



การประมาณค่าผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ด้วยภาพถ่ายทางอากาศร่วมกับดัชนีพืชพรรณ NDVI

Estimating of Maize Yield Using UAV Images and NDVI Index

ภูมิชัย ตรัยดลานนท์ และ เกียรติศักดิ์ แสงประดิษฐ์*

Phoomchai Traidalanon and Kiattisak Sangpradit*

สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12110

Department of Agricultural Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Pathum Thani, THAILAND

*Corresponding author e-mail: k.sangpradit@rmutt.ac.th

ARTICLE INFO

ABSTRACT

Article history:

Received: November 24, 2022

Revised: January 27, 2023

Accepted: February 1, 2023

Available online: April 5, 2023

DOI: 10.14456/jarst.2023.3

Keywords: Aerial mapping, UAVs, NDVI, multi-wavelength photograph, maize yield estimation

The objective of this research is to study the relationship of the maize growth using an aerial geographic mapping with an unmanned aerial-vehicle (UAV) in order to forecast the actual number of yielded maizes. The work was done using Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), acquired from considering the reflection of light waves Red (668 nm), Green (560 nm), NIR (842 nm) and Red Edge (717 nm). The study area was in Lam Sai, Wang Noi District, Phra Nakhon Sri Ayutthaya Province, started from June to November 2021. The experimental area was 12,467 square meters, separated into 198 blocks of 6x10 square meters. In the experiment, the area was divided into area A, prepared without soil improvement and B, with soil improvement, each measured 5,600 square meters in size. The result, after collecting the data for 107 days, showed that the relationship between NDVI and weight of maize seed can be described with linear regression, where the acquired yield forecast is $Y = 0.67X - 30.927$, with 95% level of confidence and 61% r-squared value. Furthermore, the correlation was calculated to be 78% when comparing the yield approximation of the entire area with the weight of harvested seeds. In addition, seeds at 30%

humidity are 3,208 kilograms and 2,999 kilograms for area A and B, respectively. When compared to the areas consisting NDVI 50-59%, 60-69, 70-79%, 80-89% and 90-100%, the error was calculated to be 1.75 and 1.67, respectively.

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาค่าความสัมพันธ์ของการเจริญเติบโตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ด้วยภาพถ่ายทางอากาศแบบหลายคลื่นแสงเพื่อประมาณการผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ด้วยดัชนีพืชพรรณ NDVI โดยการใช้การสะท้อน ของคลื่นแสงสีแดง สีเขียว สีน้ำเงิน เนียร์อินฟราเรด และขอบแสงสีแดง ซึ่งมีความยาวคลื่น 668, 560, 475, 842 และ 717 นาโนเมตร ตามลำดับ ทำการศึกษาที่ อำเภอลำทะเมนชัย จังหวัดนครราชสีมา ในช่วงเดือนมิถุนายน ถึงเดือนพฤศจิกายน 2564 พื้นที่ทดลองขนาด 12,467 ตารางเมตร หรือประมาณ 7.8 ไร่ แบ่งเป็น 2 แปลง คือ แปลง A ไม่มีการปรับปรุงดินก่อนเพาะปลูก และแปลง B มีการปรับปรุงก่อนเพาะปลูก มีขนาดแปลงละ 3.5 ไร่ เก็บข้อมูลตั้งแต่ระยะเริ่มปลูกจนถึงระยะเก็บเกี่ยวรวม 107 วัน ผลการวิจัยจากการเก็บข้อมูลจำนวน 10 พื้นที่ตัวอย่าง โดยพิจารณากลุ่มตัวอย่างจากค่าความสมบูรณ์ 5 ระดับ พบว่า จากความสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนีพืชพรรณ NDVI กับน้ำหนักของเมล็ดข้าวโพด สามารถอธิบายได้ด้วยการวิเคราะห์ค่าทางสถิติถดถอยเชิงเส้นตรง และได้ค่าการประมาณการผลผลิตเท่ากับ $Y = 0.67X - 30.927$ ที่ระดับความมั่นใจ 95% และ R Square 61% และความสัมพันธ์เป็นไปในทิศทางเดียวกันด้วยความสัมพันธ์ 78% เมื่อนำมาประมาณการผลผลิตบนพื้นที่ทั้งหมด เปรียบเทียบกับค่าผลผลิตน้ำหนักเมล็ดด้วยการเก็บเกี่ยวภาคพื้นดิน ความชื้นเมล็ดข้าวโพดที่ 30 % ของแปลง A เท่ากับ 3,208 กิโลกรัม แปลง B เท่ากับ 2,999 กิโลกรัม เปรียบเทียบกับพื้นที่ ที่มีดัชนีพืชพรรณ NDVI อยู่ในช่วง 50-59%, 60-69, 70-79%, 80-89% และ 90-100%

ที่ข้าวโพดอายุ 82 วัน ซึ่งได้ผลผลิตน้ำหนักเมล็ดของแปลง A เท่ากับ 3,265 กิโลกรัม และ แปลง B เท่ากับ 3,050 กิโลกรัม พบความคลาดเคลื่อนร้อยละ 1.75 และ 1.67 ตามลำดับ

คำสำคัญ: การทำแผนที่ทางอากาศ UAVs NDVI ภาพถ่ายความยาวคลื่นหลายคลื่น การประมาณค่าผลผลิตข้าวโพด

บทนำ

ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เป็นพืชเศรษฐกิจสำคัญของประเทศไทย ผลผลิตที่ได้ส่วนใหญ่ใช้ในอุตสาหกรรมอาหารสัตว์ ซึ่งมีความต้องการใช้เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจนถึงปัจจุบัน ตามการขยายตัวของอุตสาหกรรมการผลิตอาหารสัตว์ในขณะที่ผลผลิตยังไม่เพียงพอต่อความต้องการใช้ในประเทศ จึงต้องนำเข้าจากต่างประเทศ โดยในปี 2564-2565 ประเทศไทยนำเข้าข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ปริมาณ 1.8 ล้านตัน มูลค่ารวมสูงถึง 12,723 ล้านบาท [1] และจากรายงานโครงการ Agricultural Outlook 2021-2030 ขององค์การเพื่อการร่วมมือทางเศรษฐกิจและการพัฒนา (OECD) และ องค์การอาหารและการเกษตรแห่งสหประชาชาติ (FAO) ระบุว่าใน 7 ปีข้างหน้า ความต้องการใช้ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ทั่วโลกจะเพิ่มขึ้น 116 ถึง 787 ล้านตัน [2] ประเทศไทยสามารถผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในปี 2565 ได้เพียง 4.9 ล้านตัน เฉลี่ยเป็น 735 กิโลกรัม/ไร่/รอบ ซึ่งไม่เพียงพอต่อความต้องการภายในประเทศที่มีความต้องการใช้ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ 9 ล้านตัน ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งสำหรับเกษตรกร เนื่องจากมีตลาดรองรับ

ผลผลิต โดยเฉพาะ การปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์หลังนา เนื่องจากเป็นพืชอายุสั้นและใช้น้ำน้อย [3]

การเกษตรแบบใหม่ หรือ Smart Farm เป็นการนำเทคโนโลยีมาบริหารจัดการระบบการเพาะปลูก สามารถติดตามและวางแผนการเพาะปลูก เก็บข้อมูลมาวิเคราะห์และแก้ไขปัญหาการปลูกแบบเรียลไทม์ พร้อมแสดงข้อมูลการเจริญเติบโตและสามารถทำนายผลผลิตจากข้อมูลการเพาะปลูกได้ [4] เทคโนโลยีในการสำรวจภาพถ่ายทางอากาศ โดยการใช้ภาพถ่ายทางดาวเทียมสามารถนำมาใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลและค่าดัชนีต่าง ๆ ของพืชพรรณได้ เช่น การวิเคราะห์ความสมบูรณ์ของพื้นที่เพาะปลูกด้วย NDVI แต่ก็ยังมีข้อจำกัดในเรื่องความละเอียดของภาพถ่ายดาวเทียมนั้นยังไม่เหมาะกับพื้นที่ครอบคลุมน้อยกว่า 40 กิโลเมตร [5] ภาพถ่ายทางอากาศจากโดรน หรือ อากาศยานไร้คนขับ (UAV) จึงมีบทบาทสำคัญเพราะมีความละเอียดของภาพต่อพิกเซลที่สูงกว่าภาพถ่ายทางดาวเทียม เช่น เมื่อถ่ายภาพจากระดับความสูง 100 เมตร จะได้ความละเอียดของภาพ 8 เซนติเมตรต่อพิกเซล เมื่อเปรียบเทียบกับภาพถ่ายทางดาวเทียมของ Sentinel-2 ที่มีความละเอียดของภาพเพียง 10 ถึง 60 เมตรต่อพิกเซล ในระดับความสูง 40 กิโลเมตร [6] นอกจากนี้การทำฟาร์มแบบเกษตรแม่นยำเป็นหนึ่งในการปฏิวัติทางการเกษตรที่เน้นการบริหารที่ถูกต้องในสถานที่ อัตรา และเวลาที่เหมาะสม ทั้งในเรื่องการใช้ปุ๋ยของยาฆ่าแมลง หรือ ไถพรวนและการชลประทานเพื่อเพิ่มผลผลิตหรือคุณภาพของพืชผลและ ลดการใช้ปุ๋ยและยาฆ่าแมลง [7]

ดัชนีพืชพรรณ NDVI สามารถคำนวณได้จากผลต่างของการการนำค่าสะท้อนของคลื่นแสงเนียร์อินฟราเรด และคลื่นแสงสีแดง จากใบพืช โดยถ้าใบพืชมีการสะท้อนของ คลื่นแสงเนียร์อินฟราเรด มากจะแสดงให้เห็นว่าพืชมีความอุดมสมบูรณ์มากกว่าพืชที่มีการสะท้อนของคลื่นแสงเนียร์อินฟราเรดที่น้อย [8] แต่ทั้งนี้ยังมีข้อจำกัดในการใช้ภาพถ่ายจากโดรนที่ใช้กล้องมัลติสเปกตรัมซึ่งยังมีราคาสูงมากในปัจจุบัน เพื่อ

ถ่ายภาพแบบหลายช่วงคลื่นแสง เพื่อนำมาใช้ในการคำนวณหาดัชนีพืชพรรณเช่นกัน แต่อย่างไรก็ตามยังมีดัชนีพืชพรรณบางตัวที่สามารถการใช้คลื่นแสงสีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน หรือ RGB ในการคำนวณหาได้เช่นกันเช่น Visible Atmospherically Resistant Index (VARI) และ Green Leaf Index (GLI) ณัฏฐา วิจารณ์สกุล และคณะ ได้ศึกษา การใช้ภาพถ่ายดิจิทัลเพื่อประเมินพื้นที่ใบของข้าว โดยการถ่ายภาพที่ความสูง 1 เมตร เหนือทรงพุ่มต้นข้าวที่ช่วงอายุ 20, 40, 60, 80 และ 100 วัน หลังปลูก แต่ละครั้งจะถ่ายภาพ 3 ช่วงเวลา คือ 08:00, 12:00 และ 16:00 น. วัดพื้นที่ใบด้วยเครื่องวัดพื้นที่ใบ อัตโนมัติ พบว่าการวัดพื้นที่ใบข้าวเพื่อใช้ในการวิเคราะห์แนวโน้มการเจริญเติบโตของข้าวโดยไม่มีการทำลายตัวอย่างพืชนั้นมีความแม่นยำที่สุดในช่วงเวลา 12.00 น. ซึ่งมีแสงสว่างที่สุด แต่โดยรวมแล้วยังคงไม่มีความแม่นยำมากพอ เนื่องจากยิ่งพืชมีการเจริญเติบโตจะยิ่งมีใบเพิ่มขึ้นทำให้เกิดการซ้อนทับกัน ทำให้การวิเคราะห์คาดเคลื่อนตามไปด้วย [9] สุรพร ขอนพิกุล และคณะ ศึกษา การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเพาะปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในประเทศไทยและแนวทางการลด เพื่อการผลิตรายังยืน โดยพบว่า ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากสถานการณ์ปัจจุบันมีมากถึง 1.6 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า สาเหตุหลักเนื่องมาจากการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนร้อยละ 83 และมาจากการเผาเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรร้อยละ 17 นอกจากนี้การผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ของประเทศไทยส่วนใหญ่มีลักษณะที่ไม่เหมาะสม เนื่องจากการปลูกในพื้นที่ลาดชันและอยู่ในเขตป่าไม้ ทำให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในปริมาณสูง ก่อให้เกิดปัญหาหมอกควันจากการเผาป่าและไร่ข้าวโพด อีกทั้งยังเป็นการสูญเสียพื้นที่ป่าอนุรักษ์ต้นน้ำ พบว่าการปลูกข้าวโพดในพื้นที่ราบและในพื้นที่ที่เหมาะสมนั้น จะช่วยเพิ่มผลผลิตต่อไร่ ช่วยลดปริมาณการใช้ปุ๋ยและสารเคมีกำจัดวัชพืช ซึ่งการแก้ปัญหาหมอกพิษทางอากาศ ปัญหาหมอกควันที่เกิด

จากการเผาเศษวัสดุทางการเกษตร ต้องมีการหาแนวทางเพื่อการจัดการเศษวัสดุด้วยการนำไปแปรรูปทำเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่ง (RDF) หรือการนำไปผลิตเป็นปุ๋ยหมัก (ปุ๋ยอินทรีย์) จากการวิจัยนี้ การปรับปรุงในสถานการณ์จำลองโดยการใช้ปุ๋ยสังเคราะห์ สามารถลดค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ถึงร้อยละ 22 และปรับปรุงโดยการใช้ปุ๋ยสังเคราะห์รวมกับการย้ายพื้นที่ปลูกและการจัดการชีวมวลอย่างถูกต้องเหมาะสม พบว่าจะสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ร้อยละ 48 [10] ปาณทัช เจริญโสง และ คณะ ได้ศึกษา การตอบสนองของดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอนัลไลซ์ต่อปุ๋ยไนโตรเจน ในข้าวโพดข้าวเหนียวโดยใช้ภาพถ่ายจากอากาศยานไร้คนขับ ซึ่งทำการบันทึกภาพถ่ายสีผสมจริงและภาพถ่ายหลายช่วงคลื่น เมื่อข้าวโพดมีการเจริญเติบโตในระยะ R1 ซึ่งมีอายุ 66 วัน จากผลการคำนวณค่า NDVI พบว่าพื้นที่บริเวณร่องทางเดินระหว่างแปลงมีค่าน้อยที่สุดคือ 0.16 และพื้นที่บริเวณต้นข้าวโพดที่มีทรงพุ่มเปียดมึค่ามากที่สุดคือ 0.96 โดยการตอบสนองค่า NDVI ต่อปริมาณปุ๋ยไนโตรเจนนั้นมีความสัมพันธ์ในทิศทางบวก โดยมีค่าเพิ่มมากขึ้นตามปริมาณปุ๋ยไนโตรเจน นอกจากนี้มีการทดสอบการให้ปุ๋ย 4 ตารับ และมีผลผลิตดังนี้ ตารับ 1 ไม่ใส่ปุ๋ย ให้ผลผลิต 401.65 กิโลกรัมต่อไร่ สำหรับตารับ 2 ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 23 กิโลกรัมต่อไร่ ให้ผลผลิต 1,316.25 กิโลกรัมต่อไร่ ส่วนตารับ 3 และ 4 ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 20 และ 32 กิโลกรัมต่อไร่ ให้ผลผลิต 1,306.22 และ 1,316.25 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญเชิงสถิติ การทดสอบนี้เมื่อถึงระดับหนึ่งข้าวโพดข้าวเหนียวจะเริ่มตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนในรูปผลผลิตน้อยลง แต่ความสัมพันธ์ระหว่าง NDVI กับผลผลิตยังอยู่ในระดับมีความสัมพันธ์มาก [12] ปริยานันท์ สอนทับทิม และคณะ ได้ศึกษา การประเมินผลผลิตอ้อยด้วยข้อมูลการรับรู้จากระยะไกล ในจังหวัดนครสวรรค์ โดยดัชนีพืชพรรณที่นำมาใช้คือ NDCI, NDRE, NDVI ซึ่งพบว่าดัชนี NDRE มีความสัมพันธ์กับผลผลิตอ้อยดีที่สุด และอายุ

อ้อย 8-10 เดือน ค่าความแม่นยำของประมาณการผลิตดีที่สุด การวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณแบบขั้นตอน SMLR มีประสิทธิภาพมากกว่าการใช้เทคนิคแปลงแบบ PCA โดยถ้าผลผลิตอ้อยสูงขึ้น ค่าการสะท้อนแสงจะลดลง โดยการประเมินผลผลิตอ้อยด้วยวิธี SMLR จะให้ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจสูงกว่าการประเมินผลผลิตอ้อยด้วยดัชนีพืชพรรณ [13] จีรวัฒน์ โนดโสง และคณะ ได้ศึกษา การศึกษาความเป็นไปได้ในการทำนายผลผลิตอ้อยในแปลงโดยใช้ดัชนีพืชพรรณ NDVI, Clred edge และปริมาตรจากแบบจำลองพื้นผิวเชิงตัวเลข โดยเก็บรวบรวมภาพถ่ายอ้อยในแปลงจากกล้องถ่ายภาพหลายช่วงคลื่น (Multispectral camera) แบบ 5 ช่วงคลื่น (Red, Green, Blue, NIR และ RedEdge) ซึ่งติดตั้งบนอากาศยานไร้คนขับ เพื่อประมวลผลและคำนวณค่าดัชนี พร้อมทั้งวิเคราะห์ความสัมพันธ์ พบว่า การทำนายผลผลิตอ้อยในแปลงโดยใช้ดัชนีพืชพรรณ (NDVI และ Clred edge) และปริมาตรจากแบบจำลองพื้นผิวเชิงตัวเลขมีค่า $r = 0.77, 0.78$ และ 0.87 ตามลำดับ ค่าดัชนีทั้ง 3 ค่า สมการที่ทำนายผลผลิตอ้อยได้ดีที่สุดคือ ปริมาตรจากแบบจำลองพื้นผิวเชิงตัวเลข [14] Etienne David และคณะ ได้ทำการศึกษาการตรวจจับและการนับพืชจากภาพ RGB ความละเอียดสูงที่ได้รับจาก UAV: การเปรียบเทียบระหว่างวิธี Deep Learning กับ Handcrafted ในข้าวโพด ปีหน้ำตาล และพืชทานตะวัน โดย Deep Learning (DL) จะให้ Machine ฝึกกับรูปภาพที่เลือกมาที่ Represent แต่ละช่วงการเติบโตของพืช และ Handcrafted (HC) จะมีกฎเกณฑ์ต่าง ๆ เช่น แบ่งส่วนพิกเซลของสีเกี่ยวกับพื้นหลัง แยกแถวและ Object ที่เกี่ยวกับพืชจากความรู้การหว่าน ผลคือ DL ทำได้ดีกว่าโดยเฉพาะข้าวโพดและทานตะวัน แต่ปัญหาของทั้ง 2 วิธีคือจะทำงานได้แย่งถ้าคุณภาพของรูปไม่ดี และสำหรับ DL จะทำงานได้แย่งอีกถ้ามีวัชพืช ดังนั้นจึงมีวิธีที่ 3 คือ Hybrid (HY) จะใช้กฎของ HC มาร่วมด้วย ซึ่งทำให้ทำงานดีกว่า DL เล็กน้อย หลังจากนั้นจึงใช้ Active learning คือการเพิ่มภาพที่เกี่ยวข้องกับเงื่อนไข

ของชุดข้อมูลเพื่อฝึกฝน DL จะทำให้พัฒนาประสิทธิภาพได้ดีมาก

อย่างไรก็ตาม การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตเพื่อเพิ่มผลผลิต ลดต้นทุน รวมถึงการใช้ทรัพยากรในการผลิตอย่างคุ้มค่า และเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม จำเป็นต้องใช้เทคโนโลยีการผลิต ที่เหมาะสมกับสภาพพื้นที่ ทั้งในด้านการคัดเลือก พื้นที่ปลูก การจัดการดิน ปุ๋ยและน้ำ การจัดการศัตรูพืช รวมถึงการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม โดยวัตถุประสงค์ของการศึกษานี้ คือการหาค่าความสัมพันธ์ของการเจริญเติบโตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ด้วยภาพถ่ายทางอากาศเพื่อประมาณการผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ด้วยดัชนีพืชพรรณ NDVI

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมพื้นที่เพาะปลูก

พื้นที่การวิจัยตั้งอยู่ที่บริษัท เคเอสพี อีควิเมนต์ จำกัด ตำบลลำไทร อำเภอน้อย จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ประเทศไทย ดังแสดงในรูปที่ 1 และได้ทำการศึกษาวิจัยเป็นระยะเวลา 6 เดือน เริ่มตั้งแต่มิถุนายนถึงพฤศจิกายน 2564 บนพื้นที่ทดลอง 12,467 ตารางเมตร หรือประมาณ 7.8 ไร่ แบ่งเป็น 2 แปลง ขนาดแปลงละ 3.5 ไร่ มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อเปรียบเทียบความเจริญเติบโตและผลผลิตของน้ำหนักลมัดข้าวโพด ของพื้นที่ที่มีการปรับปรุงดินและไม่ปรับปรุงดิน โดย แปลง A ไม่มีการปรับปรุงดินค่าความเป็นกรดเป็นด่างก่อนเพาะปลูก และแปลง B มีการปรับปรุงความเป็นกรดเป็นด่างของดินให้อยู่ในระดับ pH 5.5-6.5 ก่อนเพาะปลูก ซึ่งเป็นค่าที่เหมาะสมในการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ในพื้นที่ที่มีลักษณะเนื้อดินเป็นดินเหนียว รวมไปถึงน้ำที่ใช้ในการเพาะปลูกควรมีค่า pH 5.6-6.5 เช่นเดียวกัน [1] รูปที่ 2 แสดงตำแหน่งการเก็บตัวอย่างดินและน้ำเพื่อตรวจสอบคุณภาพก่อนการเพาะปลูก ซึ่งในแปลง A พบค่าดินมีค่า pH เฉลี่ยที่ 4.4 ซึ่งมีความเป็นกรดสูง ในขณะที่แปลง B พบค่าดินมีค่า pH เฉลี่ย 5.3 จึงใช้เป็นแปลงที่มีการปรับปรุงดิน

โดยใช้ ปูนขาว $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ในปริมาณ 740 กิโลกรัมต่อไร่ ในการปรับสภาพดิน ซึ่งหลังจากการปรับสภาพดินเป็นเวลา 2 สัปดาห์ ของแปลง B พบค่าดินมีค่า pH เฉลี่ยเพิ่มขึ้นอยู่ที่ 6.0 ส่วนแนวทางการปรับสภาพค่า pH ของน้ำได้ใช้ มูลไก่ ในการลดค่ากรด ซึ่งจากการวัดค่า pH เฉลี่ยของน้ำหลังการปรับสภาพ วัด pH ได้ 4.5 ซึ่งยังถือว่าเป็นกรด และยังไม่เหมาะสมต่อการเพาะปลูกพืช



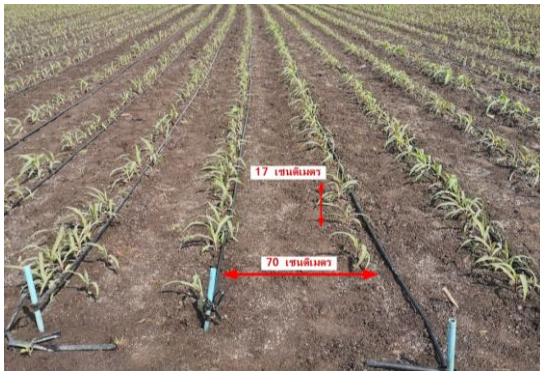
รูปที่ 1 พื้นที่ศึกษาวิจัย



รูปที่ 2 ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินและน้ำในพื้นที่ที่วัดค่าก่อนการเพาะปลูก

เมล็ดพันธุ์ของข้าวโพดที่ใช้ในการปลูกทดสอบคือ พันธุ์ CP303 อายุข้าวโพดที่พร้อมในการเก็บเกี่ยวผลผลิต อยู่ในช่วง 105 ถึง 115 วัน ข้าวโพดพันธุ์นี้สามารถปลูกได้ทั้งในที่ราบและเนินเขา โดยต้องมีดินอุดมสมบูรณ์และมีฝนตกชุก คาดการณ์ผลผลิตเฉลี่ยอยู่ที่ 1,500-2,000 กก./ไร่ ที่ความชื้น 25-30% [12] โดยระยะการหยอดเมล็ดปลูกข้าวโพดจะห่างกัน 17 เซนติเมตร 1 ต้นต่อหลุม และระยะห่างระหว่างแถวห่าง

กัน 70 เซนติเมตร ซึ่งเท่ากับ 13,400 ต้น/ไร่ ดังแสดงในรูปที่ 3 ระยะเวลากการให้ปุ๋ยแบ่งออกเป็น 3 ระยะ คือ 14 25 และ 40 วัน ตามลำดับ

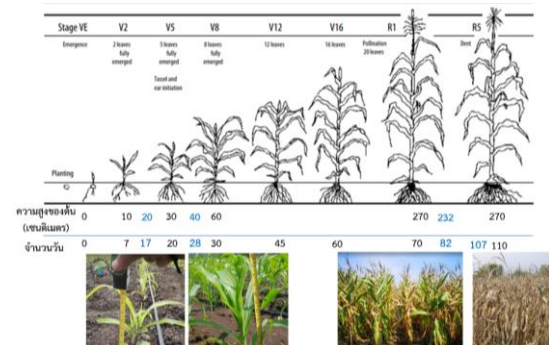


รูปที่ 3 ระยะห่างระหว่างต้นและระหว่างแถวของการปลูกข้าวโพด

2. การศึกษาผลผลิต

วัตถุประสงค์ที่ 2 ของงานวิจัยนี้ คือ การประมาณค่าผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ด้วยภาพถ่ายทางอากาศร่วมกับดัชนีพืชพรรณ NDVI และหาช่วงอายุที่เหมาะสมในการใช้ภาพถ่ายทางอากาศมาประมาณการณผลผลิต โดยการใช้ข้อมูลภาคพื้นดินของการเจริญเติบโตตามวัฏจักรของข้าวโพดตั้งแต่ปลูกจนถึงเก็บเกี่ยว ซึ่ง O’Keeffe, Kieran [15] ได้แบ่งไว้ 8 ระยะ ดังนี้ 1) Stage VE คือระยะเริ่มหยอดเมล็ดลงแปลงปลูก 2) V2 คือระยะที่ต้นข้าวโพดมี 2 ใบ และความสูงที่ 10 เซนติเมตร ในระยะเวลา 7 วันจากการปลูก 3) V5 คือระยะที่ต้นข้าวโพดมี 5 ใบ และความสูงที่ 30 เซนติเมตร ในระยะเวลา 20 วันจากการปลูก 4) V8 คือระยะที่ต้นข้าวโพดมี 8 ใบ และความสูงที่ 60 เซนติเมตร ในระยะเวลา 7 วันจากการปลูก 5) V12 คือระยะที่ต้นข้าวโพดมี 12 ใบ ในระยะเวลา 45 วันจากการปลูก 6) V16 คือระยะที่ต้นข้าวโพดมี 16 ใบ ในระยะเวลา 60 วันจากการปลูก 7) R1 คือ ระยะการออกรวงไหมจนถึงระยะฝักอ่อน มี 20 ใบ และความสูงที่ 270 เซนติเมตร ในระยะเวลา 70 วันจากการปลูก 8) R5 คือ ระยะที่ฝักเริ่มแห้งพร้อมเก็บเกี่ยวและสีของใบจะเริ่มเป็นสีน้ำตาล

เหลือง มีความสูงที่ 270 เซนติเมตร ในระยะเวลา 110 วันจากการปลูก รูปที่ 4 แสดงการเจริญเติบโตของข้าวโพดในพื้นที่ทดลองในช่วงอายุ 17 วัน ซึ่งจัดอยู่ในช่วง V4 เนื่องจากมีจำนวนใบ 4 ใบและมีความสูงอยู่ที่ 20 เซนติเมตรเป็นช่วงระหว่างระยะ V2 และ V5 ระยะ 28 วัน จัดอยู่ในระยะ V7 เนื่องจากมีจำนวนใบ 7 ใบและมีความสูงอยู่ที่ 40 เซนติเมตรเป็นช่วงระหว่างระยะ V5 และ V8 ระยะ 82 วัน เป็นระยะที่ใช้ในการใช้ดัชนีพืชพรรณ NDVI เพื่อประมาณการผลผลิตของน้ำหนักเมล็ดข้าวโพด โดยพิจารณาจากค่าความสมบูรณ์ 5 ระดับ ของทรงพุ่มต้นข้าวโพดในช่วง 50-59%, 60-69%, 70-79%, 80-89% และ 90-100% เนื่องจากระยะนี้เป็นระยะที่ต้นข้าวโพดออกรวงไหมและเริ่มมีฝัก และ ระยะ 107 วัน เป็นระยะที่เริ่มเก็บเกี่ยวข้าวโพด เนื่องจากเป็นระยะที่ ฝักแห้งมีความชื้นไม่เกิน 30%

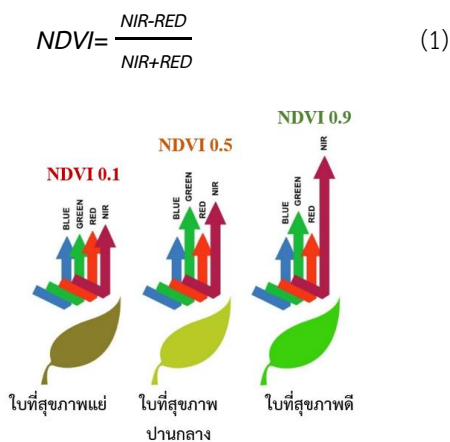


รูปที่ 4 ระยะการเจริญเติบโตของข้าวโพดตั้งแต่เริ่มปลูกจนถึงเก็บเกี่ยว

3. การศึกษาดัชนีพืชพรรณ

ดรชนีพืชพรรณ (Vegetation Index หรือ VI) คือ ค่าที่บอกถึงสัดส่วนของพืชพรรณที่ปกคลุมพื้นผิว โดยการคำนวณจากการนำช่วงคลื่นที่เกี่ยวข้องกับพืชพรรณมาทำสัดส่วนซึ่งกันและกัน ซึ่งมีหลายดรชนีที่นิยมใช้ในการคำนวณ คือ NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), NDRE (Normalized Difference Red-Edge Index), GNDVI (Green Normalized Difference Vegetation Index), CCCI

(Canopy Chlorophyll Content Index), Cgreen (Chlorophyll Index Green), MSAVI (Modified Soil Adjusted Vegetation Index) ในการศึกษาครั้งนี้จะใช้ค่า NDVI ซึ่งเป็นวิธีการที่นิยมใช้มากกว่าดัชนีพืชพรรณอื่น โดยการนำค่าความแตกต่างของการสะท้อนของพื้นผิว ระหว่างช่วงคลื่นเนียร์อินฟราเรด กับช่วงคลื่นสีแดงที่ตามองเห็น มาทำสัดส่วนกับค่าผลบวกของทั้งสองช่วงคลื่นเพื่อปรับให้เป็นลักษณะการกระจายแบบปกติ ดังสมการที่ (1) ทำให้ผลลัพธ์ NDVI มีค่าอยู่ระหว่าง -1 ถึง 1 ซึ่งสามารถแปลผลได้ดังนี้ ค่า 0 หรือ 0.1 หมายถึงไม่มีพืชพรรณใบเขียว หรือมีพืชพรรณใบเขียวอยู่น้อยมากในบริเวณพื้นที่สำรวจ ในขณะที่ ถ้าค่า NDVI เข้าใกล้ 1 เช่น 0.8 หรือ 0.9 หมายถึง พื้นที่ที่สำรวจ มีพืชพรรณใบเขียวที่หนาแน่น ดังแสดงในรูปที่ 5 กรณีที่พื้นผิวมีพืชพรรณปกคลุมจะมีค่าการสะท้อนในช่วงคลื่นเนียร์อินฟราเรดสูงกว่าช่วงคลื่นตามองเห็นสีแดง ทำให้ NDVI มีค่าเป็นบวก ในขณะที่ถ้าพื้นผิวที่สำรวจเป็นดินจะมีค่าการสะท้อนระหว่างสองช่วงคลื่นใกล้เคียงกันทำให้ NDVI มีค่าใกล้เคียงกับศูนย์ ส่วนกรณีที่พื้นผิวเป็นน้ำ จะมีค่าการสะท้อนในช่วงคลื่นเนียร์อินฟราเรด ต่ำกว่าช่วงคลื่นตามองเห็นสีแดง ทำให้ NDVI มีค่าติดลบ

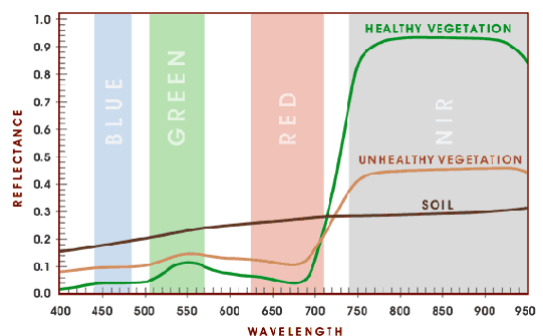


รูปที่ 5 เปรียบเทียบระดับการสะท้อนของคลื่นแสงเนียร์อินฟราเรด 3 ระดับของใบพืช ที่มีผลต่อดัชนีพืชพรรณ

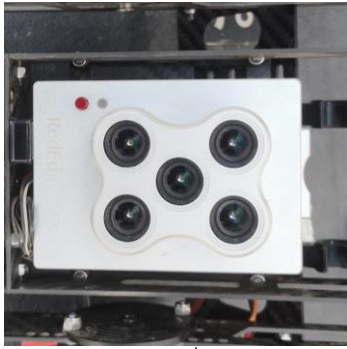
ช่วงการสะท้อนของคลื่นแสงจากภาพมัลติสเปกตรัม จะมีค่าคลื่นแสงสีน้ำเงินอยู่ในช่วง 440 – 480 นาโนเมตร คลื่นแสงสีเขียวอยู่ในช่วง 505 – 570 นาโนเมตร คลื่นแสงสีแดงอยู่ในช่วง 625 – 710 นาโนเมตร และ คลื่นแสงเนียร์อินฟราเรด อยู่ในช่วง 740 – 950 นาโนเมตร ดังแสดงในรูปที่ 6 ในงานวิจัยนี้ได้ใช้กล้องมัลติสเปกตรัม MicaSense RedEdge-MX จากบริษัท AgEagle Aerial Systems Inc ดังแสดงในรูปที่ 7 ซึ่งมีค่าการสะท้อนของคลื่นแสงสีน้ำเงินที่ 475 นาโนเมตร คลื่นแสงสีเขียวที่ 560 นาโนเมตร คลื่นแสงสีแดงที่ 668 นาโนเมตร คลื่นแสงขอบสีแดงที่ 717 และ คลื่นแสงเนียร์อินฟราเรดที่ 840 นาโนเมตร มาใช้คำนวณหาค่าดัชนีพืชพรรณ NDVI ในงานวิจัยนี้ ซึ่งจะได้สมการในการคำนวณ NDVI ดังสมการที่ 2 คือ

$$NDVI = \frac{(NIR(840)nm - RED(668)nm)}{(NIR(840)nm + RED(668)nm)} \quad (2)$$

เมื่อ NIR (840) nm คือ ค่าสะท้อนของคลื่นแสงเนียร์อินฟราเรดที่ 840 นาโนเมตร
RED (668) nm คือ ค่าสะท้อนของคลื่นแสงสีแดงที่ 840 นาโนเมตร

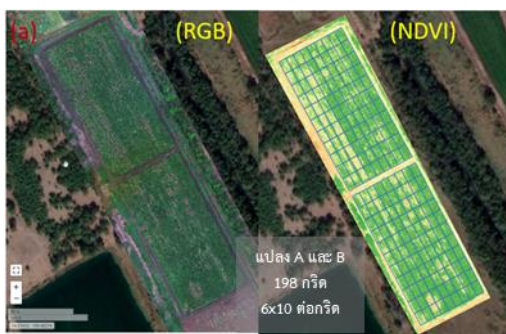


รูปที่ 6 ช่วงการสะท้อนของคลื่นแสงที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์หาค่าดัชนีพืชพรรณ

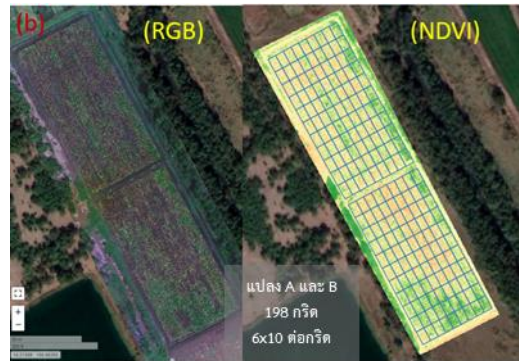


รูปที่ 7 กล้องมัลติสเปกตรัมที่ใช้ในงานวิจัย

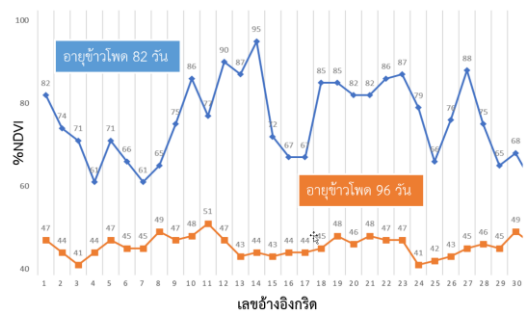
การศึกษาครั้งนี้ได้คำนวณ NDVI เมื่ออายุของข้าวโพดมีอายุ 82 วันเนื่องจากเป็นช่วงที่มีค่า NDVI และความสมบูรณ์สูงสุด และมีความสัมพันธ์กับค่าผลผลิตอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งแสดงให้เห็นพื้นที่สีเขียวในพื้นที่ปลูกและค่า NDVI เฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.5 - 1 หรือ 50 % - 100% ดังแสดงในรูปที่ 8 สูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับข้าวโพดช่วงอายุข้าวโพด 96 วัน ดังแสดงในรูปที่ 9 พบว่ามีพื้นที่สีเขียวลดลง และ ค่า NDVI เฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.4 - 0.7 หรือ 40 % - 70% โปรแกรม OpenDronMap ได้ถูกนำมาใช้ในการรวมภาพถ่ายเพื่อสร้างภาพถ่ายเชิงพื้นที่แบบออร์โธ ดังแสดงในรูปที่ 8 และ 9 (RGB) ในขณะที่โปรแกรม QGIS ได้ถูกนำมาใช้ในการแบ่งพื้นที่แปลงทั้งหมดให้เป็นกริดย่อย เพื่อใช้ในการคำนวณหาค่า NDVI ใน แต่ละแปลง โดยทั้งแปลง A และ B แบ่งกริดขนาด 6x10 เมตรจะได้ 99 กริดต่อแปลง รวมทั้งแปลง A และ B เป็นจำนวน 198 กริด ดังแสดงในรูปที่ 8 และ 9 (NDVI)



รูปที่ 8 ภาพถ่ายเปรียบเทียบ RGB และ NDVI เมื่ออายุข้าวโพด 82 วัน



รูปที่ 9 ภาพถ่ายเปรียบเทียบ RGB และ NDVI เมื่ออายุข้าวโพด 96 วัน



รูปที่ 10 ความสัมพันธ์ของเปอร์เซ็นต์ความสมบูรณ์ในแต่ละกริด ของแปลง B เมื่ออายุข้าวโพด 82 วัน และเมื่ออายุข้าวโพด 96 วัน

กราฟแสดงค่าความสัมพันธ์ของเปอร์เซ็นต์ความสมบูรณ์ NDVI ของทรงพุ่มต้นข้าวโพด ในแต่ละกริดของแปลง B เมื่ออายุข้าวโพด 82 วัน และเมื่ออายุข้าวโพด 96 วัน แสดงดังรูปที่ 10 โดยแกน Y จะแสดงเลขอ้างอิงกริดเริ่มตั้งแต่กริดที่ 1 ถึง กริดที่ 99 แกน X แสดงเปอร์เซ็นต์ความสมบูรณ์ NDVI ในแต่ละกริด ซึ่งจากกราฟแสดงให้เห็นว่าค่า เปอร์เซ็นต์ NDVI ของข้าวโพด อายุ 96 วัน ลดลงเป็นสัดส่วนกว่า 40% เมื่อเทียบกับ ข้าวโพด อายุ 82 วัน ซึ่งเมื่อคำนวณค่าเฉลี่ยจะพบว่า NDVI เฉลี่ย ของอายุข้าวโพด 82 วันอยู่ในช่วง 0.5-1 หรือ 50 % - 100% ในขณะที่ NDVI เฉลี่ย ของอายุข้าวโพด 96 วันอยู่ในช่วง 0.4 - 0.7 หรือ 40 % - 70%

4. การประเมินผลทดสอบงานวิจัย

การประเมินผลทดสอบของงานวิจัยกับข้อมูลภาคพื้นดิน ได้แบ่งการเก็บข้อมูลออกเป็น 2 ส่วนดังนี้ 1) หาค่าเฉลี่ยรวม NDVI ของแปลงที่ปรับปรุงดินและไม่ปรับปรุงดินเพื่อเทียบกับข้อมูลน้ำหนักเมล็ดของการเก็บเกี่ยวรวมในแต่ละแปลง และ 2) สุ่มเก็บข้อมูลจำนวน 10 พื้นที่ตัวอย่าง ในพื้นที่สองแปลง โดยพิจารณาตัวแทนกลุ่มตัวอย่างจากค่าความสมบูรณ์ 5 ระดับ ของทรงพุ่มต้นข้าวโพดในช่วง 50-59%, 60-69%, 70-79%, 80-89% และ 90-100% เพื่อเทียบกับข้อมูลน้ำหนักเมล็ดของการเก็บเกี่ยว ทั้ง 10 กริดตัวอย่าง ที่ขนาดของกริดเท่ากับ 6x10 เมตร โดยการหาค่าเฉลี่ยรวมของดัชนี NDVI ในพื้นที่ทดลองทั้งหมดทั้งพื้นที่แปลง A ไม่ปรับปรุงดิน และ แปลง B ปรับปรุงดิน เพื่อเปรียบเทียบค่า NDVI ของทั้งสองแปลง ซึ่งคำนวณหาจากการแบ่งกริดของพื้นที่แปลง A และ B ออกเป็นแปลงละ 99 กริด รวมทั้งสองแปลงมี 198 กริด ที่มีขนาดกริดละ 6x10 เมตร ดังแสดงในรูปที่ 8 และ 9 และรูปที่ 11 แสดงตัวอย่างค่า เปอร์เซนต์ NDVI ในแต่ละกริดของพื้นที่แปลง B ที่มีการปรับปรุงดิน ซึ่งในแต่ละกริดจะมีค่าตัวเลขที่แสดงเปอร์เซนต์ NDVI ซึ่งคำนวณหาจากสมการที่ 2 พร้อมทั้งรายงานตำแหน่งละติจูด ลองจิจูดของกริดนั้น ๆ



รูปที่ 11 ตัวอย่างค่า NDVI ในแต่ละกริดของพื้นที่แปลง B ที่มีการปรับปรุงดิน

ผลการศึกษาและอภิปรายผล

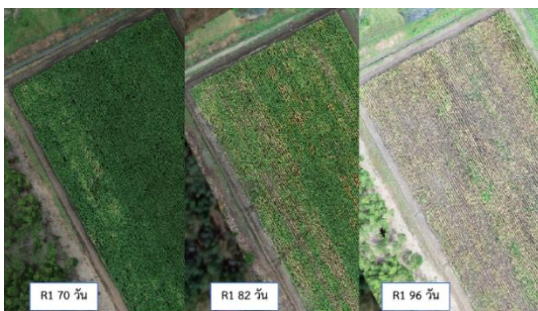
การวางแผนการเพาะปลูกเป็นไปตามวัฏจักรของข้าวโพดตั้งแต่ปลูกจนถึงเก็บเกี่ยว 8 ระยะ โดยการเตรียมแปลงเพาะปลูกทั้งสองแปลงเริ่มขึ้นในวันที่ 2 มิถุนายน พ.ศ. 2564 จากนั้นปลูกข้าวโพดพร้อมเมล็ดในวันที่ 26 มิถุนายน พ.ศ. 2564 และเก็บเกี่ยวข้าวโพดในวันที่ 11 ตุลาคม พ.ศ. 2564 รวมระยะเวลาปลูกจนถึงเก็บเกี่ยวรวมทั้งหมด 107 วัน โดยได้วางแผนการบินเพื่อเก็บข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศ 7 ครั้ง ครั้งที่ 1 ก่อนเริ่มเพาะปลูก ครั้งที่ 2 ระยะ V3 ครั้งที่ 3 ระยะ V5 ครั้งที่ 4 ระยะ V8 ครั้งที่ 5 6 และ 7 ในระยะ R1 ที่อายุข้าวโพด 70 วัน 82 วัน และ 96 วัน ข้อมูลภาพถ่ายก่อนเริ่มเพาะปลูก และอายุข้าวโพด 21 หรือในระยะข้าวโพด 3 ใบ V3 รวมไปถึงภาพถ่ายของข้าวโพดในระยะข้าวโพด 60 วัน หรือ V8 จะยังไม่ได้นำมาใช้ในการคำนวณค่าเปอร์เซนต์ NDVI เนื่องจากยังมีค่าคลื่นสะท้อนของแสงเนียร์อินฟราเรดอยู่ในระดับต่ำ ซึ่งภาพถ่ายทางอากาศของข้าวโพดแปลง B ระยะก่อนเริ่มเพาะปลูก V0 ระยะ V3 อายุข้าวโพด 21 วัน และ ระยะ V8 อายุข้าวโพด 60 วัน แสดงดังรูปที่ 12



รูปที่ 12 ภาพถ่ายทางอากาศ ระยะ VE,V3 และ V8 ของแปลง B

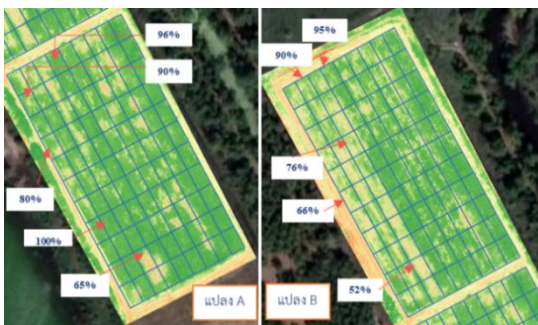
เมื่ออายุข้าวโพดอยู่ในระยะ R1 หรือ ระยะที่ข้าวโพดเริ่มออกรวงใหม่และเริ่มมีฝักนั้น ภาพถ่ายทางอากาศในระยะนี้ได้ถูกนำมาใช้เพื่อคำนวณค่าดัชนีพืชพรรณ NDVI เพื่อประมาณการเทียบกับผลผลิตที่ได้จริง โดยในช่วงระยะ R1 ได้มีการเก็บข้อมูลภาพถ่าย 3 ครั้ง

ด้วยกันคือ เมื่ออายุข้าวโพด 70 วัน 82 วัน และ 96 วัน ตามลำดับ และจากการคำนวณค่าดัชนีพืชพรรณ NDVI พบว่าภาพถ่ายทางอากาศของอายุข้าวโพด 82 วัน มีความสัมพันธ์สอดคล้องกับผลผลิตที่ได้มากที่สุด เมื่อเทียบกับอายุข้าวโพด 70 วัน และ 96 วัน เนื่องจากค่าดัชนีพืชพรรณ NDVI อยู่ในช่วง 0.5 - 1 หรือ 50 % - 100% กระจายตัวมากที่สุด ดังแสดงในกราฟรูปที่ 10 รูปที่ 13 แสดงภาพถ่ายทางอากาศเมื่ออายุข้าวโพด 70 วัน 82 วัน และ 96 วัน ของแปลง B



รูปที่ 13 ภาพถ่ายทางอากาศเมื่ออายุข้าวโพด 70 วัน 82 วัน และ 96 วัน ของแปลง B

กลุ่มตัวอย่าง 10 กริดที่เก็บข้อมูลจากทั้งแปลง A และแปลง B ได้ถูกนำมาใช้คำนวณทางสถิติเพื่อประมาณผลผลิตน้ำหนักของเมล็ดข้าวโพดเทียบกับดัชนี NDVI ของแต่ละกริด ซึ่งพิจารณาเลือกกริดจากค่าความสมบูรณ์ NDVI 5 ระดับ ของทรงพุ่มต้นข้าวโพดในช่วง 50-59%, 60-69%, 70-79%, 80-89% และ 90-100% ดังแสดงในรูปที่ 14



รูปที่ 14 เปอร์เซนต์ NDVI ของ 10 กริดกลุ่มตัวอย่างที่มีค่า NDVI อยู่ในช่วง 50% ถึง 100%

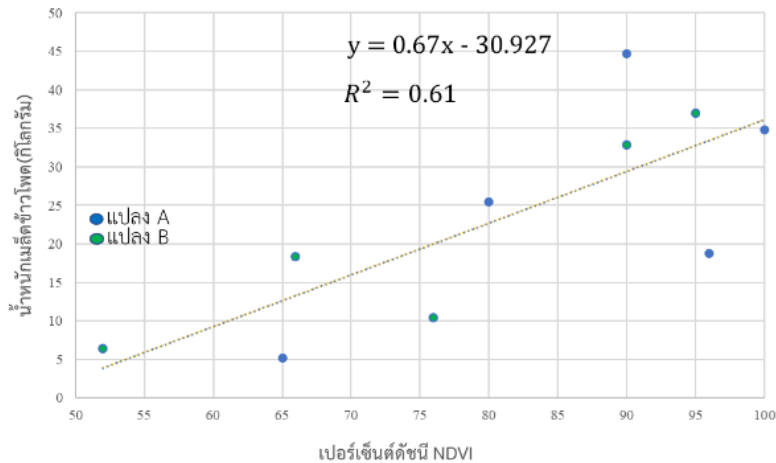
ค่าผลผลิตน้ำหนักเมล็ดจากข้อมูลการเก็บเกี่ยวภาคพื้นดิน 10 กริดเทียบกับเปอร์เซ็นต์ดัชนี NDVI ในช่วง 50% ถึง 100 % แสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าเปอร์เซ็นต์ดัชนี NDVI และน้ำหนักเมล็ดที่ได้จากแต่ละกริดของแปลง A และ B

เปอร์เซ็นต์ดัชนี NDVI	แปลง	น้ำหนักเมล็ด (กิโลกรัม)
52	B	6.4
65	A	5.2
66	B	18.3
76	B	10.4
80	A	25.4
90	A	44.67
90	B	32.8
95	B	36.9
96	A	18.8
100	A	34.8

ข้อมูลค่าผลผลิตน้ำหนักเมล็ดข้าวโพดและเปอร์เซ็นต์ดัชนี NDVI จากตารางที่ 1 ได้ถูกนำมาใช้ในการหาสมการการประมาณค่าผลผลิตน้ำหนักเมล็ดด้วยการคำนวณแบบสถิติเชิงเส้นถดถอยซึ่งแปรผลได้ว่าความสัมพันธ์ของน้ำหนักเมล็ดข้าวโพดและเปอร์เซ็นต์ดัชนี NDVI มีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกันและสัมพันธ์กันร้อยละ 78 ที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95 และ ค่า R square ร้อยละ 61 ของน้ำหนักเมล็ดสามารถอธิบายได้ด้วยเปอร์เซ็นต์ดัชนี NDVI แบบมีนัยยะสำคัญทางสถิติ ดังแสดงในกราฟรูปที่ 15

เมื่อนำค่าที่ได้จากการคำนวณสถิติเชิงเส้นถดถอยมาประมาณการน้ำหนักเมล็ดข้าวโพดจากเปอร์เซ็นต์ดัชนี NDVI เทียบกับน้ำหนักเมล็ดข้าวโพดจากการเก็บเกี่ยวในแต่ละกริดจริง แสดงให้เห็นในตารางที่ 2



รูปที่ 15 ค่าความสัมพันธ์ทางสถิติแบบเชิงเส้นถดถอยของน้ำหนักรวมเมล็ดข้าวโพดกับเปอร์เซ็นต์ดัชนี NDVI

ตารางที่ 2 ค่าร้อยละ NDVI และน้ำหนักรวมเมล็ดข้าวโพด

เปอร์เซ็นต์ ดัชนี NDVI	แปลง	น้ำหนักรวมเมล็ดที่เก็บ เกี่ยวจริง (กิโลกรัม)	น้ำหนักรวมเมล็ดจากการ ประมาณค่า (กิโลกรัม)
52	B	6.4	3.91
65	A	5.2	12.62
66	B	18.3	13.29
76	B	10.4	19.99
80	A	25.4	22.67
90	A	44.67	29.37
90	B	32.8	29.37
95	B	36.9	32.72
96	A	18.8	33.39
100	A	34.8	36.07

เมื่อค่าเปอร์เซ็นต์ดัชนี NDVI เท่ากับ 52 พบค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ระหว่างค่าน้ำหนักรวมเมล็ดที่เก็บเกี่ยวจริงและน้ำหนักรวมเมล็ดที่ได้จากการประมาณค่า คิดเป็นร้อยละ 2.48 ในขณะที่ค่าเปอร์เซ็นต์ดัชนี NDVI เท่ากับ 80 พบค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ระหว่างค่าน้ำหนักรวมเมล็ดที่เก็บเกี่ยวจริงและน้ำหนักรวมเมล็ดที่ได้จากการประมาณค่า คิดเป็นร้อยละ 2.72 และเมื่อค่าเปอร์เซ็นต์ดัชนี NDVI เท่ากับ 90 95 และ 100 พบค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ระหว่างค่าน้ำหนักรวมเมล็ดที่เก็บเกี่ยวจริงและน้ำหนักรวมเมล็ดที่ได้จากการประมาณค่าคิดเป็นร้อยละ 3.4 4.17 และ 1.27 ตามลำดับ

สรุปผล

การประมาณค่าผลผลิตน้ำหนักรวมเมล็ดข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ด้วยภาพถ่ายทางอากาศร่วมกับดัชนีพืชพรรณ NDVI เพื่อเปรียบเทียบความเจริญเติบโตและผลผลิตของน้ำหนักรวมเมล็ดข้าวโพด เฉลี่ยรวมของพื้นที่ที่มีการปรับปรุงดินและไม่ปรับปรุงดิน ด้วยการวางแผนการเพาะปลูกเป็นไปตามวัฏจักรของข้าวโพดตั้งแต่ปลูกจนถึงเก็บเกี่ยว 8 ระยะ ในพื้นที่ทดลองขนาด 12,467 ตารางเมตร หรือประมาณ 7.8 ไร่ และใช้ข้อมูลดัชนีพืชพรรณ NDVI เมื่ออายุข้าวโพด 82 วัน มาใช้ในการประมาณค่าผลผลิตน้ำหนักรวมเมล็ดข้าวโพด โดยการสะท้อนของ คลื่นแสงสีแดง ความยาวคลื่น 668 นาโนเมตร และเนียร์อินฟราเรด ความยาวคลื่น 840 นาโนเมตร ในการหาค่าดัชนีพืชพรรณ NDVI ผลการวิจัยจากการเก็บข้อมูลจำนวน 10 พื้นที่ตัวอย่างในพื้นที่สองแปลง โดยพิจารณาจากตัวอย่างจากค่าความสมบูรณ์ 5 ระดับ ของทรงพุ่มต้นข้าวโพดในช่วง 50-59%, 60-69%, 70-79%, 80-89% และ 90-100% พบว่า ความสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนีพืชพรรณ NDVI กับน้ำหนักรวมเมล็ดข้าวโพด ควรประมาณการผลผลิตเมื่อข้าวโพดมีอายุในช่วง 65-82 วัน หรือช่วงระยะการออกทรงพุ่มจนถึงระยะฝักอ่อน และเก็บเกี่ยวเมื่ออายุได้ 107 วัน หรือระยะฝักพร้อมเก็บเกี่ยว และการวัดน้ำหนักรวมเมล็ดข้าวโพดทั้ง 10 พื้นที่ พบว่าความสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนีพืชพรรณ NDVI กับน้ำหนักรวมเมล็ดข้าวโพด

ของเมล็ดข้าวโพดเป็นไปในทิศทางเดียวกันด้วยความสัมพันธ์ 78% ที่ระดับความมั่นใจ 95% และ R Square 61% ด้วยการวิเคราะห์ค่าทางสถิติถดถอยเชิงเส้นตรง ได้ค่าเท่ากับ $Y = 0.67X - 30.927$ และเมื่อนำมาประมาณการณผลผลิตบนพื้นที่ทั้งหมด แปลง A และ B พบว่าค่าการประมาณผลผลิตของน้ำหนัเมล็ดข้าวโพดด้วยภาพถ่ายทางอากาศร่วมกับดัชนีพืชพรรณ สามารถอธิบายค่าน้ำหนักได้สัมพันธ์กันเมื่อเปรียบเทียบกับค่าการวัดผลผลิตการเก็บเกี่ยวภาคพื้นดิน โดยผลผลิตน้ำหนักเมล็ด ความชื้นที่ 30 % ของแปลง A เท่ากับ 3,208.87 กิโลกรัม แปลง B เท่ากับ 2,999.8 กิโลกรัม เปรียบเทียบกับพื้นที่ ที่มีดัชนีพืชพรรณอยู่ในช่วง 50-59%, 60-69, 70-79%, 80-89% และ 90-100% ซึ่งได้ผลผลิตน้ำหนักเมล็ดเท่ากับ 8.6 กิโลกรัม, 15.3 กิโลกรัม, 22.7 กิโลกรัม, 29.3 กิโลกรัม และ 36.1 กิโลกรัม ตามลำดับ ซึ่งเมื่อนำสัดส่วนที่ได้มาประมาณการณผลผลิตของแปลง A เท่ากับ 3,265 กิโลกรัม และ แปลง B เท่ากับ 3,050 กิโลกรัม พบความคลาดเคลื่อนร้อยละ 1.75 และ 1.67 ตามลำดับ ทั้งนี้ผลผลิตของแปลง A ที่ไม่ได้มีการปรับปรุงค่าความเป็นกรดของดินแต่สามารถให้ผลผลิตที่มากกว่าแปลง B ที่มีการปรับปรุงดิน ซึ่งพบการให้ปุ๋ยอาจเป็นสาเหตุปัจจัยต่อการเจริญเติบโตของแปลง B โดยการวิเคราะห์จากค่าดัชนี NDVI ในช่วงระยะ V2 ถึง V8 รวมไปถึงระยะ R1 พบว่าแปลง B มีการเจริญ NDVI เฉลี่ยรวมน้อยกว่าแปลง A ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่าผลผลิตของน้ำหนัเมล็ดข้าวโพด ยังมีปัจจัยอื่น เช่น การให้ปุ๋ยตามความต้องการของพื้นที่นั้น ๆ การควบคุมโรคระบาดและแมลงศัตรูพืช นอกการการปรับปรุงดินก่อนเพาะปลูก ซึ่งทางผู้วิจัยได้ศึกษาการให้ปุ๋ยแบบแม่นยำและ การประเมินโรคระบาดและแมลงศัตรูพืชของข้าวโพด ซึ่งอยู่ในการทดสอบการปลูกในรอบเพาะปลูกถัด ๆ ไปเช่นกัน

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมเครื่องจักรกลการเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี และบริษัทเคเอสที อูปรณ์ จำกัด ที่ให้ความร่วมมือและสนับสนุนงานวิจัยนี้อย่างยิ่ง

เอกสารอ้างอิง

1. Department of Agriculture. Maize Production Technology [Internet]. 2019 [cited 2023 Jan 20]. Availability from: <https://www.doa.go.th/oard5/wpcontent/uploads/201909/km62.pdf>
2. OECD-FAO Agricultural Outlook 2021-2030. [Internet]. [cited 2023 Jan 20]. Availability from: <https://www.oecdilibrary.org>
3. Department of Agriculture [Internet]. [cited 2023 Jan 20]. Availability from: https://www.oae.go.th/assets/portals/1/fileups/forecastdata/files/forecast/situation/3S_MZ.pdf
4. ARDA. Smart Farming, Agricultural Research Development Agency (Public organization) [Internet]. 2018 [cited 2023 Jan 20]. Availability from: https://www.arda.or.th/knowledge_detail.php?id=6
5. Mitr Phol. Remote Sensing, Remote Sensing Technology [Internet]. 2018 [cited 2023 Jan 20]. Availability from: <https://www.mitrphol-modernfarm.com>
6. Paolo DF, Tania L, Alice C, Chiara G, Pasquale D, Marco M, et al. Multispectral sentinel-2 and SAR sentinel-1 integration for automatic land cover classification. Land. 2021;10(6):611.
7. David JM, Yuxin M. Precision Farming. In: Land Resources Monitoring, Modeling, and

- Mapping with Remote Sensing. 2016. p. 161-78.
8. Mulla DJ, Miao Y. 2015. Precision Farming. In: Land Resources Monitoring, Modeling, and Mapping with Remote Sensing. 1st ed. Imprint CRC Press; 2015. p. 161–78.
 9. Naphat R, Raksak S, Kriengkri K. Using digital image for estimation leaf area of rice. *Thai Science and Technology Journal*. 2020;28(9): 1717-24.
 10. Sureeporn K, Napat J, Jitti M. Assessment of greenhouses gas emission and mitigation from maize cultivation in thailand for sustainable production systems. *Thai Science and Technology Journal*. 2019;26(7):1176-96.
 11. Panath J, Sununtha K, Petchporn C, Yasushi K. NDVI response to nitrogen fertilizer application in waxy corn using uav imagery. *Khon Kaen Agriculture Journal*. 2020;48(5): 1068-81.
 12. Preeyanan S, Piyatida B, Waratchaya P, Arunprapa P. Sugarcane yield estimate from remotely sensed data in nakhon sawan province. Kasetsart University; 2019. p. 1-35.
 13. Nodthaisong C, Saengprachathanarug K, Chea C, Posom J, Wongpichet S, Konyai S, et al. Feasibility study of sugarcane yield prediction using NDVI, cired edge indice associated with volume of digital surface model (DSM). *Khon Kaen Agriculture Journal*. 2021;47(4):679–94.
 14. Etienne D, Gaëtan D, François J, Philippe B, Alexis C, Benoit de S, et al. Plant detection and counting from high-resolution RGB images acquired from UAVs: comparison between deep-learning and handcrafted methods with application to maize, sugar beet, and sunflower crops. *bioRxiv*. 2021; 1-18. doi: <https://doi.org/10.1101/2021.04.27.441631>
 15. Kieran O’Keeffe. Maize Growth & Development. Orange, N.S.W.: NSW Dept. of Primary Industries [Internet]. 2009 [cited 2023 Jan 20]. Availability from: <https://cornindustryppnikolakostic.wordpress.com/life-cycle-of-corn/>