

การประยุกต์ใช้ภาพถ่ายหลายช่วงคลื่นจากอากาศยานไร้คนขับขนาดเล็กในการติดตาม
การเจริญเติบโตและผลผลิตของถั่วเหลืองฝักสด พื้นที่ศูนย์วิจัยพืชไร่เชียงใหม่
The Application of Multispectral Unmanned Aerial Vehicles (UAVs)
for Evaluating the Yield of Vegetable Soybean
at the Chiang Mai Agricultural Research Center

ปานูมาศ เวชกร¹ โสพิศ ใจपालะ² จงรักษ์ พันธุ์ไชยศรี² ปรีชา กาเพ็ชร² จีราภรณ์ อินทสาร¹
วาสนา วิรุณรัตน์¹ และจักรพงษ์ ไชยวงศ์^{1*}
Panumas Wetchakorn¹, Sopit Jaipala², Jongrak Phunchaisri², Preecha Kaphet²
Jiraporn Inthasan¹, Vassana Virunrat¹ and Chackapong Chaiwong^{1*}

¹สาขาปฐพีศาสตร์ คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

²ศูนย์วิจัยพืชไร่เชียงใหม่ เชียงใหม่ 50290

¹Soil Science, Faculty Of Agricultural Production, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

²Chiang Mai Field Crops Research Center, Chiang Mai, Thailand 50290

*Corresponding author: chackapong@mju.ac.th

Received: September 22, 2023

Revised: September 18, 2024

Accepted: October 04, 2024

Abstract

The use of multispectral imagery from a small Unmanned Aerial Vehicle (UAVs) to monitor the growth and yield of vegetable soybean had as its objective to monitor the various stages of growth associated with yield by collecting aerial growth data at 4 stages from 7, 16, 31 and 61 days after sowing (DAS), and transforming the images into the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) and the visible light wavebands (red green and blue, RGB) The image data was used to establish a correlation between the growth stage and the yield of vegetable soybean. The results of the study showed that the area covered by vegetable soybean increased depending on the growth stage after seed germination from a minimum 7 days and a maximum of 61 days. The green content of the leaves was lowest after 7 days and highest after 31 days. The greenness of the leaves in the RGB image tended in the same direction as the NDVI image, with values closest to -1 at 7 days and closest to 1 at 31 days. The NDVI value at 31 DAS had the best relationship with planted area ($R^2=0.86$) with the highest value of 0.97 and the lowest of 0.77. Total production at the 31 DAS stage was in the range of 1,200 g – 1,330 g/2 m² (960–1,064 kg/rai) and the NDVI value was in the range of 0.65–0.79, which tended to increase the yield of fresh soybean pods depending on the NDVI value ($R^2=0.80$).

Keywords: multispectral imagery, small Unmanned Aerial Vehicles (UAVs), vegetable soybean

บทคัดย่อ

การใช้ภาพถ่ายหลายช่วงคลื่นจากอากาศยาน ไร้คนขับขนาดเล็ก ในการติดตามการเจริญเติบโตและผลผลิตถั่วเหลืองฝักสด มีวัตถุประสงค์เพื่อติดตามการเจริญเติบโตในระยะต่าง ๆ ที่สัมพันธ์กับผลผลิตของถั่วเหลืองฝักสด โดยเก็บข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศการเจริญเติบโตทั้งหมด 4 ระยะ จากวันที่เมล็ดงอก คือ อายุ 7, 16, 31 และ 61 วัน แปรผลภาพออกมาเป็นค่าดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์มัลไลซ์ (Normalized Difference Vegetation Index, NDVI) และแถบคลื่นแสงที่ตามองเห็น Visible light (Red Green and Blue, RGB) นำข้อมูลเชิงตัวเลขจากภาพหาความสัมพันธ์ตามระยะการเจริญเติบโตและผลผลิตของถั่วเหลืองฝักสด ผลการศึกษาพบว่าปริมาณที่ปกคลุมพื้นที่ของถั่วเหลืองฝักสดเพิ่มขึ้นตามระยะการเจริญเติบโตหลังจากเมล็ดงอกน้อยที่สุด 7 วัน และมากที่สุด 61 วัน ในส่วนของระดับความเขียวของใบมีความเข้มข้นน้อยสุดที่ 7 วัน และเข้มมากที่สุดที่ 31 วัน ซึ่งระดับความเขียวของใบในภาพ RGB มีแนวโน้มไปทิศทางเดียวกับภาพ NDVI ที่มีค่าเข้าใกล้ -1 มากที่สุดที่ 7 วัน และเข้าใกล้ 1 มากสุดที่ระยะ 31 วัน ค่า NDVI ในระยะ 31 DAS มีความสัมพันธ์กับพื้นที่ปลูกสูงสุด ($R^2 = 0.86$) โดยมีค่าสูงสุด 0.97 และค่าต่ำสุด -0.77 ผลผลิตรวมที่ระยะ 31 DAS อยู่ในช่วง 1,200–1,330 กรัม/ 2 ตารางเมตร (960–1,064 กิโลกรัม/ไร่) และค่า NDVI อยู่ในช่วง 0.65–0.79 ซึ่งผลผลิตของถั่วเหลืองฝักสดมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นตามค่า NDVI ($R^2=0.80$)

คำสำคัญ: ภาพถ่ายหลายช่วงคลื่น อากาศยาน ไร้คนขับขนาดเล็ก ถั่วเหลืองฝักสด

คำนำ

ถั่วเหลืองฝักสด (vegetable soybean) เป็นหนึ่งในพืชเศรษฐกิจทางภาคเหนือของประเทศไทย ใช้บริโภคและเป็นพืชที่มีศักยภาพในการส่งออก เกษตรกรสามารถปลูกขายให้แก่โรงงานเพื่อส่งออกในรูปแบบการแช่แข็ง ซึ่งถั่วเหลืองฝักสดที่นิยมปลูกและส่งเสริมโดยกรมวิชาการเกษตรนั้นเป็นพันธุ์เชียงใหม่ 84-2 เป็นการผสมพันธุ์ระหว่างถั่วเหลืองฝักสดกลิ่นหอมพันธุ์ Cha-Mame กับพันธุ์ 2808 ในปี พ.ศ. 2544 ที่ศูนย์วิจัยพืชไร่เชียงใหม่ กรมวิชาการเกษตร โดยทั่วไปจะเก็บเกี่ยวเมื่อฝักเจริญเติบโตอยู่ในระยะ R6 ก่อนเข้าสู่ระยะ R7 ของระยะการเจริญเติบโต และให้ปริมาณผลผลิตฝักสดมาตรฐานเฉลี่ย 871 กิโลกรัมต่อไร่ ผ่านการพิจารณาจากกรมวิชาการเกษตรเป็นพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูงและได้รับมาตรฐานการส่งออกเป็นสายพันธุ์แรกของประเทศไทย ในวันที่ 15 มิถุนายน พ.ศ. 2555 มีลักษณะพิเศษ คือ มีกลิ่นหอมใบเตย ในขณะที่ต้มในน้ำเดือด 5 นาที (Khunplueg *et al.*, 2011) ในปัจจุบันได้มีการใช้เทคโนโลยีการสำรวจระยะไกลที่สามารถเก็บข้อมูลได้อย่างแม่นยำ มีเทคนิคในการตัดสินใจบนข้อมูลที่ถูกต้อง จะช่วยลดต้นทุนในกระบวนการผลิต เพิ่มผลผลิตต่อพื้นที่ ควบคุมคุณภาพผลผลิตและสร้างมาตรฐานการผลิต มีผลผลิตที่แน่นอนและคาดการณ์ได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในพืชมีการเจริญเติบโตและมีการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางสรีรวิทยาที่มีผลต่อผลผลิตอย่างเช่น ถั่วเหลืองฝักสด

การสำรวจระยะไกล (remote sensing) เป็นเทคนิคที่มีแนวโน้มที่ช่วยให้การทำนายทางสรีรวิทยาของพืชได้แม่นยำและต้นทุนต่ำ การใช้ค่าดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์มัลไลซ์ (Normalized Difference

Vegetation Index: NDVI) ในการสำรวจระยะไกลเป็นอัลกอริธึมที่เชื่อถือได้สำหรับการประเมินการปกคลุมของพืช ความแข็งแรงและพลวัตของการเจริญเติบโต (Xue and Su, 2017) ค่าดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์มัลไลซ์ เป็นดัชนีแสดงความเขียวของพืชหรือกิจกรรมการสังเคราะห์แสงของพืช โดยพืชผิวใบที่ต่างกันจะสะท้อนแสงต่างกัน พืชพรรณที่สมบูรณ์จะดูดกลืนแสงสีแดงเป็นส่วนใหญ่ และจะสะท้อนแสงในช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ พืชที่ไม่สมบูรณ์จะสะท้อนแสงสีแดงมากกว่า ขณะเดียวกันก็จะสะท้อนแสงอินฟราเรดใกล้้น้อยกว่า ดังนั้น ดัชนีพืชพรรณจึงกำหนดเป็นอัตราส่วนระหว่างผลต่างของค่าการสะท้อนแสงในช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ และช่วงคลื่นสีแดงแล้วหารด้วยผลบวกค่าการสะท้อนแสงของช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้และช่วงคลื่นสีแดง (GISDA, 2018) ซึ่งนำไปใช้ศึกษาเกี่ยวกับพืชทั้งในส่วนของการเจริญเติบโต ความสมบูรณ์ การจำแนกพืชพรรณ (Thaicharoen and Majandang, 2022) โดยการนำค่าความแตกต่างการสะท้อนของพื้นผิวระหว่างช่วงคลื่นใกล้อินฟราเรด (Nir) กับช่วงคลื่นตามองเห็นสีแดง (Red) ทำสัดส่วนกับค่าผลบวกทั้งสองช่วงคลื่นเพื่อปรับให้เป็นลักษณะการกระจายแบบทำให้ NDVI มีค่าอยู่ระหว่าง 1 ถึง -1 จะช่วยในการแปลผลได้ง่ายขึ้น ส่วนกรณีที่พื้นผิวเป็นน้ำจะมีค่าการสะท้อนในช่วงคลื่นอินฟราเรดต่ำกว่าช่วงคลื่นตามองเห็นสีแดง ทำให้ NDVI มีค่าติดลบ โดยค่าที่ได้จะแสดงข้อมูลการสะท้อนของแสงตามช่วงเวลาหรืออายุของพืช

เป็นที่ทราบกันดีว่าระบบที่กล่าวมาข้างต้นนี้ในอดีตถึงปัจจุบันใช้การสำรวจระยะไกลผ่านดาวเทียมที่โคจรอยู่นอกโลกส่งข้อมูลกลับมาในรูปแบบของภาพถ่ายที่มีข้อมูลเชิงเลข ซึ่งมีข้อจำกัดทางด้านความละเอียดของข้อมูลและช่วงฤดูกาลที่มีสิ่งรบกวนในชั้นบรรยากาศที่ส่งผลให้ข้อมูลเชิงเลขในภาพถ่ายที่คลาดเคลื่อน ปัจจุบันการพัฒนาเทคโนโลยีด้านอากาศยานไร้คนขับ (Unmanned Aerial Vehicle: UAV) เป็นไปอย่างต่อเนื่องทั้งในและต่างประเทศ อีกทั้งถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลาย

เนื่องจากมีประสิทธิภาพสูงขึ้น ซึ่งปัจจุบันมีเซ็นเซอร์หลายช่วงคลื่นที่ติดตั้งมาด้วยสามารถใช้งานได้สำหรับการตรวจสอบพืชพรรณเช่นเดียวกับภาพถ่ายดาวเทียม ซึ่งให้รายละเอียดของภาพและความแม่นยำสูงในการระบุตำแหน่ง จึงถูกนำมาใช้ในงานทางด้านการเกษตร เช่น ติดตามการเจริญเติบโต การตรวจวัดความสูงพืช การตรวจจับโรคพืช การประเมินธาตุอาหารพืช และการทำนายผลผลิต เป็นต้น (Kouadio, *et al.*, 2023; Sepkota and Paudyal, 2023; Santana, *et al.*, 2021; Alabi *et al.*, 2022) ในการศึกษาครั้งนี้ได้ใช้ค่าดัชนีพืชพรรณจากการคำนวณค่าสะท้อนพลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ที่บันทึกโดยข้อมูลภาพจากกล้องหลายช่วงคลื่น ที่ติดตั้งบนอากาศยานไร้คนขับขนาดเล็กที่มีระบบบ่งชี้พิกัดทางภูมิศาสตร์ (Global Positioning System: GPS) ในการติดตามการเจริญเติบโตของพืชที่ปลูกตามระยะการเจริญเติบโต และคำนวณค่าดัชนีความแตกต่างของพืชพรรณ NDVI แต่ละช่วงระยะการเจริญเติบโตจากข้อมูลภาพ โดยใช้การวิเคราะห์ความถดถอยและสหสัมพันธ์อย่างง่าย (Simple Linear Regression and Correlation) กับผลผลิต

อุปกรณ์และวิธีการ

พื้นที่ศึกษา

พื้นที่ศึกษาตั้งอยู่ในบริเวณศูนย์วิจัยพืชไร่เชียงใหม่ สังกัดสถาบันวิจัยพืชไร่และพืชพลังงาน กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ เลขที่ 80 หมู่ 12 ตำบลหนองหาร อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ ตั้งอยู่ที่พิกัดละติจูด 18°54' เหนือ และลองจิจูด 99°00' ตะวันออก มีพื้นที่ปลูกที่ใช้ในการศึกษาทั้งหมด 3,214 ตารางเมตร (Figure 1) ทำการปลูกถั่วเหลืองฝักสด สายพันธุ์เชียงใหม่ 84-2 ตามวิธีการของกรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ระยะเวลาตั้งแต่เดือนธันวาคม พ.ศ. 2565 – มีนาคม พ.ศ. 2566



Figure 1 Study area

การเก็บข้อมูลภาคสนาม

การเก็บข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศอากาศยานไร้คนขับ DJI Phantom 4 Multispectral ประกอบด้วยเซ็นเซอร์ที่เก็บข้อมูลแถบคลื่นแสงจำนวน 6 ค่า ดังต่อไปนี้ 1) Visible light แถบคลื่นแสงในช่วงในช่วง 380–750 นาโนเมตร (Red Green and Blue: RGB) 2) Red แถบคลื่นแสงในช่วง 600–700 นาโนเมตร 3) Blue แถบคลื่นแสงในช่วง 380–500 นาโนเมตร 4) Green แถบคลื่นแสงในช่วง 500–600 นาโนเมตร 5) Near-infrared (NIR) แถบคลื่นแสงในช่วง 700–900 นาโนเมตร 6) Red-Edge แถบคลื่นแสงในช่วง 700–730 นาโนเมตร (Suksirak, 2019) วางแผนการบินเพื่อถ่ายแนวดิ่งที่ความสูง 30 เมตร ทั้งหมด 4 ระยะ ได้แก่ ถั่วเหลืองฝักสดอายุ 7 วัน (V1 ระยะข้อที่ 1), 16 วัน (V5 ระยะข้อที่ 5), 31 วัน (R1 ระยะเริ่มออกดอก) และ 61 วัน (R6 ระยะติดฝักก่อนสุกแก่) หลังจากการงอกของเมล็ด (Days After Sowing, DAS)

และการประมวลผลภาพทางอากาศโดยซอฟต์แวร์ PIX4DMapper – Educational license (ขั้นตอนที่ 1–2 ใน Figure 2) ปรับแก้ความคลาดคลิ่นเชิงเรขาคณิตด้วยการกำหนด ค่าพิกัดภูมิศาสตร์ของจุดควบคุมโดยโปรแกรม QGIS และเก็บข้อมูลผลผลิตของถั่วเหลืองฝักสดเปรียบเทียบกับค่าดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์มัลไลซ์

การวิเคราะห์ข้อมูล

การประเมินค่าดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์มัลไลซ์ (NDVI) ถั่วเหลืองฝักสดอายุ 7, 16, 31 และ 61 วันหลังจากการงอกของเมล็ด โดยภาพถ่ายแปลงปลูกถั่วเหลืองฝักสดด้วยภาพ RGB, Red และ Near-infrared โดยสมการที่ 1 (GISDA, 2018) ด้วยโปรแกรม QGIS (ขั้นตอนที่ 3 ใน Figure 2)

$$NDVI = (NIR - Red) / (NIR + Red) \quad (1)$$

เมื่อ NDVI คือ ค่าดัชนีความแตกต่างพืชพรรณ
 NIR คือ ค่าการสะท้อนพื้นผิวของคลื่น
 อินฟราเรดใกล้
 Red คือ ค่าการสะท้อนพื้นผิวของคลื่นแสงสีแดง
 ค่า NDVI จะอยู่ระหว่าง -1 ถึง +1 โดยค่าต่ำจะ
 แสดงพืชพรรณปกคลุมน้อยและหากมีค่ามากจะแสดงพืช
 พรรณปกคลุมมาก

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของการ
 เจริญเติบโตของถั่วเหลืองฝักสดกับจำนวนขนาดของพื้นที่
 จากข้อมูลภาพระหว่างค่า NDVI ทั้ง 4 ช่วงเวลาหลังเมล็ด
 งอก โดยใช้การวิเคราะห์ความถดถอยและสหสัมพันธ์
 อย่างง่าย (Simple linear regression and correlation)
 (ขั้นตอนที่ 4 ใน Figure 2.)

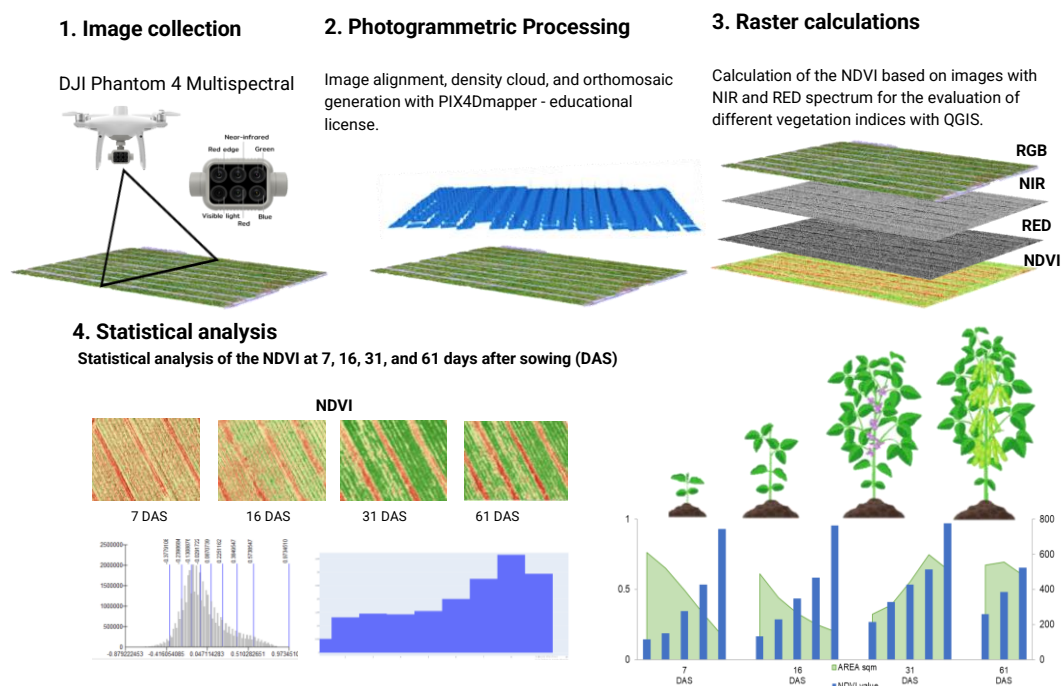


Figure 2 Schematic representation of image acquisition, image processing and data analysis

ผลการวิจัย

ภาพถ่ายถั่วเหลืองฝักสดจากอากาศยานไร้คนขับ DJI Phantom 4 Multispectral ทั้ง 6 รูปแบบ เมื่อนำมาประมวลผลเพื่อสร้างภาพถ่ายทางอากาศสีผสมจริง RGB และ NDVI โดยโปรแกรม QGIS เพื่อนำไปแปรข้อมูลภาพด้วยสายตา เมื่อพิจารณาจากภาพในมุมมองแนวดิ่งแสดงให้เห็นถึงความแตกต่างทางสรีรวิทยา (Figure 3) โดยที่

ภาพ RGB แสดงให้เห็นถึงต้นถั่วเหลืองฝักสดที่มีใบสีเขียว (A) และภาพของต้นถั่วเหลืองฝักสดที่ใบมีความเข้มของสีเขียวลดลงและขนาดของต้นที่เล็กกว่า รวมถึงภาพของพื้นดินในแปลงปลูก (C) ส่วนภาพ NDVI ที่ผ่านกระบวนการตามสมการที่ 1 จากการวิเคราะห์ข้อมูลในวิธีการศึกษา ผลของการผสมสีเท็จแสดงในส่วนที่เป็นใบออกมาเป็นสีเขียว ส่วนที่ไม่มีใบปกคลุมหรือพื้นดินที่แสดงออกมาเป็นสีแดงและเหลืองในส่วนของซอกพืช (B) และ (D)



Figure 3 Vegetable soybean RGB (A and C) and NDVI (B and D)

การติดตามการเจริญเติบโต โดยการประเมินรูปแบบและแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลจากภาพถ่ายทางอากาศของแปลงปลูกถั่วเหลืองฝักสด RGB และ NDVI ที่ภาพความละเอียด 1.30 เซนติเมตรต่อจุดภาพ (Pixel) และมีจำนวนของข้อมูลจุดภาพทั้งหมด 17,625,648 จุดภาพ (Figure 1) ในช่วงเวลา 7, 16, 31 และ 61 DAS ภาพ RGB แสดงให้เห็นถึงความแตกต่างของปริมาณที่ปกคลุมและระดับความเข้มของสีเขียวที่แสดงออกมา โดยที่ปริมาณของสีเขียวนั้นเกิดจากใบของต้นถั่วเหลืองฝักสดที่ปกคลุมพื้นที่ปลูก ซึ่งจะเพิ่มขึ้นตามระยะการเจริญเติบโตน้อยที่สุดที่ 7 วัน และมากที่สุดที่ 61 วัน ส่วนของระดับของความเขียวจะมีความเข้มน้อยที่สุดที่ 7 วัน และเข้มมากที่สุดที่ 31 วันหลังจากเมล็ดงอก ระดับความเขียวของภาพ RGB จะมีแนวโน้มไปในทิศทาง

เดียวกันกับภาพ NDVI ที่ค่าจะเข้าใกล้ -1 มากที่สุดที่ 7 วัน และเข้าใกล้ 1 มากที่สุดที่ 31 วัน และเมื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างค่า NDVI กับพื้นที่ปลูก โดยที่ค่ามาตรฐานของค่า NDVI จะอยู่ระหว่าง -1 ถึง +1 โดยค่าต่ำจะแสดงความสมบูรณ์ของพืชน้อยและหากมีค่ามากจะแสดงความสมบูรณ์ของพืชมาก (GISDA, 2018) จากการหาความสัมพันธ์ทางสถิติพบว่าค่า NDVI ของถั่วเหลืองฝักสดที่เข้าใกล้ 1 ในระยะ 31 DAS มีความสัมพันธ์กับพื้นที่ปลูกสูงสุด ($R^2=0.86$) โดยมีค่าสูงสุด 0.97 ค่าต่ำสุด -0.77 ค่าเฉลี่ย 0.24 รองลงมาคือ ระยะ 61 DAS ($R^2=0.43$) ค่าสูงสุด 1.00 ค่าต่ำสุด -0.55 ค่าเฉลี่ย 0.24 ระยะ 16 DAS ($R^2=0.08$) ค่าสูงสุด 0.95 ค่าต่ำสุด -0.37 ค่าเฉลี่ย 0.19 และระยะ 7 วัน ($R^2=0.01$) ค่าสูงสุด 0.93 ค่าต่ำสุด -0.51 ค่าเฉลี่ย 0.11 ตามลำดับ (Figure 4)

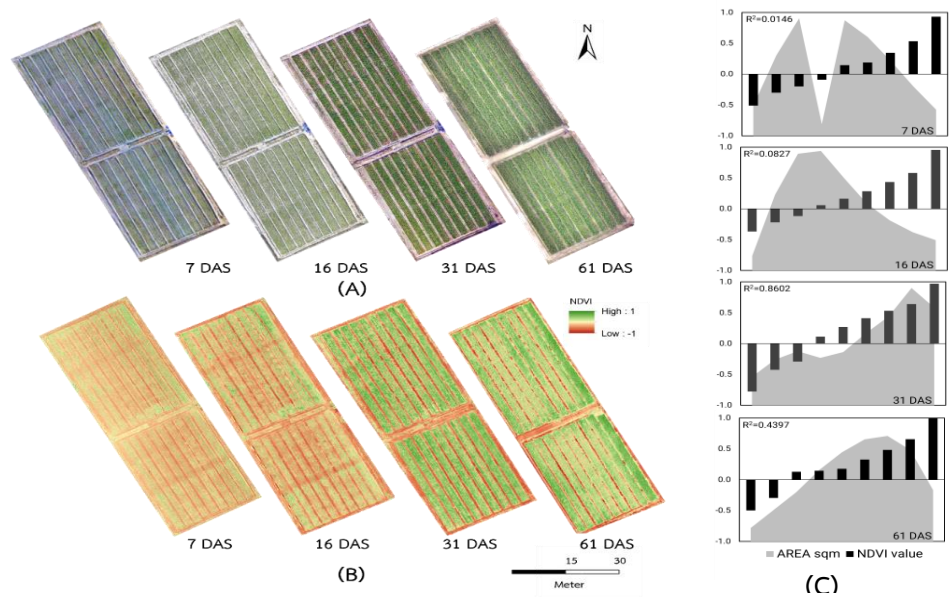


Figure 4 RGB (A), NDVI (B) of vegetable soybeans, correlation of NDVI value and area (C)

การติดตามผลผลิตโดยกำหนดตำแหน่งที่ใช้เป็น
ตัวแทนในการเก็บข้อมูลผลผลิตในแปลงปลูก ขนาด 2x2
เมตร จำนวน 20 จุด นำข้อมูลผลผลิตเปรียบเทียบกับค่า
NDVI จากภาพถ่ายที่ระยะ 31 DAS (Figure 5A) จากการ
หาความสัมพันธ์ทางสถิติ พบว่าค่า NDVI ของถั่วเหลือง

ฝักสดที่ระยะ 31 DAS มีค่าอยู่ในช่วง 0.65–0.79 และ
โดยมีผลผลิตรวมอยู่ในช่วง 1,200–1,330 กรัม/ 2 ตารางเมตร
(960–1,064 กิโลกรัม/ไร่) พบว่าผลผลิตมีแนวโน้มเพิ่ม
มากขึ้นตามค่า NDVI โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ
(R^2) เท่ากับ 0.80 (Figure 5B)

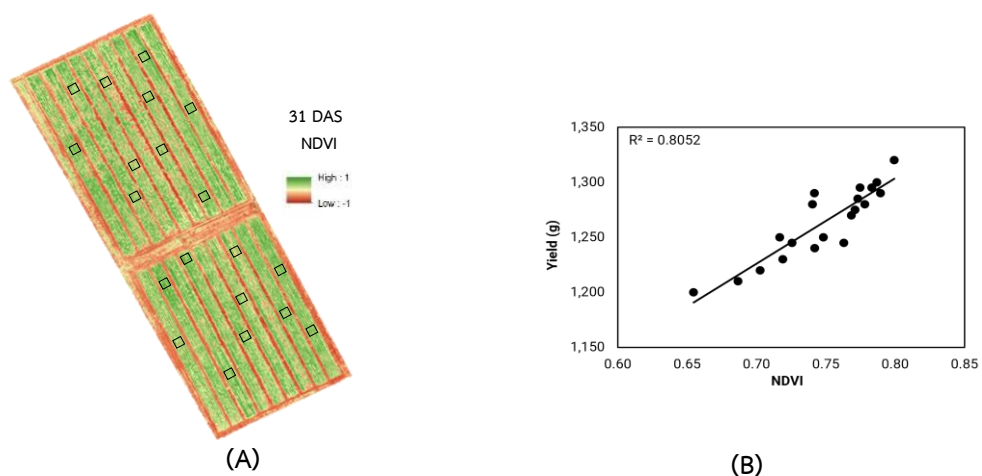


Figure 5 Vegetable soybean yield sampling position (A) and correlation of NDVI value and yield (B)

วิจารณ์ผลการวิจัย

ภาพถ่ายถั่วเหลืองฝักสดจากอากาศยานไร้คนขับ DJI Pantom 4 Multispectral ทั้ง 6 รูปแบบ เมื่อนำมาประมวลผลเพื่อสร้างภาพถ่ายทางอากาศสีผสมจริง RGB และ NDVI เพื่อนำไปแปรข้อมูลภาพด้วยสายตาเมื่อพิจารณาจากภาพในมุมมองแนวตั้งแสดงให้เห็นถึงความแตกต่างทางสรีรวิทยา โดยที่ภาพ RGB แสดงให้เห็นถึงต้นถั่วเหลืองฝักสดที่มีใบสีเขียว และภาพของต้นถั่วเหลืองฝักสดที่ใบมีความเข้มของสีเขียวลดลง และขนาดของต้นที่เล็กกว่า รวมถึงภาพของพื้นดินในแปลงปลูก ส่วนภาพ NDVI ผลของการผสมสีที่แสดงในส่วนที่เป็นใบออกมาเป็นสีเขียว ส่วนที่ไม่มีใบปกคลุมหรือพื้นดินที่แสดงออกมาเป็นสีแดงและเหลืองในส่วนของการพืช ซึ่งสามารถจำแนกวัตถุในภาพทั้ง 2 รูปแบบได้ด้วยสายตา โดยค่า NDVI ที่แสดงในแต่ละจุดภาพนั้นสามารถแปรผันเป็นตัวเลขได้ตั้งแต่ -1 ถึง +1 โดยค่าบวกแสดงถึงความแข็งแรงทางพืชของพืช ในขณะที่ค่าลบบ่งชี้ว่าเป็นพื้นดินหรือไม่มีพืชพรรณ (Liu *et al.*, 2006)

จากการหาความสัมพันธ์พบว่าค่า NDVI ของถั่วเหลืองฝักสดที่ระยะ 31 DAS (R1) มีความสัมพันธ์กับผลผลิตมากที่สุด ซึ่งข้อมูลเป็นไปในทิศทางเดียวกับข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมจากการศึกษา ของ Sermasak and Boonjung (2007) ใช้ค่า NDVI จากภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8 ในการติดตามถั่วเหลืองระยะต่าง ๆ ได้แก่ 25, 30, 40, 50, 60 และ 75 DAS และนำค่า NDVI มาหาความสัมพันธ์กับน้ำหนักแห้ง พบว่าบริเวณส่วนกลางใบและอายุถั่วเหลืองที่มีผลต่อค่าการสะท้อนมากที่สุด คือ อายุ 30 วัน (R1) จากนั้นจะลดลงเมื่ออายุ 50–60 DAS โดยที่ค่าลดลงอย่างต่อเนื่อง เมื่ออายุ 60–75 DAS และข้อมูลจากการศึกษาค่า NDVI จากอากาศยานไร้คนขับของ Silva *et al.* (2020) ซึ่งยืนยันข้อมูลค่า NDVI มีผลโดยตรงต่อผลผลิตของถั่วเหลือง สอดคล้องกับ Trindade *et al.* (2019) แบบจำลองการทำนายผลผลิตเมล็ด

ถั่วเหลืองที่ดีที่สุด โดยใช้ค่า NDVI กับการเจริญเติบโตของถั่วเหลืองฝักสดที่ระยะ R1-2 และการศึกษาของ Shammi *et al.* (2024) ค่า NDVI ในระยะการพัฒนาฝักเริ่มแรก (R1) มีความสามารถในการทำนายผลผลิตถั่วเหลืองได้ดีที่สุด

สรุปผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์ข้อมูลภาพถ่ายหลายช่วงคลื่นจากค่า NDVI จากอากาศยานไร้คนขับ DJI Pantom 4 Multispectral ในการติดตามการเจริญเติบโตและประเมินผลผลิตของถั่วเหลืองฝักสด โดยค่า NDVI ของถั่วเหลืองฝักสดที่ระยะ 31 DAS (R1) มีความสัมพันธ์กับผลผลิต ($R^2=0.86$) มากที่สุด จึงสามารถใช้ในการประเมินผลผลิตของถั่วเหลืองฝักสดจากเหตุการณ์และเงื่อนไขได้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณศูนย์วิจัยพืชไร่เชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่และงบประมาณในการศึกษาวิจัย และข้อมูลเพิ่มเติมในการทำวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- Alabi, T.R., A.T. Abebe, G. Chigeza and K.R. Fowobaje. 2022. Estimation of soybean grain yield from multispectral high-resolution UAV data with machine learning models in West Africa. **Remote Sensing Applications: Society and Environment** 27(2022): 100782.
- GISTDA. 2018. **Remote Sensing Glossary**. Bangkok: Matichon Premium Print. 296 p. [in Thai]

- Khunplueg, P., L. Sangla, A. Chanmaung and R. Sopa. 2011. Effect of spacing on quality and yield of aroma vegetable soybean. **Khon Kaen Agr. Journal** 39(Suppl.3): 153–157. [in Thai]
- Kouadio, L., El. Jarroudi, M. Belabess, Z. Laasli, S.-E. Roni, M.Z.K. Amine, I.D.I. Mokhtari, N. Mokri, F.J. Junk and R. Lahlali. 2023. A review on UAV-based applications for plant disease detection and monitoring. **Remote Sens** 15: 4273.
- Liu, Y., S.M. Swinton and R.N. Miller. 2006. In site-specific yield response consistent over time? Does it pay? **JSTOR** 88(2): 471–483.
- Santana, D.C., M.F. Cotrim, M.S. Flores, F.H. Rojo Baio, L.S. Shiratsuchi, C.A.D. Silva Junior, L.P.R. Teodoro and P.E. Teodoro. 2021. Remote Sensing Applications. **Society and Environment** 23: 100534.
- Sepkota, S. and D.R. Paudyal. 2023. Growth monitoring and yield estimation of maize plant using Unmanned Aerial Vehicle (UAV) in a Hilly Region. **Sensors** 23(12): 5432.
- Sermasak, R. and H. Boonjung. 2007. **Application of Digital Image for Leaf Area Index Estimation of Soybean**. Nakhon Ratchasima: Suranaree Technology University. 17 p. [in Thai].
- Shammi, S.A., Y. Huang, G. Feng, H. Tewolde, X. Zhang, J. Jenkins and M. Shankle, 2024. Application of UAV multispectral imaging to monitor soybean growth with yield prediction through machine learning. **Agronomy** 14: 672.
- Silva, E.E., F.H. Rojo Baio, L.P. Ribeiro Teodoro C.A. da Silva Junior, R.S. Borges and P.E. Teodoro. 2020. UAV-multispectral and vegetation indices in soybean grain yield prediction based on in situ observation. **Remote Sensing Applications: Society and Environment** 18: 100318.
- Suksirak, P. 2019. Real-time processing from multispectral camera for agriculture. **CRMA Journal** 17(2019): 75-85. [in Thai]
- Thaicharoen, K. and J. Majandang. 2022. The development of equation of sugarcane yield prediction using vegetation index from Sentinel-2 Satellite imagery: a case study in Chaiwan district, Udon Thani province. **Journal of Science Technology MSU** 41(6): 317–324. [in Thai]
- Trindade, F.S., M.C. Alves, R. Noetzold, I.C. Andrade and A.A.A. Pozza. 2019. Relação espectro-temporal de índices de vegetação com atributos do solo e produtividade da soja Revista de Ciências Agrárias. **Amazonian Journal** 62(1): 1-11.
- Xue, J. and B. Su. 2017. Significant remote sensing vegetation indices: a review of developments and applications. **Journal of Sensor** 2017: 1–17.