข41 เพื่อแนะนำให้ เกษตรกรปลูก เมื่อวันที่ 17 กันยายน 2552

ลักษณะประจำพันธุ์

เป็นข้าวเจ้าไม่ไวต่อช่วงแสง ให้ผลผลิต 722 กิโลกรัมต่อไร่ อายุการเก็บเกี่ยว 95-105 วัน ความสูง 104 เซนติเมตร กอตั้ง ต้นแข็ง ใบสีเขียวตั้งตรง ใบธงตั้งตรง ยาว 35 เซนติเมตร กว้าง 1.6 เซนติเมตร คอรวงโผล่พ้นจากกาบใบธงเล็กน้อย รวงค่อนข้างแน่น ยอดเกสรตัวเมียสีขาว ปลายยอด ดอกสีขาว ข้าวเปลือกสีฟางยาว 10.4 มิลลิเมตร กว้าง 2.53 มิลลิเมตร หนา 2.05 มิลลิเมตร ข้าว กล้องรูปร่างเรียวยาว ยาว 7.73 มิลลิเมตร กว้าง 2.23 มิลลิเมตร หนา 1.81 มิลลิเมตร ข้าวสารยาว 7.3 มิลลิเมตร กว้าง 2.11 มิลลิเมตร หนา 1.78 มิลลิเมตร มีปริมาณแอมิโลสสูง 27.15 เปอร์เซ็นต์ ความ คงตัวของแป้งสุกอยู่ในระดับแป้งอ่อน ระยะการไหลของแป้ง 77 มิลลิเมตร ข้าวเมื่อหุงสุกมีลักษณะ ร่วนและค่อนข้างแข็ง ระยะพักตัวของเมล็ด 9-10 สัปดาห์

ลักษณะเด่น

1. ผลผลิตสูง มีเสถียรภาพดี ให้ผลผลิตเฉลี่ย 894 กิโลกรัมต่อไร่ สูงกว่าสุพรรณบุรี 1 (795 กก./ไร่) พิษณุโลก 2 (820 กก./ไร่) สุพรรณบุรี 3 (768 กก./ไร่) กข29 (835 กก./ไร่) และชัยนาท 1 (812 กก./ไร่) คิดเป็นร้อยละ 23, 5, 13, 4 และ 20 ตามลำดับ

2. ค่อนข้างต้านทานเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลและโรคไหม้



760051567

CU Thesais 5687782420 dissertation / recv: 06082562 03:48:43 / seq: 5

3. คุณภาพเมล็ดทางกายภาพดี เป็นข้าวเจ้าเมล็ดยาว เรียว ท้องไข่น้อย คุณภาพการสีดี สามารถสีเป็นข้าวสาร 100 เปอร์เซ็นต์ได้

พื้นที่แนะนำ

เหมาะสำหรับปลูกในพื้นที่นาชลประทานภาคเหนือตอนล่าง สำหรับเป็นทางเลือกของเกษตรกรในการป้องกันการแพร่ระบาดของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล

ข้อควรระวัง

อ่อนแอต่อโรคขอบใบแห้ง ไม่ควรใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในระดับสูงเกินไปจะทำให้เกิดโรครุนแรง อ่อนแอต่อเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล ในเขตจังหวัดนครปฐม และปทุมธานี การปลูกในช่วงกลางเดือน กันยายน - พฤศจิกายน จะกระทบอากาศเย็น ทำให้ผลผลิตต่ำกว่าปกติ (สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว, 2552)

2. ข้าวเจ้าพันธุ์กข31 (ปทุมธานี 80) (RD31)

ประวัติพันธุ์

พันธุ์ข้าว กข31 ได้จากการผสมพันธุ์ระหว่าง สายพันธุ์ SPR85163-5-1-1-2 กับสายพันธุ์ IR54017-131-1-3-2 ที่ศูนย์วิจัยข้าวสุพรรณบุรี เมื่อ พ.ศ. 2536 ปลูกคัดเลือก ตั้งแต่ พ.ศ. 2537 ถึง พ.ศ. 2539 ได้สายพันธุ์ SPR93049-PTT-30-4-1-2 ศึกษาพันธุ์ประเมินลักษณะประจำพันธุ์และลักษณะทางการเกษตร ทดสอบความต้านทานต่อโรคและแมลงศัตรูข้าวที่สำคัญ วิเคราะห์คุณภาพเมล็ดทางกายภาพและเคมีที่ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี เปรียบเทียบผลผลิตภายในสถานี และระหว่าง สถานีที่ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี สุพรรณบุรี ฉะเชิงเทรา คลองหลวง และราชบุรี และปลูกเปรียบเทียบผลผลิตในนาเกษตรกร 8 จังหวัดในภาคกลาง จนถึง พ.ศ. 2549 จึงได้ปลูกทดสอบผลผลิตในนาเกษตรกรและศึกษาข้อมูลการยอมรับของเกษตรกรในภาคกลาง

การรับรองพันธุ์

คณะกรรมการพิจารณาพันธุ์ กรมการข้าว มีมติให้เป็นพันธุ์รับรอง ชื่อ กข31 (ปทุมธานี 80) เพื่อแนะนำให้เกษตรกรปลูก เมื่อวันที่ 6 มีนาคม 2550

ลักษณะประจำพันธุ์

เป็นข้าวเจ้าไม่ไวต่อช่วงแสง ให้ผลผลิต 738-745 กิโลกรัมต่อไร่ อายุการเก็บเกี่ยว 118 วัน เมื่อปลูกโดยวิธีปักดำ และ 111 วัน เมื่อปลูกโดยวิธีหว่านน้ำตม ต้นสูงเฉลี่ย 117 เซนติเมตร ลักษณะทรงกอตั้ง ต้นแข็งมากไม่ล้มง่าย ใบสีเขียว กาบใบสีเขียว ใบธงตั้งตรง ยาว 29.9 เซนติเมตร กว้าง 1.6 เซนติเมตร คอรวงยาว แน่นปานกลาง รวงยาว 29.9 เซนติเมตร ยอดเกสรตัวเมียสีขาว ข้าวเปลือกสีฟางยาว 10.48 มิลลิเมตร กว้าง 2.60 มิลลิเมตร หนา 2.07 มิลลิเมตร ข้าวกล้องยาว 7.39 มิลลิเมตร กว้าง 2.13 มิลลิเมตร หนา 1.84 มิลลิเมตร ข้าวสารยาว 7.22 มิลลิเมตร กว้าง 2.11 มิลลิเมตร หนา



760051567

1.79 มิลลิเมตร มีปริมาณแอมิโลสสูง 27.3-29.8 เปอร์เซ็นต์ ความคงตัวของแป้งสุกอยู่ในระดับแป้งอ่อน ระยะการไหลของแป้ง 69-98 มิลลิเมตร ข้าวเมื่อหุงสุกมีลักษณะค่อนข้างแข็ง ไม่หอม ระยะพักตัวของเมล็ด 5 สัปดาห์

ลักษณะเด่น

1. คุณภาพเมล็ดทางกายภาพสม่ำเสมอว่าพันธุ์สุพรรณบุรี 1
2. ต้านทานต่อเพลี้ยกระโดดหลังขาว ค่อนข้างต้านทานต่อเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล โรคขอบใบแห้ง โรคใบจุดสีน้ำตาล และโรคเมล็ดด่าง
3. ทรงกอตั้ง ต้นแข็ง ไม่ล้มง่าย ผลผลิตสูง ปลูกโดยวิธีปักดำให้ผลผลิต 745 กิโลกรัมต่อไร่ สูงกว่าพันธุ์สุพรรณบุรี 1 ประมาณ 6 เปอร์เซ็นต์ และปลูกโดยวิธีนาหว่านน้ำตามให้ผลผลิตเฉลี่ย 738 กิโลกรัมต่อไร่ สูงกว่าผลผลิตของพันธุ์สุพรรณบุรี 1 ประมาณ 5 เปอร์เซ็นต์

พื้นที่แนะนำ

- พื้นที่นาชลประทานภาคกลาง

ข้อควรระวัง

- อ่อนแอต่อโรคไหม้ โรคใบหงิก และโรคใบสีส้ม (สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว, 2550)

3. ข้าวเจ้าพันธุ์ปทุมธานี 1 (PT1)

ประวัติพันธุ์

ปทุมธานี 1 เป็นพันธุ์ข้าวเจ้าหอมพันธุ์ผสมระหว่างสายพันธุ์ BKNA6-18-3-2 (แม่) กับสายพันธุ์ PTT9506-86-3-2-1 ที่ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี เมื่อฤดูนาปรัง ป.พ.ศ. 2533 ปลูกคัดเลือกผสมและพันธุ์คัดเลือกแบบสับตระกูลจนได้สายพันธุ์ PTT 90071-93-8-1-1 เมื่อ ปี 2536 แล้วทำการปลูกเปรียบเทียบผลผลิตทั้งในสถานีทดลองและนาเกษตรกรจนถึงปี พ.ศ. 2542 และกรมวิชาการเกษตรพิจารณาให้เป็นพันธุ์รับรองเมื่อ พ.ศ. 2543 และให้ชื่อว่าพันธุ์ปทุมธานี 1 มีลักษณะ ทรงกอตั้งใบสีเขียวมีขน ใบแก่ข้า กาบใบและปลอกสีเขียว ใบธงยาว ตั้งตรงปานกลาง คอรวงสั้น รวงอยู่ใต้ใบธง เปลือกเมล็ดสีฟางมีขน มีหาง

การรับรองพันธุ์

คณะกรรมการวิจัยและพัฒนากรมวิชาการเกษตร มีมติให้เป็นพันธุ์รับรองเมื่อวันที่ 30 พฤษภาคม 2543 โดยใช้ชื่อว่า “พันธุ์ปทุมธานี 1”

ลักษณะประจำพันธุ์

เป็นข้าวเจ้าไม่ไวต่อช่วงแสง ให้ผลผลิตเฉลี่ย 811 กิโลกรัมต่อไร่ อายุการเก็บเกี่ยว 126 วัน ความสูง 104-133 เซนติเมตร ลักษณะทรงกอตั้ง (แบะ) ลำต้นค่อนข้างแข็ง ใบธงยาว ตั้งตรงปานกลาง คอรวงสั้น รวงอยู่ใต้ใบธง ยอดเกสรตัวเมียสีขาว ปลายยอดดอกสีฟาง ข้าวเปลือกสีฟาง ยาว



10.52 มิลลิเมตร กว้าง 2.47 มิลลิเมตรหนา 1.95 มิลลิเมตร ข้าวกล้องยาว 7.6 มิลลิเมตร กว้าง 2.17 มิลลิเมตรหนา 1.72 มิลลิเมตร มีปริมาณแอมิโลสต่ำ 17.8 เปอร์เซ็นต์ ความคงตัวของแป้งสุกอยู่ในระดับแป้งอ่อน ระยะการไหลของแป้ง 83 ถึง 85 มิลลิเมตร ข้าวเมื่อหุงสุกมีสีขาวนวล กลิ่นหอม ข้าวนุ่มและค่อนข้างเหนียว ระยะพักตัวของเมล็ด 3-4 สัปดาห์

ลักษณะเด่น

1. เป็นข้าวเจ้าหอม ไม่ไวต่อช่วงแสง สามารถปลูกได้ตลอดปี
2. มีความต้านทานต่อโรคแมลงศัตรูข้าวที่สำคัญของภาคกลาง เช่น เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล เพลี้ยกระโดดหลังขาว ต้านทานโรคไหม้ และโรคขอบใบแห้ง
3. ให้ผลผลิตค่อนข้างสูง
4. ลักษณะเมล็ดทางกายภาพ เมล็ดเรียวยาวใสคล้ายพันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105 เมื่อหุงสุกเป็นข้าวนุ่มเหนียว เช่นเดียวกับพันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105

พื้นที่แนะนำ

- เขตพื้นที่นาชลประทานในภาคกลาง

ข้อควรระวัง

1. ค่อนข้างไม่ต้านทานต่อเพลี้ยจักจั่นสีเขียว โรคใบหงิก และโรคใบสีส้มในท้องทดลอง
2. ไม่ควรใช้ปุ๋ยในอัตราสูงเฉพาะปุ๋ยไนโตรเจน เช่น ยูเรีย เมื่อใช้ปุ๋ยนี้ปริมาณมากเกินไป ทำให้ฟางอ่อน ต้นข้าวล้ม และผลผลิตลดลง (สถาบันวิจัยข้าว, 2542)



760051567

ภาคผนวก ข:

การทดสอบปฏิกิริยาพันธุ์ข้าว กข41 ต่อการทำลายของโรคขอบใบแห้ง



760051567

CU ThesIs 5687782420 dissertation / recv: 06082562 03:48:43 / seq: 5

การทดสอบปฏิกิริยาพันธุ์ข้าวข41 ต่อการทำลายของโรคขอบใบแห้ง

1. แยกเชื้อแบคทีเรีย *X. oryzae* pv. *oryzae* สาเหตุโรคขอบใบแห้ง

เก็บตัวอย่างใบข้าวที่แสดงอาการของโรคขอบใบแห้ง คือมีแผลเป็นแถบชำ่มน้ำที่ขอบใบ (รูปภาคผนวกที่ ข-1ก) หรือมีหยดน้ำสีครีมคล้ายยางสนกลมๆ ขนาดเท่าหัวเข็มหมุด (bacterial ooze) (ภาพที่1ข) นำมาแยกเชื้อแบคทีเรีย *X. oryzae* pv. *oryzae* และเก็บเชื้อบริสุทธิ์ โดยนำใบข้าวที่แสดงอาการของโรคในระยะเริ่มแรกมาทำความสะอาดผิวใบด้วยน้ำสะอาด ชับน้ำให้แห้งด้วยกระดาษทิชชู ตัดเนื้อเยื่อใบข้าวระหว่างส่วนปกติและส่วนที่เป็นโรค ขนาดประมาณ 3X3 มิลลิเมตร นำมาแช่ใน clorox 10 เปอร์เซ็นต์ นาน 3-5 นาที ล้างด้วยน้ำกลั่นนิ่งฆ่าเชื้อ 2 ครั้ง ชับน้ำให้แห้งบนกระดาษกรองนิ่งฆ่าเชื้อ แล้วนำชิ้นส่วนของใบข้าวที่ตัดได้ มาแยกเชื้อแบคทีเรียตามวิธีการที่ 1 หรือวิธีการที่ 2 และ เก็บเชื้อบริสุทธิ์

วิธีการที่ 1 : วิธี tissue transplanting โดยนำชิ้นส่วนของใบข้าวที่ตัดได้ วางลงบนอาหาร potato peptone agar (PPA) ในจานเลี้ยงเชื้อ (Petri dish) จำนวน 4 ชิ้นต่อจานเลี้ยงเชื้อ (ภาพที่ 2 ก) บ่มที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 24 - 48 ชั่วโมง ใช้ loop ตะคะโคลนสีเหลืองอ่อนที่เกิดขึ้นรอบเนื้อเยื่อของใบข้าว นำไป cross streak บนอาหาร PPA บ่มที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 24 - 48 ชั่วโมง เลือกเอาโคโลนีเดี่ยวๆ (single colony) ของเชื้อแบคทีเรีย *X. oryzae* pv. *oryzae* ที่มีลักษณะโคโลนีสีเหลืองอ่อน รูปร่างกลม (circular) นูน (convex) และมีผิวเรียบ (smooth) (รูปภาคผนวกที่ ข-2ข) ไปเลี้ยงบนอาหาร PPA อีกครั้ง เพื่อให้ได้เชื้อบริสุทธิ์

วิธีการที่ 2 : นำชิ้นส่วนของใบข้าวที่ตัดได้ แช่ลงในน้ำกลั่นนิ่งฆ่าเชื้อประมาณ 30 - 60 นาที เพื่อให้ bacterial ooze ออกมาจากใบข้าว แล้วใช้ loop ตะคะสารละลายของเชื้อแบคทีเรียที่ได้ ทำการ cross streak บนอาหาร PPA บ่มที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 24 - 48 ชั่วโมง เลือกเอาโคโลนีเดี่ยวๆ ของเชื้อแบคทีเรีย *X. oryzae* pv. *oryzae* นำไปเลี้ยงบนอาหาร PPA อีกครั้ง เพื่อให้ได้เชื้อบริสุทธิ์

เมื่อแยกเชื้อบริสุทธิ์ได้แล้วให้ทำการเก็บรักษาเชื้อไว้ในหลอดอาหารเลี้ยงเชื้อแบบเอียง PPA slant หรือ nutrient agar (NA) slant เพื่อไว้ใช้ในการเตรียมสารละลายเชื้อแบคทีเรีย เพื่อนำไปทดสอบความสามารถในการทำให้เกิดโรค และทดสอบปฏิกิริยาของสายพันธุ์/พันธุ์ข้าวต่อเชื้อสาเหตุโรคขอบใบแห้งต่อไป



760051567

CD IThesis 5687782420 dissertation / rev: 06082562 03:48:43 / seq: 5

2. การเตรียมสารละลายเชื้อแบคทีเรียสาเหตุโรคขอบใบแห้ง

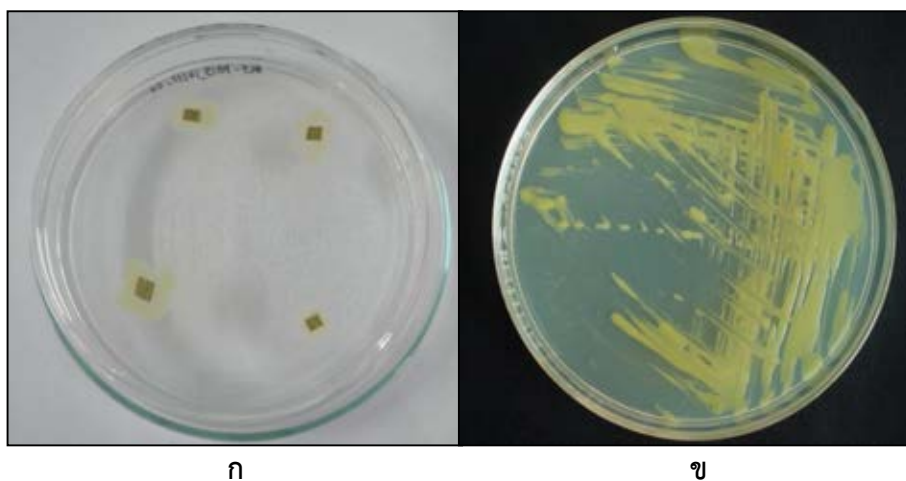
นำเชื้อบริสุทธิ์ที่แยกได้ มาเลี้ยงบนอาหาร PPA บ่มที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 24- 48 ชั่วโมง จากนั้นจึงนำเชื้อที่เลี้ยงได้มาทำเป็นสารละลายในน้ำกลั่นนิ่งฆ่าเชื้อ โดยปรับความขุ่นของสารละลายเชื้อให้มีปริมาณเชื้อประมาณ 10^8 cfu/ml โดยการวัดค่าการดูดซับแสงด้วยเครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวช่วงแสง 600 นาโนเมตร จะมีค่า optical density (O.D.) เท่ากับ 0.2 ($A_{600} = 0.2$) หรือเทน้ำกลั่นนิ่งฆ่าเชื้อ ปริมาตร 10 มิลลิลิตร ลงบนกลุ่มเชื้อแบคทีเรียในงานเลี้ยงเชื้อ (เตี้ยเชื้อแบบ heavy streak บนอาหาร PPA) ใช้แท่งแก้วรูปตัวแอล (L) หรือแผ่นสไลด์แก้วที่ฆ่าเชื้อแล้วขูดเชื้อแบคทีเรียให้ผสมเข้ากับน้ำกลั่นนิ่งฆ่าเชื้อแล้วเทสารละลาย แบคทีเรียดังกล่าวลงในน้ำกลั่นนิ่งฆ่าเชื้อปริมาตร 90 มิลลิลิตร ก็จะได้สารละลายแบคทีเรียที่มีความเข้มข้นที่ต้องการ (พยอม และพูนศักดิ์, 2551)



ก

ข

รูปภาคผนวกที่ ข-1: ก) ลักษณะอาการของโรคขอบใบแห้งบนใบข้าวพันธุ์ช41 ข) ลักษณะหยดน้ำสีครีมคล้ายยางสนกลมๆของเชื้อแบคทีเรีย (bacterial ooze) ขนาดเล็กเท่าหัวเข็มหมุดออกมาทางบริเวณแผล ซึ่งแผลจะขยายไปตามความยาวของใบ



รูปภาคผนวกที่ ข-2: ก) ลักษณะโคโลนีสีเหลืองอ่อนที่เกิดขึ้นรอบเนื้อเยื่อของใบข้าวบนอาหาร PPA โดยวิธีการทำ tissue transplanting ข) ลักษณะโคโลนีสีเหลืองอ่อน รูปร่างกลม นูน และมีผิวเรียบของเชื้อแบคทีเรีย *X. oryzae* pv. *oryzae* บนอาหาร PPA



760051567

3. การทดสอบความสามารถในการทำให้เกิดโรค

นำสารละลายเชื้อแบคทีเรีย *X. oryzae* pv. *oryzae* ที่เตรียมไว้ไปปลูกเชื้อ (inoculate) ลงบนต้นข้าวพันธุ์อ่อนแอมาตรฐาน (พันธุ์ช41) หรือพันธุ์ข้าวที่แยกเชื้อแบคทีเรียสาเหตุโรคขอบใบแห้งได้ เพื่อทดสอบความสามารถในการทำให้เกิดโรค ปลูกเชื้อแบคทีเรียสาเหตุโรคขอบใบแห้ง โดยใช้กรรไกรจุ่มสารละลายเชื้อแบคทีเรียแล้วตัดปลายใบข้าวออก (clipping method) 1- 2 นิ้ว (Jenning *et al.*, 1979) (รูปภาคผนวกที่ ข-3) เมื่อข้าวแสดงอาการของโรค (14 - 21 วันหลังปลูกเชื้อ) นำต้นข้าวที่แสดงอาการทำการแยกเชื้อโดยวิธี tissue transplanting บนอาหาร PPA อีกครั้ง เพื่อตรวจพิสูจน์ว่าการเข้าทำลายนั้นเกิดจากเชื้อที่ปลูกลงไปจริงหรือไม่ต่อไปตามวิธีการของ Koch (Agrios, 1997)



ก

ข

รูปภาคผนวกที่ ข-3: ก) สารละลายเชื้อแบคทีเรียและอุปกรณ์สำหรับปลูกเชื้อ ข) วิธีการปลูกเชื้อ *X. oryzae* pv. *oryzae* โดยวิธีการตัดใบข้าว (clipping method)

4. การปลูกข้าวทดสอบ และวิธีการปลูกเชื้อ

ใช้วิธีการปลูกเชื้อสาเหตุโรค (artificial inoculation) ในแปลงปักดำ โดยใช้ข้าวพันธุ์ กข41 เป็นพันธุ์อ่อนมาตรฐาน ระยะปลูก 25 x 25 เซนติเมตร ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 16-20-0 อัตรา 30 กิโลกรัมต่อไร่ ก่อนปักดำ 1 วัน และใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ หลังปักดำ 30 วัน ปลูกเชื้อแบคทีเรีย *X. oryzae* pv. *oryzae* สาเหตุโรคขอบใบแห้ง หลังปักดำ 3 - 7 อาทิตย์ หรือ ระยะข้าวแตกกอสูงสุด โดยใช้กรรไกรจุ่มสารละลายเชื้อแบคทีเรียแล้วตัดปลายใบข้าวออก 1 - 2 นิ้ว ปลูกเชื้อจำนวน 5 แถว โดยตัดแถวละ 5 กอๆ ละประมาณ 5 -10 ใบ

5. การบันทึกข้อมูล

บันทึกปฏิบัติการของสายพันธุ์/พันธุ์ข้าว หลังปลูกเชื้อสาเหตุโรคขอบใบแห้งประมาณ 14-21 วัน หรือ เมื่อข้าวพันธุ์อ่อนมาตรฐานแสดงอาการของโรคขอบใบแห้งรุนแรงที่ระดับคะแนน 5 - 7 โดยพิจารณาจากพื้นที่ใบที่ถูกทำลายเป็นหลัก ซึ่งแบ่งระดับคะแนนและลักษณะอาการของโรคขอบใบแห้ง ในสภาพแปลงทดสอบ ตามระบบของ Standard Evaluation System for Rice (SES) (IRRI, 1996) ดังนี้

ระดับคะแนน	ลักษณะอาการ	ระดับความต้านทาน
0	ไม่มีแผลบนใบข้าว	HR
1	พื้นที่ใบถูกทำลาย 1 - 5 %	R
3	พื้นที่ใบถูกทำลาย 6 - 12 %	MR
5	พื้นที่ใบถูกทำลาย 13 - 25 %	MS
7	พื้นที่ใบถูกทำลาย 26 - 50 %	S
9	พื้นที่ใบถูกทำลาย 51 - 100 %	HS

หมายเหตุ : HR = highly resistant (ต้านทานสูง)

R = resistant (ต้านทาน)

MR = moderately resistant (ค่อนข้างต้านทาน)

MS = moderately susceptible (ค่อนข้างอ่อนแอ)

S = susceptible (อ่อนแอ)

HS = highly susceptible (อ่อนแอมาก)



760051567

ภาคผนวก ค:
คำสถิติการสะท้อนแสงของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของ
ข้าวเจ้าพันธุ์ กข41 กข31 และปทุมธานี1



760051567

CU Thesjis 5687782420 dissertation / recv: 06082562 03:48:43 / seq: 5

ตารางภาคผนวกที่ ค.1 ค่าสถิติการสะท้อนแสงของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของข้าวเจ้าพันธุ์กข41 กข31 และปทุมธานี 1 ในช่วงการเจริญเติบโตทางลำต้น (Vegetative phase)

ช่วงคลื่น	พันธุ์ข้าว	ค่าการสะท้อนแสงของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า			
		Min	Max	Mean	SD
สีน้ำเงิน (blue) (350-500 nm)	กข41	-0.003	0.036	0.024	0.012
	กข31	0.032	0.040	0.036	0.002
	*ปทุมธานี 1	0.007	0.029	0.020	0.007
สีเขียว (green) (501-600 nm)	กข41	0.036	0.095	0.095	0.019
	กข31	0.004	0.088	0.070	0.015
	ปทุมธานี 1	0.029	0.080	0.061	0.015
สีแดง (red) (601-700 nm)	กข41	0.025	0.074	0.039	0.011
	กข31	0.035	0.079	0.048	0.009
	ปทุมธานี 1	0.024	0.069	0.036	0.010
อินฟราเรดใกล้ (near infrared) (740-1350 nm)	**กข41	0.433	0.743	0.616	0.085
	กข31	0.223	0.457	0.379	0.056
	ปทุมธานี 1	0.345	0.610	0.504	0.078
อินฟราเรดคลื่นสั้น 1 (shortwave infrared; SWIR1) (1461-1789 nm)	กข41	0.128	0.328	0.264	0.060
	กข31	0.077	0.191	0.157	0.030
	ปทุมธานี 1	0.100	0.241	0.195	0.041
อินฟราเรดคลื่นสั้น 2 (shortwave infrared; SWIR2) (2101-2250 nm)	กข41	20.033	0.157	0.134	0.011
	กข31	13.185	0.097	0.088	0.006
	ปทุมธานี 1	15.395	0.123	0.103	0.005

หมายเหตุ *ค่าเฉลี่ยของการสะท้อนแสงต่ำสุด

**ค่าเฉลี่ยของการสะท้อนแสงสูงสุด



760051567

CU Thesais 5687782420 dissertation / rev: 06082562 03:48:43 / seq: 5

ตารางภาคผนวกที่ ค.2 ค่าสถิติการสะท้อนแสงของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของข้าวเจ้าพันธุ์กข41 กข31 และปทุมธานี 1 ในช่วงการเจริญเติบโตทางการสืบพันธุ์ (Reproductive phase)

ช่วงคลื่น	พันธุ์ข้าว	ค่าการสะท้อนแสงของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า			
		Min	Max	Mean	SD
สีน้ำเงิน (blue) (350-500 nm)	กข41	0.012	0.028	0.022	0.005
	*กข31	0.011	0.024	0.017	0.004
	ปทุมธานี 1	0.012	0.026	0.018	0.004
สีเขียว (green) (501-600 nm)	กข41	0.029	0.063	0.050	0.010
	กข31	0.025	0.062	0.048	0.011
	ปทุมธานี 1	0.026	0.067	0.052	0.012
สีแดง (red) (601-700 nm)	กข41	0.025	0.057	0.034	0.007
	กข31	0.022	0.057	0.032	0.007
	ปทุมธานี 1	0.023	0.061	0.034	0.008
อินฟราเรดใกล้ (near infrared) (740-1350 nm)	**กข41	0.304	0.529	0.440	0.070
	กข31	0.249	0.493	0.405	0.069
	ปทุมธานี 1	0.243	0.489	0.403	0.068
อินฟราเรดคลื่นสั้น 1 (shortwave infrared; SWIR1) (1461-1789 nm)	กข41	0.086	0.191	0.155	0.033
	กข31	0.063	0.180	0.141	0.034
	ปทุมธานี 1	0.056	0.173	0.133	0.035
อินฟราเรดคลื่นสั้น 2 (shortwave infrared; SWIR2) (2101-2250 nm)	กข41	0.075	0.103	0.091	0.007
	กข31	0.068	0.191	0.101	0.023
	ปทุมธานี 1	0.055	0.079	0.068	0.006

หมายเหตุ *ค่าเฉลี่ยของการสะท้อนแสงต่ำสุด

**ค่าเฉลี่ยของการสะท้อนแสงสูงสุด

ตารางภาคผนวกที่ ค.3 ค่าสถิติการสะท้อนแสงของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของข้าวเจ้าพันธุ์กข41 กข31 และปทุมธานี 1 ในช่วงการเจริญเติบโตของเมล็ด (Ripening phase)

ช่วงคลื่น	พันธุ์ข้าว	ค่าการสะท้อนแสงของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า			
		Min	Max	Mean	SD
สีน้ำเงิน (blue) (350-500 nm)	กข41	0.018	0.041	0.027	0.008
	*กข31	0.006	0.044	0.023	0.012
	ปทุมธานี 1	0.015	0.048	0.028	0.011
สีเขียว (green) (501-600 nm)	กข41	0.042	0.088	0.073	0.014
	กข31	0.045	0.088	0.076	0.013
	ปทุมธานี 1	0.049	0.104	0.088	0.017
สีแดง (red) (601-700 nm)	กข41	0.052	0.101	0.065	0.010
	กข31	0.071	0.123	0.082	0.010
	ปทุมธานี 1	0.070	0.136	0.087	0.013
อินฟราเรดใกล้ (near infrared) (740-1350 nm)	**กข41	0.324	0.445	0.392	0.039
	กข31	0.288	0.445	0.385	0.044
	ปทุมธานี 1	0.207	0.318	0.276	0.027
อินฟราเรดคลื่นสั้น 1 (shortwave infrared; SWIR1) (1461-1789 nm)	กข41	0.098	0.192	0.160	0.028
	กข31	0.097	0.168	0.143	0.021
	ปทุมธานี 1	0.118	0.224	0.189	0.032
อินฟราเรดคลื่นสั้น 2 (shortwave infrared; SWIR2) (2101-2250 nm)	กข41	0.079	0.098	0.091	0.005
	กข31	0.080	0.108	0.093	0.006
	ปทุมธานี 1	0.102	0.125	0.115	0.006

หมายเหตุ *ค่าเฉลี่ยของการสะท้อนแสงต่ำสุด

**ค่าเฉลี่ยของการสะท้อนแสงสูงสุด

ภาคผนวก ง:

ภาพถ่ายภาคสนามของข้าวเจ้าพันธุ์ กข41 กข31 และปทุมธานี 1



760051567

CU Theses 5687782420 dissertation / recv: 06082562 03:48:43 / seq: 5



กข41



กข31



ปทุมธานี 1

ง.1 ภาพถ่ายภาคสนามของข้าวเจ้าพันธุ์กข41 กข31 และปทุมธานี 1
ในช่วงการเจริญเติบโตทางลำต้น



กข41



กข31



ปทุมธานี 1

ง.2 ภาพถ่ายภาคสนามของข้าวเจ้าพันธุ์กข41 กข31 และปทุมธานี 1
ในช่วงการเจริญเติบโตทางการสืบพันธุ์



กข41



กข31



ปทุมธานี 1

ง.3 ภาพถ่ายภาคสนามของข้าวเจ้าพันธุ์กข41 กข31 และปทุมธานี 1
ในช่วงการเจริญเติบโตของเมล็ด



760051567
CD IThesis 5687782420 dissertation / rev: 06082562 03:48:43 / seq: 5

ภาคผนวก จ:

พื้นที่ถูกทำลาย ความรุนแรง และค่าสถิติการสะท้อนแสงของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า
ของข้าวเจ้าพันธุ์ กข 41 ที่เป็นและไม่เป็นโรคขอบใบแห้ง ในระยะต่างๆ
ในแปลงทดลองพันธุ์ข้าว ศูนย์วิจัยข้าวชัยนาท



760051567

CU Thesais 5687782420 dissertation / recv: 06082562 03:48:43 / seq: 5

ตารางภาคผนวก จ.1 พื้นที่ที่ถูกทำลายและความรุนแรงของโรคขอบใบแห้งในข้าวเจ้าพันธุ์กข41 ในแปลงทดลองพันธุ์ข้าว ศูนย์วิจัยข้าวชัยนาท

ครั้งที่	อายุข้าว (วัน)	%incidence (พื้นที่ที่ถูกทำลาย)				%severity (ความรุนแรงของโรค)			
		จุดที่ 1	จุดที่ 2	จุดที่ 3	เฉลี่ย	จุดที่ 1	จุดที่ 2	จุดที่ 3	เฉลี่ย
1	57	100	100	100	100	11	10	9	10
2	64	100	100	100	100	20	15	20	18
3	71	100	100	100	100	25	27	23	25
4	78	100	100	100	100	37	35	36	36
5	85	100	100	100	100	38	39	40	39

ตารางภาคผนวก จ.2 ค่าสถิติการสะท้อนแสงของคลีนแม่เหล็กไฟฟ้าของข้าวเจ้าพันธุ์กข41 ที่เป็นและไม่เป็นโรคขอบใบแห้ง ในระยะต่างๆ ในศูนย์วิจัยข้าวชัยนาท

ช่วงคลื่น	ครั้งที่	โรคขอบใบแห้ง	ค่าการสะท้อนแสงของคลีนแม่เหล็กไฟฟ้า			
			Min	Max	Mean	SD
สีน้ำเงิน (blue) (350-500 nm)	1 (57 วัน)	เป็นโรค	0.033	0.047	0.040	0.004
		ไม่เป็นโรค	-0.015	0.032	0.017	0.013
	2 (64 วัน)	เป็นโรค	0.025	0.044	0.034	0.006
		ไม่เป็นโรค	0.022	0.036	0.029	0.004
	3 (71 วัน)	เป็นโรค	0.032	0.053	0.040	0.007
		ไม่เป็นโรค	0.013	0.023	0.017	0.003
	4 (78 วัน)	เป็นโรค	0.015	0.028	0.021	0.004
		ไม่เป็นโรค	0.009	0.014	0.012	0.001
	5 (85 วัน)	เป็นโรค	0.018	0.035	0.025	0.006
		ไม่เป็นโรค	0.016	0.031	0.022	0.005
สีเขียว (green) (501-600 nm)	1 (57 วัน)	เป็นโรค	0.047	0.089	0.074	0.012
		ไม่เป็นโรค	0.032	0.071	0.056	0.012
	2 (64 วัน)	เป็นโรค	0.044	0.094	0.076	0.015
		ไม่เป็นโรค	0.036	0.071	0.058	0.011
	3 (71 วัน)	เป็นโรค	0.054	0.111	0.091	0.017
		ไม่เป็นโรค	0.024	0.055	0.044	0.009
	4 (78 วัน)	เป็นโรค	0.028	0.058	0.047	0.009
		ไม่เป็นโรค	0.014	0.031	0.025	0.005
	5 (85 วัน)	เป็นโรค	0.036	0.068	0.058	0.010
		ไม่เป็นโรค	0.031	0.061	0.051	0.009



760051567

CD :Thesis 5687782420 dissertation / rev: 06082562 03:48:43 / seq: 5

ตารางภาคผนวก จ.2 (ต่อ)

ช่วงคลื่น	ครั้งที่	โรคขอบ ใบแห้ง	ค่าการสะท้อนแสงของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า			
			Min	Max	Mean	SD
สีแดง (red) (601-700 nm)	1 (57 วัน)	เป็นโรค	0.046	0.080	0.057	0.008
		ไม่เป็นโรค	0.029	0.061	0.038	0.007
	2 (64 วัน)	เป็นโรค	0.040	0.087	0.053	0.010
		ไม่เป็นโรค	0.036	0.067	0.044	0.006
	3 (71 วัน)	เป็นโรค	0.048	0.100	0.065	0.012
		ไม่เป็นโรค	0.021	0.051	0.030	0.006
	4 (78 วัน)	เป็นโรค	0.025	0.053	0.034	0.006
		ไม่เป็นโรค	0.013	0.028	0.018	0.003
	5 (85 วัน)	เป็นโรค	0.043	0.076	0.052	0.007
		ไม่เป็นโรค	0.037	0.068	0.046	0.006
อินฟราเรดใกล้ (near infrared) (800-1350 nm)	1 (57 วัน)	เป็นโรค	0.168	0.330	0.252	0.041
		ไม่เป็นโรค	0.082	0.398	0.302	0.066
	2 (64 วัน)	เป็นโรค	0.232	0.424	0.357	0.049
		ไม่เป็นโรค	0.335	0.554	0.461	0.057
	3 (71 วัน)	เป็นโรค	0.158	0.367	0.278	0.060
		ไม่เป็นโรค	0.242	0.527	0.397	0.085
	4 (78 วัน)	เป็นโรค	0.089	0.178	0.143	0.025
		ไม่เป็นโรค	0.156	0.280	0.233	0.035
	5 (85 วัน)	เป็นโรค	0.161	0.260	0.221	0.031
		ไม่เป็นโรค	0.202	0.324	0.272	0.039
อินฟราเรดคลื่นสั้น 1 (shortwave infrared; SWIR1)(1501-1700 nm)	1 (57 วัน)	เป็นโรค	0.070	0.142	0.118	0.022
		ไม่เป็นโรค	0.083	0.160	0.134	0.024
	2 (64 วัน)	เป็นโรค	0.104	0.188	0.161	0.026
		ไม่เป็นโรค	0.214	0.289	0.265	0.021
	3 (71 วัน)	เป็นโรค	0.057	0.117	0.097	0.018
		ไม่เป็นโรค	0.090	0.174	0.145	0.026
	4 (78 วัน)	เป็นโรค	0.059	0.112	0.095	0.017
		ไม่เป็นโรค	0.033	0.067	0.056	0.011
	5 (85 วัน)	เป็นโรค	0.075	0.125	0.108	0.016
		ไม่เป็นโรค	0.062	0.104	0.090	0.013



760051567

CD :Thesis 5687782420 dissertation / recv: 06082562 03:48:43 / seq: 5

ตารางภาคผนวก จ.2 (ต่อ)

ช่วงคลื่น	ครั้งที่	โรคขอบ ใบแห้ง	ค่าการสะท้อนแสงของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า			
			Min	Max	Mean	SD
อินฟราเรดคลื่นสั้น 2 (shortwave infrared; SWIR2)(2001-2300 nm)	1 (57 วัน)	เป็นโรค	0.010	0.122	0.058	0.021
		ไม่เป็นโรค	0.024	0.111	0.062	0.015
	2 (64 วัน)	เป็นโรค	0.034	0.217	0.097	0.025
		ไม่เป็นโรค	0.074	0.337	0.147	0.041
	3 (71 วัน)	เป็นโรค	0.011	0.053	0.039	0.008
		ไม่เป็นโรค	0.015	0.079	0.057	0.014
	4 (78 วัน)	เป็นโรค	-0.004	0.060	0.042	0.012
		ไม่เป็นโรค	0.020	0.046	0.030	0.005
	5 (85 วัน)	เป็นโรค	0.034	0.066	0.053	0.007
		ไม่เป็นโรค	0.018	0.059	0.046	0.008



760051567

CT :Thesis 5687782420 dissertation / recv : 06082562 03:48:43 / seq : 5

ภาคผนวก ฉ:
ภาพถ่ายระดับความรุนแรงของข้าวเจ้าพันธุ์ กข41
ที่เป็นและไม่เป็นโรคขอบใบแห้ง



760051567

CU Theslis 5687782420 dissertation / recv: 06082562 03:48:43 / seq: 5



(ก)



(ข)



(ค)



(ง)



(จ)

รูปภาพผนวก จ ข้าวเจ้าพันธุ์ กข41 ที่เป็นและไม่เป็นโรคขอบใบแห้ง

- (ก) หลังปลูกเชื้อ 1 สัปดาห์ (อายุ 57 วัน) %severity (ความรุนแรงของโรค) เฉลี่ย = 10%
- (ข) หลังปลูกเชื้อ 2 สัปดาห์ (อายุ 64 วัน) %severity (ความรุนแรงของโรค) เฉลี่ย = 18%
- (ค) หลังปลูกเชื้อ 3 สัปดาห์ (อายุ 71 วัน) %severity (ความรุนแรงของโรค) เฉลี่ย = 25%
- (ง) หลังปลูกเชื้อ 4 สัปดาห์ (อายุ 78 วัน) %severity (ความรุนแรงของโรค) เฉลี่ย = 36%
- (จ) หลังปลูกเชื้อ 5 สัปดาห์ (อายุ 85 วัน) %severity (ความรุนแรงของโรค) เฉลี่ย = 39%

หมายเหตุ: ภาพถ่ายจากดวงกมล บุญช่วย (2559)

บรรณานุกรม

- Agrios, G.N. (1997). **Plant Pathology**. Academic Press, New York. 635 p.
- Anderson, J. R., Hardy, J., Roach and Witmer, R. (1976). **A Land Use and Land Cover Classification System for Use with Remote Sensing Data**. U.S. Geographical Survey Profession paper.964.
- Barrett, E. C. and Curtis, L. F. (1995). **Introduction to Environmental Remote Sensing**. (Third Edition), Chapman and Hall. London. 146 pp.
- Beck, R. (2003). **EO-1 User Guide-Version 2.3**. Satellite Systems Branch; USGS Earth Resources Observation Systems Data Center (EDC): Sioux Falls, SD, USA.
- Becker K., Fessehatsion, Y., Rahmani, S., Seo, J. Y. and Wittman, T. (2009). **A Comparative Analysis of Dimension Reduction Algorithms on Hyperspectral Data**.
- Bendig, J., Bolten, A., Bennertz, S., Broscheit, J., Eichfuss, S. and Bareth, G. (2014). **Estimating Biomass of Barley Using Crop Surface Models (CSMs) Derived from UAV-Based RGB Imaging**. Remote Sensing, 6(11), 10395-10412.
- Bock, C. H., Poole, G. H., Parker, P. E., and Gottwald, T. R. (2010). **Plant Disease Severity Estimated Visually, by Digital Photography and Image Analysis, and by Hyperspectral Imaging**. Critical Reviews in Plant Sciences, 29:59-107.
- Congalton, R. G. and Green, K. (1999). **Assessing the Accuracy of Remotely Sensed Data: Principles and Practices**, Lewis Publishers, Boca Raton, Florida, 137p.
- _____ (2009). **Assessing the Accuracy of Remotely Sensed Data: Principles and Practices**, 2nd ed. CRC Press.
- Corcione, V., Nunziata, F., Mascolo, L. and Migliaccio M. (2016). **A study of the use of COSMO-SkyMed SAR PingPongpolarimetric mode for rice growth monitoring**. International Journal of Remote Sensing 37: 633-647
- Curran, P. J. (1985). **Principles of Remote Sensing**. London: Longman.
- Darvishzadeh, R.; Skidmore, A.; Schlerf, M.; Atzberger, C.; Corsi, F.; Cho, M. (2008). **LAI and chlorophyll estimation for a heterogeneous grassland using hyperspectral measurements**. ISPRS J. 63, 409–426.

- Darvishsefat, A. A., Abbasi, M. and Schaepman, M. E. (2011). **Evaluation of Spectral Reflectance of Seven Iranian Rice Varieties Canopies.** *J Agric Sci Technol* 13: 1091-1104.
- Das, P.K., Laxman, B., Rao, S., Seshasai, M.V.R. and Dadhwal V.K. (2015). **Monitoring of bacterial leaf blight in rice using ground-based hyperspectral and LISS IV satellite data in Kurnool, Andhra Pradesh, India.** *Int J Pest Manage* 61: 359-368.
- Emchit, S., and Mew, T. W. (1982). **Comparison of Virulence of *Xanthomonas campestris* pv. *Oryzae* in Thailand and the Philippines.** *Plant Disease* 66: 556-559.
- Galvao, L. S., Formaggio, A. R., & Tisot, D. A. (2005). **Discrimination of sugarcane varieties in southeastern brazil with EO-1 hyperion data.** *Remote Sensing of Environment*, 94(4), 523-534.
- Goldberg, D. E. (1989). **Genetic Algorithm in Search, Optimization, and Machine Learning.** 1st ed. USA: Addison-Wesley Professional.
- Guan, X., Huang, C., Liu, G., Meng, X. and Liu, Q. (2016). **Mapping Rice Cropping Systems in Vietnam Using an NDVI-Based Time-Series Similarity Measurement Based on DTW Distance.** *Remote Sensing*. 8(1): 19.
- Gumma, M. K., Gauchan, D., Nelson, A., Pandey, S., & Rala, A. (2011). **Temporal changes in rice-growing area and their impact on livelihood over a decade: A case study of Nepal.** *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 142(3-4), 382-392.
- Gumma, M. K., Mohanty, S., Nelson, A., Arnel, R., Mohammed, I. A., & Das, S. R. (2015). **Remote sensing based change analysis of rice environments in Odisha, India.** *J Environ Manage*, 148, 31-41.
- Gunaratne, A.; Wu, K.; Li, D.Q.; Bentota, A.; Corke, H.; Cai, Y.Z. (2013). **Antioxidant activity and nutritional quality of traditional red-grained rice varieties containing proanthocyanidins.** *Food Chem.* 138, pp. 1153–1161.
- Guo, Y., Jia, X., & Paull, D. (2019). **Mapping of Rice Varieties with Sentinel-2 Data via Deep CNN Learning in Spectral and Time Domains.** Paper presented at



760051567

CD Theses 5687782420 dissertation / recv: 06082562 03:48:43 / seq: 5

- the 2018 International Conference on Digital Image Computing: Techniques and Applications, DICTA 2018.
- Holland, J. H. (1975). **Adaptation in Natural and Artificial Systems**. USA: University of Michigan press.
- IRRI. (1996). **Standard Evaluation System for Rice, 4th edition**. The International Rice Research Institute, Manila, Philippines. 54 p.
- IRRI. (1988). **Standard Evaluation System for Rice (SES)**. IRRI (International Rice Research Institute). Los Banos. Philippines.
- John Weier and David Herring, (2000). **Measuring Vegetation**. NASA.
<https://earthobservatory.nasa.gov/features/MeasuringVegetation>
- Jenning, P.R., W.R. Coffman and H.E. Kauffman. (1979). **Rice Improvement**. International Rice Research Institute, Los Banos, Philippines. 186 p.
- Jensen, J. R. (2007). **Remote Sensing of the Environment: An Earth Resource Perspective**. 2nd Edition. Practice Hall. USA.
- Kobayash, T., Kanda, E., Kitada, K., Ishiguro, K. and Torigoe, Y. (2001). **Detection of Rice panicle Blast with Multispectral Radiometer and the Potential of Using Airborne Multispectral Scanners**. *Phytopathology* 91(3): 316-323
- Koedsin, W. and Vaiphasa, C. (2013). **Discrimination of Tropical Mangroves at the Species Level with EO-1 Hyperion Data**. *Remote Sensing*. 5(7) : 3562-3582.
- Kong, W., Zhang, C., Liu, F., Nie, P. and He, Y. (2013). **Rice seed cultivar identification using near-infrared hyperspectral imaging and multivariate data analysis**. *Sensors (Basel)*. 13(7): 8916-8927.
- Kuenzer, C. and Knauer, K. (2013). **Remote Sensing of rice crop areas**. *International Journal of Remote Sensing*. 34(6): 2101-2139.
- Kruse, F.A. et al. (1993). **The Spectral Image Processing System (SIPS)—interactive Visualization and Analysis of Imaging Spectrometer Data**. *Remote Sensing of Environment* 44(2-3): 145–163.
- Liang, W. J., Zhang, H., Zhang, G. F., & Cao, H. X. (2019). **Rice Blast Disease Recognition Using a Deep Convolutional Neural Network**. *Scientific Reports*, 9(1).
- Leinenkugel, P., Kuenzer, C., Oppelt, N., and Dech, S. (2013). **Characterisation of**



760051567

CD Theses 5687782420 dissertation / recv: 06082562 03:48:43 / seq: 5

land surface phenology and land cover based on moderate resolution satellite data in cloud prone areas — A novel product for the Mekong Basin. *Remote Sensing of Environment*, 136: 180-198.

Lillesand, T. M. and Keifer, R. W. (1994). **Remote Sensing and image interpretation.** John Wiley and Sons Inc.

Liu, Z.-Y., Wu, H.-F., and Huang, J.-F. (2010). **Application of neural networks to discriminate fungal infection levels in rice panicles using hyperspectral reflectance and principal components analysis.** *Computers and Electronics in Agriculture*, 72(2) : 99-106.

Li, D., Zheng, H., Xu, X., Lu, N., Yao, X., Jiang, J., . . . Cheng, T. (2018). **BRDF effect on the estimation of canopy chlorophyll content in paddy rice from UAV-based hyperspectral imagery.** Paper presented at the International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS).

Lu, Y., Yi, S., Zeng, N., Liu, Y., & Zhang, Y. (2017). **Identification of rice diseases using deep convolutional neural networks.** *Neurocomputing*, 267, 378-384.

Magney, T. S., Eitel, J. U. H., Huggins, D. R., and Vierling, L. A. (2016). **Proximal NDVI derived phenology improves in-season predictions of wheat quantity and quality.** *Agricultural and Forest Meteorology*, 217: 46-60.

Manjunath, K. R., Panigrahy, S., Kumari, K., Adhya, T. K., and Parihar, J. S. (2006). **Spatiotemporal modelling of methane flux from the rice fields of India using remote sensing and GIS.** *International Journal of Remote Sensing*, 27(20) : 4701-4707.

Manjunath, K. R., More, R. S., Jain, N. K., Panigrahy, S., and Parihar, J. S. (2015). **Mapping of rice-cropping pattern and cultural type using remote-sensing and ancillary data: a case study for South and Southeast Asian countries.** *International Journal of Remote Sensing*, 36(24): 6008-6030.

Marshall, M., and Thenkabail, P. (2015). **Advantage of hyperspectral EO-1 Hyperion over multispectral IKONOS, GeoEye-1, WorldView-2, Landsat ETM plus , and MODIS vegetation indices in crop biomass estimation.** *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 108: 205-218.

Melanie, M. (1999). **An Introduction to Genetic Algorithms.** 5th ed, MIT Press.



- Mosleh, M. K., Hassan, Q. K., and Chowdhury, E. H. (2015). **Application of Remote Sensors in Mapping Rice Area and Forecasting Its Production: A Review.** *Sensors*, 15(1): 769-791.
- Murai, S. et al. (1993). **Remote Sensing Note.** Japan Association on Remote Sensing. Tokyo: Nihon Printing Co. Ltd.
- Peng, D., Huang, J., Li, C., Liu, L., Huang, W., Wang, F., and Yang, X. (2014). **Modelling paddy rice yield using MODIS data.** *Agricultural and Forest Meteorology*, 184: 107-116.
- Qin, Z., and Zhang, M. (2005). **Detection of rice sheath blight for in-season disease management using multispectral remote sensing.** *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 7(2): 115-128.
- Rao, N. R. (2008). **Development of a crop-specific spectral library and discrimination of various agricultural crop varieties using hyperspectral imagery.** *International Journal of Remote Sensing*, 29: 131-144.
- Richards, J. A., (1999). **Remote Sensing Digital Image Analysis: An Introduction.** Springer-Verlag, Berlin, Germany, p. 240.
- Robert, K. W. and Pamela, S. G. (1992). **Compendium of Rice Disease.** APS Press. The American Phytopathological Society, Minnesota, USA.
- Savary, S., Teng, P. S., Willocquet, L., and Nutter, F. W., Jr. (2006). **Quantification and modeling of crop losses: a review of purposes.** *Annu. Rev. Phytopathol.* 44: 89-112.
- Sakamoto, T. et al., (2012). **An alternative method using digital cameras for continuous monitoring of crop status.** *Agricultural and Forest Meteorology.* (154-155): 113-126.
- Shwetank, Kamal J. and Bhatia K. J. (2010). **Review of Rice Crop Identification and Classification using Hyperspectral Image Processing System.** *International Journal of Computer Science and Communication.* 1(1) January-June 2010; 253-258.
- _____ (2011). **Development of Digital Spectral Library and Supervised Image Processing.** *Asian Journal of Geoinformatics*, Vol.11, No.3
- Sivanandam, S. N. and Deepa S. N. (2008). **Introduction to Genetic Algorithms.**



760051567

CD /Thesis 5687782420 dissertation / recv : 06082562 03:48:43 / seq : 5

Springer.

- Song, S., Gong, W., Zhu, B., and Huang, X. (2011). **Wavelength selection and spectral discrimination for paddy rice, with laboratory measurements of hyperspectral leaf reflectance.** ISPRS Journal of Photogrammetric and Remote Sensing 66(5); 672-682.
- Swing, J.M., V.D. Mooter, M. Vauterrin, L. Hoste, B. Gillis, T. Mew, T. Wang and K. Keresters. (1990). **Reclassification of the causal agents of bacterial blight (*Xanthomonas campestris* sp. *oryzicola*) of rice as pathovar of *Xanthomonas oryzae* (ex Ishiyama 1922) sp. Nov., nom. Rev. Int. J. Syst. Bacteriol. 40: 309-311.**
- Tagami, Y. and Mizukami T. (1962). **Historical review of the researches on bacterial leaf blight rice caused by *Xanthomonas oryzae* (Uyeda et Ishiyama) Dowson.** Special Report of the Plant Disease and Insect Pest Forecasting Service No. 10, 112 p.
- Thenkabail, P.S.; Mariotto, I.; Gumma, M.K.; Middleton, E.M.; Landis, D.R. and Huemmrich, F.K. (2013). **Selection of hyperspectral narrowbands (HNBS) and composition of hyperspectral two band vegetation indices (HVIs) for biophysical characterization and discrimination of crop types using field reflectance and Hyperion/EO-1 data.** IEEE J. Sel. Top. Appl. Earth Obs., 6; 427-439.
- USDA. (2015). **"Grain: World Markets and Trade"**. USDA; United States Department of Agriculture, August 2015
- Vaiphasa C., Skidmore A. K. and de Bour W. F. (2007). **A Hyperspectral Band Selector for plant Species Discrimination.** ISPRS Journal of Photogrammetry and remote Sensing. 62: 225-235.
- Van Niel, T. G. and McVicar, T. R. (2004). **Current and potential uses of optical remote sensing in rice-based irrigation system: a review.** Australian Journal of Agricultural Research. 55(2); 155-185.
- Wang, L., Liu, D., Pu, H. B., Sun, D. W., Gao, W. H., and Xiong, Z. J. (2015). **Use of Hyperspectral Imaging to Discriminate the Variety and Quality of Rice.** Food Analytical Methods, 8(2); 515-523.



760051567

CD Theses 5687782420 dissertation / recv: 06082562 03:48:43 / seq: 5

- Wu, W.-b., Yu, Q.-y., Peter, V. H., You, L.-z., Yang, P., and Tang, H.-j. (2014). **How Could Agricultural Land Systems Contribute to Raise Food Production Under Global Change?** *Journal of Integrative Agriculture*, 13(7); 1432-1442.
- Xiaming, J., Jun, S., Hanping, M., Shuying, J., Qinglin, L. and Xingxing, C. (2015). **Discrimination of Rice Varieties using LS-SVM Classification Algorithms and Hyperspectral Data.** *Advance Journal of Food Science and Technology*, 7(9); 691-696.
- Yang, C. M. (2010). **Assessment of the severity of bacterial leaf blight in rice using canopyhyperspectral reflectance.** *Precision Agriculture*, 11(1); 61-81.
- Yu, Q.-y., Wu, W.-b., Liu, Z.-h., Verburg, P. H., Xia, T., Yang, P., . . . Tang, H.-j. (2014). **Interpretation of Climate Change and Agricultural Adaptations by Local Household Farmers: a Case Study at Bin County, Northeast China.** *Journal of Integrative Agriculture*, 13(7); 1599-1608.
- Zalzala, A. M. S. and Fleming, P. J. (1997). **Genetic Algorithms in Engineering Systems.** The UK: Institution of Engineering and Technology.
- Zhang, Y., Su, S., Zhang, F., Shi, R., and Gao, W. (2012). **Characterizing spatiotemporal dynamics of methane emissions from rice paddies in Northeast China from 1990 to 2010.** *PLoS One*, 7(1); e29156.
- Zhao, Q., Lenz-Wiedemann, V., Yuan, F., Jiang, R., Miao, Y., Zhang, F., and Bareth, G. (2015). **Investigating Within-Field Variability of Rice from High Resolution Satellite Imagery in Qixing Farm County, Northeast China.** *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 4(1); 236-261.
- กรมการข้าว. (2551). **องค์ความรู้เรื่องข้าว.** สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการข้าว [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : <http://www.ricethailand.go.th>. (วันที่ค้นข้อมูล 30 กรกฎาคม 2557).
- _____. (2554). **การเปรียบเทียบผลผลิต ลักษณะทางการเกษตรและคุณภาพเมล็ดพันธุ์ข้าวนาชลประทานในเขตภาคกลางปี 2552.** ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการข้าว.
- _____. (2557). **ยุทธศาสตร์ข้าวไทย ด้านการผลิตฉบับที่ 3 ปี 2558-2562.** กรมการข้าว กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- กองวิจัยและพัฒนาข้าว. (2559). **เอกสารประกอบการสัมมนาเชิงปฏิบัติการด้านอารักขาข้าว เรื่อง โรคข้าว วัชพืช ข้าววัชพืชและการป้องกันกำจัด.** กรมการข้าว

- จรัณธร บุญญาภาพ. (2557). **หลักการรับรู้จากระยะไกลด้านนิเวศวิทยาพืชพรรณและการอนุรักษ์**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.
- เฉลิมขวัญ ฉิมวัย, นิตยา รื่นสุข, อัจฉราพร ณ ลำปาง เนินพลับ และยุทธพงษ์ เพชรภรณ์. (2557). **การระบาดของโรคข้าวกับการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศ ในนาชลประทานที่ปลูกต่อเนื่องของศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี**. เอกสารประกอบการประชุมวิชาการข้าว กลุ่มศูนย์วิจัยข้าวภาคกลาง ตะวันออก และตะวันตก ประจำปี 2556. ระหว่างวันที่ 26-28 มีนาคม 2557 ณ โรงแรมเอกไพลิน ริเวอร์แคว อ.เมือง จ.กาญจนบุรี. สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการข้าว.
- เฉลิมชนม์ สติระพจน์. (2552). **ระบบกำหนดตำแหน่งบนโลก (Global Positioning System: GPS)**. หน้า 218-235. ใน: **ตำราเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศศาสตร์**, กรุงเทพมหานคร: สำนักงานพัฒนาอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน), 2552.
- ชัยรัตน์ จันทร์หนู และนริศรา จำรูญวงษ์. (2557). **การคาดการณ์การเคลื่อนย้ายของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลจากข้อมูลการระบาดในจังหวัดชัยนาท**.การประชุมวิชาการข้าวและธัญพืชเมืองหนาว ครั้งที่ 31 พ.ศ.2557 หน้า 313-329
- ชัยโชค ไวกาษา. (2557). **การใช้เทคนิคการสำรวจระยะไกลด้วยภาพถ่ายความละเอียดสูงเพื่อจำแนกชนิดพรรณไม้ป่าชายเลน**. กรุงเทพฯ: ภาควิชาวิศวกรรมสำรวจ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ชาญพิทยา ฉิมพาลี. (2558). **อุตสาหกรรมข้าวของประเทศไทย: ทิศทางและศักยภาพการผลิตข้าวไทย**. (อธิบดีกรมการข้าว) บรรยายวันที่ 20 พฤษภาคม 2558. กรมการข้าว
- ดวงกมล บุญช่วย อนุธรรมพล บุญช่วย และดวงพร วิรุจรจิตต์. (2556). **สถานการณ์การระบาดของโรคข้าวในเขตนาชลประทานที่ปลูกต่อเนื่อง จังหวัดชัยนาท และนครสวรรค์**. หน้า 310-311. ใน : การประชุมวิชาการข้าวและธัญพืชเมืองหนาว ครั้งที่ 30 พ.ศ. 2556 วันที่ 5-7 มิถุนายน 2556 ณ โรงแรมมารวย การ์เด็น กรุงเทพฯ.
- ธีรภัทร เลิศปฏิถมานพงษ์. (2558). **การแยกข้าวที่เป็นและไม่เป็นโรคขอบใบแห้งออกจากกันด้วยเทคนิคการสำรวจระยะไกลแบบไฮเปอร์สเปกตรัล**. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต. สาขาวิชาวิศวกรรมสำรวจ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- นภดล ศิริเพ็ชร, วงษ์นเรศ ชันธุวาร, อรชร พูลศิริ, รัชชิตา ชันทอง และจุฑารัตน์ ศิริเพ็ชร. (2555). **รายงานการศึกษาข้อมูลการระบาด การออกแบบการเก็บข้อมูล และการประมวลผลข้อมูลเบื้องต้น**. ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ. 24 หน้า.
- นิทัศน์ เจริญธรรมรักษา. (2558). **บทความรู้เท่าทันกระแสชนิดพันธุ์ข้าว**. วารสารสมาคมผู้รวบรวมและจำหน่ายเมล็ดพันธุ์ข้าว.ปีที่ 2 ฉบับที่ 2 เดือนเมษายน-มิถุนายน 2558.



760051567

CT :Thesis 5687782420 dissertation / recv: 06082562 03:48:43 / seq: 5

- นุจรินทร์ จังชันท์, ปิยะพันธ์ ศรีตุ้ม, กรสิริ ศรีนิล, ธราพร ยืนยงค์ และกัลย์ธีรา คันทา. (2557). **ผลของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อการระบาดของโรคข้าว จังหวัดเชียงรายและพะเยา**. การสัมมนาวิชาการ กลุ่มศูนย์วิจัยข้าวภาคเหนือตอนบนและภาคเหนือตอนล่าง ประจำปี 2557. ระหว่างวันที่ 25-26 มีนาคม 2557 ณ โรงแรมแกรนด์ ฮิลล์ รีสอร์ท แอนด์ สปา อ.เมือง จ.นครสวรรค์. สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการข้าว.
- ปรีชา วังศิลาบัตร. (2539). **การเปลี่ยนแปลงประชากรของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลบางท้องถิ่นในภาคกลาง**. รายงานผลการวิจัย การป้องกันกำจัดเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล. กลุ่มงานวิจัยแมลงศัตรูข้าวและธัญพืชเมืองหนาว กองกัญและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร
- ฝ่ายเกษตร สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย. (2556). **รายงานการประชุม ABC สัญจร: พื้นที่จังหวัดชัยนาท เรื่อง คุณภาพข้าวไทย: ระดมพลังขับเคลื่อนมาตรฐานคุณภาพเมล็ดพันธุ์ข้าวบนฐานความร่วมมือ**. กรุงเทพฯ : สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย.
- พยอม โคเบลล์. (2549). **โรคขอบใบแห้งของข้าว (Bacterial leaf blight of rice)**. เอกสารประกอบการอบรมนักศึกษาฝึกงาน คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 20 มีนาคม-10 พฤษภาคม 2549 ศูนย์วิจัยข้าวอุบลราชธานี. จำนวน 6 หน้า, 2549
- _____. (2559). **โรคข้าวที่เกิดจากแบคทีเรียและแนวทางในการป้องกัน**. หน้า 50-63 ใน: เอกสารประกอบการสัมมนาเชิงปฏิบัติการด้านอารักขาข้าว เรื่อง โรคข้าว วัชพืช ข้าววัชพืช และการป้องกัน. ระหว่างวันที่ 9-12 กุมภาพันธ์ 2559 ณ โรงแรมบีก คอฟฟี่ รีสอร์ท ต.เขาค้อ อ.เขาค้อ จ.เพชรบูรณ์. กองวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการข้าว กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- พยอม โคเบลล์ และคณะ. (2556). **การจำแนกสายพันธุ์เชื้อและการวิเคราะห์ลักษณะทางพันธุกรรมของประชากรเชื้อ *Xanthomonas oryzae* pv. *Oryzae* สาเหตุโรคขอบใบแห้งในระบบนิเวศน์นาข้าวในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ**. การประชุมข้าวและธัญพืชเมืองหนาว กลุ่มศูนย์วิจัยข้าวภาคตะวันออกเฉียงเหนือ, 2556
- พยอม โคเบลล์ และพูนศักดิ์ เมฆวัฒนากาญจน์. 2551. **โรคขอบใบแห้งและการทดสอบปฏิกิริยาพันธุ์/สายพันธุ์ข้าวต่อโรคขอบใบแห้ง**. หน้า 58-72. ใน : เอกสารประกอบการฝึกอบรมอารักขาข้าว ที่ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี จังหวัดปทุมธานี วันที่ 28-30 พฤษภาคม 2551.
- พยอม ศรีจำปา, สมาน คำมา, ธวัชชัย พรหมรักษา, จิรพงศ์ ไจรินทร์ และกิจติพงษ์ เพ็งรัตน์. (2541). **ผลการสำรวจและประเมินผลโรค แมลงและศัตรูศัตรูข้าวในสภาพแปลงนาข้าวน้ำฝนเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง ประเทศไทย**. รายงานผลการสำรวจโรค แมลงและศัตรูศัตรูข้าวในนาข้าว กันยายน 2540. ศูนย์วิจัยข้าวอุบลราชธานี. 9 หน้า.



760051567

CU Thesiss 5687782420 dissertation / recv: 06082562 03:48:43 / seq: 5

พชณี ชัยวัฒน์, วันทนา ศรีรัตนศักดิ์, นลินี เจียงวรรณนะ, อภิชาติ ลาวัลย์ประเสริฐ, สาธิต พยาพัชร, วรรณพรรณ จันลาภา, ชัยรัตน์ จันทร์หนู และภมร ปัตตาวะตัง. (2554). **การจัดการพันธุ์ข้าวเพื่อลดการระบาดของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล**. ใน: ประชุมวิชาการข้าวและธัญพืชเมืองหนาวเนื่องในโอกาสวันข้าวและชาวนาแห่งชาติ ครั้งที่ 2 พ.ศ. 2554 วันที่ 3-4 มิถุนายน 2554 ณ โรงแรม อมารีแอร์พอร์ต ดอนเมือง กรุงเทพฯ.

พณิภา ยาใจ, ปิยะวรรณ ไยดี และกุลชญา เกศสุวรรณ. (2557). **ผลของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อชนิดของเชื้อสาเหตุและการระบาดของโรคข้าวในนาชลประทานที่ปลูกต่อเนื่องในจังหวัดแพร่และอุตรดิตถ์**. การสัมมนาวิชาการ กลุ่มศูนย์วิจัยข้าวภาคเหนือตอนบนและภาคเหนือตอนล่าง ประจำปี 2557. ระหว่างวันที่ 25-26 มีนาคม 2557 ณ โรงแรมแกรนด์ ฮิลล์ รีสอร์ท แอนด์ สปา อ.เมือง จ.นครสวรรค์. สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการข้าว.

วรรณพรรณ จันลาภา, ทัสดาว เกตุเนตร, อัจฉราพร ณ ลำปาง เนินพลับ, สมหมาย ศรีวิสุทธิ, เฉลิมพล เฉลิมพลโยธิน และรัฐพร วรรณนะสุชาติ. (2557). **ผลของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อการระบาดของโรคข้าวในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ**. เอกสารประกอบการประชุมวิชาการข้าว กลุ่มศูนย์วิจัยข้าวภาคกลาง ตะวันออก และตะวันตก ประจำปี 2556. ระหว่างวันที่ 26-28 มีนาคม 2557 ณ โรงแรมเอกไพลิน ริเวอร์แคว อ.เมือง จ.กาญจนบุรี. สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการข้าว.

วิจิต ศรีสันธนะ วิชชุดา รัตนากาญจน์ รัศมี ฐิติเกียรติพงศ์ และ วันพร เข้มมุกด์. (2553). **โรคข้าวที่สำคัญในประเทศไทย: การวินิจฉัย การสุ่ม และการประเมินความรุนแรงของโรค**. กลุ่มวิชาการ สำนักวิจัยและพัฒนาข้าวกรมการข้าว กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

วีระพงศ์ เกิดสิน. (2556). **การประมาณค่าดัชนีพื้นที่ผิวใบและการจำแนกพันธุ์ไม้ป่าชายเลนด้วยเทคนิคการสำรวจระยะไกลแบบไฮเปอร์สเปกตรัล**. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรดุษฎีบัณฑิต. สาขาวิชาวิศวกรรมสำรวจ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ศูนย์สารสนเทศการเกษตร. (2557). **ข้อมูลเอกภาพระดับประเทศ ปี 2557**. สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตรกระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

สถาบันวิจัยข้าว. (2542). **เอกสารรับรองพันธุ์ข้าวเจ้าปทุมธานี 1 สายพันธุ์ข้าว PTT90071-93-8-1-1**. กรุงเทพฯ: กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

สมพร สง่าวงศ์. (2552). **การสำรวจจากระยะไกลในด้านการใช้ประโยชน์ที่ดิน/สิ่งปกคลุมดินและการประยุกต์ใช้**. พิมพ์ครั้งที่ 1 สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สมพร อิศวิลานนท์. (2557). **มองสถานการณ์ข้าวไทยผ่านตลาดการค้าข้าวโลก**. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)



- สุนิยม ตาปราบ, สุชาติ นักปราชญ์, เกริก เกษโกศล, กาญจนา กล้าแข็ง, โอภาส วรราช, สุรินทร์ ไตร
 ดิลาพันธ์, กษิณ ขำเลชะสิงห์, สาธิต ทยาพัชร, วาสนา พันธุ์เพ็ง และ เกษม สุนทรราชจารย์.
 (2550). **SPR93049-PTT-30-4-1-2 ข้าวสายพันธุ์ดีเด่นของภาคกลาง**. การประชุม
 วิชาการ
 ข้าวและธัญพืชเมืองหนาว ประจำปี 2550. กรุงเทพฯ
- สุนิยม ตาปราบ. (2551). **การปรับปรุงพันธุ์ข้าวนาสวนสำหรับชลประทานภาคกลาง และการวิจัย
 สนับสนุนการปรับปรุงพันธุ์ข้าว**. เอกสารประกอบการสัมมนาวิชาการ ปี2550. กลุ่มศูนย์วิจัย
 ข้าวภาคกลาง ภาคตะวันออก และภาคตะวันตก. สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการข้าว.
- สุรเดช ปาละวิสุทธิ, พรทิพย์ นวลศิริ, อัจฉราพร ณ ลำปาง เนินพลับ, นลินี เจียงวรรณะ, ภมร ปัตตา
 วะตั้ง, สุพัตรา สุวรรณธาดา, สออง ไชยรินทร์, สุมาลี สุทชายศ, จิตติชัย อนาวงษ์, วิไล ปาละ
 วิสุทธิ, วรรณกรณ อินทรสถิตย์, ชูติวัฒน์ วรรณสาย, ดวงอร อริยพฤกษ์, มุงมาตร วังกะ,
 ชวนชม ตีร์ศมี, จัตรงค์ พิพัฒน์พิริยานนท์, วันทนา ศรีรัตนศักดิ์, นิภา จันท์ศรีสมหมาย,
 จินตนา ทยาธรรม, ดาราเจตนะจิตร, นงรัตน์ นิลพานิชย์, วิชชุดา รัตนากาญจน์, รัศมี ฐิติ
 เกียรติพงษ์ และ พากเพียร อรัญนารถ. (2552). **CNT96028-21-1-PSL-1-1 ข้าว
 ชลประทานสายพันธุ์ดีในภาคเหนือตอนล่าง**. การประชุมวิชาการข้าวและธัญพืชเมืองหนาว
 ประจำปี 2552. ระหว่างวันที่ 9-11 มิถุนายน 2552, กรุงเทพฯ
- สำนักงานพาณิชย์จังหวัดชัยนาท. (2556). **เอกสารการจัดการความรู้เรื่องเมืองเมล็ดพันธุ์ข้าว สู่อาน
 การค้าจังหวัดชัยนาท**. เอกสารอัดสำเนา.
- สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว. (2550). **โรคข้าวและการป้องกัน**. กรุงเทพฯ: กรมการข้าว กระทรวง
 เกษตรและสหกรณ์.
 _____ (2550). **เอกสารรับรองพันธุ์ข้าวเจ้าพันธุ์ กข31 (ปทุมธานี) ข้าวเจ้าสาย
 พันธุ์ SPR93049-PTT-30-4-1-2**. กรุงเทพฯ: กรมการข้าว กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
 _____ (2552). **เอกสารรับรองพันธุ์ข้าวเจ้าพันธุ์ กข41ข้าวเจ้าสายพันธุ์
 CNT96028-21-1-PSL-1-1**. กรุงเทพฯ: กรมการข้าว กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
 _____ (2556). **องค์ความรู้เรื่องข้าว**. กรุงเทพฯ: กรมการข้าว [ออนไลน์].
 เข้าถึงได้จาก : <http://www.ricethailand.go.th>. (วันที่ค้นข้อมูล 30 กรกฎาคม 2557).
- สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน).(2552). **ตำราเทคโนโลยี
 อวกาศและภูมิสารสนเทศ**. พิมพ์ครั้งที่ 1 กรุงเทพฯโดยความร่วมมือระหว่างสำนักงาน
 พัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน) กระทรวงวิทยาศาสตร์และ
 เทคโนโลยีและสมาคมสำรวจข้อมูลระยะไกลและสารสนเทศภูมิศาสตร์แห่งประเทศไทย.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2557). **สถานการณ์สินค้าเกษตรที่สำคัญและแนวโน้มปี 2557**.



760051567

CT :Thesis 5687782420 dissertation / rev: 06082562 03:48:43 / seq: 5

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 186 หน้า.

(2558). **สถานการณ์สินค้าเกษตรที่สำคัญและแนวโน้ม ปี 2558.**

สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

สำนักงานชลประทานที่ 12. (2558). **การจัดทำแผนที่แปลงนาเพื่อยกระดับการให้บริการและการนำไปประยุกต์ใช้ในโครงการชยันตโมเดล.** กรมชลประทาน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

สำนักบริหารจัดการน้ำและอุทกวิทยา. (2557). **แผนการบริหารจัดการน้ำและการเพาะปลูกพืชฤดูแล้งในเขตชลประทาน ปี 2557/2558.** กรมชลประทาน. 107 หน้า.

อรอนงค์ นัยวิกุล. (2556). **ข้าว: วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.** พิมพ์ครั้งที่ 3, กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อัจฉราพร ณ ลำปาง เนินพลับ และคณะ. (2557). **ผลของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่มีต่อชนิดของเชื้อสาเหตุและการระบาดของโรคข้าวในนาชลประทานที่ปลูกต่อเนื่อง.** การประชุมวิชาการข้าวและธัญพืชเมืองหนาว ครั้งที่ 31 พ.ศ. 2557



760051567

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	นายปฎิวิชช์ สาระพิน
วัน เดือน ปี เกิด	30 กรกฎาคม 2524
สถานที่เกิด	นครสวรรค์
วุฒิการศึกษา	วท.ม. (การจัดการสารสนเทศสิ่งแวดล้อมและทรัพยากร), มหาวิทยาลัยมหิดล, 2551 วท.บ. (วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม) เกียรตินิยมอันดับ 2, มหาวิทยาลัยราชภัฏ นครสวรรค์, 2547 ป.วค. (ประกาศนียบัตรวิชาชีพครู), มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช, 2546
ที่อยู่ปัจจุบัน	564/55 ม.7 ซอยสามัคคีสุข 6 ต.หนองปลิง อ.เมือง จ.นครสวรรค์ 60000



760051567

CD :Thesis 5687782420 dissertation / revv: 06082562 03:48:43 / seq: 5