

การแยกข้าวที่เป็นโรคและไม่เป็นโรคขอบใบแห้งด้วยเทคนิค  
การคัดเลือกช่วงคลื่นที่เหมาะสมแบบวิธีเชิงพันธุกรรมจาก  
ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมสำรวจทรัพยากรธรรมชาติ  
**EO-1 Hyperion : กรณีศึกษา ข้าวเจ้าพันธุ์ กข 41  
ณ ตำบลนางลือ-ท่าชัย อำเภอเมือง จังหวัดชัยนาท**  
**Genetic Search Algorithms Technique Based on  
a Scene of the EO-1 Hyperion Imagery for Separating Rice  
with and without the Bacterial Leaf Blight Disease:  
A Case Study of the RD41 rice at Nang Lue-Tha Chai  
Subdistrict, Muang District, Chai Nat Province**

ปวิวิช สาระพิน

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
ถนนพญาไท แขวงวังใหม่ เขตปทุมวัน กรุงเทพมหานคร 10330

ชัยโชค ไวกาษา\*

ภาควิชาวิศวกรรมสำรวจ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
ถนนพญาไท แขวงวังใหม่ เขตปทุมวัน กรุงเทพมหานคร 10330

ธีรภัทร เลิศปฏิภาณพงษ์

บริษัท ปตท. น้ำมันและการค้าปลีก จำกัด (มหาชน)  
ถนนวิภาวดีรังสิต แขวงจตุจักร เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร 10900

Pativit Sarapin

Interdisciplinary Program of Environmental Science, Graduate School, Chulalongkorn University,  
Phayathai Road, Wang Mai, Pathumwan, Bangkok 10330

Chaichoke Vaiphasa\*

Department of Survey Engineering, Faculty of Engineering, Chulalongkorn University,  
Phayathai Road, Wang Mai, Pathumwan, Bangkok 10330

Teerapat Lertpatipanpong

PTT Oil and Retail Business Public Company Limited (PTTOR),  
Vibhavadi Rangsit Road, Chatuchak, Chatuchak, Bangkok 10900

Received: June 14, 2019; Accepted: August 6, 2019

## บทคัดย่อ

โรคขอบใบแห้งในข้าวเป็นสาเหตุหนึ่งที่ส่งผลกระทบต่อผลผลิตและคุณภาพของข้าวโดยตรง ดังนั้นการเฝ้าระวังและติดตามพื้นที่เกิดโรคจึงเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการทำเกษตรสมัยใหม่ ส่งผลทำให้เทคโนโลยีการรับรู้จากระยะไกลเข้ามามีบทบาทสำคัญกับงานดังกล่าว แต่ปัจจุบันงานวิจัยที่ใช้เทคโนโลยีการรับรู้จากระยะไกลเพื่อติดตามพื้นที่เกิดโรคในข้าวมีอยู่น้อยมาก และยังไม่สามารถระบุถึงวิธีการในการคัดเลือกช่วงคลื่นที่เหมาะสมในการจำแนก โดยเฉพาะภาพดาวเทียมช่วงคลื่นละเอียดหรือไฮเปอร์สเปกตรัล ดังนั้นการศึกษานี้จึงเป็นการมุ่งทดสอบการใช้ภาพดาวเทียมไฮเปอร์สเปกตรัล (EO-1 Hyperion) เพื่อแยกข้าวเจ้าพันธุ์ กข 41 ที่เป็นโรคและไม่เป็นโรคขอบใบแห้ง โดยใช้เทคนิคการคัดเลือกช่วงคลื่นที่เหมาะสมแบบวิธีเชิงพันธุกรรมเปรียบเทียบกับกรณีที่ใช้จำนวนช่วงคลื่นทั้งหมดในการจำแนก ร่วมกับวิธีการจำแนกแบบ spectral angle mapper (SAM) ผลการศึกษาพบว่า การจำแนกโดยใช้วิธีการคัดเลือกช่วงคลื่นแบบวิธีเชิงพันธุกรรมสามารถเพิ่มความถูกต้องโดยรวมเฉลี่ยในการแยกข้าวเจ้าพันธุ์ กข 41 ที่เป็นโรคและไม่เป็นโรคขอบใบแห้งจาก 82.6 เป็น 89.3 % ซึ่งแนวทางดังกล่าวสามารถนำไปใช้เพื่อลดผลกระทบจากโรคขอบใบแห้งและเป็นประโยชน์ในการบริหารจัดการอุตสาหกรรมข้าวไทยต่อไป

**คำสำคัญ :** ข้าวเจ้าพันธุ์ กข 41; โรคขอบใบแห้ง; การรับรู้จากระยะไกลแบบไฮเปอร์สเปกตรัล; นางลือ-ท่าชัย; ชัยนาท; EO-1 Hyperion

## Abstract

Bacterial leaf blight disease in rice is rated as one of the main reasons affecting on the quantity and quality reduction of rice cultivation. Therefore, monitoring and tracking of agricultural disease areas are essentially for modern agriculture. According to this, remote sensing is adopted as an important tool for rice disease management. However, there is a few research conducted on remote sensing for rice disease management and validation process required for disease classification with proper spectral resolution. The aim of this study is to investigate the performance of genetic algorithms coupled with the spectral angle mapper (SAM) to identify a meaningful subset of wavelength selective to classify the RD41 rice with and without bacterial leaf blight disease from hyperspectral image (EO-1 Hyperion imagery). The results show that the GA base band selectors improve the overall accuracy for the recognition of RD41 rice bacterial leaf blight disease from 82.6 to 89.3 % as compared to the SAM classification using all bands. However, this approach can be used to reduce the effects on bacterial leaf blight disease and is useful in the management of the Thai rice industry in the future.

**Keywords:** RD41 rice; bacterial leaf blight disease; hyperspectral remote sensing; Nang Lue-Tha Chai; Chai Nat; EO-1 Hyperion

## 1. คำนำ

ข้าว (*Oryza sativa* L.) เป็นสินค้าเกษตรที่สำคัญของประเทศไทยเป็นผู้ผลิตและส่งออกที่สำคัญของโลก

นอกจากข้าวเป็นพืชเศรษฐกิจและอาหารแล้ว ข้าวยังเป็นวิถีชีวิตของคนไทยอีกด้วย ความเสียหายจากโรคข้าวถือเป็นปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลกระทบต่อ

ผลิตข้าวเพื่อการบริโภคและการส่งออก ซึ่งก่อให้เกิดความเสียหายต่อระบบเศรษฐกิจของประเทศ โรคข้าวที่มีการระบาดรุนแรงและสร้างความเสียหายให้กับแหล่งปลูกข้าวที่สำคัญทุกภาคของประเทศไทย โดยเฉพาะนาในเขตชลประทานของกลุ่มจังหวัดภาคกลาง คือ โรคขอบใบแห้ง (bacterial leaf blight disease) และมีแนวโน้มการระบาดของโรคสูงขึ้นอันเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลก จากการติดตามการระบาดในช่วงปี พ.ศ. 2553-2556 บริเวณจังหวัดชัยนาทและนครสวรรค์ พบโรคขอบใบแห้งระบาดรุนแรงและทำลายพื้นที่ปลูกข้าวเป็นบริเวณกว้าง ในข้าวพันธุ์พิษณุโลก 2 ชัยนาท 1 กข 31 กข 41 และ กข 47 ซึ่งเป็นข้าวพันธุ์อ่อนแอต่อโรคขอบใบแห้ง มักพบการระบาดรุนแรงในระยะออกรวง จึงทำให้เปอร์เซ็นต์การติดเมล็ดของข้าวลดลง ส่งผลทำให้ได้ผลผลิตเฉลี่ย (22 รุ่น) ของข้าวพันธุ์ กข 31 และ กข 41 ลดลงคิดเป็น 23.25 และ 36.66 % ตามลำดับ (ดวงกมล และคณะ, 2556)

ดังนั้นการติดตามและควบคุมการระบาดของโรคขอบใบแห้งจึงเป็นสิ่งจำเป็น ด้วยเหตุนี้เทคโนโลยีการรับรู้จากระยะไกลจึงก้าวเข้ามามีบทบาทสำคัญสำหรับการทำเกษตรกรรมในยุคปัจจุบัน เพราะเป็นวิธีการหนึ่งที่ช่วยลดค่าใช้จ่ายระยะเวลา และแรงงานในการสำรวจ รวมไปถึงความสามารถในการถ่ายภาพที่ครอบคลุมพื้นที่ขนาดใหญ่ ทำให้สามารถติดตามการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ได้อย่างต่อเนื่อง โดยในส่วนของงานวิจัยเพื่อตรวจหาโรคข้าวด้วยการใช้ข้อมูลจากภาพถ่ายดาวเทียมแบบมัลติสเปกตรัลที่ผ่านมา พบว่ามีการนำมาใช้ตรวจหาโรคกาบใบแห้ง (Qin and Zhang, 2005) และตรวจหาโรคไหม้ (Kobayashi et al., 2001) ส่วนการตรวจหาโรคขอบใบแห้งในข้าวโดยใช้เครื่องวัดค่าการสะท้อนแบบไฮเปอร์สเปกตรัล (field spectroradiometer) มีการศึกษาโดย Yang (2009) และ Das และคณะ (2015) ซึ่ง

เป็นการศึกษาในระดับภาคสนาม (field level) ส่วนการศึกษาโรคขอบใบแห้งในข้าวโดยใช้ข้อมูลจากภาพถ่ายดาวเทียมแบบไฮเปอร์สเปกตรัลมีการศึกษาโดย ชีรภัทร และชัยโชค (2559) ซึ่งได้คัดเลือกช่วงคลื่นที่เหมาะสมจากผลการวิจัยของ Kobayashi และคณะ (2001) Yang (2009) และ Qin และ Zhang (2005) ที่ศึกษาช่วงคลื่นที่อ่อนไหวต่อโรคในข้าว แล้วนำผลการศึกษาดังกล่าวมาใช้เลือกช่วงคลื่น จำนวน 7 ช่วงคลื่น คือ 485, 675, 757, 1,039, 1,430, 1,910 และ 1,935 nm เพื่อใช้เป็นตัวแทนของช่วงคลื่นในการแยกข้าวพันธุ์ กข 41 ที่เป็นและไม่เป็นโรคขอบใบแห้ง ซึ่งได้ค่าความถูกต้องโดยรวม (overall accuracy) 88.3 %

ดังนั้นการศึกษานี้จึงเป็นนำวิธีการคัดเลือกช่วงคลื่นจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมแบบไฮเปอร์สเปกตรัล (EO-1 Hyperion) ของ ชีรภัทร และชัยโชค (2559) มาปรับปรุง โดยใช้วิธีการคัดเลือกช่วงคลื่นที่เหมาะสมแบบวิธีเชิงพันธุกรรม (genetic algorithm) เปรียบเทียบกับกรณีที่ใช้จำนวนช่วงคลื่นทั้งหมดในการจำแนกร่วมกับวิธีการจำแนกแบบสเปกตรัลแองเกิลแมปเปอร์ (spectral angle mapper, SAM) เพื่อให้ค่าความถูกต้องในการแยกข้าวที่เป็นและไม่เป็นโรคขอบใบแห้งในข้าวเจ้าพันธุ์ กข 41 สูงมากยิ่งขึ้น โดยเปรียบเทียบกับข้อมูลทดสอบที่เก็บจากภาคสนาม ทั้งนี้เพื่อเป็นแนวทางหนึ่งในการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการรับรู้จากระยะไกลแบบไฮเปอร์สเปกตรัลเพื่อการศึกษาโรคขอบใบแห้งในข้าว หรือโรคข้าวชนิดอื่น ๆ ต่อไปในอนาคต

## 2. วัตถุประสงค์

เพื่อปรับปรุงวิธีการแยกข้าวเจ้าพันธุ์ กข 41 (RD41) ที่เป็นโรคและไม่เป็นโรคขอบใบแห้ง โดยใช้เทคนิคการคัดเลือกช่วงคลื่นที่เหมาะสมแบบวิธีเชิงพันธุกรรม (genetic algorithm) จากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมแบบไฮเปอร์สเปกตรัล (EO-1 Hyperion)

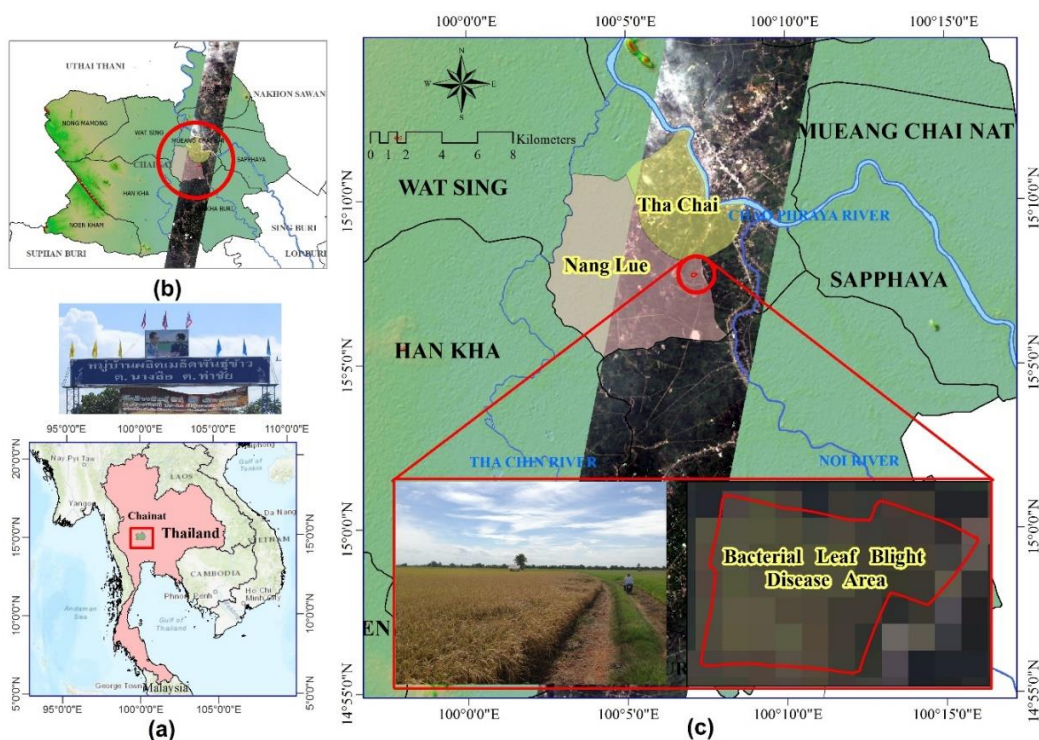
### 3. เครื่องมือและวิธีการศึกษา

#### 3.1 พื้นที่ศึกษา

พื้นที่ศึกษาในครั้งนี้ คือ บริเวณตำบลนางลือและตำบลท่าชัย อำเภอเมือง จังหวัดชัยนาท ซึ่งพื้นที่ทั้ง 2 ตำบล (รูปที่ 1) ถือเป็นแหล่งผลิตและจำหน่ายเมล็ดพันธุ์ข้าวคุณภาพดีที่สำคัญของจังหวัดในกลุ่มภาคกลางของประเทศไทย โดยเฉพาะกลุ่มผู้ผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวตำบลนางลือ-ท่าชัย ในปีเพาะปลูก 2556/2557 สามารถผลิตเมล็ดข้าวพันธุ์ดี 101,800 ตัน/ปี คิดเป็น 13.22 % ของปริมาณการผลิตทั้งประเทศ (770,000 ตัน/ปี) ซึ่งสร้างรายได้ให้กับเกษตรกรในจังหวัด รวมมูลค่าการจำหน่ายทั้งสิ้น 2,240 ล้านบาท (สำนักงานพาณิชย์จังหวัดชัยนาท, 2556) เนื่องจากพื้นที่ดังกล่าวมีลักษณะภูมิประเทศเป็นพื้นที่ราบลุ่ม มีแม่น้ำเจ้าพระยา แม่น้ำท่าจีน แม่น้ำน้อย ไหลผ่านพื้นที่

ต่าง ๆ รวมทั้งมีเขื่อนเจ้าพระยาที่ผันน้ำไปใช้ในการเกษตรได้ตลอดปี จนทำให้มีการทำนาถึงปีละ 3 ครั้ง หรือ 5 ครั้งต่อ 2 ปี ส่งผลทำให้โรคและแมลงเข้าทำลายได้ง่ายจนเกิดการระบาดอยู่เป็นประจำ (ดวงกมล และคณะ, 2556)

การสำรวจข้อมูลภาคสนามร่วมกับเจ้าหน้าที่ศูนย์วิจัยข้าวชัยนาท พบการระบาดของโรคขอบใบแห้งในข้าวเจ้าพันธุ์ กข 41 ในช่วงการเจริญเติบโตของเมล็ด (ripening phase) ระยะเมล็ดแก่เต็มที่ (mature grain) ที่อายุ 95 วัน (สำรวจภาคสนามระหว่างวันที่ 24-26 กรกฎาคม 2557) ในช่วงที่ใกล้เคียงกับข้อมูลจากดาวเทียม EO-1 Hyperion ที่บันทึกภาพได้มีจำนวน 1 แปลง ณ บ้านหนองกรด ตำบลนางลือ อำเภอเมือง จังหวัดชัยนาท ขนาดพื้นที่การเกิดโรค 18 ไร่ ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 พื้นที่ศึกษา (a) อำเภอเมือง จังหวัดชัยนาท (b) บริเวณตำบลนางลือและตำบลท่าชัย (c) ภาพดาวเทียม EO-1 Hyperion บันทึกเมื่อวันที่ 13 กรกฎาคม 2557

### 3.2 ชนิดของพันธุ์ข้าวและโรคที่นำมาศึกษา

#### 3.2.1 ข้าวเจ้าพันธุ์ กข 41 (RD41)

ข้าวเจ้าพันธุ์ กข 41 (RD41) หรือสายพันธุ์ CNT96028-21-1-PSL-1-1 เป็นข้าวเจ้าไม่ไวต่อช่วงแสง อายุการเก็บเกี่ยว 95-105 วัน เกษตรกรในพื้นที่ศึกษานิยมปลูกเพราะให้ผลผลิตต่อไร่สูงและอายุการเก็บเกี่ยวสั้น เหมาะสำหรับปลูกในพื้นที่นาในเขตชลประทาน แต่เป็นพันธุ์ข้าวที่อ่อนแอต่อโรคขอบใบแห้ง (สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว, 2552)

#### 3.2.2 โรคขอบใบแห้งในข้าว

โรคขอบใบแห้ง (bacterial leaf blight disease, BLB) เป็นโรคที่สำคัญของข้าว สาเหตุเกิดจากแบคทีเรีย *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* มีการระบาดรุนแรงและสร้างความเสียหายให้กับแหล่งปลูกข้าวที่สำคัญทุกภาคของประเทศไทย โดยเฉพาะนาในเขตชลประทาน (ดวงกมล และคณะ, 2556) ซึ่งถ้าแสดงอาการรุนแรงจะมีผลต่อกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง ทำให้ผลผลิตข้าวลดลง เมล็ดลีบ น้ำหนักเบา คุณภาพเมล็ดไม่ได้มาตรฐาน (พยอม, 2559) มักพบระบาดรุนแรงในระยะออกรวง ข้าวที่เป็นโรคนี้นั้นผลผลิตจะลดลง 20-30 % และอาจสูงถึง 60 % ในข้าวพันธุ์อ่อนแอต่อโรค (ดวงกมล และคณะ, 2555)

### 3.3 ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ใช้ในการศึกษา

Hyperion เป็นอุปกรณ์บันทึกช่วงคลื่นแคบหลายช่วงคลื่น (narrow band) หรือไฮเปอร์สเปกตรัลที่ติดตั้งอยู่บนดาวเทียม Earth Observing 1 (EO-1) บันทึกภาพเมื่อวันที่ 13 กรกฎาคม 2557 มีการบันทึกช่วงคลื่นที่มีความยาว 355-2577 นาโนเมตร จำนวน 242 แบนด์ ความกว้างแต่ละแบนด์ 10 นาโนเมตร ความละเอียดเชิงพื้นที่ 30 เมตร แต่เนื่องจากมีบางช่วงคลื่นที่มีการตอบสนองต่อเครื่อง

ตรวจวัดต่ำ (detector's low responsivity) ทำให้ไม่สามารถใช้ทั้ง 242 แบนด์ ในแบนด์ที่มีผลกระทบดังกล่าวจึงกำหนดให้มีค่าเป็น 0 จึงเหลือจำนวน 198 แบนด์ ที่ใช้งานได้ (Beck, 2003) รายละเอียดดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 รายละเอียดช่วงคลื่นของภาพถ่ายดาวเทียมระบบ Hyperion

| Region             | Band No. | ความยาวคลื่น (nm) | สถานะ                  |
|--------------------|----------|-------------------|------------------------|
| visible-NIR        | 1-7      | 355-416           | ไม่มีสัญญาณ            |
|                    | 8-57     | 426-925           | มีสัญญาณ               |
|                    | 58-76    | 935-1,057         | ไม่มีสัญญาณ            |
|                    |          | 851-902           | overlap กับ VNIR 50-55 |
| shortwave infrared | 77-224   | 912-2,395         | มีสัญญาณ               |
|                    | 225-242  | 2,405-2577        | ไม่มีสัญญาณ            |

ที่มา : Beck (2003)

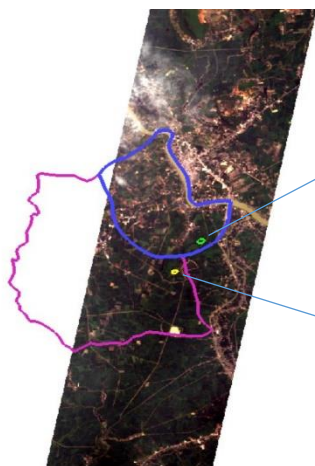
หลังจากปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงเรขาคณิต (geometric correction) โดยอาศัยจุดควบคุมจากแผนที่ภูมิประเทศของกรมแผนที่ทหารที่นำมาใช้อ้างอิงให้เป็นตำแหน่งเดียวกันในระบบพิกัดอ้างอิง คือ ระบบ UTM WGS 1984 Zone 47 โดยใช้สมการความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งของวัตถุแบบโพลีโนเมียล ลำดับที่ 2 และการสุ่มตัวอย่างค่าความสว่างให้กับภาพใหม่ (resampling) ด้วยวิธีตำแหน่งที่ใกล้ที่สุด (nearest neighbor) โดยใช้จุดควบคุมภาพจำนวน 6 จุด ให้ค่าความคลาดเคลื่อนในการปรับแก้ (root mean square error, RMS error) 0.18 จุดภาพ

### 3.4 การเก็บข้อมูลภาคสนาม

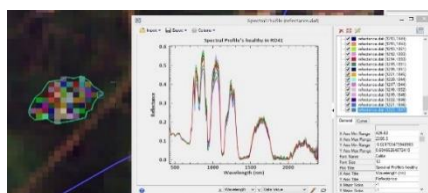
บันทึกค่าจุดกึ่งกลางแปลงตัวอย่างด้วยเครื่องมือรังวัดสัญญาณดาวเทียม GPS ชนิดพกพา ยี่ห้อ Garmin GPS รุ่น eTrex Vista HCx โดยระบุตำแหน่งบริเวณแปลงที่เป็นโรคและไม่เป็นโรคขอบ

ใบแห้ง โดยบันทึกค่าจุดกึ่งกลางแปลงตัวอย่าง แล้วนำข้อมูลที่ได้ผ่านการปรับแก้ความถูกต้องโดยใช้หลักการ DGPS (differential GPS) ซึ่งให้ค่าความถูกต้องทางตำแหน่งไม่เกิน 5 เมตร (เฉลิมชนม์, 2552) โดยแบ่งสัดส่วนชุดข้อมูลตัวอย่างและชุด

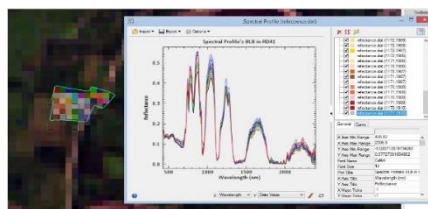
ข้อมูลทดสอบ (training and testing sample) บริเวณที่เป็นโรคขอบใบแห้งอย่างละ 25 Pixel และบริเวณที่ไม่เป็นโรคขอบใบแห้งอย่างละ 36 Pixel รวมทั้งสิ้น 122 pixel ดังรูปที่ 2 และ 3



(ก)

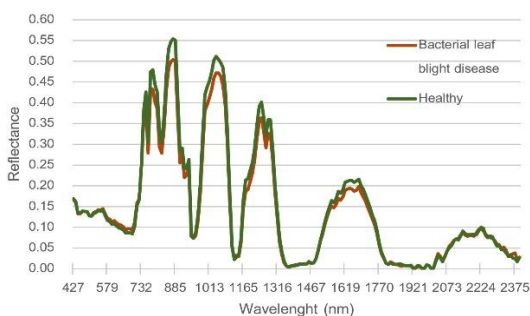


(ข)



(ค)

รูปที่ 2 (ก) ภาพดาวเทียม EO-1 Hyperion บริเวณตำบลนางลิ้อ-ท่าชัย จังหวัดชัยนาท (ข) แปลงนาเกษตรกรที่สำรวจพบว่าไม่เป็นโรค และ (ค) เป็นโรคขอบใบแห้งในข้าวเจ้าพันธุ์ กข 41 แสดงผลด้วยภาพผสมสีเท็จ Band 33-23-13 ( $R_{681nm}-G_{579nm}-B_{477nm}$ )



รูปที่ 3 ค่าการสะท้อนในแต่ละช่วงคลื่นของข้าวพันธุ์ กข 41 (RD41) บริเวณที่เป็นโรคและไม่เป็นโรคขอบใบแห้ง

### 3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

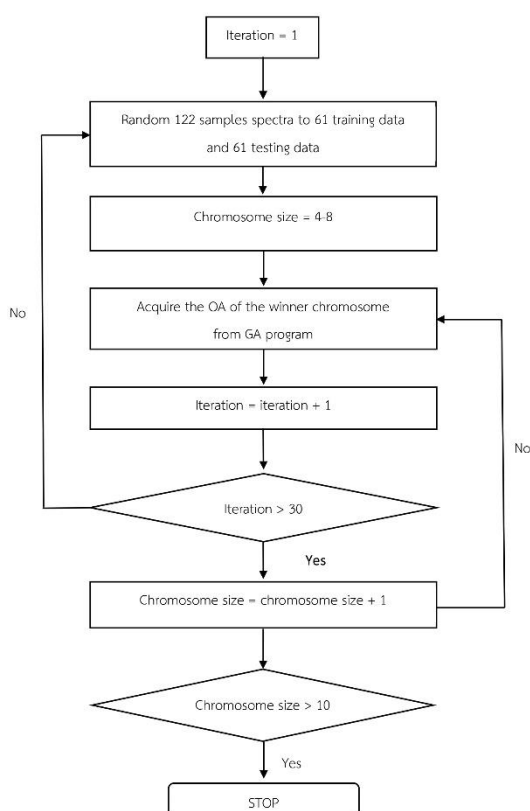
การวิเคราะห์ข้อมูลในงานวิจัยนี้สามารถแสดงรายละเอียดขั้นตอนต่าง ๆ ดังนี้

3.5.1 การแยกข้าวพันธุ์ กข 41 ที่เป็นโรคขอบใบแห้งออกจากบริเวณที่ไม่เป็นโรค

การวิจัยนี้ใช้เทคนิคการเลือกช่วงคลื่นที่เหมาะสมแบบวิธีเชิงพันธุกรรม (GA) ในการแยกข้าวที่เป็นและไม่เป็นโรคขอบใบแห้งในข้าวเจ้าพันธุ์ กข 41 โดยขั้นตอนการทำงานของ GA ในแต่ละขนาดของโครโมโซมได้เปลี่ยนขนาดโครโมโซม 4-8 โครโมโซม จำนวน 30 ครั้ง ทั้งนี้เพื่อหาขนาดโครโมโซมหรือจำนวนช่วงคลื่นที่เหมาะสมที่สุด ในการแยกข้าวที่เป็นโรคขอบใบแห้งออกจากบริเวณที่ไม่เป็นโรคของข้าวเจ้าพันธุ์ กข 41 ซึ่งรายละเอียดแสดงดังผังงานในรูปที่ 4

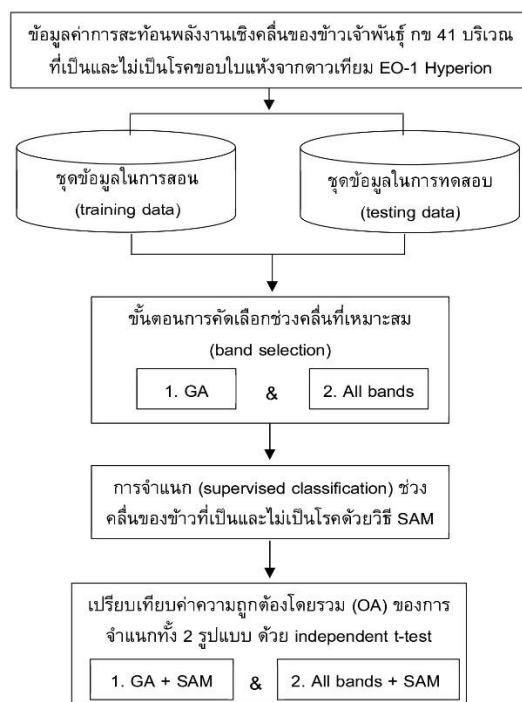
เพื่อยืนยันผลที่ได้จากการทดลอง จะสุ่มตัวอย่างจาก 122 ตัวอย่าง เป็นข้อมูลในการสอน

61 ตัวอย่าง และข้อมูลในการทดสอบ 61 ตัวอย่าง โดยสุ่มข้อมูลใหม่ทุกๆ ครั้ง เป็นจำนวน 30 ครั้งต่อหนึ่งรอบของการเปลี่ยนขนาดของโครโมโซม เมื่อสุ่มตัวอย่างเรียบร้อยแล้ว จะเข้าสู่กระบวนการคัดเลือกช่วงคลื่นด้วยวิธีเชิงพันธุกรรม โดยในแต่ละโครโมโซมจะนำมาหาค่าความเหมาะสม ซึ่งในที่นี้ใช้ค่าความถูกต้องโดยรวม (OA) ในการจำแนกข้อมูลการสอนในแต่ละรอบ (30 รอบ) โครโมโซมที่มีค่าความเหมาะสมมากที่สุดจะถูกรายงานและนำมาหาค่าความถูกต้องโดยรวม ในการจำแนกจากข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบ จากนั้นเฉลี่ยค่าความถูกต้องโดยรวมของข้อมูลทดสอบเพื่อหาขนาดโครโมโซมที่เหมาะสมต่อไป



รูปที่ 4 ผังงานแสดงการหาขนาดโครโมโซมที่เหมาะสมด้วยวิธีเชิงพันธุกรรม (ดัดแปลงจาก Koedsin and Vaiphasa, 2013)

เมื่อคัดเลือกจำนวนช่วงคลื่นหรือขนาดโครโมโซมที่เหมาะสมในการจำแนกได้แล้ว ค่าความถูกต้องโดยรวมของข้อมูลทดสอบทั้ง 30 ค่า ในขั้นตอนข้างต้น จะนำมาเปรียบเทียบกับผลที่ได้จากการจำแนกด้วยจำนวนช่วงคลื่นทั้งหมด โดยผลลัพธ์ที่ได้จากวิธีการทั้งสองจะนำมาเปรียบเทียบเพื่อทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างที่อิสระต่อกัน (independent t-test) โดยสามารถเขียนรายละเอียดขั้นตอนเป็นแผนผังการทำงานดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 ขั้นตอนการทำงาน

### 3.5.2 การทดสอบทางสถิติ

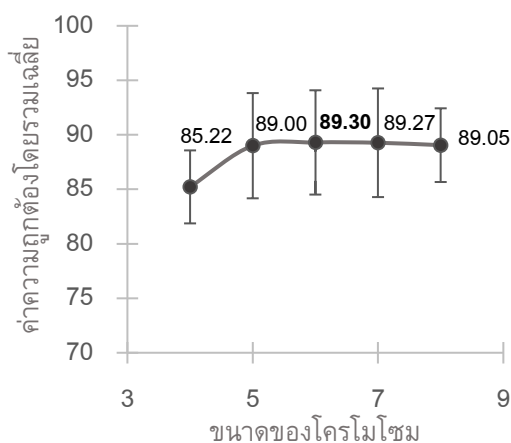
ค่าความถูกต้องจากการจำแนกทั้ง 2 วิธีนำมาเปรียบเทียบเพื่อทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างที่อิสระต่อกัน (independent t-test) การศึกษาที่ทดสอบทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 โดยมีสมมติฐานว่าง (null

hypothesis)  $H_0: \mu_1 = \mu_2$  และมีสมมติฐานทางเลือก (alternative hypothesis)  $H_1: \mu_1 \neq \mu_2$

## 4. ผลการวิจัย

### 4.1 ขนาดของโครโมโซมที่เหมาะสมและการคัดเลือกช่วงคลื่นที่เหมาะสมด้วยขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม

การหาจำนวนช่วงคลื่นที่เหมาะสมด้วยวิธีเชิงพันธุกรรมสำหรับใช้เป็นตัวกำหนดขนาดของโครโมโซม (ในที่นี้ คือ จำนวนช่วงคลื่นที่จะใช้ในการแยกโรคขอบใบแห้งในข้าวเจ้าพันธุ์ กข 41 ออกจากบริเวณที่ไม่เป็นโรค) โดยการศึกษานี้ได้ทดลองเปลี่ยนขนาดโครโมโซมตั้งแต่ 4 ถึง 8 และทดสอบผลการจำแนกในแต่ละขนาดโครโมโซม เป็นจำนวน 30 ครั้ง (รวมทั้งสิ้น 150 ครั้ง) เพื่อหาขนาดของโครโมโซมที่เหมาะสมที่สุด



รูปที่ 6 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความถูกต้องโดยรวมในการแยกโรคขอบใบแห้งในข้าวพันธุ์ กข 41 ออกจากบริเวณที่ไม่เป็นโรคที่ขนาดโครโมโซม 4-8

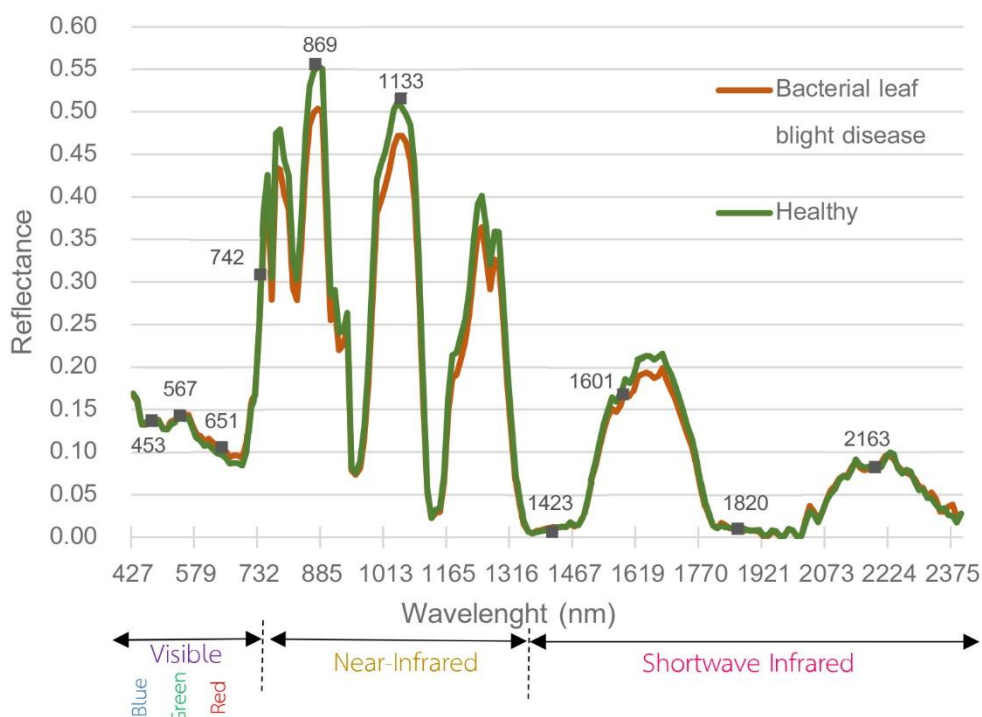
รูปที่ 6 แสดงให้เห็นว่าขนาดโครโมโซมตั้งแต่ 5 ถึง 8 มีค่าค่อนข้างคงที่ อย่างไรก็ตาม จะเห็นว่าที่ขนาดโครโมโซมเท่ากับ 6 มีค่าความ

ถูกต้องโดยรวมสูงที่สุด (มีค่าเฉลี่ยความถูกต้องโดยรวม  $89.3 \pm 4.78$  %) ดังนั้นการศึกษานี้จึงเลือกใช้ขนาดโครโมโซม 6 มาใช้ในขั้นตอนต่อไป และจากข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบทั้ง 30 รอบ ให้ค่าความถูกต้องโดยรวมของข้อมูลทดสอบ (OA testing) มีค่ามากที่สุด 98.33 % ประกอบด้วยช่วงคลื่น 477, 660, 1,144, 1,467, 1,739 และ 2,254 nm

เนื่องจากผลลัพธ์ของช่วงคลื่นที่ผ่านการคัดเลือกมีความแตกต่างกัน จึงนำข้อมูลแต่ละช่วงคลื่นที่ถูกคัดเลือกด้วย GA ร่วมกับการจำแนกข้อมูลแบบ SAM ทั้ง 30 รอบ ซึ่งมีช่วงคลื่นรวมทั้งหมด 180 ช่วงคลื่น (หรือ gene ใน term ของ GA) มาจัดกลุ่มใหม่ โดยพิจารณาให้มีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานในแต่ละกลุ่มน้อยที่สุด สามารถแบ่งเป็น 10 กลุ่มย่อย (รูปที่ 7) ประกอบด้วยช่วงคลื่นตามองเห็น  $453 \pm 27.42$  nm (13 ยีน),  $567 \pm 18.75$  nm (6 ยีน) และ  $651 \pm 17.05$  nm (17 ยีน) ช่วง red edge ( $742 \pm 31.99$  nm (16 ยีน), อินฟราเรดใกล้ ( $869 \pm 59.45$  nm (9 ยีน) และ  $1133 \pm 81.82$  nm (27 ยีน) และอินฟราเรดกลาง ( $1423 \pm 47.16$  nm (26 ยีน)  $1601 \pm 61.49$  nm (12 ยีน)  $1820 \pm 62.75$  nm (22 ยีน) และ  $2163 \pm 86.50$  nm (32 ยีน) ตามลำดับ ซึ่งให้ค่าความถูกต้องโดยรวมเฉลี่ยทั้ง 30 รอบ เท่ากับ 89.3 % ในขณะที่การจำแนกด้วยจำนวนช่วงคลื่นทั้งหมด (all band) ให้ค่าความถูกต้องโดยรวมเฉลี่ยทั้ง 30 รอบ เท่ากับ 82.6 %

### 4.2 ผลการเปรียบเทียบการจำแนกทางสถิติ

ผลการเปรียบเทียบวิธีการจำแนกด้วยวิธีเชิงพันธุกรรมกับวิธีการจำแนกด้วยจำนวนช่วงคลื่นทั้งหมดทางสถิติ พบว่าให้ค่าความถูกต้องโดยรวมสูงสุด 98.3 และ 86.6 % และต่ำสุด 81.6 และ 80.0 % ส่วนค่าความถูกต้องโดยรวมเฉลี่ย  $89.3 \pm 4.78$  และ  $82.6 \pm 2.1$  % ตามลำดับ



รูปที่ 7 ค่าเฉลี่ยจากการแบ่งกลุ่มช่วงคลื่นที่ได้จากวิธีเชิงพันธุกรรม

เมื่อนำค่าความถูกต้องโดยรวม (OA) จากทั้ง 2 วิธี มาทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย ด้วยสถิติทดสอบ (independent t-test) พบว่า วิธีการจำแนกด้วยวิธีเชิงพันธุกรรมกับวิธีการจำแนกด้วยจำนวนช่วงคลื่นทั้งหมดมีค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ( $t = 7.032$ ,  $df = 40.024$ ) ผลการทดสอบดังกล่าว ยืนยันได้ว่าผลการจำแนกที่ได้จากการคัดเลือกช่วงคลื่นที่เหมาะสมด้วยวิธีเชิงพันธุกรรมให้ผลการทดลองที่มีความถูกต้องในการจำแนกมากกว่าการจำแนกด้วยจำนวนช่วงคลื่นทั้งหมด

## 5. อภิปรายและสรุปผลการศึกษา

การศึกษางานวิจัยด้านการประยุกต์ใช้การรับรู้จากระยะไกลกับข้าวในปัจจุบัน พบว่าหลาย ๆ งานวิจัยพยายามที่จะใช้ค่าการสะท้อนของดัชนีพืชพรรณในช่วงคลื่นต่าง ๆ เพื่อศึกษารูปแบบและ

ลักษณะลายเซ็นเชิงคลื่นที่เปลี่ยนแปลงตามระยะการเจริญเติบโตของข้าว โดยเฉพาะการตรวจหาโรคในข้าวนั้น ได้มีการพยายามหาวิธีการที่เหมาะสมมาใช้ในการแยกบริเวณที่เป็นโรคและไม่เป็นโรคออกจากกัน การศึกษาที่ผ่านมาเกี่ยวกับโรคข้าวพบว่าการหาช่วงคลื่นที่เหมาะสมสำหรับการแยกโรคไหม้ (Kobayashi *et al.*, 2001) การสร้างดัชนีชี้วัดจากช่วงคลื่นที่แสดงถึงความอ่อนไหวต่อโรคกาบใบแห้ง (Qin and Zhang, 2005) และการใช้ข้อมูลจากดาวเทียม IRS ระบบ LISS IV ร่วมกับเครื่องวัดค่าการสะท้อนแบบไฮเปอร์สเปกตรัล (ground-based hyperspectral) ในการติดตามและประเมินความรุนแรงของโรคขอบใบแห้ง (Das *et al.*, 2015)

ส่วนการศึกษาโรคขอบใบแห้งในข้าวโดยใช้ข้อมูลจากภาพถ่ายดาวเทียมแบบไฮเปอร์สเปกตรัล นั้นมีการศึกษาของ ชีร์ภัทร และชัยโชค (2559) ได้

คัดเลือกช่วงคลื่นที่เหมาะสมจากผลการวิจัยของ Kobayashi และคณะ (2001) Yang (2009) และ Qin และ Zhang (2005) ที่ศึกษาช่วงคลื่นที่อ่อนไหวต่อโรคในข้าว แล้วนำผลการศึกษาดังกล่าวมาใช้เลือกช่วงคลื่น จำนวน 7 ช่วงคลื่น คือ 485, 675, 757, 1,039, 1,430, 1,910 และ 1,935 nm เพื่อใช้เป็นตัวแทนของช่วงคลื่นในการแยกข้าวพันธุ์ กข 41 ที่เป็นและไม่เป็นโรคขอบใบแห้ง ซึ่งได้ค่าความถูกต้องโดยรวม (overall accuracy) เฉลี่ย 88.3 %

สำหรับการศึกษานี้พบว่าช่วงคลื่นที่เหมาะสมซึ่งคัดเลือกด้วยวิธีเชิงพันธุกรรมในการแยกโรคขอบใบแห้งในข้าวเจ้าพันธุ์ กข 41 ควรใช้ 6 ช่วงคลื่น คือ 477, 660, 1,144, 1,467, 1,739 และ 2,254 nm ซึ่งให้ค่าความถูกต้องโดยรวมสูงสุด 98.33 % นอกจากนี้ยังให้ค่าความถูกต้องโดยรวมเฉลี่ยเพิ่มขึ้นจาก 82.6 เป็น 89.3 % เมื่อเปรียบเทียบกับทางเลือกใช้ช่วงคลื่นทั้งหมด ซึ่งเป็นผลการศึกษาที่ยืนยันได้ว่าการใช้ข้อมูลภาพถ่ายไฮเปอร์สเปกตรัล (EO-1 Hyperion) ร่วมกับเทคนิคการคัดเลือกช่วงคลื่นที่เหมาะสมสามารถแยกข้าวเจ้าพันธุ์ กข 41 (RD41) ที่เป็นโรคและไม่เป็นโรคขอบใบแห้งออกจากกัน โดยท้ายที่สุดแล้วผู้วิจัยคาดหวังว่าวิธีการที่ใช้ในการศึกษานี้จะสามารถนำไปใช้กับโรคชนิดอื่น ๆ และพืชชนิดอื่น ๆ ต่อไป

## 6. ข้อเสนอแนะ

ควรมีการศึกษาช่วงคลื่นที่เหมาะสมในการตอบสนองต่อโรคขอบใบแห้งให้ครอบคลุมการเปลี่ยนแปลงตามช่วงระยะการเจริญเติบโตต่าง ๆ ของข้าวในแปลงตัวอย่างเพิ่มเติม ทั้งข้อมูลในระดับดาวเทียมและภาคสนาม เพื่อพัฒนาแนวทางในการติดตามและเฝ้าระวังโรคขอบใบแห้งด้วยเทคโนโลยีการรับรู้จากระยะไกลต่อไป

## 7. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ ที่ให้ทุนสำหรับการศึกษาต่อและทำวิจัยในระดับบัณฑิตศึกษา เกษตรกรเจ้าของแปลงตัวอย่าง นางดวงกมล บุญช่วย นักวิชาการเกษตรชำนาญการ ศูนย์วิจัยข้าวชัยนาท ที่ให้ความอนุเคราะห์ช่วยประเมินความรุนแรงและให้ความรู้เรื่องโรคขอบใบแห้งในข้าว ตลอดจนอำนวยความสะดวกระหว่างการสำรวจภาคสนาม และ USGS ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม EO-1 Hyperion ที่ใช้ในการวิจัยนี้

## 8. รายการอ้างอิง

- เฉลิมชนม์ สติระพจน์, 2552, ระบบกำหนดตำแหน่งบนโลก (Global Positioning System, GPS), น. 218-235, ใน สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน) กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีและสมาคมสำรวจข้อมูลระยะไกลและสารสนเทศภูมิศาสตร์แห่งประเทศไทย (บรรณาธิการ), ตำราเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศศาสตร์, สำนักงานพัฒนาอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน), กรุงเทพฯ.
- ดวงกมล บุญช่วย, อนรรฆพล บุญช่วย, ดวงพร วิฐุรจิตต์ และเสน่ห์ ชครัตน์, 2555, การลดระดับความรุนแรงของโรคโดยวิธีผสมผสาน, น. 127-143, การสัมมนาวิชาการกลุ่มศูนย์ภาคเหนือตอนบนและตอนล่าง ประจำปี 2555, โรงแรมท็อบแลนด์, พิษณุโลก.
- ดวงกมล บุญช่วย, อนรรฆพล บุญช่วย และดวงพร วิฐุรจิตต์, 2556, สถานการณ์การระบาดของโรคข้าวในเขตนาชลประทานที่ปลูกต่อเนื่องจังหวัดชัยนาท และนครสวรรค์, น. 310-311, การประชุมวิชาการข้าวและธัญพืชเมืองหนาว ครั้งที่ 30 พ.ศ. 2556, โรงแรมมารวย การ์เด็น, กรุงเทพฯ.

- ธีรภัทร เลิศปฏิภาณพงษ์ และชัยโชค ไวกาษา, 2559, การแยกข้าวที่เป็นโรคและไม่เป็นโรค ขอบใบแห้งออกจากกันด้วยเทคนิคการ คัดเลือกช่วงคลื่นที่เหมาะสมของการสำรวจ ระยะไกลแบบไฮเปอร์สเปกตรัล, น. 707-714, การประชุมวิชาการเทคโนโลยีอวกาศและภูมิ สารสนเทศแห่งชาติ ประจำปี 2559, ศูนย์การ ประชุมแห่งชาติสิริกิติ์, กรุงเทพฯ.
- พยอม โคเบลล์, 2559, โรคข้าวที่เกิดจากแบคทีเรีย และแนวทางในการป้องกัน, น. 50-63, การ สัมมนาเชิงปฏิบัติการด้านอารักขาข้าว เรื่อง โรคข้าว วัชพืช ข้าววัชพืช และการป้องกัน, โรง แรมบิกคอฟฟี่ รีสอร์ท, เพชรบูรณ์.
- สำนักงานพาณิชย์จังหวัดชัยนาท, 2556, เอกสาร การจัดการความรู้เรื่องเมืองเมล็ดพันธุ์ข้าว สู่ ยานการค้าจังหวัดชัยนาท, แหล่งที่มา : <http://www.km.moc.go.th/download/doc/สำนักงานพาณิชย์จังหวัดชัยนาท.pdf>, 30 กรกฎาคม 2560.
- สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว, 2552, เอกสารรับรอง พันธุ์ข้าวเจ้าพันธุ์ กข 41 ข้าวเจ้าสายพันธุ์ CNT96028-21-1-PSL-1-1, กรมการข้าว กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.
- 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.
- 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.
- 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: 316-323.
- Koedsin, W. and Vaiphasa, C., 2013, Discrimination of tropical mangroves at the species level with EO-1 Hyperion data, Remote Sens. 5: 3562-3582.
- Qin, Z., and Zhang, M., 2005, Detection of rice sheath blight for in-season disease management using multispectral remote sensing, Int. J. Appl. Earth Obs. Geoinf. 7: 115-128.
- Yang, C.M., 2009, Assessment of the severity of bacterial leaf blight in rice using canopyhyperspectral reflectance, Precis. Agric. 11: 61-81.