วารสารแก่นเกษตร
THAIJO

Content List Available at ThaiJo

Khon Kaen Agriculture Journal

Journal Home Page : https://li01.tci-thaijo.org/index.php/agkasetkaj

การประยุกต์ใช้เทคนิคการเรียนรู้เชิงลึกสำหรับการรู้จำโรคขอบใบแห้งและโรคไหม้ของข้าว

Rice bacterial blight and blast diseases recognition using deep learning techniques

เตชินท์ วรสิทธิ์[1], ธีระ ภัทราพรนันท์[2], ธีรยุทธ ตู้จินดา[3], วสิน สินธุภิญโญ[2], กรรณทิพย์ กิรติรัตนพฤกษ์[2], พิชญกาญจน์ เต็มนิรันรัตน์[2] , อภิชน กิจวิมลรัตน์[2] , จินตนา อันอาตม์งาม[1] และสุจินต์ ภัทรภูวดล[1]*

Teaychin Worasit[1], Teera Phatrapornnant[2], Theerayut Toojinda[3], Wasin Sinthupinyo[2], Kantip Kiratiratanapruk[2], Pitchayagan Temniranrat[2], Apichon Kitvimonrat[2], Jintana Unartngam[1] and Sujin Patarapuwadol[1]*

[1] ภาควิชาโรคพืช คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม 73140
[1] Department of Plant Pathology, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom 73140
[2] ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ จังหวัดปทุมธานี 12120
[2] National Electronics and Computer Technology Center, National Science and Technology Development Agency, Pathum Thani 12120
[3] ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ จังหวัดปทุมธานี 12120
[3] National Center for Genetic Engineering and Biotechnology, National Science and Technology Development Agency, Pathum Thani 12120

บทคัดย่อ: ข้าวเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย ปัจจัยที่ทำให้ข้าวมีคุณภาพและผลผลิตลดลงส่วนหนึ่งมาจากการแพร่ระบาดของโรค โดยโรคที่เป็นสาเหตุอันดับต้นๆ ได้แก่ โรคขอบใบแห้ง และโรคไหม้ของข้าว ซึ่งมีรายงานการเข้าทำลายข้าวได้ตั้งแต่ระยะกล้าจนถึงออกรวง สร้างความเสียหายถึง 50% สำหรับโรคขอบใบแห้ง และ 0.4-100% สำหรับโรคไหม้ หากมีการวินิจฉัยโรคข้าวได้ถูกต้องและรวดเร็วก็จะสามารถลดความเสียหายของผลผลิตได้ รวมถึงการตัดสินใจเลือกวิธีในการควบคุมโรคได้อย่างมีประสิทธิภาพ งานวิจัยนี้มีวัตุประสงค์เพื่อประยุกต์ใช้เทคนิคการเรียนรู้เชิงลึกสำหรับการรู้จำโรคขอบใบแห้งและโรคไหม้ของข้าวและพัฒนาระบบจำแนกชนิดโรคทั้งสองจากภาพถ่ายอาการของโรคในสภาพแปลงนา ผลการทดสอบพบว่าเทคนิคเรียนรู้เชิงลึก YOLOv3 มีประสิทธิภาพสูงสุดในการรู้จำโรคทั้งสอง ซึ่งมีค่าเฉลี่ยความถูกต้องในการจำแนกของโรคขอบใบแห้งและโรคไหม้อยู่ที่ 90.33% และ 86.46% ตามลำดับ อย่างไรก็ตามเมื่อทวนสอบความถูกต้องของระบบที่พัฒนาขึ้นกับภาพถ่ายที่ไม่เคยนำมาใช้ในการพัฒนาระบบ พบว่าความความถูกต้องในการจำแนกโรคขอบใบแห้งและโรคไหม้ลดลงเหลือ 87.5% และ 74.0% ตามลำดับ การศึกษานี้มีค่าเฉลี่ยความถูกต้องของระบบ (mean average precision ,mAP) ในการวินิจฉัยทั้งสองโรคอยู่ที่ 79.19% เมื่อเทียบกับงานวิจัยก่อนหน้า ถือว่า YOLOv3 มีประสิทธิภาพสูงกว่าในการวินิจฉัยภาพอาการของโรคในสภาพแปลงนา และพบว่าหากเพิ่มชนิดโรคในการพัฒนาระบบรู้จะทำให้ค่าความถูกต้องเฉลี่ยของระบบรู้จำลดน้อยลง ซึ่งเป็นผลมาจากคุณภาพของภาพถ่ายลักษณะอาการ รวมถึงความคล้ายกันของลักษณะอาการในหลายๆโรค งานวิจัยนี้แสดงให้เห็นถึงความสำเร็จในการพัฒนาระบบรู้จำด้วยเทคนิคการเรียนรู้เชิงลึกในการจำแนกชนิดของโรคข้าวด้วยภาพที่มีความถูกต้อง ซึ่งจะนำมาพัฒนาแอปพลิเคชันในโทรศัพท์มือถือในการจำแนกโรคข้าวด้วยภาพถ่ายควบคู่กับคำแนะนำจากนักโรคพืชที่จะรองรับการใช้งานจริงของเกษตรได้อย่างรวดเร็วมีประสิทธิภาพทันต่อการระบาดของโรค

คำสำคัญ: โรคขอบใบแห้ง; โรคไหม้ของข้าว; เทคนิคการวิเคราะห์ภาพถ่าย; การเรียนรู้เชิงลึก

* Corresponding author: agrsujp@ku.ac.th

Received: date; April 7, 2021 Accepted: date; July 12, 2021 Published: date; February 5, 2022

ABSTRACT: Rice is one of the main economic agriculture products of Thailand. One of factors which cause the decline in both quality and quantity of such product is the spreading of rice diseases which has Blight and Blast as main diseases. From the report, both diseases can be infected and destroy rice from the sapling stage to the yield stage with the damage up to 50% for Blight and 0.4% to 100% for Blast. If the diagnosis has been done accurately and in time, the damages can be diminished with the most effective solution. This research purpose is to implement the deep learning technique used specifically for recognizing rice blight and blast rice diseases images and developing the classification system for both diseases' symptom pictures took from the rice fields. The result indicated that the YOLOv3 deep learning technique has the highest effectiveness in recognizing both diseases with the average accuracy in blight and blast rice diseases classification at 90.33% and 86.46% consecutively, while the mean average precision, mean Average Precision (mAP) is at 79.19%. Nevertheless, the reviewing for correctness YOLOv3 system by testing with a set of non-training pictures of blight and blast symptoms, the result showed that accuracy is decline to 87.50% and 74.00% respectively. Moreover, mAP is further decrease when large number of diseases added to deep learning training. The reduction of effectiveness of deep learning for disease recognition caused by the poor quality of pictures and the similarity of the disease symptom in many diseases. The successfulness in developing system using deep learning technique in rice disease recognition based on disease symptom image analysis are showed in this research. This system can be implemented as a tool for rice farmers to classify rice diseases via mobile application platform along with plant pathologist advice for more accurate diagnosis.
Keywords: bacterial leaf blight disease; rice blast disease; image processing technique; deep learning

บทนำ

ปัจจุบันประเทศไทยมีผลผลิตและคุณภาพของข้าวลดลง จากรายงานของ สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2563) พบว่าในปี พ.ศ. 2561 ประเทศไทยมีการปลูกข้าวไปแล้วทั้งสิ้น 71 ล้านไร่ มีผลผลิตรวม 32 ล้านตัน เมื่อเทียบกับปี พ.ศ. 2560 มีผลผลิตลดลง 5 แสนตัน สาเหตุหลักที่ส่งผลให้คุณภาพในการผลิตข้าวในประเทศลดลงมีหลายปัจจัย เช่น การลดลงของพื้นที่ สภาพแวดล้อมในการเพาะปลูกข้าวไม่เหมาะสมและการแพร่ระบาดของโรคและแมลง โดยเฉพาะโรคขอบใบแห้งและโรคไหม้ที่เป็นโรคประจำถิ่นของข้าวในประเทศไทย (อาทิตย์, 2560)

โรคขอบใบแห้งมีสาเหตุจากเชื้อแบคทีเรีย *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* (XOO) จากรายงานของ Ou (1985) พบการระบาดของโรคนี้ในหลายประเทศ ได้แก่ สาธารณรัฐประชาชนจีน อินเดีย ศรีลังกา เกาหลี ฟิลิปปินส์ เวียดนาม ไต้หวัน และประเทศไทย การเข้าทำลายของเชื้อมีผลทำให้ผลผลิตข้าวลดลง 20-50% ลักษณะอาการของโรคขอบใบแห้ง คือเกิดรอยช้ำที่ขอบใบของใบล่าง ต่อมาจุดช้ำจะกลายเป็นสีเหลืองยาวตามใบข้าวที่แผลมีหยดสีครีมคล้ายยางสนกลมๆ ขนาดเล็กเท่าหัวเข็มหมุด ต่อมาจะกลายเป็นสีน้ำตาลและหลุดไปตามน้ำหรือฝน ซึ่งจะทำให้โรคสามารถแพร่ระบาด ไปยังพื้นที่ปลูกข้าวข้างเคียงได้ แผลนี้เมื่อนานไปจะเปลี่ยนเป็นสีเทา ใบที่เป็นโรคขอบใบจะแห้งและม้วนตามความยาว (ปริศนา, 2558) โดยเชื้อสาเหตุโรคสามารถแพร่ไปกับน้ำ ในสภาพแวดล้อมที่มีความชื้นสูง และสภาพที่มีฝนตก ลมพัดแรงจะช่วยให้โรคแพร่ระบาดอย่างกว้างขวางรวดเร็ว พบการแพร่ระบาดมาก ในนาน้ำฝน นาชลประทาน ในเขตภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และ ภาคใต้ (กองวิจัยและพัฒนาข้าว, 2559) ในขณะที่โรคไหม้มีสาเหตุมาจากเชื้อรา *Pyricularia oryzae* พบการแพร่ระบาดของโรคไหม้ครั้งแรกในปี พ.ศ. 2496 ซึ่งเกิดกับข้าวพันธุ์เศรษฐีที่สถานีทดลองเกษตรกลาง บางเขน และบริเวณมักกะสัน พระโขนง (สุคนธา, 2546) ต่อมาปี พ.ศ. 2501 – 2506 มีการแพร่ระบาดของโรคไหม้ เนื่องจากมีการปรับปรุงพันธุ์และส่งเสริมการขายพันธุ์ข้าวที่ไม่ต้านทานต่อโรคไหม้ ทำให้ผลผลิตเสียหายและลดลงได้ตั้งแต่ 0.4-100% (พูนศักดิ์และวีณา, 2559) โดยลักษณะอาการของโรคไหม้พบได้ตั้งแต่ระยะกล้าโดยจะมีลักษณะอาการใบมีแผลจุดสีน้ำตาลคล้ายรูปตา มีสีเทาอยู่ตรงกลางแผล ความกว้างของแผลประมาณ 2-5 มิลลิเมตร และความยาวประมาณ 10-15 มิลลิเมตร แผลสามารถขยายลุกลามและกระจายทั่วบริเวณใบ ถ้าโรครุนแรงกล้าข้าวจะแห้งฟุบตาย อาการคล้ายถูกไฟไหม้ พบการแพร่ระบาดในแปลงที่ต้นข้าวหนาแน่น และแปลงที่มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนสูง สภาพอากาศแห้งในตอนกลางวันและชื้นจัดในตอนกลางคืน อากาศค่อนข้างเย็น อุณหภูมิประมาณ 22-25 องศาเซลเซียส เชื้อสาเหตุสามารถแพร่กระจายได้ดีโดยลม (พูนศักดิ์และวีณา, 2559) โรคไหม้เป็นโรคที่พบการแพร่ระบาดเป็นประจำทุกปี โดยในปี พ.ศ. 2535 พบการระบาดรุนแรงของโรคไหม้รวม 1.2 ล้านไร่ ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือและบางจังหวัดในภาคเหนือ ทำให้ผลผลิตเสียหาย 60 เปอร์เซ็นต์ คิดเป็นปริมาณกว่า 6 แสนตัน มีรายงานความเสียหายประมาณ 436 ล้านบาท (Disthaporn, 1994) และปี พ.ศ. 2562 มีการแพร่ระบาดของโรคไหม้รุนแรงในภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยทำให้เกิดความเสียหายกว่า 3 แสนไร่ (คมชัดลึก, 2562) การแพร่บาดของโรคไหม้ของข้าวสามารถระบาดได้เมื่อมีสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม และมีการแพร่ระบาดในทุกภาคของ

ประเทศไทย โดยพบการแพร่ระบาดทั่วประเทศมากกว่า 5 แสนไร่ (ศูนย์ติดตามและแก้ไขปัญหาภัยพิบัติด้านการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2562)

ปัจจุบันปัญหาการแพร่ระบาดของโรคข้าวยังไม่สามารถจัดการได้อย่างทันท่วงที สาเหตุหนึ่งมาจากเกษตรกรยังขาดความรู้ความเข้าใจในการวินิจฉัยโรคและการจัดการควบคุมโรค จึงได้มีการนำเทคนิคการประมวลผลเชิงภาพ มาประยุกต์ใช้ทางด้านการวินิจฉัยโรคข้าว โดยการตรวจสอบลักษณะอาการผิดปกติของใบข้าวที่เป็นโรคดังเช่น รายงานของ Phadikar et al. (2012) ที่ใช้เทคนิคการจำแนกโรคใบจุดสีน้ำตาลกับโรคไหม้ในใบข้าว โดยใช้ภาพใบข้าวที่มีลักษณะอาการผิดปกติในสภาพแปลงนา ที่มีลักษณะอาการของแผลที่แตกต่างกันในแต่ละโรค รวมถึงค่าเฉดสีของแผลในแต่โรคที่แตกต่างกัน และนำมาวิเคราะห์ในรูปแบบของฮีสโตแกรม โดยใช้เทคนิค Bayes และ Support Vector Machine (SVM) ในการจำแนกลักษณะอาการผิดปกติของโรค จากการทดลองพบว่ามีความถูกต้องในการจำแนกชนิดของโรคอยู่ที่ 79.5% ต่อมา Kiratiratanapruk et al. (2020) ได้พัฒนาเทคนิคในการวินิจฉัยโรคข้าวโดยใช้การวิเคราะห์ภาพถ่ายและปัญญาประดิษฐ์ในการวินิจฉัยโรคข้าว 5 ชนิด คือ โรคขอบใบแห้ง โรคไหม้ โรคใบจุดสีน้ำตาล โรคใบขีดสีน้ำตาล โรคใบขีดโปร่งแสง และโรคใบหงิก โดยใช้เทคนิคตีกรอบของแผลและกรอบของใบข้าวที่แสดงลักษณะอาการผิดปกติ ได้แก่ สีของแผล รูปทรงของแผล และสีของผิวใบพืช ด้วยโปรแกรม LabelMe Image Annotation Tool และใช้เทคนิคการเรียนรู้เชิงลึก (Deep learning) ได้แก่ Faster R-CNN, Mask R-CNN, RetinaNet, และ YOLOv3 ในการจัดจำแนกชนิดของโรคโดยใช้ภาพในการพัฒนาและทดสอบระบบประมาณ 1,000 ภาพต่อโรค ซึ่งพบว่าเทคนิค YOLOv3 มีประสิทธิภาพมากที่สุดในการจำแนกชนิดโรคต่างๆ ได้โดยมีค่าเฉลี่ยความถูกต้องอยู่ที่ 79.19% อย่างไรก็ตามพบว่ายังมีปัญหาในการวินิจฉัยชนิดของโรคผิดพลาด เมื่อทดสอบกับภาพที่ไม่เคยใช้ในการฝึกสอนและพัฒนาระบบ โดยเฉพาะภาพอาการของโรคที่มีที่ไม่คมชัด ภาพอยู่ในระยะไกลและภาพที่มีสีหรือรูปทรงของพื้นหลังคล้ายลักษณะอาการผิดปกติของข้าว การนำเทคโนโลยีการวิเคราะห์ภาพถ่ายมาประยุกต์ใช้ในการวินิจฉัยโรคข้าว สามารถใช้เป็นแนวทางการช่วยให้เกษตรกรตัดสินใจ ในเลือกวิธีในการควบคุมโรค ได้อย่างถูกต้องและรวดเร็ว ลดการระบาดและความเสียหายของผลผลิตที่เกิดจากการเข้าทำลายของเชื้อสาเหตุโรคข้าวได้ทันท่วงที

งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงการรู้จำโรคขอบใบแห้งและโรคไหม้ของข้าวด้วยเทคนิคการเรียนรู้เชิงลึก โดยทดสอบกับภาพถ่ายลักษณะอาการของโรคทั้งสองที่มีลักษณะอาการที่หลากหลาย คุณภาพความคมชัด ระยะภาพใกล้ไกลของภาพที่แตกต่างกัน และภาพที่มีพื้นหลังที่หลากหลาย รวมทั้งตรวจสอบยืนยันความถูกต้องของระบบการรู้จำโรคทั้งสองชนิดที่พัฒนาขึ้นผ่านระบบไลน์บอทแอปพลิเคชัน

วิธีการศึกษา

1. การเก็บรวบรวมภาพลักษณะอาการของโรคขอบใบแห้งและโรคไหม้ของข้าว

การเก็บรวบรวมภาพลักษณะอาการของโรคขอบใบแห้งของข้าว โดยบันทึกภาพที่มีลักษณะอาการดังนี้ แผลที่เริ่มมีรอยฉ่ำน้ำที่ขอบใบห่างจากปลายใบลงมาเล็กน้อย ต่อมาแผลขยายขนาดตามความยาวของใบ และขอบแผลที่ต่อกับส่วนที่ไม่เป็นโรคจะมีลักษณะเป็นรอยหยัก เมื่อมีอาการรุนแรงแผลจะเปลี่ยนเป็นสีเหลืองจากนั้นจะขยายใหญ่ขึ้นเปลี่ยนเป็นสีเทายาวตามแนวของใบข้าว **รวมไปถึง**อาการของโรค**ที่**ปรากฏกลุ่มแบคทีเรีย (bacterial ooze) ลักษณะคล้ายหยดน้ำสีครีมคล้ายยางสนกลมๆ อยู่บนใบของข้าวที่เป็นโรค ซึ่งบันทึกภาพจากแปลงข้าวในพื้นที่จังหวัดเชียงราย นครปฐม และสุพรรณบุรี จากนั้นนำมาจัดกลุ่มตาม scale for bacterial leaf blight disease ด้วยการแบ่งระดับโดยใช้ค่าเฉลี่ยพื้นที่ใบที่ถูกทำลายได้ดังนี้ ระดับ 1 1-5% (Fig1 A,B,I) ระดับ3 6-12% (Fig1 C) ระดับ5 13-25% (D,E) ระดับ7 26-50% (F) และ ระดับ9 มากกว่า50% (G,H,J) ตามรายงานของ International Rice Research Institute (IRRI, 2013)

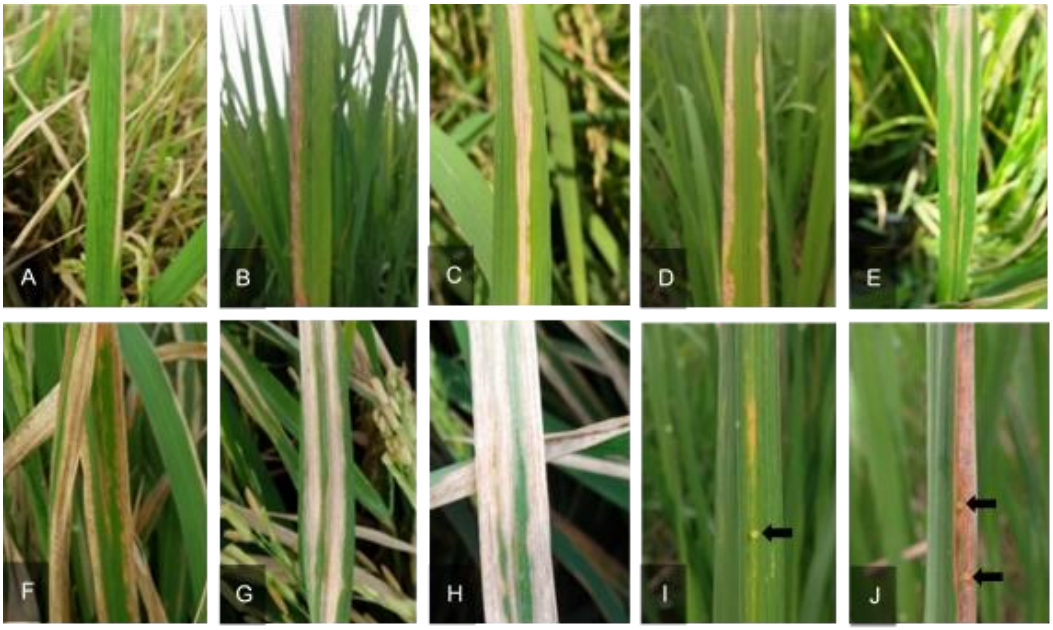

Figure 1 Rice bacteria blight symptoms showed water-soaked to yellow-orange stripes on leaf blades with wavy margin and progress toward the leaf base (A-H), bacterial ooze on infected rice (I-J)

เก็บรวบรวมภาพลักษณะอาการของโรคไหม้ของข้าวและจัดระดับอาการตาม scale of rice blast disease **(IRRI, 2013)** พบลักษณะอาการ ดังนี้ ระดับ1 อาการแผลที่ใบมีแผลจุดสีน้ำตาลคล้ายสี่เหลี่ยมข้าวหลามตัดขนาดเล็ก **(Figure 2A)** ระดับ3 เนื้อตายขนาดยาวเล็กน้อย มีสีเทาอยู่ตรงกลางแผลและขอบสีน้ำตาลชัดเจน **(Figure 2B-C)** ระดับ5 รอยโรคแคบหรือเป็นวงรี ขอบแผลสีน้ำตาล ความกว้างของแผลประมาณ 2-5 มิลลิเมตร และความยาวประมาณ 10 - 15 มิลลิเมตร หลายแผลไม่ต่อเนื่องกัน **(Figure 2D-E)** ระดับ7 รอยโรคกว้างขึ้น ขอบแผลมีสีน้ำตาลเหลือง หรือม่วง**(Figure 2F-H)** และ ระดับ9 รอยโรคยาว และหลายแผลรวมต่อเนื่องกัน **(Figure I-J)** โดยบันทึกภาพจากแปลงข้าวในจังหวัดเชียงราย นครปฐม สุพรรณบุรี ชัยนาท พระนครศรีอยุธยา และเพชรบุรี

Figure 2 Symptoms of rice blast showed eye-shaped lesions (A-C), diamond-shaped lesions (D-F), and the spots enlarge to spindle-shaped spots with grey/white central part and brownish borders (G-J)

วิธีการบันทึกภาพโดยใช้กล้องถ่ายภาพดิจิตอล Canon รุ่น D700 และ กล้องโทรศัพท์เคลื่อนที่รุ่นต่าง ๆ เช่น iPhone 6+, Huawei รุ่น P20 Pro และ Huawei รุ่น P30 โดยตั้งความละเอียดของกล้องถ่ายภาพเป็นค่าเริ่มต้น (default) ในการบันทึกภาพถ่าย โดยมีความละเอียดอยู่ที่ 3024x4032, 2736x2736, 3456x5184 และ 3456x5184 พิกเซล ตามลำดับ ซึ่งความละเอียดของภาพที่ใช้ในการงานวิจัยนี้อยู่ที่ 2736x3648 พิกเซล และภาพใบข้าวในแปลงนาที่บันทึกต้องแสดงให้เห็นลักษณะอาการที่ชัดเจน โดยทำการบันทึกในระยะห่างจากเลนส์ไม่เกิน 10 เซนติเมตร และบันทึกภาพลักษณะอาการจากระยะไกลออกมา โดยให้ใบข้าวที่แสดงอาการอยู่กึ่งกลางของภาพและมีพื้นหลังเป็นแปลงนาสภาพตามธรรมชาติ เมื่อบันทึกภาพแล้วจึงทำการสุ่มเก็บตัวอย่างที่แสดงอาการไปพิสูจน์โรคยืนยันหาเชื้อสาเหตุต่อไป ซึ่งภาพลักษณะอาการที่ได้รับการพิสูจน์โรคแล้วจะนำมาใช้ในการพัฒนาระบบรู้จำด้วยเทคนิคการเรียนรู้เชิงลึกและทดสอบระบบที่พัฒนาได้ต่อไป

2. การตรวจพิสูจน์โรคขอบใบแห้งและโรคไหม้ของข้าวจากภาพอาการที่บันทึกได้

การตรวจพิสูจน์โรคขอบใบแห้งของข้าว โดยสุ่มตัวอย่างใบข้าวที่แสดงอาการโรคขอบใบแห้งที่ระดับความรุนแรงต่างๆ จำนวน 70 ตัวอย่างมาแยกเชื้อแบคทีเรียสาเหตุโรคด้วยวิธีการดัดแปลงจากวิชัย (2549) โดยนำชิ้นส่วนพืชที่แสดงลักษณะอาการตัดรอยต่อบริเวณที่เป็นโรคและไม่เป็นโรคเป็นชิ้นเล็ก ๆ ลงในหลอดที่มีน้ำกลั่นนึ่งฆ่าเชื้อปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปเขย่าเป็นเวลา 15-20 นาที หลังจากนั้นใช้ลูปแตะสารแขวนลอยที่ได้ cross streak บนอาหาร Nutrient Agar (NA) และนำไปบ่มที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 72 ชั่วโมง คัดเลือกโคโลนีที่มีลักษณะคล้ายเชื้อแบคทีเรีย XOO มาทำให้บริสุทธิ์ และนำโคโลนีที่คัดเลือกจากการแยกตัวอย่างใบข้าวที่แสดงอาการโรคขอบใบแห้งมาศึกษาลักษณะสัณฐานวิทยา และการตรวจสอบเชื้อด้วยปฏิกิริยาลูกโซ่พอลิเมอร์เลส (Polymerase Chain Reaction, PCR) โดยอาศัยความจำเพาะเจาะจงของไพรเมอร์ในการเพิ่มปริมาณของเชื้อแบคทีเรีย XOO ได้แก่ไพรเมอร์ XOR-F และไพรเมอร์ XOR-R2 ตรวจด้วยสอบการเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอด้วยเทคนิค Agarose gel electrophoresis ตามวิธีการของ Naoto และTakashi (2000) และทดสอบการเกิดโรคโดยใช้วิธี Clipping method ตามรายงาน Kauffman et al. (1973) โดยใช้กรรไกรที่ฆ่าเชื้อแล้วจุ่มเซลล์แขวนลอยแบคทีเรีย และตัดใบข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 อายุต้นกล้า 30 วัน ทำการทดลองจำนวน 3 ซ้ำ จากนั้นสังเกตอาการหลังปลูกเชื้อ 10-14 วัน

การตรวจพิสูจน์โรคไหม้ของข้าว โดยนำชิ้นส่วนใบข้าวที่แสดงลักษณะอาการแบบต่างๆของโรคไหม้ จำนวน 20 ตัวอย่าง ทำการแยกเชื้อด้วยวิธีการดัดแปลงจากพูนศักดิ์ และคณะ (ม.ป.ป.) มาฆ่าเชื้อบริเวณผิวพืชโดยแช่ชิ้นส่วนพืชในสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ที่ความเข้มข้น 5% เป็นเวลา 3 นาที ล้างชิ้นพืชด้วยน้ำกลั่นนึ่งฆ่าเชื้อ 2 ครั้ง จากนั้นซับให้แห้งด้วยกระดาษทิชชูนึ่งฆ่าเชื้อ วางชิ้นพืชลงบนอาหาร rice polish agar (RPA) บ่มใต้แสง near UV สลับมืด 12 ชั่วโมง อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 7 วัน ใช้เข็มเขี่ยปลายแหลม เขี่ยเส้นใยที่เจริญออกมาจากบริเวณชิ้นพืช นำไปเลี้ยงบนอาหาร RPA เพื่อศึกษาลักษณะโคโลนีและลักษณะสัณฐานวิทยาของเชื้อรา ตรวจสอบลักษณะทางสัณฐานวิทยา โดยใช้เข็มเขี่ยส่วนของเส้นใยมาวางบนสไลด์ หยดด้วยน้ำกลั่นปิดด้วยกระจกปิดสไลด์ และตรวจดูลักษณะต่างๆ ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ และทดสอบการเกิดโรคโดยใช้วิธีฉีดพ่นสปอร์แขวนลอย โดยเตรียมสปอร์แขวนลอยที่ความเข้มข้น 10^6 สปอร์ต่อมิลลิลิตร ฉีดพ่นบนต้นกล้าข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่อายุ 30 วัน ทำการทดลองจำนวน 3 ซ้ำ จากนั้นสังเกตอาการหลังปลูกเชื้อ 14-21 วัน

3. การพัฒนาเทคนิคการประมวลผลเชิงภาพด้วยเทคนิคการเรียนรู้เชิงลึก (Deep learning) และการตรวจสอบความถูกต้องของระบบการรู้จำ

การพัฒนาเทคนิคการประมวลผลเชิงภาพ โดยใช้วิธีการของ Kiratiratanapruk et al. (2020) ซึ่งใช้ภาพถ่ายโรคขอบใบแห้งจำนวน 1,195 ภาพ และโรคไหม้จำนวน 1,125 ภาพ ที่ผ่านการตรวจพิสูจน์โรคตามวิธีการทางด้านโรคพืชแล้วทุกตัวอย่าง จากนั้นนำภาพถ่ายลักษณะอาการโรคข้าวมาทำการกำหนดพื้นที่กรอบแผลและกรอบใบข้าวโดยใช้โปรแกรม LabelMe จากนั้นในการฝึกสอนระบบการเรียนรู้เชิงลึกจะสุ่มภาพออกมาเพื่อจัดทำเป็นชุดข้อมูลที่ใช้ในการฝึกสอนระบบ (Data set) โดยสุ่มภาพจากชุดข้อมูลแบบง่าย (Sample Random Sampling) ออกมาเป็น 3 ส่วน คือ 1. ชุดข้อมูลฝึกฝนระบบ (training set) 2. ชุดข้อมูลตรวจสอบ (validation set) 3. ชุดข้อมูลทดสอบ (testing set) จำแนกโรคโดยใช้เทคนิคการเรียนรู้เชิงลึก (Deep learning) ประกอบด้วยเทคนิคต่างๆ ดังนี้ Faster R-CNN Inception V2, Faster R-CNN ResNet 101, RetinaNet ResNet 50, RetinaNet ResNet 101, YOLOv3, และ Mask R-CNN และประเมินประสิทธิภาพ โดยใช้การวัดค่าความถูกต้องของเทคนิค

นำผลการทดสอบจาก Kiratiratanapruk et al. (2020) ซึ่งพบว่าโมเดลที่ให้ประสิทธิภาพได้ดีที่สุดคือ YOLOv3 ในการจำแนกโรคได้ถูกต้อง มาพัฒนาเป็นระบบวินิจฉัยโรคข้าวที่อยู่ในรูปแบบของไลน์บอทแอปพลิเคชัน (Linebot) เพื่อให้สามารถทดสอบระบบการวินิจฉัยโรค

ด้วยภาพด้วยปัญญาประดิษฐ์ได้สะดวกมากขึ้น **(Figure 3)** โดยในงานวิจัยนี้จะเป็นการตรวจสอบความถูกต้องของระบบวินิจฉัยโรคข้าวที่พัฒนาขึ้นผ่านระบบไลน์บอท โดยใช้ภาพถ่ายโรคขอบใบแห้ง และโรคไหม้ที่ผ่านการตรวจพิสูจน์โรคแต่ไม่เคยผ่านการฝึกฝนระบบอย่างน้อยโรคละ 200 ภาพ แบ่งออกเป็นภาพที่เลนส์มีระยะห่างจากใบข้าวน้อยกว่าหรือเท่ากับ 10 เซนติเมตร จำนวน 160 ภาพ และภาพที่เลนส์มีระยะห่างจากใบข้าวมากกว่า 10 เซนติเมตรแต่ไม่เกิน 30 เซนติเมตร จำนวน 40 ภาพ ส่งผ่านไลน์บอทแอปพลิเคชัน โดยมีโมเดลที่พัฒนาขึ้นที่ใช้ทดสอบจำนวน 3 เวอร์ชัน แต่ละโมเดลมีความแตกต่างกันของจำนวนชนิดโรคโดยเวอร์ชัน 1 สามารถวินิจฉัยได้ทั้งสิ้น 5 โรค ได้แก่ โรคขอบใบแห้ง โรคไหม้ โรคใบจุดสีน้ำตาล โรคใบขีดสีน้ำตาล และโรคใบขีดโปร่งแสง เวอร์ชัน 2 มีจำนวนทั้งสิ้น 9 โรค ซึ่งมีโรคเพิ่มขึ้นจากเวอร์ชันที่ 1 จำนวน 4 โรค คือ โรคไหม้คอรวง โรคใบสีแสด โรคดอกกระถิน และโรคเขียวเตี้ย ส่วนเวอร์ชัน 3 มีจำนวนทั้งสิ้น 12 โรค ซึ่งมีโรคเพิ่มขึ้นจากเวอร์ชันที่ 2 จำนวน 3 โรค คือ โรคกาบใบแห้ง โรคกาบใบเน่า และโรคใบแถบแดง

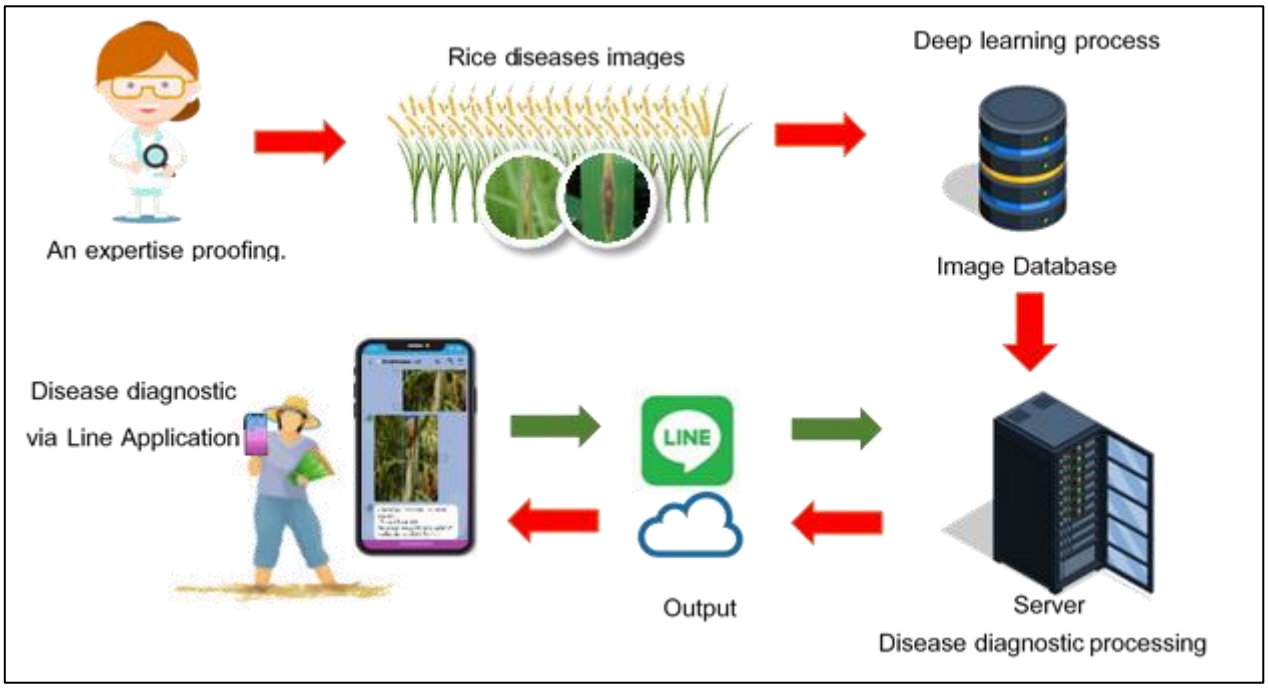

Figure 3 Diagram shows the process of rice diseases images Identification via Rice diseases Linebot application.

ผลการศึกษาและวิจารณ์

1. การเก็บรวบรวมภาพลักษณะอาการของโรคขอบใบแห้งและโรคไหม้ของข้าว

จากการเก็บรวบรวมภาพลักษณะอาการของโรคขอบใบแห้งและโรคไหม้ของข้าว โดยบันทึกภาพที่มีลักษณะอาการต่าง ๆ ได้จำนวนทั้งสิ้น 3,751 ภาพ สามารถจำแนกออกตามลักษณะอาการต่าง ๆ ของโรคขอบใบแห้ง และ โรคไหม้ ได้ดัง **Table 1**

Table 1 Various type and stage of disease symptoms of rice blast and bacteria leaf blight used in this study.

Disease	Symptom	No. of Image
Blight	Water-soaked to yellow-orange stripes on leaf blades with wavy margin and progress toward the leaf base	1,604
	Infected bacterial leaf blight rice leaf with bacterial ooze	201
Blast	Small diamond-shaped lesions and water-soaked to brown color	365
	Eye-shaped lesions brown color with grey spot at the middle of the lesion, size around 2-5 mm. in wide and 10 – 15 mm. in length	573
	Multiple eye-shaped lesions merged as disease progress	1,008
	Total	3,751

2. การตรวจพิสูจน์โรคขอบใบแห้งและโรคไหม้ของข้าว

การตรวจพิสูจน์โรคขอบใบแห้งของข้าว โดยสุ่มตัวอย่างใบข้าวที่แสดงอาการโรคขอบใบแห้งที่ระดับความรุนแรงต่างๆ จำนวน 70 ตัวอย่าง มาแยกเชื้อแบคทีเรียสาเหตุโรคบนอาหาร Nutrient Agar (NA) การตรวจสอบด้วยลักษณะทางสัณฐานวิทยา พบว่าโคโลนีของเชื้อบนอาหาร NA มีลักษณะกลมนูน ผิวเรียบ มันเยิ้ม มีเมือก และสร้างรงควัตถุสีเหลือง **(Figure 4A)** เมื่อทำการย้อมเซลล์แบคทีเรียพบว่าเป็นแบคทีเรียแกรมลบ มีรูปร่างแบบท่อน (rod shape) มีขนาดประมาณ 0.5 - 0.8 x 1.0 - 2.0 µm **(Figure 4B)** นำไปทดสอบด้วยหลังจากนั้นนำเชื้อไปทดสอบด้วยปฏิกิริยาลูกโซ่พอลิเมอร์เลส โดยใช้ไพรเมอร์ XOR-F และ XOR-R2 พบว่ามีขนาดแถบดีเอ็นเอประมาณ 470 คู่เบส **(Figure 4C)** เป็นไปตามรายงานของ Naoto และTakashi (2000) และเมื่อทดสอบปฏิกิริยาการเกิดโรคข้าวพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 โดยใช้วิธี clipping method หลังปลูกเชื้อได้ 10 วัน พบลักษณะอาการแผลเป็นรอยฉ่ำน้ำ ต่อมาเปลี่ยนเป็นสีเทาเป็นทางยาวตามแนวขอบใบ **(Figure 4D)** สอดคลองกับรายงานของ Mew (1989)

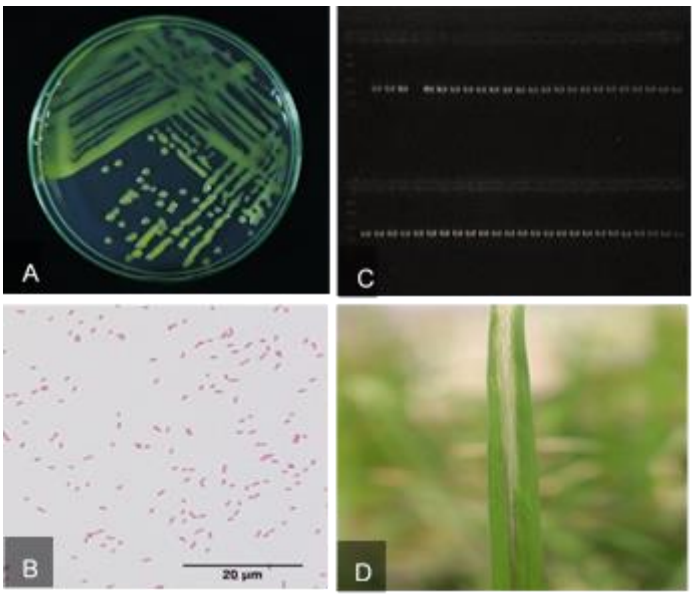

Figure 4 Bacterial leaf blight disease identification. Colony on NA (A), *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* bacteria gram staining (B), The PCR detection of *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* (C), Pathogenicity test on KDML 105 using clipping method (D)

การตรวจพิสูจน์โรคไหม้ของข้าว โดยสุ่มตัวอย่างใบข้าวที่แสดงอาการโรคไหม้ จำนวน 20 ตัวอย่าง ทำการแยกเชื้อรา *P. oryzae* จากใบข้าวที่มีอาการไหม้ โดยลักษณะอาการต่างๆ กันได้แก่ รอยไหม้ รูปกระสวย หัวท้ายเรียว ขอบแผลมีสีน้ำตาล ตรงกลางแผลมีสีน้ำตาลอ่อน หรือเทาทำการจำแนกชนิดของเชื้อราสาเหตุโรคไหม้ *P. oryzae* ด้วยลักษณะทางสัณฐานวิทยาบนอาหาร RPA พบว่าลักษณะโคโลนีมีสีเทาถึงสีน้ำตาลเข้ม เส้นใยฟูจากหน้าอาหารเล็กน้อย **(Figure 5A)** นำไปตรวจดูลักษณะสปอร์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงโดยการเขี่ยสปอร์และเส้นใยจากอาหารเลี้ยงเชื้อ RPA ทำสไลด์กึ่งถาวร ตรวจลักษณะสำคัญของเชื้อรา *P. oryzae* พบว่ามีรูปร่างลูกแพร์ (pear shape) ประกอบด้วย 3 เซลล์ เซลล์บริเวณฐานกว้าง และเรียวเล็ก ที่เซลล์ส่วนปลายบริเวณฐานพบ hilum เมื่อสปอร์หลุดจากก้านชูสปอร์ **(Figure 5B)** ซึ่งเป็นไปตามการรายงานของ สรินนา และคณะ (2561) และเมื่อทดสอบความสามารถในการก่อโรคบนข้าวสายพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 พบลักษณะอาการเป็นแผลจุดสีน้ำตาล ตรงกลางมีสีเทา **(Figure 5C,D)** สอดคล้องกับรายงานของพูนศักดิ์และวีณา (2559)

Figure 5 Disease identification of rice blast disease. Colony on RPA (A), Conidial characteristics of *P. oryzae* under the light microscope (B), Pathogenicity test on KDML105 by spraying method with spore suspension (C-D)

3. การพัฒนาเทคนิคการประมวลผลเชิงภาพด้วยเทคนิคการเรียนรู้เชิงลึก (Deep learning) และการตรวจสอบความถูกต้องของระบบการรู้จำ

การพัฒนาเทคนิคการประมวลผลเชิงภาพด้วยเทคนิคการเรียนรู้เชิงลึก ตามวิธีการของ Kiratiratanapruk et al. (2020) ซึ่งมีข้อมูลภาพที่ใช้ในการพัฒนาเทคนิคได้แบ่งข้อมูลออกเป็น 3 ชุด ประกอบด้วย 1. ชุดข้อมูลฝึกสอน 2. ชุดข้อมูลทดสอบ 3. ชุดข้อมูลทวนสอบ ซึ่งจำนวนภาพที่ใช้ในการพัฒนาเป็นไปตาม **(Table 2)** และจากผลการทดสอบบนโมเดล Faster R-CNN Inception V2, Faster R-CNN ResNet 101, RetinaNet ResNet 50, RetinaNet ResNet 101, YOLOv3, และ Mask R-CNN ResNet 101 พบว่าการตรวจวัดค่าเฉลี่ยความถูกต้องของโมเดลที่มีประสิทธิภาพดีที่สุดคือ YOLOv3 โดยมีค่าเฉลี่ยความถูกต้องของโมเดลอยู่ที่ 79.19% **(Table 3)** เป็นไปตามที่ Kiratiratanapruk et al. (2020) ได้รายงานไว้ จึงคัดเลือกโมเดลYOLOv3 เพื่อใช้ในการทดสอบวินิจฉัยด้วยภาพ โดยติดตั้งแบ่งเป็น 3 เวอร์ชัน ซึ่งมีความแตกต่างกันในเรื่องของจำนวนโรคที่สามารถวินิจฉัยได้ รวมทั้งมีการปรับปรุงวิธีการเรียนรู้ภาพที่แตกต่างกันในแต่ละเวอร์ชัน ซึ่งติดตั้งโมเดลทั้งสามในระบบ Linebot เพื่อให้เป็น interface ที่สะดวกต่อการใช้งานของผู้สนใจทั่วไป ในการตรวจสอบความถูกต้องโดยใช้ภาพถ่ายโรคขอบใบแห้งและโรคไหม้ ซึ่งการทดสอบในครั้งนี้ใช้ภาพ ที่ผ่านการตรวจพิสูจน์โรคแล้วแต่ไม่เคยผ่านการฝึกฝนระบบ (non training set) อย่างน้อยโรคละ 200 ภาพ มาทดสอบพบว่าระบบวินิจฉัยโรคขอบใบแห้งและโรคไหม้ด้วยเทคนิคการเรียนรู้เชิงลึกในแต่ละเวอร์ชันมีค่าเฉลี่ยความถูกต้องสูงที่สุดอยู่ที่เวอร์ชัน 1 มีความถูกต้องในการวินิจฉัยโรคขอบใบแห้ง 87.5% และ โรคไหม้ 74%, เวอร์ชัน 2 ระบบมีความถูกต้องในการ

ตรวจวินิจฉัยโรคขอบใบแห้ง 73.5% และ โรคไหม้ 84.5% และเวอร์ชัน 3 ระบบมีความถูกต้องในการวินิจฉัยโรคขอบใบแห้ง 70% และ โรคไหม้ 79% ตามลำดับ **(Table 4)** โดยภาพลักษณะอาการโรคขอบใบแห้งและโรคไหม้ที่สามารถตรวจวินิจฉัยได้จะต้องมีลักษณะอาการที่ชัดเจน มีระยะห่างจากเลนส์ไม่เกิน 10 เซนติเมตร ใบข้าวที่แสดงอาการอยู่กึ่งกลางภาพ และพื้นหลังเป็นแปลงนาสภาพตามธรรมชาติและพบว่าภาพที่ไม่สามารถตรวจวินิจฉัยได้ถูกต้อง หรือไม่สามารถวินิจฉัยได้จะเป็นภาพที่มีลักษณะอาการที่ไม่คมชัด ถ่ายภาพในระยะห่างจากเลนส์เกิน 10 เซนติเมตร และใบข้าวที่แสดงอาการหรือบาดแผลไม่อยู่กึ่งกลางภาพ หรือมีแสงของพื้นหลังที่รบกวนการรู้จำของระบบ ดังแสดงในภาพ **Figure6 และ Figure 7** นอกจากนี้ยังพบว่าการเพิ่มชนิดของโรคเข้าไปในการพัฒนาระบบการวินิจฉัยโรคข้าวมีผลกระทบโดยตรงต่อระดับความถูกต้องในการรู้จำของระบบเรียนรู้เชิงลึกที่พัฒนาขึ้น โดยพบว่าหากระบบฝึกสอนและทดสอบเพียงโรคไหม้และโรคขอบใบแห้งจะให้ความถูกต้องในการวินิจฉัยของโรคได้ถูกต้องสูง โดยมีค่าเฉลี่ยความถูกต้องในการวินิจฉัยโรคไหม้ 86.46% และค่าเฉลี่ยความถูกต้องในการวินิจฉัยโรคขอบใบแห้ง 90.33% ในขณะที่การเพิ่มชนิดของโรคในการฝึกสอนระบบการเรียนรู้เชิงลึกในโมเดลเวอร์ชัน1 ถึงเวอร์ชัน3 พบว่าค่าเฉลี่ยความถูกต้องในการวินิจฉัยโรคขอบใบแห้งลดลงเหลือ 87.5%, 73.5% และ 70.0% ตามลำดับ ซึ่งอาจเนื่องมาจากลักษณะอาการของหลายโรคมีความใกล้เคียงหรือคล้ายกัน โดยเฉพาะโรคขอบใบแห้ง กับโรคใบแถบแดง จากการนำตัวอย่างภาพลักษณะโรคใบแถบแดงมาทดสอบระบบการวินิจฉัยเวอร์ชัน 1 และ 2 พบว่าระบบวินิจฉัยเป็นโรคขอบใบแห้งและแยกออกจากโรคใบแถบแดงด้วยความถูกต้องมากกว่า 75% แต่ในเวอร์ชันที่ 3 ที่มีการเพิ่มโรคใบแถบแดงเข้าไปฝึกสอนระบบกลับพบว่าทำทำให้การวินิจฉัยเป็นโรคขอบใบแห้งมีความถูกต้องลดลงเป็น 60% ในขณะที่ค่าเฉลี่ยความถูกต้องในการวินิจฉัยโรคไหม้ในแต่โมเดลเวอร์ชันต่างๆ มีค่า 74.0%, 84.5% และ 79.0% ตามลำดับ โดยพบโมเดลเวอร์ชันที่ 2 สามารถวินิจฉัยโรคไหม้ได้ถึง 84.7% อันเนื่องมาจากเพิ่มภาพโรคไหม้ที่มีความหลากหลายของอาการเพิ่มจากเวอร์ชัน1 เข้าไปทำให้วินิจฉัยได้ดีกว่าเดิม และประสิทธิภาพลดลงในเวอร์ชันที่ 3 ลดลงจากเดิมเนื่องจากลักษณะอาการโรคไหม้มีความใกล้เคียงกันกับโรคกาบใบเน่าที่เพิ่มเข้าไปในโมเดลนี้ทำให้โมเดลเวอร์ชันที่ 3 มีประสิทธิภาพในการวินิจฉัยลดลงเหลือ 79.0%

Table 2 Dataset of Rice bacterial blight and Blast disease images used in this study.

Disease	No. of image data			Total
	Training Set	Validation Set	Testing Set	
Blight	866	205	120	1191
Blast	805	200	120	1125

Table 3 Average Precision (AP) of deep learning models on detecting Rice bacterial Blight and Blast diseases.

Disease	Average Precision (AP)					
	Faster R-CNN Inception V2	Faster R-CNN ResNet 101	RetinaNet ResNet 50	RetinaNet ResNet 101	Mask R-CNN ResNet 101	YOLOv3 Darknet
Blight	86.22	84.94	29.75	27.84	88.83	90.33
Blast	77.98	63.05	40.89	41.87	84.95	86.46
mAP	70.96	51.86	36.11	35.48	75.92	79.19

Table 4 Sensitivity of disease diagnosis performance via Application LINE (Rice Disease Linebot) / usage environment

model version	Disease	Experimental Results			Sensitivity (%)
		True Positive	False Negative		
			Misdiagnosed	Unidentified	
1	blight	175	11	14	87.50
	blast	148	1	51	74.00
	sum	323	12	65	80.75
2	blight	147	40	13	73.50
	blast	169	2	29	84.50
	sum	316	42	42	79.00
3	blight	140	39	21	70.00
	blast	158	1	41	79.00
	sum	298	40	62	74.50

Figure 6 Example of the identification performance of bacterial leaf blight disease based on YOLOv3 model.

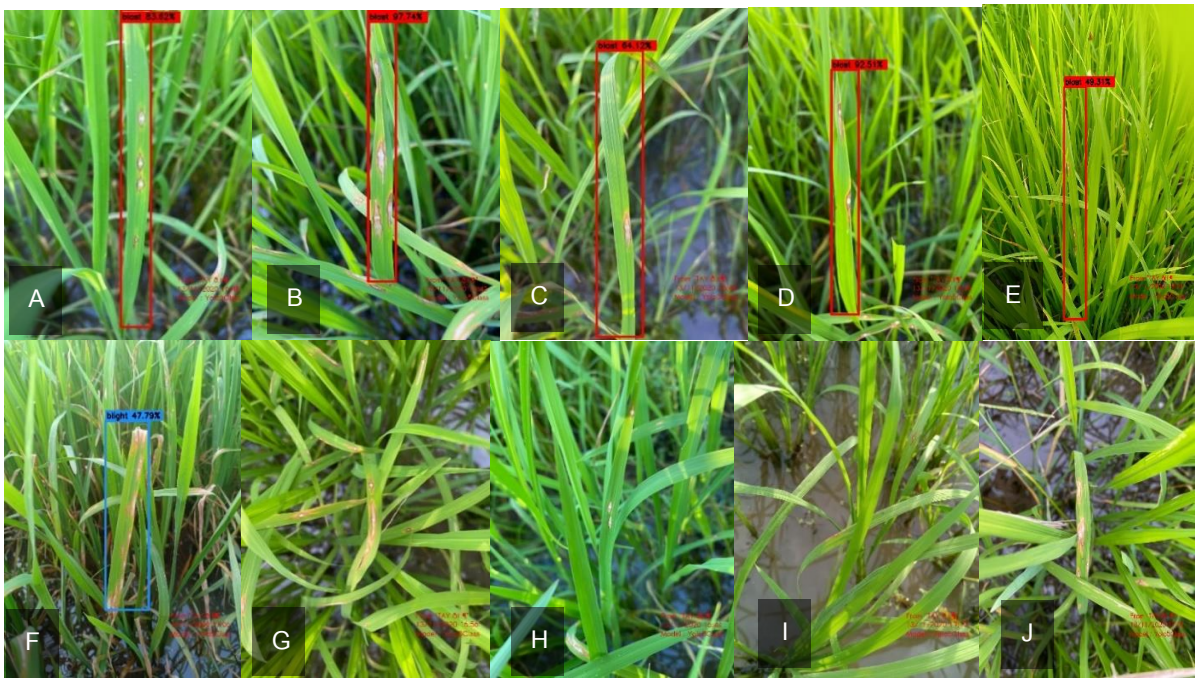

Figure 7 Example of the identification performance of rice blast disease based on YOLOv3 model

จากการศึกษางานวิจัยก่อนหน้าพบว่ามีการพัฒนาโมเดลเพื่อตรวจวินิจฉัยโรคขอบใบแห้งและโรคไหม้ โดยใช้การวิเคราะห์ภาพถ่าย อาทิเช่น Yao et al. (2009) ทำการพัฒนาโมเดลเพื่อใช้ในการตรวจวินิจฉัยโรคขอบใบแห้งและโรคไหม้ด้วยเทคนิค SVM โดยใช้ภาพถ่ายในการฝึกสอนระบบและภาพทดสอบระบบอย่างละ 36 รูป ได้ค่าความถูกต้อง 97.20% แต่ไม่ได้ทดสอบการใช้งานในภาคสนาม ต่อมา Phadikar et al. (2012) ทำการพัฒนาโมเดลเพื่อใช้ในการตรวจวินิจฉัยโรคไหม้ด้วยเทคนิค SVM และเทคนิค Bayes โดยใช้ภาพถ่ายในการฝึกสอนระบบและภาพทดสอบระบบจำนวน 1,000 รูป ได้ค่าความถูกต้อง 68.10% และ 79.50% ตามลำดับ ในขณะที่ Mohan et al. (2016) ทำการพัฒนาโมเดลเพื่อใช้ในการตรวจวินิจฉัยโรคขอบใบแห้งและโรคไหม้ด้วยเทคนิค SVM และเทคนิค k-Nearest Neighbor Classification (k-NN) ใช้ภาพถ่ายโรคขอบใบแห้งและโรคไหม้ ใช้ภาพในการฝึกสอนระบบจำนวน 90 รูป และภาพทดสอบระบบ 30 รูป ได้ค่าความถูกต้อง 91.10% และ 93.33% ตามลำดับแต่ไม่ได้ทดสอบในภาคสนามเช่นกัน เมื่อเปรียบเทียบกับโมเดล YOLOv3 ทั้งสามเวอร์ชั่น ในงานวิจัยนี้กับโมเดลอื่นจากงานวิจัยก่อนหน้า พบว่าโมเดลในงานวิจัยนี้มีค่าความถูกต้องในระดับใกล้เคียงกัน โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 80.75%, 79.00% และ 74.50% ตามลำดับ จึงถือว่าเป็นโมเดล YOLOv3 ที่มีประสิทธิภาพสูงกว่า อย่างไรก็ตามพบว่าการจัดจำแนกโรคขอบใบแห้งและโรคไหม้ของข้าว ด้วยการวิเคราะห์ภาพถ่ายด้วยเทคนิคเรียนรู้เชิงลึกอย่างเทคนิค YOLOv3 ยังมีข้อจำกัดในการวินิจฉัยโรคข้าว โดยเฉพาะภาพที่ถ่ายระยะห่างจากเลนส์เกิน 10 เซนติเมตร จะทำให้ความถูกต้องลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งจำเป็นต้องมีการเพิ่ม algorithm ในการจำแนกลักษณะเฉพาะของโรค เช่น สี(color) เนื้อ(texture) รูปร่าง(shape) และขอบแผล(edge) (Prabira et al. 2020; Feng et al. 2020) นอกจากนี้การเก็บรวบรวมข้อมูลภาพอาการมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่งต่อการพัฒนาการเรียนรู้เชิงลึก โดยจะต้องเก็บภาพอาการให้มีความหลากหลายของแผลหรือลักษณะอาการให้ครอบคลุมทุกระยะของโรค เป็นภาพที่ใกล้การใช้งานจริงคือภาพถ่ายในแปลงนา ซึ่งภาพที่นำมานั้นจะต้องมีความถูกต้องและได้รับการรับรองจากผู้เชี่ยวชาญ และยังจำเป็นต้องทวนสอบความถูกต้องของโมเดลโดยผู้เชี่ยวชาญ เนื่องจากยังมีการจำแนกโรคภาพอาการได้ผิดอยู่ที่ 19.25-25.5 % จากภาพที่ระบบไม่เคยเรียนรู้มาก่อน เมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยของ Phadikar et al. (2012) ซึ่งมีค่าความผิดพลาดในการจำแนกอาการของโรคจากภาพถ่ายอยู่ที่ 20.5-31.9% พบว่าโมเดล YOLOv3 เวอร์ชั่น1 สามารถวินิจฉัยภาพได้ถูกต้องมากกว่าระบบอื่นๆ ที่เคยรายไว้ อย่างไรก็ตามผลการวินิจฉัยชนิดของโรคมีผลโดยตรงต่อการตัดสินใจในการเลือกวิธีการควบคุมโรคของผู้ใช้เทคโนโลยีนี้ การใช้บริการเทคโนโลยีนี้ในปัจจุบันจึงจำเป็นต้องมีผู้เชี่ยวชาญทางด้านโรคพืชร่วมตรวจความถูกต้องและให้คำแนะนำร่วม เพื่อประกอบการตัดสินใจของผู้ใช้เทคโนโลยีต่อไป และจำเป็นต้องพัฒนาโมเดลใหม่ต่อไปในอนาคตที่จะเพิ่มถูกต้องในการวินิจฉัยให้สูงขึ้น

สรุป

การศึกษาในครั้งนี้ได้ประสบความสำเร็จในการพัฒนาเทคนิคการเรียนรู้เชิงลึกในการรู้จำโรคขอบใบแห้งและโรคไหม้ของข้าวโดยอาศัยภาพถ่ายลักษณะอาการ พบว่าเทคนิคการเรียนรู้เชิงลึกที่มีประสิทธิภาพในการตรวจหาโรคข้าวจากภาพถ่ายได้อย่างมีประสิทธิภาพคือเทคนิค YOLOv3 เวอร์ชัน 1 โดยมีค่าความถูกต้องในการจำแนกโรคขอบใบแห้งอยู่ที่ 87.50% และ โรคไหม้ 74.00% อย่างไรก็ตามเทคนิคดังกล่าวจะมีประสิทธิภาพในการวิเคราะห์ลดลงเมื่อ ทดสอบกับภาพถ่ายอาการที่ไม่คมชัด หรืออยู่ในระยะไกล นอกจากนี้ยังพบว่าหากโมเดลมีการเรียนรู้ชนิดของโรคเพิ่มขึ้นจะทำให้ความถูกต้องลดลง เนื่องจากระบบจะต้องเรียนรู้และจดจำความแตกต่างของลักษณะทางสรีระวิทยาของข้าวที่ผิดปกติในแต่ละโรค บางโรคมีลักษณะอาการที่ใกล้เคียงกันมาก และในแต่ละโรคก็มีอาการแสดงหลายระยะ ซึ่งในแต่ละระยะนั้นก็มีลักษณะอาการที่แตกต่างกันออกไป ดังนั้นเทคนิคนี้ยังจำเป็นต้องมีผู้เชี่ยวชาญ คอยให้คำแนะนำ และตรวจสอบความถูกต้องของระบบควบคู่ไปกับการใช้งานแอปพลิเคชันดังกล่าว

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากทุนสถาบันบัณฑิตวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีไทย (TGIST) รหัสทุน TG-22-11-61-055M และโครงการโมบายแอปพลิเคชันเพื่อการวินิจฉัยโรคข้าวโดยใช้การวิเคราะห์ภาพถ่ายและปัญญาประดิษฐ์ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์วิจัยและนวัตกรรม (อว.)

เอกสารอ้างอิง

กองวิจัยและพัฒนาข้าว. 2559. องค์ความรู้เรื่องข้าว. แหล่งข้อมูล: http://www.ricethailand.go.th/rkb3/contacts.htm. ค้นถึงเมื่อ 18 มิถุนายน 2564.

คมชัดลึก. 2562 . ลามหนัก โรคไหม้คอรวงข้าวระบาด ระดมไตรโคเดอร์มาป้องกัน. แหล่งข้อมูล: https://www.komchadluek.net/news/agricultural/396560. ค้นเมื่อ 8 มีนาคม 2563.

ปริศนา วงค์ล้อม. 2558. การประเมินโครงสร้างประชากรของเชื้อ *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* สาเหตุโรคขอบใบแห้งของข้าว. วิทยานิพนธ์ปริญญาดุษฎีบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร.

พูนศักดิ์ เมฆวัฒนากาญจน์ และ วีณา เมฆวัฒนากาญจน์. 2559. โรคไหม้ของข้าว. โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, อุบลราชธานี.

พูนศักดิ์ เมฆวัฒนากาญจน์, พะยอม ศรีจำปา, อัจฉราพร ณ ลำปาง เนินพลับ, ถนอมจิตร์ ฤทธิ์มนตรี, กุลชนา เกศสุวรรณ, ธวัทชัย พรหมรักษา และสงวน เที่ยงดีฤทธิ์. ม.ป.ป.. ผลงานวิจัยฉบับเต็มเพื่อขอประเมินเพื่อแต่งตั้งให้ดำรงตำแหน่งนักวิชาการเกษตร 8 ว. / พูนศักดิ์เมฆวัฒนากาญจน์. อุบลราชธานี. กลุ่มวิจัย ศูนย์วิจัยข้าวอุบลราชธานี สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตร เขตที่ 4.

วิชัย โฆสิตรัตน. 2549. บทปฏิบัติการแบคทีเรียโรคพืช. ภาควิชาโรคพืช คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, นครปฐม.

ศูนย์ติดตามและแก้ไขปัญหาภัยพิบัติด้านการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2562. รายงานสถานการณ์ภัยพิบัติด้านการเกษตร วันที่ 4 ธันวาคม 2562. แหล่งข้อมูล: https://www.moac.go.th/warning-preview-412991791943. ค้นเมื่อ 29 มิถุนายน 2564.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2563. สถิติการเกษตรของประเทศไทย ปี 2562, กรุงเทพมหานคร.

สรินนา อ่ำรุ่ง, ธิดา เดชฮวบ, เนตรนภิส เขียวขำ, อรอุมา เพียซ้าย, วันวิสา ศิริวรรณ์ และ ศรีเมฆ ชาวโพงพาง. 2561. การจำแนกเชื้อรา *Pyricularia* species ที่แยกจากข้าวและหญ้าด้วยลักษณะสัณฐานวิทยา และ *Pot2* rep–PCR Identification of *Pyricularia* Species Isolated from Rice and Grasses using Morphological Characteristics and *Pot2* rep–PCR. วิทยาศาสตร์เกษตร. 49 (1): 27–43.

สุคนธา เจริญศรี. 2546. สารจากพืชสกุล aglaia (meliaceae) ที่มีฤทธิ์ต่อเชื้อรา *Pyricularia oryzae* cav. สาเหตุโรคไหม้ในข้าว. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (พฤกษศาสตร์), มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร.

อาทิตย์ กุคำอู. 2560. เทคโนโลยีการผลิตข้าวนาชลประทาน ในเขตภาคเหนือตอนล่าง. ศูนย์วิจัยข้าวพิษณุโลก กองวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการข้าว. พิษณุโลก.

Adachi, N., and O. K. U. Takashi. 2000. PCR-mediated detection of *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* by amplification of the 16s–23s rdna spacer region sequence. Journal of General Plant Pathology. 66: 303-309.

Disthaporn, S. 1994. Current rice blast epidemics and their management in Thailand. Rice Blast Disease, CAB International, Wallingford, UK.

Feng, J., L. Yang, C. Yu, C. Di, and L. Gongfa. 2020. Image recognition of four rice leaf diseases based on deep learning and support vector machine. Computers and Electronics in Agriculture. 179: 1-9.

International Rice Research Institute. n.d. Rice Knowledge Bank Your information source for rice farming. Retrieved February 12, 2021, from http://www.knowledgebank.irri.org/decision-tools/rice-doctor/rice-doctor-fact-sheets.

International Rice Research Institute. 2013. Standard Evaluation System for Rice. 5th Edn., International Rice Research Institute, Manila, Philippines.

Kiratiratanapruk, K.., P. Temniranrat, A. Kitvimonrat, W. Sinthupinyo, and S. Patarapuwadol. 2020. Using Deep Learning Techniques to Detect Rice Diseases from Images of Rice Fields. IEA/AIE International Conference on Industrial, Engineering and Other Applications of Applied Intelligent Systems. Springer. 12144: 225-237.

Kauffman, H.E., A. Reddy, S.P.Y. Hsieh, and S.D. Merea. 1973. An improved technique for evaluating resistance of rice varieties to *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae*. Plant Disease Reporter. 57: 537-541.

Mew, T. W. 1989. An overview of the world bacterial blight situation, P. 7 - 12. In Proceedings of the International Workshop on Bacterial Blight of Rice. The International Rice Research Institute. Manila, Philippines.

Mohan, KJ., M. Balasubramanian, and S. Palanivel. 2016. Detection and recognition of diseases from paddy plant leaf images. International Journal of Computer Applications. 144: 34–41.

Ou, S.H. 1985. Rice diseases. 2nd. Commonwealth Mycological Institute, Kew, United Kingdom.

Phadikar, S., J. Sil, and A.K. Das. 2012. Classification of rice leaf diseases based on morphological changes. International Journal of Information and Electronics Engineering. 2: 460-463.

Prabira, K.S., K.B. Nalini, K.R. Amiya, and K.B. Santi. 2020. Image processing techniques for diagnosing rice plant disease : A survey. Procedia Computer Science. 167: 516-530.

Yao, Q., Z. Guan, Y. Zhou, J. Tang, Y. Hu, and B. Yang. 2009. Application of Support Vector Machine for Detecting Rice Diseases Using Shape and Color Texture Features, pp. 79 – 83. In Proceedings of the International Conference on Engineering Computation 2-3 May 2009. Hong Kong, China.