



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

การประเมินการเจริญเติบโตและสถานะไนโตรเจนสำหรับการใส่ปุ๋ยแบบผันแปรอัตราในการผลิตข้าวโพดโดยใช้อากาศยานไร้คนขับ
Evaluating Growth and Nitrogen Status for Variable Rate Fertilization in Maize Production using Unmanned Aerial Vehicle

1. ผศ.ดร.วันวิสาข์ ปั่นศักดิ์ คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม
2. ผศ.ดร.สิทธิชัย ชูสำโรง คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม
3. รศ.ดร.สุวิทย์ กิระวิทยา คณะวิศวกรรมศาสตร์

สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
กรุงเทพฯ ชั้น 5 ต.ล. 2564
เลขที่หนังสือ 1034๗๑๑
วันที่ ๒๖/๑๒/๖๒

๖๕
๖๕๖
๖๕๖

ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากงบประมาณแผ่นดิน
ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2562
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กิตติกรรมประกาศ
(Acknowledgement)

งานวิจัยเรื่อง “การประเมินการเจริญเติบโตและสถานะไนโตรเจนสำหรับการใส่ปุ๋ยแบบผันแปรอัตราในการผลิตข้าวโพดโดยใช้อากาศยานไร้คนขับ” ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากงบประมาณแผ่นดินประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2562 คณะผู้วิจัยขอขอบคุณพระคุณผู้มีอุปการคุณดังนี้ สำนักงานการวิจัยแห่งชาติ (วช) ที่สนับสนุนทุนวิจัย ผ่านงบประมาณแผ่นดิน และผู้ประสานงานกองวิจัยมหาวิทยาลัยนเรศวร ที่คอยให้คำแนะนำพร้อมอำนวยความสะดวกในการดำเนินการต่างๆ ให้สำเร็จลุล่วงด้วยดี คณะเกษตรศาสตร์ฯ มหาวิทยาลัยนเรศวร ให้การสนับสนุนในเรื่องห้องปฏิบัติการ การดำเนินงานวิจัยมีอาจสำเร็จลุล่วงไปได้หากปราศจากความร่วมมือของทีมนักวิจัยที่ช่วยกันเสนอแนวคิด และร่วมกันทำงานจนเสร็จโครงการวิจัย

ขอขอบคุณผู้ช่วยวิจัยและนิสิตทุกคน นางสาวชนิสรา รอดไพโร นายชูเกียรติ พระตาเวช นายธिवัตน์ ปั่นศักดิ์ นายนิธิพัฒน์ เชื้อนเพชร ที่ช่วยทำแปลงทดลอง ปลูกข้าวโพด ทำให้การทดลองสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

สุดท้ายนี้คณะผู้วิจัยขอขอบคุณท่านผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่าน ที่ได้ให้คำแนะนำ แนวคิด ตลอดจน แก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ มาตลอด จนรายงานวิจัยฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์



คณะผู้วิจัย

ในปัจจุบันอากาศยานไร้คนขับ (unmanned aerial vehicles; UAVs) กำลังได้รับการพัฒนาสำหรับการใช้งานหลายอย่างรวมถึงการช่วยติดตามตทางด้านเกษตร โดยอากาศยานไร้คนขับสามารถติดตั้งเซ็นเซอร์และกล้องต่างๆ เพื่อตรวจสอบสุขภาพของพืชในแง่ของการเกิดความเครียดจากการขาดน้ำในพืชการประเมินความหนาแน่นของวัชพืช สถานะของธาตุอาหารและโรคของพืช เกษตรกรสามารถใช้ข้อมูลดังกล่าวเพื่อปรับพารามิเตอร์ที่จำเป็นของกระบวนการปลูกพืชทางการเกษตร เช่นเดียวกับการแก้ไขปัญหาเรื่องของการจัดการด้านต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการผลิตพืชได้ทันทีก่อนที่จะเกิดปัญหาหรือการแพร่ของโรคพืช ซึ่งการควบคุมปัจจัยในการผลิตพืชได้อย่างทันที่หวังที่จะส่งผลให้ผลผลิตพืชสูงขึ้นได้จากการใช้เทคโนโลยีอากาศยานไร้คนขับ ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เป็นผลผลิตทางการเกษตรที่สำคัญของประเทศไทย การผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มีบทบาทสำคัญในอุตสาหกรรมอาหาร อาหารสัตว์ และเมล็ดพันธุ์ ในปีการเพาะปลูกปี 2559-2560 มีการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ 4.06 ล้านตันจากพื้นที่เพาะปลูก 1.04 ล้านเฮกเตอร์ วิธีการทั่วไปในการเฝ้าระวังสุขภาพของข้าวโพดสัตว์นั้นมีค่าใช้จ่ายสูงใช้แรงงานมากและใช้เวลานาน ในงานวิจัยชิ้นนี้เราศึกษาการใช้เทคโนโลยีอากาศยานไร้คนขับเพื่อตรวจสอบความสูงของข้าวโพดและสถานะไนโตรเจนของใบข้าวโพด ทำการศึกษาทดลองสองการทดลอง โดยปลูกข้าวโพดสองชุดการทดลอง การทดลองแรกทำการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์บนพื้นที่ลาดชัน เพื่อประเมินความสูงของข้าวโพด การทดลองที่สองได้ดำเนินการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ภายใต้อัตราปุ๋ยไนโตรเจนที่แตกต่างกันสี่ระดับตั้งแต่ 0 ถึง 50 กิโลกรัม N ไร่ สำหรับการประเมินสถานะไนโตรเจนของใบข้าวโพดเลี้ยงสัตว์และประเมินความแม่นยำในการประเมินความสูงของต้นข้าวโพดครั้งที่สอง หลังจากนั้นชุดภาพถ่ายถูกถ่ายโดยกล้องปกติและอินฟราเรดย่านใกล้ที่ติดตั้งในอากาศยานไร้คนขับเชิงพาณิชย์ (Phantom Pro 4) จากนั้นภาพถ่ายที่ได้จะถูกประมวลผลโดยการลงทะเบียนภาพและข้อมูลสามมิติที่เรียกว่าแบบจำลองพื้นผิวดิจิตอล (DSM) ที่ถูกสร้างขึ้นใหม่ ความสูงของข้าวโพดถูกสกัดจากข้อมูล DSM นี้และเปรียบเทียบกับข้อมูลเดียวกันที่ได้จากวิธีการทั่วไป ผลจากการวิเคราะห์ภาพแสดงให้เห็นว่าเป็นทางเลือกที่เป็นไปได้ในการประเมินข้อมูลความสูงของข้าวโพด ยิ่งไปกว่านั้นที่ 55 วันหลังจากการเห็นผลของความแตกต่างของอัตราการตรวจพบไนโตรเจนในใบข้าวโพดสถานะไนโตรเจนแสดงให้เห็นว่าดัชนีพรรณพืชมีค่าอยู่ในช่วง 0.28-0.35 โดยมีความสัมพันธ์เชิงบวกและเชิงเส้นระหว่างค่า SPAD (มิเตอร์คลอโรฟิลล์มือถือ) และค่าดัชนีพรรณพืช (NDVI) ด้วย $R^2 = 0.70-0.76$ ผลการศึกษาในครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าการใช้งานที่กว้างขวางของเทคโนโลยี อากาศยานไร้คนขับสามารถใช้ในการตรวจสอบสุขภาพของข้าวโพด

คำสำคัญ: ข้าวโพด, อากาศยานไร้คนขับ, เกษตรแม่นยำ

Abstract

Nowadays, the unmanned aerial vehicles (UAVs) are being developed for many applications including agricultural monitoring. UAVs can equip with the various sensors and cameras to monitor the health of plants in terms of water stress, weed densities, nutrient status and plant diseases. Farmers can use such information to adjust the necessary parameters of their agricultural processes as well as to address problems before they become more widespread. This, in turn, results in higher crop yields by using the UAV technology. Maize is an important agricultural product of Thailand. Maize production plays an important role in the food, feed and seed industries. In the 2016-2017 crop year, the production of maize was 4.06 million tons from the planted area of 1.04 million hectares. Conventional methods for monitoring maize health are costly, labor-intensive, and time-consuming. In this work, we studied the usage of the UAV technology to monitor the maize height and nitrogen status of maize leaf. Two experimental studies were set on a maize plot. The first experiment was planted maize on a sloping area for evaluation maize height. The other experiment was performed with four fertilizer rates ranging from 0 to 50 kg N rai⁻¹ for assessing nitrogen status of maize leaf. After that, set of photos was taken by a normal camera and near infrared camera installed in a commercial UAV (Phantom Pro 4). Then, the obtained photos were processed by image registration and three-dimensional data so-called digital surface model (DSM) was reconstructed. The maize heights were extracted from this DSM data and compared with the same data obtained by a conventional method. Results from image analysis showed that it was a feasible alternative for achieving maize height information. Moreover, at 55 day after sowing, the result of detected N rate differences in maize leaf N-status showed that the normalized difference vegetation index (NDVI) had a range of 0.28-0.35. A positive and linear relationship between SPAD values (hand-held chlorophyll meters) and the NDVI with $R^2 = 0.70-0.76$ is revealed. The work shows the extended applicability of the UAV technology in monitoring maize health.

Keywords: Maize, Unmanned Aerial Vehicle, Precision Agriculture

สารบัญ

เนื้อหา	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อ (ภาษาไทย)	ข
บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ)	ค
สารบัญเรื่อง	ง
สารบัญตาราง	จ
สารบัญภาพ	ฉ
บทที่	
1 บทนำ	1
ความสำคัญ และที่มาของปัญหา	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	3
ขอบเขตของการวิจัย	3
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
ลักษณะทั่วไปของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์	3
แหล่งเพาะปลูกข้าวโพดในประเทศไทย	5
สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมและความต้องการธาตุอาหารของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์	6
การเจริญเติบโตและการพัฒนาการของข้าวโพด	8
เทคนิคการประเมินไนโตรเจนในพืช	8
การใช้อากาศยานไร้คนขับเพื่อการเกษตร	9
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	10
3 วิธีดำเนินการวิจัย	16
พื้นที่ศึกษาวิจัย	16
ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน	57
4 ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง	58
การประเมินความสูงต้นข้าวโพดเลี้ยงสัตว์	58
ค่าเฉลี่ยดัชนีพืชพรรณ (NDVI) ของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์	62
ความสัมพันธ์ระหว่างค่า NDVI และ ค่าความเขียว (SPAD value)	64
ผลการเปรียบเทียบความถูกต้องของการวัดความสูงของต้นข้าวโพดเลี้ยงสัตว์การ	66

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
5 บทสรุป	69
สรุปผลการวิจัย	69
ปัญหาอุปสรรคและข้อเสนอแนะ	70
บรรณานุกรม	71
ภาคผนวก	77



สารบัญตาราง

จ

	หน้า
ตารางที่ 1 ค่าวิเคราะห์สมบัติบางประการของชุดดินทำนองที่ระดับความลึก 0-30 เซนติเมตร	18
ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ย NDVI และ ค่าเฉลี่ย SPAD ของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์อายุ 41 วันหลังปลูก	64
ตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ย NDVI และ ค่าเฉลี่ย SPAD ของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์อายุ 48 วันหลังปลูก	65
ตารางที่ 4 ค่าเฉลี่ย NDVI และ ค่าเฉลี่ย SPAD ของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์อายุ 55 วันหลังปลูก	66



สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพที่ 1 เปอร์เซ็นต์การใช้ไนโตรเจนในข้าวโพดแต่ละช่วงระยะเวลาการเจริญเติบโต.....	7
ภาพที่ 2 ระยะการเจริญเติบโตของข้าวโพด	8
ภาพที่ 3 ผลการวิเคราะห์ดัชนีพืชพรรณของข้าวโพดเลี้ยง	10
ภาพที่ 4 กราฟการเปรียบเทียบความสูงของข้าวฟ่าง	14
ภาพที่ 5 แผนที่พื้นที่วิจัย	17
ภาพที่ 6 พื้นที่ศึกษาการประเมินการเจริญเติบโตและสถานะไนโตรเจนสำหรับการใส่ปุ๋ยแบบผันแปรอัตรา ในการผลิตข้าวโพดโดยใช้อากาศยานไร้คนขับ	19
ภาพที่ 7 แผนผังการทดลองรูปแบบการปลูกข้าวโพดเชิงอนุรักษ์	20
ภาพที่ 8 รูปแบบการบินถ่ายภาพของอากาศยานไร้คนขับ	21
ภาพที่ 9 (A) ภาพรวมของรูปภาพข้อมูลดิบ และ (B) กล้องข้อความแสดงข้อมูลเชิงภูมิศาสตร์ที่ถูกบันทึกอยู่ใน ไฟล์ภาพถ่าย	22
ภาพที่ 10 (A) ภาพสองมิติที่ได้จากการต่อภาพเทียบกับ (B) ภาพจากภาพถ่ายดาวเทียมจาก GOOGLE MAP บนพื้นที่เดียวกัน แต่คนละช่วงเวลา โดยพื้นที่เพาะปลูกและพื้นที่บริเวณใกล้เคียงแสดงอยู่ใน กล่องสี่เหลี่ยม สำหรับแนวการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ 3 แถว ซึ่งประกอบด้วยแปลงย่อย 24 แปลง จะถูกเรียกว่า R1, R2 และ R3 และตีกรอบสี่เหลี่ยมผืนผ้าไว้ในภาพ โดยจุดสีแดงในภาพ คือตำแหน่งละติจูด 16.9056 และลองจิจูด 100.5414	23
ภาพที่ 11 (A) ภาพมุมมองของแปลงที่สร้างเป็นภาพสามมิติแล้ว และ (B) ภาพโมเดลมิติดิจิทัลของพื้นที่ เดียวกัน โดยในรูป (ข) ข้อมูลความสูงจะถูกเก็บไว้ในสีที่แสดง โดยค่าความสูงที่แสดงนี้ จะเทียบ กับระดับต่ำที่สุดในพื้นที่ และลูกศรสีแดงชี้พื้นที่ที่มีปัญหาในการดึงข้อมูลความสูงเนื่องจกมี การบดบังแปลงจากต้นไม้ที่ปลูกในบริเวณข้างเคียง	25
ภาพที่ 13 การคำนวณหาส่วนทับ	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.8
ภาพที่ 14 การคำนวณหาส่วนเกย	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.9
ภาพที่ 15 หน้าแอปพลิเคชัน Pix4D	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.9
ภาพที่ 16 การตั้งค่าเริ่มต้นการใช้งาน.....	30
ภาพที่ 17 การเลือกแผนการบิน 1	30
ภาพที่ 18 การเลือกแผนการบิน 2.....	31
ภาพที่ 19 การตั้งค่าแบบ NORMAL.....	31
ภาพที่ 20 การตั้งค่าแบบ ADVANCED 1	32
ภาพที่ 21 การตั้งค่าแบบ ADVANCED 2	32

สารบัญภาพ(ต่อ)

	หน้า
ภาพที่ 22 รูปภาพที่ได้จากการบินโดยแอปพลิเคชัน Pix 4D	33
ภาพที่ 23 หน้าเว็บไซต์สำหรับดาวโหลดโปรแกรม.....	33
ภาพที่ 24 เริ่มต้นการใช้งานโปรแกรม GEOSSETTER.....	34
ภาพที่ 25 การนำรูปภาพเข้าสู่โปรแกรม GEOSSETTER	34
ภาพที่ 26 การลบรูปภาพที่ไม่จำเป็น	35
ภาพที่ 27 การจัดรูปภาพตามแนวบินเสร็จเรียบร้อยแล้ว.....	35
ภาพที่ 28 หน้าเว็บไซต์สำหรับดาวโหลดโปรแกรม MAPIR CAMERA CONTROL.....	36
ภาพที่ 29 การเริ่มต้นการใช้งานโปรแกรม	36
ภาพที่ 30 การตั้งค่าในโปรแกรม MAPIR CAMERA CONTROL	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.7
ภาพที่ 31 การนำรูปภาพเข้าเพื่อการ PROCESS IMAGE	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.7
ภาพที่ 32 การเริ่ม PROCESSING IMAGE.....	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.8
ภาพที่ 33 ระหว่างการ PROCESSING IMAGE.....	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.8
ภาพที่ 34 การ PROCESSING IMAGE เสร็จสมบูรณ์	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.9
ภาพที่ 35 รูปภาพก่อน PROCESS IMAGES มีทั้งไฟล์ RAW และ JPEG.....	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.9
ภาพที่ 36 รูปภาพก่อน PROCESS IMAGES เสร็จสมบูรณ์ เป็นไฟล์ TIFF	40
ภาพที่ 37 หน้า LOGIN WEB ODM	40
ภาพที่ 38 ทำการ ADD PROJECT	41
ภาพที่ 39 การตั้งชื่อ PROJECT.....	41
ภาพที่ 40 การ SELECT IMAGE AND GCP.....	42
ภาพที่ 41 ทำการ START PROCESSING.....	42
ภาพที่ 42 การ RESIZING IMAGE.....	4ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
ภาพที่ 43 อยู่ในระหว่างการประมวลผล.....	43
ภาพที่ 44 การประมวลผลเสร็จเรียบร้อยแล้ว	44
ภาพที่ 45 VIEW MAP ดูภาพ ORTHO จากการประมวลผล	44
ภาพที่ 46 การเริ่มต้นใช้โปรแกรมเพื่อ CALIBRATE	45
ภาพที่ 47 การตั้งค่าในโปรแกรม	45
ภาพที่ 48 ทำการ GENERATE CALIBRATION VALUES	46
ภาพที่ 49 นำภาพ ORTHO เข้า และ CALIBRATE.....	46
ภาพที่ 50 นำภาพ ORTHO เข้า QGIS.....	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.7

สารบัญภาพ(ต่อ)

หน้า

ภาพที่ 51	ทำการวิเคราะห์ดัชนีพืชพรรณ NDVI	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.8
ภาพที่ 52	ภาพที่ได้จากการวิเคราะห์ดัชนีพืชพรรณ NDVI.....	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.8
ภาพที่ 53	การจำแนกข้อมูล CLASSIFICATION ดัชนีพืชพรรณ NDVI	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.9
ภาพที่ 54	ภาพที่ได้จากการจำแนกข้อมูล CLASSIFICATION ดัชนีพืชพรรณ NDVI	49
ภาพที่ 55	เปิดโปรแกรมพร้อมภาพ NDVI.....	50
ภาพที่ 56	ทำการลบดินออกจากภาพ	50
ภาพที่ 57	ภาพที่ได้จากการลบดินเสร็จเรียบร้อยแล้ว.....	51
ภาพที่ 58	สร้าง POLYGON มาครอบทุกกรรมวิธี	51
ภาพที่ 59	มี POLYGON ครอบทุกกรรมวิธี.....	52
ภาพที่ 60	การตั้งค่าการหาค่าเฉลี่ยดัชนีพืชพรรณจาก ZONAL STATISTICS.....	52
ภาพที่ 61	โปรแกรมอยู่ในระหว่างการคำนวณค่าดัชนีพืชพรรณ	53
ภาพที่ 62	โปรแกรมคำนวณค่าดัชนีพืชพรรณเสร็จเรียบร้อยแล้ว	53
ภาพที่ 63	การดูค่าที่ได้จากการคำนวณหาค่าเฉลี่ยของ NDVI ในแต่ละกรรมวิธี.....	5ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
ภาพที่ 64	ภาพ DSM ของแปลงข้าวโพดเลี้ยงสัตว์	5ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
ภาพที่ 65	ภาพ ORTHO เพื่อใช้ดูตำแหน่ง MARK บนต้นข้าวโพดเลี้ยงสัตว์	55
ภาพที่ 66	การหาความสูงของต้นข้าวโพดเลี้ยงสัตว์	55
ภาพที่ 67	การหาความสูงของพื้นดิน	56
ภาพที่ 68	ค่าความสูงต้นข้าวโพดที่ได้จาก DSM และการลงพื้นที่	56
ภาพที่ 69	โปรไฟล์ความสูงของแปลงข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ดึงออกมาแสดง โดย R1 แสดงในภาพ (A) R2 แสดง ในภาพ (B) และ R3 แสดงในภาพ (C) โดยแต่ละแปลงมีความยาว 18 เมตรและความกว้าง 4 เมตร สี่เหลี่ยมเส้นจุดที่แสดงในภาพ (A) บ่งบอกพื้นที่ที่จะนำเสนอการวิเคราะห์ความสูงของต้นข้าวโพด ต่อไป ลูกศรสีแดงในภาพ (C) ชี้พื้นที่ที่ไม่สามารถดึงค่าความสูงของต้นข้าวโพดออกมาได้	60
ภาพที่ 70	(A) และ (B) คือโปรไฟล์ความสูงที่แสดงในลักษณะสามมิติและสองมิติตามลำดับ และ (C) ข้อมูล ความสูงของต้นข้าวโพดและระดับความสูงของพื้นที่ขอบแปลง โดยมีการแสดงข้อมูลผลการวัด ด้วยมือเพื่อเปรียบเทียบกับ โดยสี่เหลี่ยมเส้นประในรูป (B) บ่งบอกบริเวณที่เป็นเนินขึ้นมา ที่อยู่ ขอบแปลง ซึ่งเป็นสิ่งที่มีผลต่อค่าความสูงของต้นข้าวโพดหากทำการวัดด้วยวิธีนี้.....	61
ภาพที่ 71	แสดงค่าดัชนีพืชพรรณของทั้งเจ็ดกรรมวิธีใส่ปุ๋ยไนโตรเจนระดับต่างๆกัน.....	63

สารบัญภาพ(ต่อ)

หน้า

ภาพที่ 72 แสดงค่าดัชนีพืชพรรณของทั้งสี่กรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนระดับต่างๆ กัน โดยไม่รวมวิธีการ ใส่ปุ๋ยที่แตกต่างกัน	63
ภาพที่ 73 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ย NDVI และ ค่าเฉลี่ย SPAD ของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์อายุ 41วัน	64
ภาพที่ 74 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ย NDVI และ ค่าเฉลี่ย SPAD ของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์อายุ 48 วัน	65
ภาพที่ 75 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ย NDVI และ ค่าเฉลี่ย SPAD ของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์อายุ 55 วัน	66
ภาพที่ 76 การกระจายตัวข้อมูลความสูงของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์จากข้อมูลภาพ DSM และการลงพื้นที่ ในช่วงอายุ 41 วัน.....	67
ภาพที่ 77 การกระจายตัวข้อมูลความสูงของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์จากข้อมูลภาพ DSM และการลงพื้นที่ ในช่วงอายุ 55 วัน.....	68



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญ และที่มาของปัญหา

ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ (*Zea mays* Linn.) จัดเป็นหนึ่งในพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย เนื่องจากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เป็นหนึ่งในวัตถุดิบหลักในอุตสาหกรรมอาหารสัตว์ ประมาณ 94 เปอร์เซ็นต์ของผลผลิตข้าวโพดใช้ในอุตสาหกรรมอาหารสัตว์ของไทย โดยความต้องการใช้ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ปี 2559/60 มีการคาดการณ์ความต้องการใช้ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในปริมาณ 5.85 ล้านตัน เพิ่มขึ้นจาก 5.72 ล้านตัน ในปี 2558/59 คิดเป็นร้อยละ 2.27 (ศูนย์สารสนเทศการเกษตร, 2559) ทั้งนี้เนื่องจากการขยายตัวของภาคอุตสาหกรรมเลี้ยงสัตว์ โดยเฉพาะไก่เนื้อ และสุกร ทำให้ความต้องการใช้ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เพื่อเป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์เพิ่มขึ้น ซึ่งความต้องการใช้ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เพื่อเป็นส่วนประกอบในการผลิตอาหารสัตว์ 5.6-6 ล้านตันต่อปี (สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร, 2559) และข้าวโพดเลี้ยงสัตว์อีกส่วนหนึ่งจะนำไปใช้ในด้านอื่นๆ เช่น อุตสาหกรรมแป้ง ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ เป็นต้น สำหรับสถานการณ์การผลิต และการตลาดข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในประเทศไทย ปี 2559/60 คาดว่าเนื้อที่เพาะปลูกมีประมาณ 7.03 ล้านไร่ ลดลงจาก 7.15 ล้านไร่ ในปี 2558/59 เนื่องจากเกษตรกรปรับเปลี่ยนพื้นที่จากการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ไปปลูกมันสำปะหลังและอ้อยโรงงาน ซึ่งทนแล้งและดูแลรักษาง่าย โดยผลผลิตต่อไร่เพิ่มขึ้นจาก 644 กิโลกรัม ในปี 2558/59 เป็น 656 กิโลกรัม ในปี 2559/60 ส่งผลให้ปริมาณผลผลิตรวมเพิ่มขึ้นจาก 4.61 ล้านตัน ในปี 2558/59 เป็น 4.62 ล้านตัน ในปี 2559/60 (สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร, 2559) ซึ่งพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ส่วนใหญ่อยู่ในเขตภาคเหนือ คิดเป็นร้อยละ 70 จังหวัดที่เนื้อที่เพาะปลูกมากที่สุด 5 อันดับแรก ได้แก่ จังหวัดเพชรบูรณ์ น่าน นครราชสีมา เลย และตาก (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2560) ทั้งนี้เขตพื้นที่ภาคเหนือที่พื้นที่ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ลาดชันทำให้การผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มีปัญหาในเรื่องการปลูกข้าวโพดในพื้นที่ที่ไม่ถูกต้อง โดยพบว่าปี 2559/2560 มีพื้นที่ปลูกข้าวโพดที่บุกรุกป่าคิดเป็นร้อยละ 52 ของพื้นที่ปลูกข้าวโพดทั้งหมด (ศูนย์สารสนเทศการเกษตร, 2559) รวมถึงการกระจุกตัวของผลผลิตที่ส่วนใหญ่ผลผลิตออกมากในช่วงฤดูฝนแต่น้อยในช่วงฤดูแล้ง ส่งผลให้ราคาตกต่ำและในช่วงฤดูฝนจะมีปัญหาด้านคุณภาพและเกิดเชื้อราจึงทำให้ผู้ซื้อลดราคาให้ต่ำลง จากปัญหาดังกล่าวทำให้เกิดผลกระทบกับการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ตามมา ได้แก่ ประเทศผู้นำเข้าเนื้อสัตว์/ผลิตภัณฑ์ อาจใช้เป็นข้ออ้างไม่ซื้อเนื้อสัตว์ทำให้เอกชนรายใหญ่ไม่รับซื้อข้าวโพดเลี้ยงสัตว์จากพื้นที่ที่ไม่มีเอกสารสิทธิ หันไปนำเข้าวัตถุดิบอื่นทดแทน ประกอบกับปัญหาในเรื่องของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ทำให้มีความเสี่ยงภัยธรรมชาติมากขึ้น ส่งผลต่อประสิทธิภาพการผลิตต่ำ เนื่องจากพื้นที่ปลูกส่วนใหญ่ร้อยละ 95 ทำการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในฤดูฝน

ในปี 2560 กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ได้กำหนดมาตรการแก้ไขปัญหาของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ คือ ลดการปลูกข้าวโพดในพื้นที่ที่ไม่ถูกต้อง วางแผนปรับสัดส่วนผลผลิตข้าวโพด ช่วงต้นฤดูฝน : ปลายฤดูฝน : ฤดูแล้ง จากเดิม 72 : 23 : 5 เป็น 30 : 20 : 50 โดยปลูกในพื้นที่ทั่วไป ทำการเพิ่มพื้นที่ปลูกข้าวโพดในฤดูแล้งแทนข้าวรอบที่ 2 โดยส่งเสริมข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในพื้นที่นาและดำเนินการบริหารจัดการข้าวโพดรูปแบบแปลงใหญ่ เพื่อบริหารจัดการน้ำ การผลิต และ การตลาด (สำนักงานปลัดกระทรวงมหาดไทย, 2560) อย่างไรก็ตามเกษตรกรในยุคศตวรรษที่ 21 ที่ต้องเผชิญกับราคาผลผลิตที่มีความผันผวนสูง สภาพอากาศเปลี่ยนแปลง และการขยายตัวของประชากรโลกซึ่งทำให้ผลผลิตเป็นที่ต้องการเพิ่มมากขึ้น ในขณะที่พื้นที่เพาะปลูกกลับลด

น้อยลง ซึ่งการทำเกษตรด้วยแนวคิดการทำเกษตรแม่นยำ (Precision Agriculture) เป็นหนึ่งในแนวคิดที่สามารถประยุกต์ใช้ในการบริหารจัดการข้าวโพดเลี้ยงสัตว์รูปแบบแปลงใหญ่ การทำเกษตรแม่นยำเปนกฤษฎะในการทำการเกษตรที่เปนมิตรกับสิ่งแวดล้อม โดยเกษตรกรสามารถจะปรับการใช้ทรัพยากรให้ สอดคล้องกับสภาพของพื้นที่ย่อยๆ รวมไปถึง การดูแลอย่างมีประสิทธิภาพและแม่นยำไม่ว่าจะเป็นการหว่านเมล็ดพืช การใหญ่การไถยาปราบ ศัตรูพืช การไถพรวนดิน การรดน้ำ การคัดเลือก ผลผลิต การเก็บเกี่ยวผลผลิต เช่น การใหญ่ในเกษตรแม่นยำจะทำความแม่นยำกว่า โดยอาจจะใช้เครื่องสแกนสภาพดินในไร่ (Soil Mapping) เพื่อเก็บข้อมูลวาระบริเวณต่างๆ มีความอุดมสมบูรณ์แตกต่างกันอย่างไร ตรงไหนขาดแร่ ธาตุชนิดใด (ธีรพงศ์, 2553) ซึ่งการปรับการดูแลให้เหมาะสมกับสภาพที่แตกต่างนั้น จะทำให้สามารถสร้างผลผลิตอย่างมีประสิทธิภาพที่สุด การเกษตรแม่นยำจะทำการเปลี่ยนทรัพยากร (Input) ไปเป็นผลผลิต (Output) ด้วยต้นทุนต่ำที่สุด (ค่าน้ำ ค่าไฟ ปุ๋ย สารเคมี แรงงาน พลังงาน รวมทั้งสิ่งแวดล้อม) เกิดของเสียน้อยที่สุด โดยการออกแบบกิจกรรมต่าง ๆ ให้มีการใช้ทรัพยากรตามสารสนเทศที่มี เพื่อให้เหมาะสมสำหรับพื้นที่นั้น ๆ ให้ดีที่สุด ปัจจุบันด้วยความก้าวหน้าของเทคโนโลยีเซ็นเซอร์ต่าง ๆ ร่วมกับการใช้อากาศยานไร้คนขับ (Unmanned Aerial Vehicle, UAV) หรือ โดรน (drone) สามารถช่วยในการบินสำรวจแปลงและนำภาพถ่ายมาทำแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศของแปลงแบบละเอียดเพื่อติดตามพื้นที่เพาะปลูกและเพื่อวิเคราะห์หาการเจริญเติบโตของพืชในแต่ละจุด นอกจากนี้การใช้อากาศยานไร้คนขับที่มีการใช้กล้องที่มีเซ็นเซอร์และระบบเลนส์ที่สามารถบันทึกภาพแบบหลายช่วงความยาวคลื่นจะช่วยในการประเมินสุขภาพของพืชเพื่อวัดค่าว่าในแปลงจะใส่ปุ๋ย ไนโตรเจนที่จุดใดมากจุดใดน้อย ทำให้เกษตรกรไม่จำเป็นต้องใส่ปุ๋ยในปริมาณที่เท่ากันทั้งแปลง ซึ่งจะนำประโยชน์มาสู่เกษตรกรเจ้าของฟาร์ม ช่วยลดต้นทุน เกิดผลผลิตสูงสุด ทั้งในแง่ปริมาณและคุณภาพที่เหมาะสมกับสภาพพื้นที่แต่ละสวนในฟาร์ม (ธีรเกียรติ, 2557) ทั้งนี้ในแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 12 (พ.ศ.2560-2564) มียุทธศาสตร์การพัฒนาวินิจฉัยศาสตร์ เทคโนโลยี วิจัย และนวัตกรรม การพัฒนาจึ้นเน้นในเรื่องการเพิ่มความเข้มแข็งด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีของประเทศ และการเพิ่มความสามารถในการประยุกต์ใช้วิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและนวัตกรรมเพื่อยกระดับ ความสามารถการแข่งขันของภาคการผลิตและบริการ และคุณภาพชีวิตของประชาชน และสนับสนุนการสะสมองค์ความรู้เพื่อพัฒนาเทคโนโลยีของตนเอง (สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, 2560)

ดังนั้นงานวิจัยชิ้นนี้ต้องการพัฒนาองค์ความรู้และพัฒนาเทคโนโลยีการประเมินการเจริญเติบโตและความต้องการไนโตรเจนของพืชในใบข้าวโพดโดยใช้อากาศยานไร้คนขับ รวมถึงพัฒนาระบบคำแนะนำการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนจากแผนที่ภาพถ่ายพื้นที่เพาะปลูกโดยอากาศยานไร้คนขับ โดยเทคโนโลยีดังกล่าวนี้ทำให้เกษตรกรบริหารจัดการแปลงปลูกเพาะปลูกได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ควบคุมผลผลิตได้ตรงความต้องการของตลาด ลดต้นทุนการผลิตจากการใส่ปุ๋ยเกินอัตราที่พืชต้องการได้

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาเทคโนโลยีต้นแบบการใช้อากาศยานไร้คนขับในการประเมินการเจริญเติบโตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์
2. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเข้มข้นกับปริมาณไนโตรเจนในใบพืชสำหรับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

-การศึกษาค้นคว้ามุ่งเน้นการพัฒนาเทคโนโลยีการใช้อากาศยานไร้คนขับเพื่อการประเมินการเจริญเติบโตและประเมินปริมาณไนโตรเจนในใบพืชสำหรับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ โดยมีระยะเวลาการดำเนินการวิจัยสองปี การวิจัยครั้งนี้ในปีที่หนึ่งของงบประมาณวิจัย พ.ศ. 2562 ประกอบด้วย การทดสอบภาคสนาม ทำแปลงทดสอบปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ณ หมู่ 8 บ้านห้วยไผ่ ต.วังนกแอ่น อ.วังทอง จ.พิษณุโลก และ ณ หมู่ 6 ตำบลท่าโพธิ์ อ.เมืองพิษณุโลก จ.พิษณุโลก เพื่อพัฒนาเทคโนโลยีต้นแบบการใช้อากาศยานไร้คนขับในการประเมินการเจริญเติบโตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

-ทำการทดลองที่สอง โดยทำแปลงทดสอบภาคสนามปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ภายใต้การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนที่ระดับต่างๆ กัน ณ หมู่ 6 ตำบลท่าโพธิ์ อ.เมืองพิษณุโลก จ.พิษณุโลก ทำการวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนในใบข้าวโพด จากนั้นทำการสร้างแผนที่แปลงเพาะปลูกที่มีความละเอียดสูงจากภาพถ่ายทางอากาศโดยใช้อากาศยานไร้คนขับพร้อมกล้องถ่ายภาพความละเอียดสูง ที่ระบุพิกัด GPS ของภาพถ่ายได้ ทำการสอบเทียบข้อมูลภาคสนามกับภาพถ่ายทางอากาศที่ถ่ายโดยอากาศยานไร้คนขับ เช่น ความสูง เป็นต้น

-สร้างสมการความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเข้มข้นใบข้าวโพด วัดด้วยกล้องถ่ายภาพจากอากาศยานไร้คนขับกับปริมาณไนโตรเจนในใบข้าวโพด และการเจริญเติบโตในช่วงอายุที่แตกต่างกัน จากค่าการปลูกทดสอบจริงภาคสนาม และถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่เกษตรกรและผู้สนใจ

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การตรวจสอบเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อเป็นฐานความรู้ในเรื่องที่เกี่ยวข้อง และเป็นแนวทางในการศึกษารวมทั้งเพื่อเป็นประโยชน์ในการอภิปรายผลการวิจัย ซึ่งจะประกอบด้วย 1) ลักษณะทั่วไปของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ 2) แหล่งเพาะปลูกข้าวโพดในประเทศไทย 3) สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมและความต้องการธาตุอาหารของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ 4) การเจริญเติบโตและพัฒนาการของข้าวโพด 5) เทคนิคการประเมินไนโตรเจนในพืช 6) การใช้อากาศยานไร้คนขับเพื่อการเกษตร และ 7) งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ลักษณะทั่วไปของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

ข้าวโพด (Maize หรือ Corn) อยู่ในวงศ์ Gramineae เป็นพืชตระกูลเดียวกับหญ้า มีชื่อวิทยาศาสตร์ *Zea mays* L. (ศานิต, 2556) ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญต่ออุตสาหกรรมอาหารสัตว์ประมาณ 94 เปอร์เซ็นต์ของผลผลิตข้าวโพดใช้ในอุตสาหกรรมอาหารสัตว์ของประเทศ และมีความต้องการเพิ่มขึ้นทุกปี บางปีต้องมีการนำเข้า ปัจจุบันประมาณ 90 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ปลูกเป็นข้าวโพดพันธุ์ลูกผสมซึ่งให้ผลผลิตสูง ข้าวโพดสามารถผลิตทั่วไปในเขตอบอุ่นและเขตอบอุ่นจนถึงร้อนชื้น รวมถึงพื้นที่ราบเขตร้อน (ราเชนทร์, 2539)

2.1.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

ลักษณะทั่วไป ต้น ข้าวโพดเป็นพรรณไม้จำพวกหญ้า มีถิ่นกำเนิดในทวีปอเมริกาใต้ ซึ่งในปัจจุบันสามารถนำไปปลูกได้ทั่วไปในเขตร้อนและเขตอบอุ่นทั่วโลก ลำต้นนั้นอวบตั้งตรงแข็งแรง เนื้อภายในพามีลักษณะคล้ายฟองน้ำมีความสูงประมาณ 1.4 เมตร ใบ จะเป็นเส้นตรงปลายของมันแหลมยาวประมาณ 30-100 ซม. กว้างประมาณ 2-10 ซม. เส้นกลางของใบจะเห็นได้ชัดตรงขอบใบจะมีขนอ่อนๆ สีขาว ดอก ดอกตัวผู้และดอกตัวเมียอยู่ในต้นเดียวกัน (Monoecious) ช่อดอกตัวผู้ที่อยู่ส่วนยอดของลำต้น ช่อดอกตัวเมียจะอยู่ต่ำถัดลงมาออกระหว่างกาบของใบและลำต้น ดอกย่อยจะมีก้านเกสรตัวผู้ 9-10 อัน และมีอับเรณูสีเหลืองส้ม ยาวราว 5 มม. ยอดเกสรตัวเมียจะเป็นเส้นบางๆ คล้ายกับเส้นไหมยาวและยื่นพันออกมาเป็นจำนวนมาก ฝัก เกิดจากดอกตัวเมียที่เจริญเติบโตแล้ว ข้าวโพดต้นหนึ่งอาจให้ฝักมากกว่าหนึ่งฝักก็ได้ ฝักข้าวโพดหุ้มด้วยกาบหลายชั้น ฝักอ่อนจะมีสีเขียว เมื่อแก่จะเปลี่ยนเป็นสีนวล เราเรียกว่า เปลือกข้าวโพด ฝักข้าวโพดจะประกอบไปด้วยชังข้าวโพด (cob) ซึ่งเป็นที่สำหรับให้ผลที่เราเรียกว่าเม็ดเกาะ ผล จะเป็นทรงกระบอกยาว ในฝัก 1 ฝัก มีเม็ดเกาะอยู่ประมาณ 8 แถว แถวหนึ่งๆ จะมีเม็ดประมาณ 30 เม็ด และมีสีต่างๆ กันเช่นสีนวล เหลือง หรือม่วงดำ (ศานิต, 2556)

ใบ จะเป็นเส้นตรงปลายของมันแหลมยาวประมาณ 30-100 ซม. กว้างประมาณ 2-10 ซม. เส้นกลางของใบจะเห็นได้ชัดตรงขอบใบจะมีขนอ่อนๆ สีขาว

ดอก ดอกตัวผู้และดอกตัวเมียอยู่ในต้นเดียวกัน (Monoecious) ช่อดอกตัวผู้ที่อยู่ส่วนยอดของลำต้น ช่อดอกตัวเมียจะอยู่ต่ำถัดลงมาออกระหว่างกาบของใบและลำต้น ดอกย่อยจะมีก้านเกสรตัวผู้

9-10 อัน และมีอับเรณูสีเหลืองส้ม ยาวราว 5 มม. ยอดเกสรตัวเมียจะเป็นเส้นบางๆ คล้ายกับเส้นไหมยาว และยื่นพ้นออกมาเป็นจำนวนมาก

ผล จะเป็นทรงกระบอกยาวในฝัก 1 ฝัก มีเม็ดเกาะอยู่ประมาณ 8 แถว แถวหนึ่งๆ จะมีเม็ดประมาณ 30 เม็ด และมีสีต่างๆ กันเช่นสีนวล เหลือง หรือม่วงดำ

2.2 แหล่งเพาะปลูกข้าวโพดในประเทศไทย

ข้าวโพดนับว่าเป็นพืชสำคัญอันดับสามของโลก รองจากข้าวสาลีและข้าว ข้าวโพดใช้เป็นอาหาร ทั้งของคนและสัตว์ สำหรับการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ระดับโลก ปีเพาะปลูก 2558/59 พบว่ามีเนื้อที่เพาะปลูก 1,104.94 ล้านไร่ ลดลงจาก 1,116 ล้านไร่ ในปีเพาะปลูก 2557/58 ร้อยละ 1.01 มีผลผลิต 967.93 ล้านตัน ลดลงจาก 1,008 ล้านตัน ร้อยละ 4.02 สำหรับ ผลผลิตต่อไร่ 877 กิโลกรัม ลดลงจาก 904 กิโลกรัม ร้อยละ 2.99 โดยประเทศที่มีผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เพิ่มขึ้น ได้แก่ จีน แคนาดา และรัสเซีย ส่วนประเทศที่มีผลผลิตลดลง ได้แก่ สหรัฐอเมริกา บราซิล สหภาพยุโรป อาร์เจนตินา ยูเครน เม็กซิโก ไทย และอินเดีย (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2559) สำหรับในประเทศไทย ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์สามารถปลูกได้ดีทุกภาค จังหวัดที่มีเนื้อที่เพาะปลูกข้าวโพดมากที่สุด 5 อันดับแรก ได้แก่ เพชรบูรณ์ น่าน นครราชสีมา เลย และตาก เมื่อแยกในแต่ละภาคโดยเรียงตามปริมาณการผลิตมากไปหาน้อยพบว่า

ภาคกลาง มี เพชรบูรณ์ ลพบุรี นครสวรรค์ สระบุรี พิษณุโลก พิจิตร สุโขทัย และปราจีนบุรี

ภาคเหนือ มี จังหวัดแพร่ น่าน เชียงราย และเชียงใหม่

ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มี นครราชสีมา ศรีสะเกษ อุบลราชธานี ขอนแก่น และชัยภูมิ

ภาคใต้ ปลูกมากที่สุดที่ จังหวัดสงขลา สุราษฎร์ธานี และนครศรีธรรมราช

โดยภาวะการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในประเทศไทยของปีเพาะปลูก 2558/59 พบว่ามีเนื้อที่เพาะปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ รวมทั้งประเทศ 7,156,778 ไร่ ลดลงจากปีที่ผ่านมา ร้อยละ 1.03 มีเนื้อที่เก็บเกี่ยว 6,945,134 ไร่ ลดลงจากปีที่ผ่านมา ร้อยละ 1.81 ผลผลิตรวมทั้งประเทศ 4,610,992 ตัน ลดลงจากปีที่ผ่านมา ร้อยละ 2.51 ผลผลิตต่อไร่เนื้อที่เก็บเกี่ยว 664 กิโลกรัม ลดลงจากปีที่ผ่านมา ร้อยละ 0.75 ต้นทุนการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ 6,945 บาทต่อตัน (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2559) เมื่อพิจารณาความต้องการใช้ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ของไทยปี 2558 พบว่ามีความต้องการใช้ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ 5.34 ล้านตัน เพิ่มขึ้นจาก 5.04 ล้านตัน ในปี 2557 หรือเพิ่มขึ้นร้อยละ 5.95 เนื่องจากภาคอุตสาหกรรมการเลี้ยงสัตว์ยังคงขยายตัวเพิ่มขึ้น ทำให้ความต้องการใช้ ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เพื่อเป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์เพิ่มขึ้น การส่งออกของไทยปี 2558 ปริมาณ 0.081 ล้านตัน มูลค่า 716.74 ล้านบาท ลดลงจาก 0.631 ล้านตัน มูลค่า 5,154.83 ล้านบาท ในปี 2557 ร้อยละ 87.16 และร้อยละ 86.10 ตามลำดับ เนื่องจากปริมาณผลผลิต ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลดลงจากผลกระทบของภัยแล้ง ขณะที่ความต้องการใช้ในภาคอุตสาหกรรมอาหารสัตว์มีเพิ่มขึ้น ดังนั้นข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ส่วนใหญ่จะเป็นการใช้ในประเทศมากกว่าส่งออกต่างประเทศ โดยใช้เป็นวัตถุดิบป้อนเข้าสู่โรงงานผลิตอาหารสัตว์ในประเทศ ซึ่งแนวโน้มของความต้องการใช้ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในประเทศไทยมีทิศทางเพิ่มขึ้น เนื่องจากจำนวนประชากรสัตว์ เช่น ไก่เนื้อ ไก่ไข่ โคเนื้อ เป็นต้น มีจำนวนเพิ่มมากขึ้นในทุกๆ ปี ซึ่งการเพิ่มขึ้นของปริมาณ

ประชากรสัตว์มีอัตราการขยายตัวมากกว่าอัตราการขยายตัวของปริมาณการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ จึงส่งผลให้ในปัจจุบันปริมาณการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ไม่เพียงพอต่อความต้องการใช้ภายในประเทศ ถึงแม้ว่าเนื้อที่การเพาะปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์และปริมาณผลผลิต จะเพิ่มขึ้นก็ตาม (สุทัศน์ ศรีวัฒนพงศ์, 2557)

2.3 สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมและความต้องการธาตุอาหารของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

1) สภาพพื้นที่

- พื้นที่ดอน หรือที่ลุ่มไม่มีน้ำขัง
- ความสูงจากระดับน้ำทะเลไม่เกิน 1,000 เมตร
- ความลาดเอียงไม่เกิน 5 เปอร์เซ็นต์

2) ลักษณะดิน

- ข้าวโพดสามารถขึ้นในดินเกือบทุกชนิด แต่จะให้ผลผลิตต่างกันในแต่ละชนิดดิน
- ลักษณะเนื้อดินควรเป็นดินร่วนถึงดินเหนียว ที่ง่ายต่อการเตรียมดิน และการเก็บกักความชื้น
- สถานการณ์และปัญหาการปลูกข้าวโพดบนพื้นที่ลาดชัน
- การระบายน้ำและถ่ายเทอากาศดี
- ระดับหน้าดินลึกไม่น้อยกว่า 25 เซนติเมตร
- เจริญเติบโตได้ดีในสภาพความลึกของหน้าดินประมาณ 60 เซนติเมตร
- สามารถปลูกได้ในดินที่มีสภาพเป็นกรดจัดถึงดินที่มีลักษณะเป็นด่างอ่อนๆ ถ้ามีการให้ธาตุอาหารเสริมอย่างเพียงพอ และให้ผลผลิตที่ดีในช่วงที่มีสภาพ pH 6-7
- ดินที่เหมาะสมสำหรับการปลูกข้าวโพดควรมี pH ระหว่าง 5.5-8
- ความอุดมสมบูรณ์ปานกลาง มีอินทรีย์วัตถุไม่ต่ำกว่า 1.0 เปอร์เซ็นต์
- ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ไม่น้อยกว่า 10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม
- โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ไม่น้อยกว่า 60 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม
- สามารถทนเค็มระดับความเค็มปานกลาง
- ผลผลิตจะลดลงตามความเค็มของดิน

3) สภาพภูมิอากาศ

เนื่องจากข้าวโพดมีความแปรปรวนทางพันธุกรรมสูงมาก จึงพบว่าข้าวโพดสามารถปลูกได้ในส่วนต่างๆ ของโลก ซึ่งมีสภาพฟ้าอากาศแตกต่างกันมาก ตั้งแต่เส้นรุ้งที่ 50 องศาเหนือ ไปจนถึง เส้นรุ้ง 50 องศาใต้ และที่ต่ำกว่าระดับน้ำทะเลไปจนถึงที่สูงจากระดับน้ำทะเลมากกว่า 1,000 เมตร

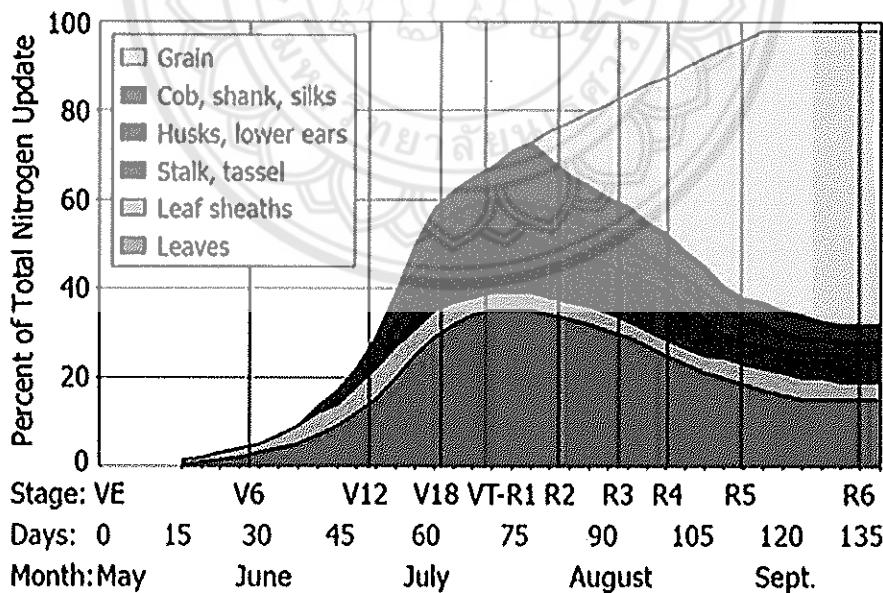
ข้าวโพดเป็นพืชวันสั้น ปลูกในสภาพวันยาวจะใช้เวลาในการออกดอกและแก่ยาวขึ้นและมีจำนวนใบเพิ่มขึ้น แม้ว่าข้าวโพดเป็นพืชที่มีความสามารถปรับตัวได้กว้าง แต่จะเจริญเติบโตได้ดีในอุณหภูมิระหว่าง 24-30 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิต่ำสุด สำหรับการงอก 10 องศาเซลเซียส ขณะที่ดินยังเล็กอยู่ (สูงราว 15 เซนติเมตร) ข้าวโพดสามารถทนทานต่ออากาศหนาวเย็นได้ดี แต่เมื่อโตขึ้นจะไม่ทนทานต่อสภาพอากาศดังกล่าว (สุทัศน์ ศรีวัฒนพงศ์, 2557)

4) การใส่ปุ๋ย การให้ปุ๋ยควรมีการใส่ปุ๋ยให้ต้นข้าวโพด เพื่อให้มีธาตุอาหารใช้ในการสร้างผลผลิตให้เพิ่มขึ้น ซึ่งการใส่ปุ๋ยควรแบ่งใส่ 2 ครั้ง

ครั้งที่หนึ่ง ปุ๋ยรองพื้น ควรใส่รองกันหลุมหรือโรยเป็นแถวแล้วกลบพร้อมปลูก ถ้าใช้เครื่องปลูกจะมีถังสำหรับใส่ปุ๋ยพร้อมอยู่แล้ว ถ้าปลูกด้วยมือ ควรหยอดปุ๋ยที่กันหลุมแล้วกลบดินบาง ๆ ก่อนหยอดเมล็ด ไม่ควรให้ปุ๋ยสัมผัสกับเมล็ดโดยตรง เพราะอาจทำให้เมล็ดเน่าได้ ปุ๋ยรองพื้นที่ใช้ อาจใช้สูตร 16 - 20 - 0, 15 - 15 - 15 , 20 - 20 - 0 หรือสูตรอื่นๆ ตามความเหมาะสมถ้าเป็นไปได้ ควรมีการวิเคราะห์ดิน เพื่อหาสูตรปุ๋ยที่เหมาะสมกับพื้นที่ โดยปุ๋ยรองพื้น ควรใส่อัตราประมาณ 25-30 กิโลกรัม/ไร่

ครั้งที่สองปุ๋ยแต่งหน้า หลังจากปลูกประมาณ 25-30 วัน ควรมีการใส่ปุ๋ยอีกครั้งหนึ่ง โดยใช้ปุ๋ยยูเรีย (46-0-0) โรยข้างต้นในอัตรา 20-25 กิโลกรัม/ไร่ ใส่ขณะดินมีความชื้นหรือใส่แล้วกลบด้วยเครื่องทำร่นพูนโคน

ข้าวโพดมีความต้องการไนโตรเจนเพียงเล็กน้อยในช่วงต้นกล้า แต่ความต้องการไนโตรเจนของข้าวโพดจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเมื่อข้าวโพดมาถึงขั้นตอนการเจริญเติบโตช่วง V8 เมื่อข้าวโพดมีความสูงถึงประมาณไหล่คน(ประมาณช่วง V12 ถึง V14) ในประมาณสองสัปดาห์หลังจากช่วง V8 และถึงขั้นออกดอกออกไหม (VT / R1) ในอีกประมาณสองสัปดาห์ การเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วของช่วงดังกล่าวจะต้องการปริมาณไนโตรเจนมากพอที่จะตอบสนองความต้องการในการพัฒนาเนื้อเยื่อและการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบ (ภาพที่ 1) (Richie, et.al, 2005)

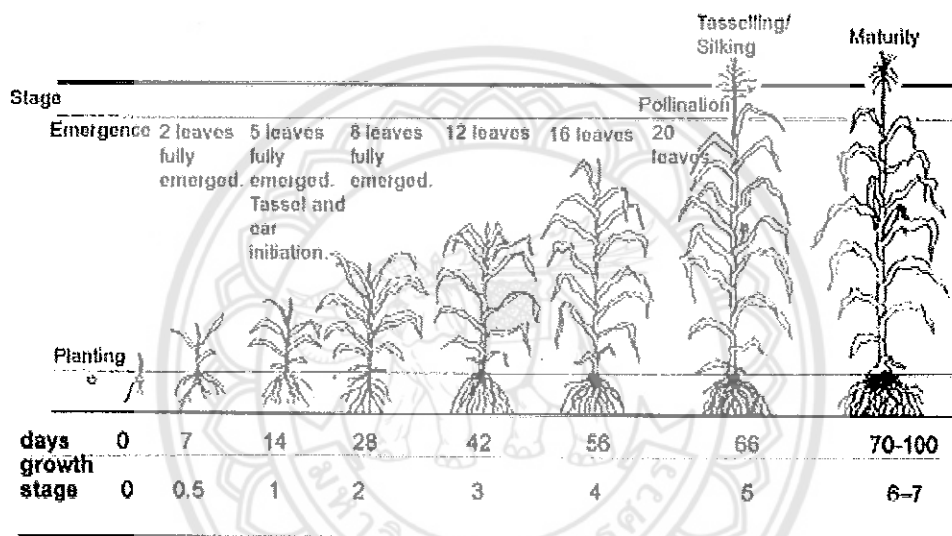


ที่มา : Richie et al., 2005

ภาพที่ 1 เปอร์เซ็นต์การใช้ไนโตรเจนในข้าวโพดแต่ละช่วงระยะการเจริญเติบโต

2.4 การเจริญเติบโตและพัฒนาการของข้าวโพด

เมล็ดข้าวโพดจัดเป็นพวกไม่มีระยะการพักตัว (seed dormancy) เมื่อเมล็ดแก่เก็บเกี่ยวแล้ว สามารถนำไปปลูกได้เลย เมื่อฝังเมล็ดลงไปดิน เมล็ดจะงอกโผล่พ้นผิวดิน และใบแรกคลี่ออกให้เห็นภายในประมาณ 4-6 วัน ต่อมาจึงจะมีรากออกมาจากข้อแรก (nodal roots) เพิ่มจากรากชั่วคราวที่มีอยู่แล้ว การเจริญเติบโตของราก ลำต้น ใบ เป็นไปตามลำดับ จนกระทั่งเห็นช่อดอกตัวผู้ ซึ่งในระยะนี้ข้าวโพดไร่จะมีอายุประมาณ 50 - 55 วัน หลังจากปลูก การเจริญเติบโตในระยะนี้เข้าสู่ระยะการผสมพันธุ์ (reproductive stage) เส้นไหมของดอกตัวเมียจะโผล่พ้นเปลือกหุ้ม (husk) ของฝัก พร้อมทั้งจะรับละอองเกสรได้ภายในประมาณ 55 - 60 วัน หลังจากปลูก หลังจากได้รับการผสมเกสรแล้ว รังไข่จะเจริญกลายเป็นเมล็ดอ่อนและเมล็ดแก่ พร้อมทั้งจะเก็บเกี่ยวได้ภายในประมาณ 45 วัน หลังการผสมเกสร (สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชน, 2543) (ภาพที่ 2)



ที่มา : Beckingham, 2007

ภาพที่ 2 ระยะการเจริญเติบโตของข้าวโพด

2.5 เทคนิคการประเมินไนโตรเจนในพืช

การจัดการปุ๋ยไนโตรเจนในการปลูกพืชจะมีประสิทธิภาพที่สุดเมื่อทราบปริมาณความต้องการไนโตรเจนของพืชในแต่ละระยะการเจริญเติบโตซึ่งสามารถดูได้จากปริมาณของไนโตรเจนในต้นพืช ซึ่งปริมาณไนโตรเจนจะแสดงออกทางสีใบและลักษณะการเจริญเติบโตของต้น (ยงยุทธ, 2552) ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงของปริมาณไนโตรเจนในดินจึงมีผลต่อปริมาณไนโตรเจนภายในต้นพืชและคลอโรฟิลล์ในใบพืช ปัจจุบันมีการประเมินปริมาณไนโตรเจนในพืชหลายวิธี เช่น การใช้คลอโรฟิลล์มิเตอร์ (SPAD-502) ประเมินปริมาณไนโตรเจนในใบพืชเป็นวิธีที่ง่าย รวดเร็ว ไม่ทำลายพืช และเป็นวิธีที่มีการยอมรับว่ามีประสิทธิภาพ สุภานีและสายัณห์ (2545) รายงานว่าการประเมินปริมาณคลอโรฟิลล์และไนโตรเจนในใบลองกองและเงาะ โดยใช้เครื่องมือ SPAD-502 มีค่าสัมพันธ์กันอย่างยิ่งกับค่าที่วิเคราะห์ได้จริงจากห้องปฏิบัติการ ทำให้การใช้เครื่อง

SPAD-502 เป็นวิธีที่มีการยอมรับว่ามีประสิทธิภาพในการวัดปริมาณคลอโรฟิลล์และไนโตรเจนในใบพืชเพื่อประเมินสุขภาพของพืช ซึ่งมีการใช้งานในพืชหลายชนิด เช่น ข้าว (Hussain, 2000; Mati et al, 2004; Esfahani, 2008; อารีรัตน์, 2542) ข้าวโพด (กิ่งเพชร, 2554: สืบ สกุล, 2554) ผักขม (Liu et al., 2006), ัญพืช (Lebail et al., 2005; Arregui et al., 2006) มันฝรั่ง (Wu et al., 2007)

อย่างไรก็ดีการใช้เครื่อง SPAD-502 ในการประเมินคลอโรฟิลล์และปริมาณไนโตรเจนในใบพืชมีข้อจำกัดในเรื่องของเครื่องมือค่อนข้างราคาสูงดังนั้นจึงมีการพัฒนาการใช้กล้องดิจิทัลเพื่อถ่ายภาพประเมินปริมาณไนโตรเจนในใบพืช โดยใช้หลักการใช้กล้องดิจิทัลถ่ายภาพใบพืชแล้ววิเคราะห์ค่าองค์ประกอบสี R (Red), G (Green) และ B (Blue) นำค่าดังกล่าวไปคำนวณหาค่าดัชนีความเข้มของสีใบ (Miguel et al., 2008) ซึ่งมีการทดสอบกับพืชหลายชนิด เช่น ข้าว (ณิญา และคณะ, 2556; เมทินี และคณะ, 2557; Wang et al., 2012) ข้าวโพด (Rorie et al., 2011) ฝ้าย (Jia et al., 2014) นอกจากนี้ได้มีการพัฒนาและนำวิธีการตรวจจับระยะไกลเพื่อประเมินสถานะของไนโตรเจนในพืชเฉพาะพื้นที่ โดยบางส่วนบริษัทพาณิชย์ได้ผลิตอุปกรณ์ตรวจวัดบนพื้นดิน เช่น Yara N-Sensor, GreenSeeker, CropScan และเซ็นเซอร์ที่ติดตั้งดาวเทียม (Quick Bird) ซึ่งทั้งหมดนี้จะวัดการสะท้อนแสงของพืชในแถบคลื่นมองเห็นหรือย่านรังสีอินฟราเรด นอกจากนี้ยังมีวิธีการวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนในพืชโดยวิธีการวิเคราะห์เนื้อเยื่อพืช เช่น Kjeldahl-digestion และ Dumas-combustion ได้ใช้กันอย่างแพร่หลายในพืชเนื่องจากความน่าเชื่อถือในการกำหนดปริมาณไนโตรเจนอินทรีย์ แต่ก็ใช้เวลานานและทำลายตัวอย่าง (Muñoz-Huerta et al., 2013)

2.6 การใช้อากาศยานไร้คนขับเพื่อการเกษตร

ปัจจุบันการใช้เทคโนโลยีอากาศยานไร้คนขับ (Unmanned Aerial Vehicle, UAV) หรือ ยูเอวีคือ โดรน (Drone; เป็นอากาศยานที่ควบคุมจากระยะไกล) ถือเป็นเทคโนโลยีหนึ่งที่ได้มีการศึกษาวิจัยและพัฒนา กันมาอย่างต่อเนื่อง ยูเอวีมีสองแบบ ได้แก่ แบบที่หนึ่งคือควบคุมจากระยะไกล และแบบที่สองคือบินได้ด้วยตนเองโดยอาศัยการโปรแกรมที่เป็นระบบซึ่งซับซ้อนกว่า อากาศยานไร้คนขับนี้จะมีส่วนประกอบที่สำคัญคือ ตัวอากาศยานไร้คนขับ, กล้องถ่ายภาพ, ระบบนำทาง GPS และระบบควบคุม ในทางการเกษตรอากาศยานไร้คนขับ เน้นในการนำมาใช้ถ่ายภาพทางอากาศ ทั้งถ่ายภาพเพื่อความสวยงามและภาพเพื่อการนำไปประมวลผล ต่อ (Zhang and Kovacs, 2012) เช่นนำมาวิเคราะห์เพื่อการวางแผนการใช้ประโยชน์ที่ดิน หรือนำภาพแปลงพืชผลที่ปลูกไว้มาประเมินความเสียหาย ประเมินผลผลิต โดยใช้ภาพถ่ายที่ได้ผนวกกับข้อมูลเชิงแผนที่ที่มีอยู่เบื้องต้นแล้ว ก็สามารถต่อยอดเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ได้หลากหลาย ซึ่งมีข้อได้เปรียบกว่าภาพถ่ายดาวเทียมคือ สามารถถ่ายเองได้ ถ่ายได้ตลอดเวลาที่ต้องการ ในขณะที่ภาพถ่ายดาวเทียม ต้องใช้เวลานานกว่า และมีค่าใช้จ่ายที่สูงกว่า

สำหรับการประยุกต์ใช้อากาศยานไร้คนขับสำหรับการเกษตรในปัจจุบัน มีดังนี้คือ การวิเคราะห์ดิน และพื้นที่เพาะปลูก อากาศยานไร้คนขับสามารถใช้เป็นเครื่องมือติดตามพืชตั้งแต่ช่วงเริ่มต้นของรอบการเพาะปลูก ซึ่งสามารถใช้อากาศยานไร้คนขับสร้างแผนที่สามมิติที่แม่นยำ สำหรับการวิเคราะห์ดินในช่วงเริ่มต้นการปลูกซึ่งเป็นประโยชน์ในการวางแผนรูปแบบการเพาะปลูกเมล็ดพันธุ์ หลังจากปลูกแล้วการวิเคราะห์ดินของ

อากาศยานไร้คนขับจะช่วยให้ข้อมูลสำหรับการให้น้ำพืชและการจัดการระดับไนโตรเจน (Mazur, 2016) และสามารถใช้อากาศยานไร้คนขับในการปฏิบัติการพ่นสารเคมี ปุ๋ย ฮอร์โมนพืช ที่ใช้ได้ทั้งกับการทำเกษตรแบบทั่วไปหรือเกษตรอินทรีย์ เป็นที่นิยมอย่างแพร่หลายในหลายๆ ประเทศ เช่น จีน อเมริกา ญี่ปุ่น เป็นต้น ซึ่งข้อดีที่สำคัญในการใช้โดรนทางการเกษตรทั่วไปคือ เกษตรกรปลอดภัย ไม่ต้องสัมผัสกับสารเคมี ไม่ต้องเดินเข้าสัมผัสแปลงปลูกพืช (Giles and Billing, 2015) Pansak et al. (2017) ได้ประยุกต์ใช้อากาศยานไร้คนขับถ่ายภาพแปลงข้าวโพดบนพื้นที่ลาดชันเพื่อประเมินความสูงของต้นข้าวโพด ได้ใช้โปรแกรมสร้างแผนที่แปลงปลูกข้าวโพดแบบสามมิติพบว่าสามารถประเมินความสูงของต้นข้าวโพดได้ใกล้เคียงกับข้อมูลความสูงที่วัดจริงจากภาคสนาม

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Maresma et al., (2016) การวิเคราะห์ดัชนีพืชพรรณเพื่อพิจารณาปริมาณการใช้ไนโตรเจนและการทำนายผลผลิตในข้าวโพดโดยอากาศยานไร้คนขับ (UAV) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ศักยภาพของดัชนีพืชพรรณต่าง ๆ ร่วมกับความสูงของพืชเพื่อกำหนดปริมาณการใช้ปุ๋ยให้ตรงตามความต้องการของข้าวโพดในแต่ละช่วงอายุและการศึกษาครั้งนี้จะใช้ ดัชนีพืชพรรณทั้งหมด 3 สมการ ได้แก่ NDVI GRVI WDRVI เข้ามาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของข้าวโพดภายในแปลงทดลองที่การกำหนดอัตราในการให้ปุ๋ยที่แตกต่างกันเพื่อหาค่าดัชนีพืชพรรณของทั้ง 3 สมการออกมาโดยในแต่ละแปลงการทดลองจะมีอัตราการใส่ปุ๋ยที่แตกต่างกัน คือ N=0 , N=100 , N=150 , N=200 , N=250 , N=300 , N=400 กิโลกรัม ต่อ N·ha⁻¹ และได้นำปุ๋ยมูลหมูเข้ามาทดลองในปริมาณ 150 , 250 กิโลกรัม ต่อ N·ha⁻¹ โดยจะนำไปผสมกับ ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราที่แตกต่างกัน มีอัตราการผสม 4 อัตราดังนี้ N100Ps150, N100Ps250, N200Ps150 และ N200Ps250 ทำการสำรวจทางอากาศด้วย Atmos-6 UAV ภาพถ่ายที่ได้มาจากการซ้อนทับแนวนอนอย่างน้อย 60% เพื่อให้สามารถใช้ภาพสามมิติในการคำนวณระดับความสูงในแต่ละพิกเซล ภาพจะถูกแก้ไขและโมเสกด้วยซอฟต์แวร์ Pix4D เพื่อสร้างภาพที่ความละเอียดเชิงพื้นที่ 0.15 ม. สรุปผลวิจัยครั้งนี้ การนำเอาเทคโนโลยีอากาศยานไร้คนขับเข้ามาช่วยในการวิเคราะห์การใช้ปุ๋ยไนโตรเจนกับข้าวโพดโดยใช้ดัชนีพืชพรรณวิเคราะห์ ในแต่ละช่วงอายุของข้าวโพดซึ่งค่าจะได้ออกมาตามตารางดังนี้

N Treatment	NDVI	WDRVI	GRVI	SPAD	Crop Height (m)	Yield (Mg·ha ⁻¹)
N0	0.451 d	-0.574 f	1.253 f	29.08 b	0.91 a	3.16 e
N100 (100)	0.542 c	0.619 e	1.365 e	49.69 a	1.65 h	9.79 cd
N150 (150)	0.663 b	0.747 d	1.366 cde	61.76 a	1.65 fg	12.02 bcd
N200 (200)	0.676 c	0.554 e	1.392 cde	45.39 a	1.63 fg	8.70 de
N250 (250)	0.674 ab	0.599 bcd	1.387 cde	56.30 a	1.63 fg	16.04 abc
N250 (250)	0.567 ab	0.731 cd	1.353 de	55.71 a	1.55 fg	16.17 ab
N250Ps250 (250)	0.674 ab	0.609 bcd	1.373 abcde	54.26 a	1.59 cde	15.14 abc
N100Ps150 (250)	0.676 ab	0.624 bcd	1.377 abcde	58.70 a	1.56 cd	14.65 abc
N300 (300)	0.671 ab	0.793 cd	1.356 cde	69.23 a	1.22 g	15.40 ab
N400 (400)	0.679 ab	0.745 bcd	1.357 cde	"	1.62 def	17.64 a
N100Ps250 (350)	0.555 a	0.604 ab	1.355 a	55.42 a	2.11 ab	17.00 ab
N200Ps150 (350)	0.537 a	0.930 a	1.393 ab	58.93 a	2.03 bc	17.59 a
N200Ps250 (450)	0.637 a	0.599 ab	1.332 abc	57.26 a	2.16 a	16.95 ab

ที่มา : Ángel et al., 2016

ภาพที่ 3 ผลการวิเคราะห์ดัชนีพืชพรรณของข้าวโพดเลี้ยง

Brian et al., (2017) การใช้อากาศยานไร้คนขับเพื่อประเมินความแปรปรวนของไนโตรเจน การนำเซ็นเซอร์ที่ใช้งานภาคพื้นดินอยู่มาเปรียบเทียบกับอากาศยานไร้คนขับ (UAV) เพื่อประเมินความแปรปรวนของไนโตรเจน ด้วยข้อดีที่เป็นเอกลักษณ์เมื่อเทียบกับระบบบนพื้นดิน การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ: 1) ตรวจสอบว่าอากาศยานไร้คนขับ (UAV) เป็นแพลตฟอร์มที่เหมาะสมสำหรับการใช้งานกับเซ็นเซอร์ครอบตัดพืชที่ใช้งานเพื่อตรวจสอบสถานะไนโตรเจนของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ว่าดีหรือไม่ 2) หากวัตถุประสงค์ 1 เป็นจริง UAV และแพลตฟอร์มเซ็นเซอร์แบบแอคทีฟเป็นวิธีทดแทนที่เหมาะสมสำหรับวิธีการพกพาในปัจจุบันหรือไม่? 3) มีผลกระทบความสูงที่อาจทำให้การตรวจวัดสถานะ N ทำให้เกิดความเสียหายต่อหลังคาครอบตัดหรือไม่? มีการทดลองสามครั้งในช่วงปี 2556 และ 2557 โดยใช้เซ็นเซอร์ออปติคัล การศึกษาได้ดำเนินการในสองสถานที่ในช่วงฤดูปลูกเพาะปลูก 2013 และ 2014 เพื่อประเมินการใช้เซ็นเซอร์และแพลตฟอร์มที่แตกต่างกันสำหรับการตรวจหาผลกระทบของอัตราไนโตรเจน ต่อข้าวโพด ในปี 2014 การศึกษาได้ดำเนินการมากกว่าห้าเป็นเป้าหมายในการวัดปริมาณผลกระทบของความสูงเหนือหลังคาบนสถานะการตรวจวัดเซ็นเซอร์ไนโตรเจนที่ติดตั้งแบบใช้งานกับอากาศยานไร้คนขับ UAV

Wahab et al., (2018) การประยุกต์ใช้วิธีการสำรวจระยะไกลเพื่อประเมินความแข็งแรงของพืชและผลผลิตมีแอปพลิเคชันที่จำกัดใน ชับซาฮาราแอฟริกา เนื่องจากข้อจำกัดที่เกี่ยวข้องกับภาพถ่ายดาวเทียม การใช้อากาศยานไร้คนขับจึงเพิ่มมากขึ้นในช่วงเวลาที่ผ่านมามีโอกาสใหม่ ๆ สำหรับการรับรู้สถานะการเพาะปลูกจากระยะไกลและให้ผลผลิตแม่นยำในฟาร์มขนาดเล็ก การศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นถึงความจำเป็นที่ใช้ดัชนีพืชพรรณที่ได้จากภาพถ่าย UAV เพื่อประเมินความแข็งแรงของพืชและผลผลิตในระยะต่าง ๆ ของการเจริญเติบโตของพืช โดยการศึกษาครั้งนี้ใช้อากาศยานไร้คนขับ quadcopter บินสูงเหนือฟาร์ม 100 เมตร โดยจะติดกล้อง GoPro Hero 4 2 ตัว และการคำนวณหาดัชนีพืชพรรณ จะใช้สมการ GNDVI ซึ่งมีความใกล้เคียงกับ NDVI โดย GNDVI จะใช้แบนด์ สีเขียว กับ เนียร์อินฟราเรด NIR เพื่อหาค่าความเขียวของพืช ตรวจสอบความแข็งแรงของพืชและคาดการณ์ผลผลิต โดยจะมีสมการดังนี้ $GNDVI = (NIR-G) / (NIR+G)$ และผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า GNDVI ที่ได้จาก UAV ไม่เพียง แต่มีประโยชน์ในการตรวจสอบความแข็งแรงของพืชและยังประเมินการให้ผลผลิตและมันยังทำงานได้ดีกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการวัด SPAD ดังนั้น GNDVI ที่ได้รับจาก UAV นั้นเป็นการวัดที่ดีกว่า, ตรงเวลามากที่สุด, มีประสิทธิภาพมากขึ้นและมีวัตถุประสงค์ของความแข็งแรงของพืชและการคาดการณ์ผลผลิตข้าวโพดเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการในแปลง วิธี GNDVI ที่ใช้ที่นี่เป็นสิ่งที่ต้องการมากที่สุดหากวัตถุประสงค์คือเพื่อให้การสนับสนุนการตัดสินใจสำหรับเกษตรกรรายย่อย เนื่องจากมันให้ผลลัพธ์เหล่านี้เร็วที่สุด

Iwasaki et al., (2019) การศึกษารูปแบบเชิงพื้นที่ของผลกระทบจากลมที่มีต่อการเจริญเติบโตของข้าวโพดประเมินโดยอากาศยานไร้คนขับในฮอกไกโดทางตอนเหนือของญี่ปุ่น การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อชี้แจงว่ารูปแบบเชิงพื้นที่ของผลกระทบของลมต่อการเจริญเติบโตของข้าวโพดสามารถประเมินได้โดยใช้อากาศยานพาหนะไร้คนขับ (UAV) ในทุ่งหญ้าที่มีลมพัดในฮอกไกโดทางตอนเหนือของญี่ปุ่น เราทำการแมปการกระจายตัวของดัชนีพืชพรรณ (NDVI) แบบปกติในแปลงโดยใช้ UAV และสังเกตการณ์ทางจุลชีววิทยาและ

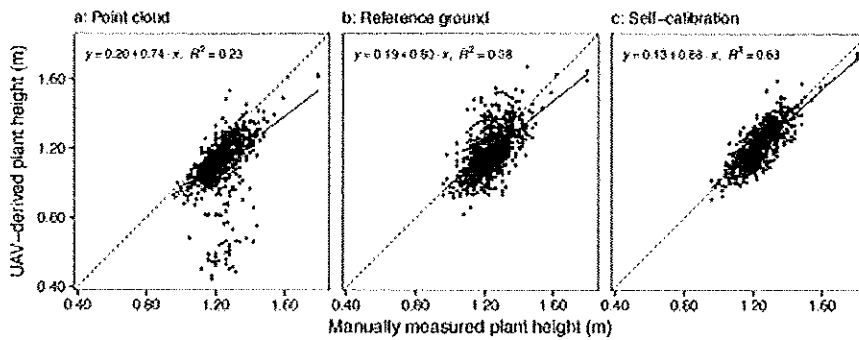
สำรวจการเติบโตและผลผลิต เราพบว่าการบินนั้นมีผลในทางบวกต่อการเจริญเติบโตของข้าวโพดโดยการเพิ่มอุณหภูมิของดินอย่างไรก็ตาม windbreaks ยังสามารถส่งผลกระทบต่อ การเจริญเติบโตของข้าวโพดโดยการเพิ่มความชื้นของดินในบางภูมิภาคและการใช้ UAV ช่วยให้เราสามารถประเมินพื้นที่ที่การเจริญเติบโตของข้าวโพดได้รับผลกระทบจากลมที่มีความละเอียดเชิงพื้นที่มากขึ้นและใช้แรงงานน้อยลงเมื่อเทียบกับการสำรวจการเติบโตและผลผลิต นอกจากนี้ยังเป็นเรื่องยากที่จะประเมินผลกระทบของ windbreaks ต่อข้าวโพดโดยการกระจาย NDVI ในช่วงเวลาที่บินนั้นมีเงาตกทับพื้นที่ขนาดใหญ่ของแปลง UAV สามารถเปิดใช้งานการรับภาพ NDVI ได้ง่ายตามเวลาที่ต้องการ ในขณะที่ข้อมูลดาวเทียมอาจไม่สามารถใช้งานได้ง่ายเนื่องจากสภาพอากาศที่มีเมฆมากและความถี่ในการถ่ายภาพต่ำ คาดว่าการใช้ UAVs จะช่วยเพิ่มความสะดวกในการศึกษาในอนาคตโดยการตรวจสอบว่าสามารถประเมินผลกระทบจากลมได้โดยใช้ UAV ในพืชชนิดอื่นหรือในภูมิภาคอื่นได้

Walsh et al., (2018) การประเมินดัชนีพืชพรรณโดย UAV สำหรับการประมาณค่าความเข้มข้นของไนโตรเจนในข้าวสาลีฤดูใบไม้ผลิ การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินประสิทธิภาพของดัชนีพืชพรรณที่ได้จากภาพ UAV สำหรับการหาปริมาณความเข้มข้นของไนโตรเจนจากพืชในฤดูใบไม้ผลิ โดยพื้นที่ในการทดลองจะแบ่งออกเป็น 5 พื้นที่ในรัฐโอไฮโอ สหรัฐอเมริกาที่มีตัวแปรที่แตกต่างกันคือ ดิน และอุณหภูมิที่แตกต่างกันโดยการศึกษาครั้งนี้จะใช้ quadcopter UAV 3DR Solo ในการบินสำรวจโดยจะทำการบินภายในเวลา 2 ชั่วโมง ที่มรสภาพอากาศปลอดโปร่งมรสแสงแดด ไม่มีเมฆ ใช้เวลาในการบิน 15 ถึง 20 นาที ใช้ซอฟต์แวร์ Mission planer ออกแบบแนวมบินและเลือกพารามิเตอร์การบินและเซ็นเซอร์ โดยการบินจะต้องสอดคล้องกับระยะการเจริญเติบโต Feekes 5 และ Feekes 10 และในขั้นตอนการเจริญเติบโตของข้าวสาลีในฤดูใบไม้ผลิและบินสำรวจเก็บข้อมูล 6 ครั้งต่อ 1 ฤดูกาล ในช่วงการเจริญเติบโตของข้าวสาลีจะเลือกให้ธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตเท่านั้นเพื่อเพิ่มผลผลิตและคุณภาพของเมล็ด โดยจะใช้ซอฟต์แวร์ Micasense Atlas ในการโมเสคภาพ และใส่จุดอ้างอิงทางภูมิศาสตร์ และทำควบคู่ไปกับ ซอฟต์แวร์การวิเคราะห์ภาพ mapper Pix4D โดยจะใช้ NDVI ในการวิเคราะห์หาความเข้มข้นของไนโตรเจนการนำเทคโนโลยีอากาศยานไร้คนขับเข้ามาช่วยในการวิเคราะห์หา ไนโตรเจนในข้าวสาลีโดยการจับภาพที่มีความละเอียดสูงและราคาต่ำ ช่วยให้ประหยัดเวลาแรงงานและเงินโดยผลลัพธ์ที่น่าเสนอในบทความนี้แสดงให้เห็นว่าภาพความละเอียดสูงที่ได้มาจาก UAVs เป็นแหล่งข้อมูลที่มีประโยชน์สำหรับการประมาณความเข้มข้น N ของข้าวสาลีในฤดูเก็บเกี่ยว

Vergara-Díaz et al., (2016) การสำรวจระยะไกลเพื่อคาดการณ์ผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ภายใต้เงื่อนไขต่างๆ ของการปฏิสนธิของไนโตรเจน การพัฒนาการติดตามตรวจสอบพืชเพื่อการปรับปรุงการเพาะปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในสภาวะที่ขาดแคลนไนโตรเจน ในการศึกษาครั้งนี้พืชพรรณ (VI) ที่ได้มาจากภาพ (RGB) ที่ถูกเสนอเป็นเครื่องมือต้นทุนต่ำสำหรับการปรับปรุงพันธุ์พืชและการจัดการการปฏิสนธิ พวกเขาถูกเปรียบเทียบกับประสิทธิภาพของดัชนีพืชพรรณ (NDVI) ที่วัดที่ระดับพื้นดินและจากแพลตฟอร์มทางอากาศ รวมถึงการหาคลอโรฟิลล์ของใบ (LCC) และองค์ประกอบใบอื่น ๆ และพารามิเตอร์โครงสร้างในระยะออกดอก

โดยใช้พันธุ์ลูกผสม 10 พันธุ์โดยกำหนดอัตราการใช้ในโตรเจนที่แตกต่างกัน 5 ระดับ ได้ถูกทดสอบที่สถานี CIMMYT ของฮาราเร (ซิมบับเว) NDVI ของแต่ละแปลงที่ระดับพื้นดิน (NDVI ground) ถูกกำหนดด้วยเครื่องสเปกโตรมิเตอร์แบบพกพาที่ยึดตามพื้นดินพร้อมกับเซ็นเซอร์แบบแอคทีฟ GreenSeeker อุปกรณ์นี้ใช้ความยาวคลื่นสเปกตรัม 650–670 nm เป็นแถบสีแดงและ 765–795 nm เป็นเนียร์อินฟราเรด ระยะห่างระหว่างเซ็นเซอร์และแปลงนั้นคงที่โดยใช้บันไดราว 0.5-0.6 ม. ขึ้นไป NDVI ที่ได้จากการบินสำรวจทางอากาศ (NDVI aerial) การสำรวจระยะไกลโดยอากาศยานไร้คนขับ (UAV) โดยติดตั้งกล้อง multispectral ซึ่งให้ภาพสเปกตรัมบนสีเขียวแถบสีแดงและเนียร์อินฟราเรดโดยมีความละเอียดเท่ากับ 10 cm ต่อพิกเซลเมื่อบินที่ความสูง 150 ม.ดัชนีพืชพรรณที่ได้จากภาพ (RGB) ได้รับการประเมินที่จุดและระดับใบในกรณีของ canopy RGB รูปดิจิทัล RGB หนึ่งรูปถ่ายต่อจุดโดยกล้องประมาณ 0.8–1.0 ม.ถ่ายในวันเดียวกับการวัดด้วยเครื่อง spectroradiometer พื้นโดยใช้กล้องดิจิทัลคอมแพค Nikon COOLPIX S8000 ที่ไม่มีแฟลชและความยาวโฟกัส 54 มม. และบันทึกในรูปแบบ JPEG 4288 × 2848 พิกเซล ดัชนี RGB มีประสิทธิภาพเหนือกว่า NDVI เมื่อประเมินความแตกต่างทางพันธุกรรมในผลผลิตข้าวและความเข้มข้นของไนโตรเจนของใบในระดับที่กำหนดของการปฏิสนธิ ไนโตรเจน ตัวทำนายที่ดีที่สุดของความเข้มข้นของไนโตรเจนของใบใน 5 ระดับของการให้ธาตุไนโตรเจน คือ LCC แต่ประสิทธิภาพในการรักษาไนโตรเจนไม่มีประสิทธิภาพ ลักษณะของใบที่ประเมินนั้นดูเหมือนว่าไม่มีประสิทธิภาพเช่นเดียวกับพารามิเตอร์พีโนโทป์ สรุปได้ว่าการนำเทคนิคพีโนโทป์ที่ใช้ RGB เป็นพื้นฐานอาจมีส่วนสำคัญต่อการปรับปรุงพันธุ์พืชและการจัดการการปฏิสนธิที่เหมาะสม

Hu et al., (2018) การประมาณความสูงของพืชโดยใช้แพลตฟอร์มพีโนโทป์ที่ให้ผลผลิตสูงโดยอ้างอิงจากยานพาหนะไร้คนขับและการสอบเทียบด้วยตนเอง การประเมินความสูงของพืชสำหรับการทดลองเพาะพันธุ์ข้าวฟ่างโดยการถ่ายภาพ RGB โดยการติดตั้งไปกับอากาศยานไร้คนขับ UAV เพื่อที่จะนำมาประมวลผลเป็นภาพ DSM ที่มีการอ้างอิงด้วย GCP เพื่อที่จะนำไปประเมินความสูงของข้าวฟ่างเพื่อคาดการณ์ผลผลิตที่มีอัตราการปลูกในพื้นที่ขนาดใหญ่ดังนั้นเพื่อความถูกต้องของข้อมูลจึงนำภาพ DSM และการลงพื้นที่วัดด้วยตนเองในแปลงการทดลองเพื่อสอบเทียบหาความถูกต้อง การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินความสูงของพืชในการทดลองผสมข้าวฟ่างโดยใช้พีโนโทป์ที่ให้ปริมาณผลผลิตสูงโดยใช้แพลตฟอร์มของอากาศยานไร้คนขับ UAV ในการประเมินหาความสูงของข้าวฟ่างและเปรียบเทียบกับตัวอย่างย่อยของการวัดด้วยตนเองและการสำรวจ UAV เพื่อความถูกต้อง การประเมินความสูงของพืชทั้งสามวิธีวิธี cloud point มีประสิทธิภาพต่ำที่สุด (RMSE = 0.18 m, MAE = 0.13 m และ $R^2 = 0.23$) underestimations ชัดเจนชัดเจนประมาณ 40 บรรทัดซึ่งทั้งหมดครอบคลุมพื้นดินสูง (มากกว่า 0.8 ข้อมูลไม่แสดง) เพื่อให้อัตราการสุ่มตัวอย่างของพื้นผิวดินต่ำ วิธีการอ้างอิงมีประสิทธิภาพระดับกลาง (RMSE = 0.11 m, MAE = 0.09 m และ $R^2 = 0.38$) ประสิทธิภาพที่ดีที่สุดถูกสังเกตสำหรับวิธีการสอบเทียบด้วยตนเอง (โดยใช้ประมาณ 10% ของแผนการทดลองใน 4 แถวในช่วงทดลอง) ด้วยข้อผิดพลาดที่ลดลงอย่างมีนัยสำคัญและปรับปรุงการทำซ้ำได้ดีขึ้น (RMSE = 0.07 m, MAE = 0.05 m และ $R^2 = 0.63$)



ที่มา : Pengcheng et al., 2018

ภาพที่ 4 กราฟการเปรียบเทียบความสูงของข้าวฟ่าง

Kefauver et al., (2017) การเปรียบเทียบ UAV และฟิโนไทป์ภาคสนามเพื่อประเมินประสิทธิภาพการให้ผลผลิตและไนโตรเจนในข้าวบาร์เลย์แบบลูกผสมและแบบธรรมดา การนำเอาเทคโนโลยีอากาศยานไร้คนขับเข้ามาช่วยในการศึกษาฟิโนไทป์ของพืชด้วยความสามารถในการให้ภาพที่ชัดเจนและมีความคมชัดสูง ดังนั้นตรวจสอบฟิโนไทป์แบบดั้งเดิมจึงเปลี่ยนจากการเก็บข้อมูลเป็นการประมวลผลข้อมูล ดังนั้น การออกแบบฟิโนไทป์ของพืชที่ถูกควบคุมและควบคุมซ้ำ ๆ นั้นจำเป็นสำหรับการพัฒนาเครื่องมือประมวลผลคอมพิวเตอร์กึ่งอัตโนมัติซึ่งอาจช่วยลดเวลาที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลได้อย่างเพียงพอ จึงได้นำเสนอการเปรียบเทียบ UAV และฟิโนไทป์การผลิตพืชที่ให้ผลผลิตสูงโดยใช้ซอฟต์แวร์วิเคราะห์ภาพโอเพ่นซอร์สฟรี FIJI โดยใช้ RGB ภาพถ่ายทางอากาศและใช้ร่วมกับชุดเซ็นเซอร์ภาคพื้นดินในการศึกษาข้าวบาเลย์พันธุ์ลูกผสมสองตัวที่มีการบำบัดด้วยไนโตรเจน 10 แบบซึ่งรวมระดับการเปลี่ยนแปลงและตารางการใช้งานที่แตกต่างกัน ในการศึกษาครั้งนี้เราได้เปรียบเทียบความสามารถทางเทคนิคของการวิเคราะห์ภาพ RGB และ UAV-based และ multispectral เพื่อแยกแยะประสิทธิภาพที่เกี่ยวข้องกับไนโตรเจนระหว่างข้าวบาร์เลย์ลูกผสมสองสายและข้าวบาร์เลย์เชิงพาณิชย์ที่ปลูกกันอย่างแพร่หลายในภูมิภาคที่ทำการทดลอง โดยจะใช้สมการ เหล่านี้มาช่วยการวิเคราะห์ NDVI , PRI , SAVI , MCARI , WBI , RDVI , EVI , ARI2 , CRI2 , TCARI , OSAVI

Duan et al., (2017) การตรวจสอบ NDVI แบบไดนามิกในพืชไร่ข้าวสาลีและการทดลองเพาะพันธุ์โดยใช้อากาศยานไร้คนขับ การศึกษาครั้งนี้ได้นำเอาเทคโนโลยีที่สามารถวิเคราะห์พืชพรรณได้อย่างเช่น (NDVI) ที่มีความละเอียดสูงเข้ามาติดตามการเจริญเติบโตของข้าวสาลี โดยใช้วิธีอัตราความเร็วสูงเพื่อตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงแบบไดนามิกของ NDVI โดยใช้แพลตฟอร์มอากาศยานไร้คนขับ (UAV) ที่ระดับความสูงต่ำและกล้องหลายสเปกตรัมในการทดลองภาคสนามกับพันธุ์ข้าวสาลีโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบการฟิโนไทป์ความเร็วสูงเพื่อประเมินค่า NDVI ในระดับพล็อตผ่านอากาศยานไร้คนขับและกล้องสเปกตรัมหลายตัว โดยเปรียบเทียบ NDVI ที่วัดจาก UAV และเซ็นเซอร์มือถือ ซึ่งปรับปรุงความถูกต้องของ UAV NDVI ด้วยการรวมข้อมูลจากกล้องมือถือความละเอียดสูง รวมทั้งกำหนดลักษณะของ NDVI สำหรับการเปรียบเทียบสายพันธุ์การจัดการและสภาพแวดล้อม และ NDVI ได้รับการตรวจสอบแบบไดนามิก

โดยใช้แพลตฟอร์ม UAV และกล้องหลายสเปกตรัมในช่วงฤดูปลูกสำหรับสายพันธุ์ข้าวสาลีและการจัดการที่แตกต่างกัน กระบวนการทำงานในการศึกษานี้มีความเหมาะสมในการจับภาพของการทดลองการเพาะพันธุ์และพืชไร่ขนาดใหญ่และการสกัดฟีโนไทป์ในระดับพล็อต NDVI ที่วัดโดยอากาศยานไร้คนขับ UAV และกล้องในอากาศมีความสัมพันธ์อย่างมากกับค่าที่วัดโดยเซ็นเซอร์ GreenSeeker ด้วยความได้เปรียบในการเก็บรวบรวมได้เร็วยิ่งขึ้น

Maes and Steppe (2019) การสำรวจระยะไกลโดยอากาศยานไร้คนขับในด้านการเกษตร และการนำเอาอากาศยานไร้คนขับเข้ามาใช้ในการเกษตรที่ต้องการความละเอียดเชิงพื้นที่และเวลา รวมไปถึงการให้ข้อมูลเกี่ยวกับพืชพรรณโดยงานวิจัยชิ้นนี้ได้ใช้อากาศยานไร้คนขับ UAV ในการประเมินพืชในหัวข้อต่าง ๆ เช่น ความเครียดของพืชที่มีผลมาจากภัยแล้ง การตรวจหาโรคพืช การตรวจจับวัชพืช การตรวจสอบธาตุอาหาร และการติดตามการเจริญเติบโตของพืช และการศึกษาส่วนใหญ่ยืนยันว่า อากาศยานไร้คนขับ (UAVs) มีศักยภาพสูงในการเกษตรที่มีความแม่นยำ แม้ว่าดาวเทียม จะให้ความละเอียดที่สูงกว่าแต่ อากาศยานไร้คนขับ (UAVs) มีคุณสมบัติที่ ให้ความละเอียดเป็นเซนติเมตร และ ให้ข้อมูลได้หลากหลายกว่า



บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

3.1 พื้นที่ศึกษาวิจัย

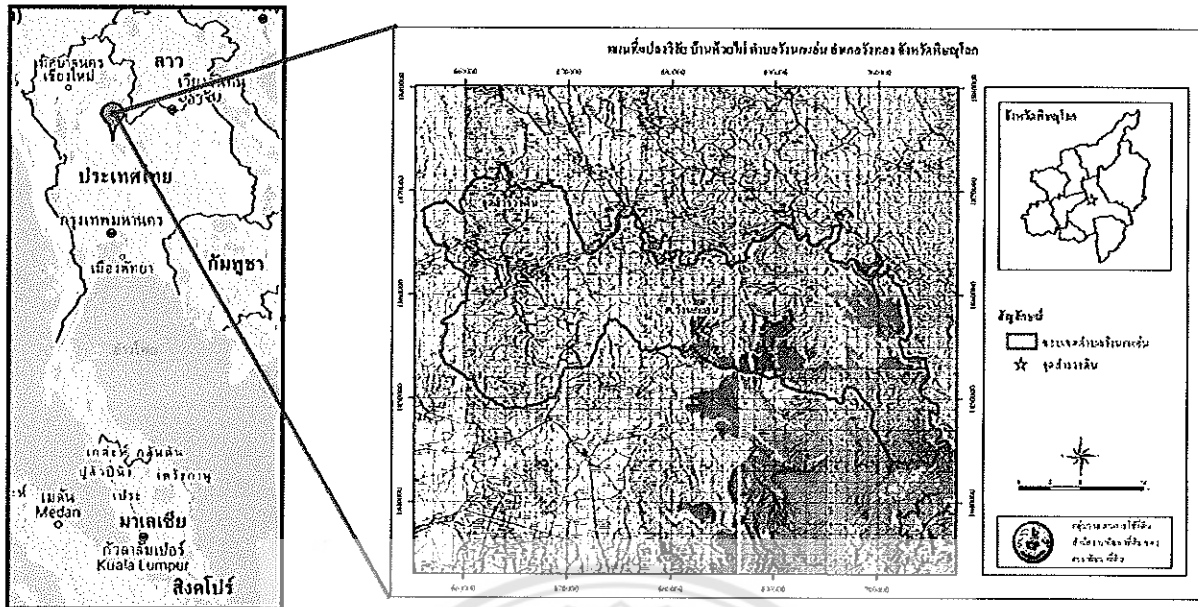
3.1.1 พื้นที่ศึกษาวิจัยพื้นที่หนึ่ง

งานวิจัยนี้ดำเนินการในพื้นที่ บ้านห้วยไผ่ หมู่ 8 ตำบลวังนกแอ่น อำเภอวังทอง จังหวัดพิษณุโลก พิกัด $16^{\circ} 55' N, 100^{\circ} 32' E$ (ภาพที่ 5) บ้านห้วยไผ่เป็นชื่อเดิมที่แยกออกมาจากบ้านวังตาด หมู่ที่ 6 ตำบลวังนกแอ่น มีประชากรเริ่มต้น 20 ครัวเรือน ลักษณะภูมิประเทศของหมู่บ้านเป็นพื้นที่ราบสูง ประกอบไปด้วยลำห้วยเล็กๆ และเชิงเขา และลำห้วยมีต้นไผ่ขึ้นปกคลุมจำนวนมาก ประชากรส่วนใหญ่ยึดอาชีพ เกษตร ทำไร่ทำสวน เช่น มันสำปะหลัง ข้าวโพด ทำสวนผลไม้ ปศุศกยทางพารา ฯลฯ และหาของป่าขาย ซึ่งในปี พ.ศ. 2542 ได้มีการพัฒนาขึ้นอย่างต่อเนื่องให้มีถนน ไฟฟ้า น้ำประปา และสิ่งอำนวยความสะดวกหลายอย่างเกิดขึ้น บ้านห้วยไผ่ หมู่ที่ 8 อยู่ห่างจากที่ว่าการอำเภอวังทอง มาทางทิศตะวันตก ระยะทางประมาณ 22 กิโลเมตร

ทิศเหนือ	ติดต่อกับ บ้านหินประกาย หมู่ที่ 8 ตำบลบ้านกลาง
ทิศใต้	ติดต่อกับ บ้านวังตาด หมู่ที่ 6 ตำบลวังนกแอ่น
ทิศตะวันออก	ติดต่อกับ ป่าสักเขตพื้นที่ตำบลแก่งโสภา
ทิศตะวันตก	ติดต่อกับ บ้านวังดินสอ หมู่ที่ 1 ตำบลวังนกแอ่น

สภาพภูมิประเทศแบบลูกคลื่นลอนชัน มีความลาดชัน 12-30% สูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางประมาณ 190 เมตร สภาพภูมิอากาศแบบทุ่งหญ้าเขตร้อน (Tropical savannah climate : AW) ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยต่อปีประมาณ 1,200 มิลลิเมตร โดยฤดูฝนจะเริ่มในเดือนมิถุนายน จนกระทั่งเดือนตุลาคม อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ย 23 องศาเซลเซียส อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย 33 องศาเซลเซียส จำนวนพื้นที่ทั้งหมด 27,428 ไร่ แยกเป็น พื้นที่ทำการเกษตร 8,555 ไร่ พื้นที่อยู่อาศัย 165 ไร่ และพื้นที่สาธารณะ 1,522 ไร่

จำนวนประชากรต่อครัวเรือน พบว่ามีจำนวนครัวเรือน ทั้งหมด 84 ครัวเรือน จำนวนประชากรทั้งหมด 272 คน แยกเป็นประชากรชาย 127 คน และประชากรหญิง 145 คน ประชากรส่วนใหญ่ประกอบอาชีพหลัก คือ ทำไร่ จำนวนทั้งสิ้น 93 ครัวเรือน แบ่งเป็นทำไร่ข้าวโพด 63 ครัวเรือน คิดเป็นพื้นที่ 2,000 ไร่ ทำไร่มันสำปะหลัง 30 ครัวเรือน พื้นที่ 400 ไร่ ทำสวนผลไม้ 95 ครัวเรือน พื้นที่ 2,235 ไร่ ทำสวนยางพารา 20 ครัวเรือน พื้นที่ 1,500 ไร่ มีการเลี้ยงสัตว์ต่างๆ ได้แก่ โค กระบือ สุกร เป็น ไก่ และปลา และพบว่าในเขตหมู่บ้านมีธุรกิจโรงสี 1 แห่ง ผลิตภัณฑ์และกลุ่มอาชีพ 1 กลุ่ม ซึ่งประชากรในหมู่บ้านห้วยไผ่มีรายได้เฉลี่ย 25,000 บาทต่อคนต่อปี



ภาพที่ 5 แผนที่พื้นที่วิจัย

ลักษณะดินในพื้นที่ศึกษา

จากการสำรวจทรัพยากรดินในพื้นที่วิจัยของ บ้านห้วยไผ่ หมู่ที่ 8 ตำบลวังนกแอ่น อำเภอวังทอง พบว่าอยู่ในชุดดินท่ายาง (Tha Yang: Ty) จัดอยู่ในกลุ่มชุดดินที่ 48

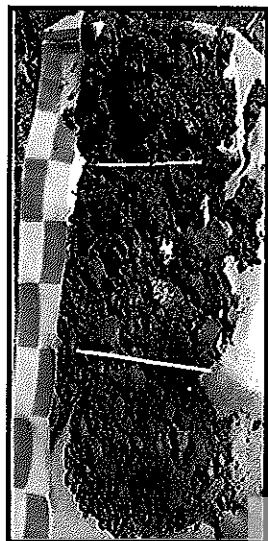
ลักษณะโดยทั่วไป : ชุดดินท่ายางที่มีเนื้อดินบนเป็นดินร่วนปนดินเหนียวปนกรวดมาก ความลาดชัน ร้อยละ 5-12 เป็นดินต้น และกร่อนปานกลาง

การจำแนกดิน: Loamy-skeletal, siliceous, isohyperthermic, Typic Haplustults

การกำเนิด: เกิดจากการผุพังสลายตัวอยู่กับที่ และ/หรือ เคลื่อนย้ายมาเป็นระยะทางใกล้ๆ โดยแรงโน้มถ่วงของโลกของหินทรายและหินควอร์ตไซต์ โดยมีหินดินดานและหินฟิลโลไลท์แทรกอยู่ สภาพพื้นที่ ลูกคลื่นลอนลาด มีความลาดชัน 5-12 % การระบายน้ำ ดี การไหลป่าของน้ำบนผิวดิน ปานกลาง สภาพให้ซึ่มได้ของน้ำ ปานกลางถึงเร็ว

ลักษณะและสมบัติดิน เป็นดินต้น ดินบนเป็นดินร่วนปนดินเหนียวปนกรวดมาก มีกรวดและเศษหิน ก้อนหินปนอยู่ตอนบนประมาณ 35-60 % โดยปริมาตร สีน้ำตาลเข้ม ปฏิกริยาดินเป็นกรดจัดมาก (pH 4.5) ดินบนตอนล่างเป็นดินร่วนปนดินเหนียวปนกรวด และเศษหินมีปริมาณมากกว่า 35-60 % โดยปริมาตร เพิ่มขึ้นตามความลึก จะพบชั้นดินปนกรวดปนเศษหินตื้นกว่า 50 ซม. จากผิวดิน ปฏิกริยาดินเป็นกรดจัด (pH 5.0) ดินล่างตอนล่างเป็นชั้นเศษหินกรวดมีกรวดและเศษหินก้อนหินปนอยู่ 60-90 % โดยปริมาตร ปฏิกริยา ดินเป็นกรดจัดมาก (pH 4.5) (กรมพัฒนาที่ดิน, 2538)

ตารางที่ 1 ค่าวิเคราะห์สมบัติบางประการของชุดดินท่ายางที่ระดับความลึก 0-30 เซนติเมตร



สมบัติของดิน	ค่าวิเคราะห์	แปลผล
pH ^{1/}	4.60	กรดจัด
OM (%) ^{2/}	1.61	ปานกลาง
Total Nitrogen (%) ^{3/}	0.08	ต่ำมาก
Available P (mg kg ⁻¹) ^{4/}	15.92	ต่ำ
Exchangeable K (mg kg ⁻¹) ^{5/}	66.12	ปานกลาง
Bulk Density (g cm ⁻³) ^{6/}	1.79	ดินร่วนเหนียวปนทราย
EC (dS/m)	0.07	ไม่เค็ม

หมายเหตุ: 1/ วัดโดย pH meter 1:1 H₂O

5/ Extract with 1N NH₄OAC pH

7.0

2/ Walkly and Black method

6/ Core method

3/ Kjeldahl method

7/ Double ring method

4/ Bray II

8/ Hydrometer

3.1.2 พื้นที่ศึกษาวิจัยที่สอง

ทำแปลงทดลอง ณ หมู่ 6 ตำบลท่าโพธิ์ อ.เมืองพิษณุโลก จ.พิษณุโลก ที่ตั้ง ตำบลท่าโพธิ์ อ.เมืองพิษณุโลก จ.พิษณุโลก พิกัด 16°44'47.8"N 100°13'02.8"E (ภาพที่ 6) อยู่ห่างจากอำเภอเมืองพิษณุโลก ไปทางทิศใต้ ประมาณ 12 กิโลเมตร มีพื้นที่โดยประมาณ 31,300 ไร่ หรือประมาณ 50.7 ตารางกิโลเมตร

อาณาเขตติดต่อ

ทิศเหนือ	ติดต่อกับ	ตำบลท่าทอง	อำเภอเมือง	จังหวัดพิษณุโลก
ทิศใต้	ติดต่อกับ	ตำบลวัดพริก	อำเภอเมือง	จังหวัดพิษณุโลก
ทิศตะวันออก	ติดต่อกับ	ตำบลบึงพระ	อำเภอเมือง	จังหวัดพิษณุโลก
ทิศตะวันตก	ติดต่อกับ	ตำบลบางระกำ	อำเภอบางระกำ	จังหวัดพิษณุโลก

ภูมิประเทศ

พื้นที่เป็นที่ราบลุ่มมีแม่น้ำน่านไหลผ่าน แบ่งพื้นที่ ตำบลท่าโพธิ์ ออกเป็น 2 ส่วน ที่ราบสองฝั่งเกิดจากการตกตะกอน หรือการทับถมประกอบขึ้นเป็นคันดินธรรมชาติบริเวณ สองฟากลำน้ำน่านถัดจากคันดินธรรมชาติบริเวณ ชายฝั่งแม่น้ำออกไปจะเป็นที่ราบ น้ำท่วมโดยมีหนอง บึง หรือที่ลุ่มน้ำขังกระจายอยู่ทั่วไป ลักษณะดินตะกอนที่ทับถม มีทั้งดินร่วน ดินร่วนปนทรายแฉะ ดินร่วนเหนียวปนทรายแฉะ จนถึงดินเหนียว

ระดับความสูงของพื้นที่ตำบลท่าโพธิ์ จะลาดเอียงจากทางทิศเหนือและทิศตะวันออกของตำบล ซึ่งมีความสูงประมาณ 40 เมตร จากระดับน้ำทะเลปานกลางลาดเอียงไปทางทิศตะวันตกเฉียงใต้และทางทิศใต้ของตำบล ซึ่งมีระดับสูงประมาณ 33 เมตร จากระดับทะเลปานกลาง อันเป็นบริเวณพื้นที่ชุ่มน้ำของตำบลท่าโพธิ์ ติดต่อกับเขตอำเภอบางระกำ

จำนวนประชากร

จำนวนประชากรทั้งหมด 25,223 คน แยกเป็น

ชาย จำนวน 9,994 คน คิดเป็นร้อยละ 36.92

หญิง จำนวน 15,229 คน คิดเป็นร้อยละ 60.38

จำนวนครัวเรือนทั้งหมด 8,815 ครัวเรือน ความหนาแน่นเฉลี่ย 498 คน/ตารางกิโลเมตร

สภาพภูมิอากาศ

ภูมิอากาศโดยทั่วไปของตำบลท่าโพธิ์เป็นอากาศร้อนชื้น ประกอบด้วย 3 ฤดู คือ

ฤดูร้อน เริ่มตั้งแต่ เดือนกุมภาพันธ์ ถึง เดือนพฤษภาคม

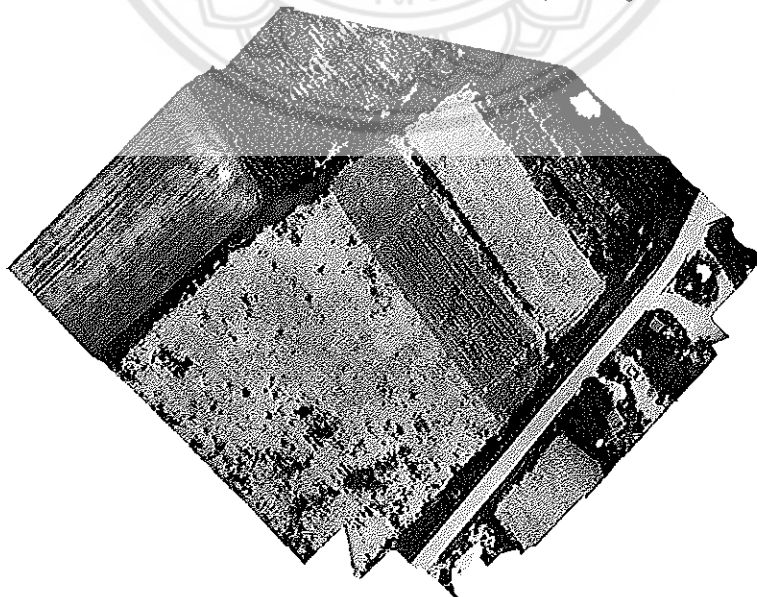
ฤดูฝน เริ่มตั้งแต่ เดือนพฤษภาคม ถึง เดือนตุลาคม

ฤดูหนาว เริ่มตั้งแต่ เดือนตุลาคม ถึง เดือนกุมภาพันธ์

ปริมาณน้ำฝน เฉลี่ยประมาณปีละ 1,300 มิลลิเมตร

ข้อมูลชุดดิน

กลุ่มชุดดินที่ 33 ประกอบด้วย ชุดดินดงยางเอน (Don) ชุดดินกำแพงเพชร (Kp) ชุดดินกำแพงแสน (Ks) ชุดดินลำสนธิ (Ls) ชุดดินน้ำดุก (Ncd) ชุดดินธาตุพนม (Tp) และชุดดินตะพานหิน (Tph) มีลักษณะเด่นคือ กลุ่มดินทรายแป้งละเอียดหรือดินร่วนละเอียดลึกมากที่เกิดจากตะกอนแม่น้ำหรือตะกอนน้ำพารูปพัด ปฏิบัติการดินเป็นกรดเล็กน้อยถึงเป็นกลาง การระบายน้ำดีถึงดีปานกลาง ความอุดมสมบูรณ์ปานกลาง



ภาพที่ 6 พื้นที่ศึกษาการประเมินการเจริญเติบโตและสถานะไนโตรเจน สำหรับการใส่ปุ๋ยแบบผันแปรอัตราในการผลิตข้าวโพดโดยใช้อากาศยานไร้คนขับ

3.2 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน

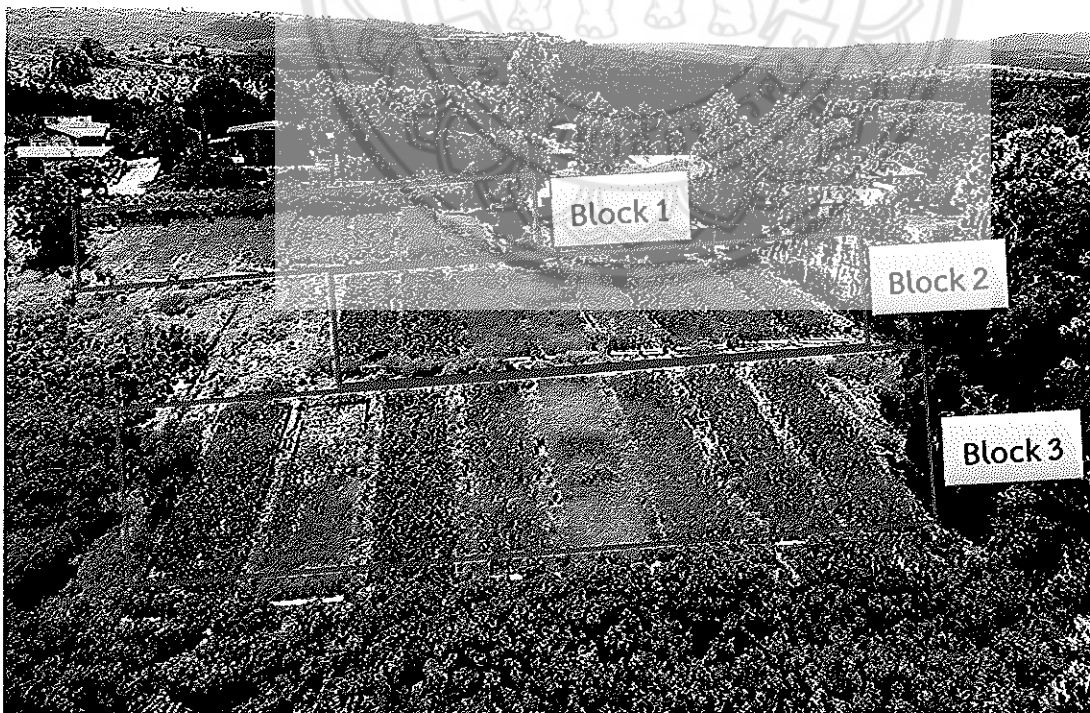
3.2.1 ในการทดลองที่หนึ่งทำการประเมินความสูงข้าวโพดเลี้ยงสัตว์โดยอากาศยานไร้คนขับ ณ หมู่ 8 บ้านห้วยไผ่ ตำบลวังนกแอ่น อำเภอวังทอง จังหวัดพิษณุโลก

1) ทำการวางแผนการทดลองเพื่อการประเมินการสูญเสียดินและน้ำไหลบ่าระดับแปลงทดลอง การศึกษานี้ใช้พื้นที่ของเกษตรกรที่ปลูกข้าวโพดบนพื้นที่ลาดชันในเขตพื้นที่บ้านห้วยไผ่ ตำบลวังนกแอ่น อำเภอวังทอง จังหวัดพิษณุโลก ความลาดชันไม่เกิน 35% โดยแปลงทดลองแต่ละแปลงมีขนาด 4x18 เมตร โดยวางแผนการทดลองแบบ Factorial in RCBD จำนวน 3 ซ้ำ มีแปลงทดลองทั้งหมดจำนวน 24 แปลง (ภาพที่ 7) โดยปัจจัยที่ศึกษา 2 ปัจจัย คือ

-ปัจจัยที่ 1 ได้แก่ ปุ๋ยอินทรีย์ (ปุ๋ยหมัก) และปุ๋ยเคมี

-ปัจจัยที่ 2 ได้แก่ รูปแบบการปลูกข้าวโพดเชิงอนุรักษ์ ประกอบด้วย 1) ข้าวโพดเชิงเดี่ยว 2) การปลูกข้าวโพดเหลื่อมถั่วเขียว (ถั่วเขียวปลูกก่อนเก็บเกี่ยวข้าวโพด 15 วัน) 3) การปลูกข้าวโพดเหลื่อมถั่วเขียว (ถั่วเขียวปลูกก่อนเก็บเกี่ยวข้าวโพด 30 วัน) และ 4) การปลูกข้าวโพดหมุนเวียนถั่วเขียว (หลังเก็บเกี่ยวข้าวโพดปลูกถั่วเขียว) (ภาพที่ 7)

สำหรับการศึกษาหลักของแปลงทดลองนี้ ต้นข้าวโพดเลี้ยงสัตว์จะถูกปลูกที่ระยะห่างของแต่ละแถวประมาณ 75 เซนติเมตร และจะมีจำนวนแถวคือ 20 แถวในแปลงนี้ ความสูงของต้นข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่อยู่ตรงกลางในแต่ละแถวเท่านั้นที่จะถูกวัดและเป็นตัวแทนของลักษณะการเติบโตของข้าวโพดในแปลง

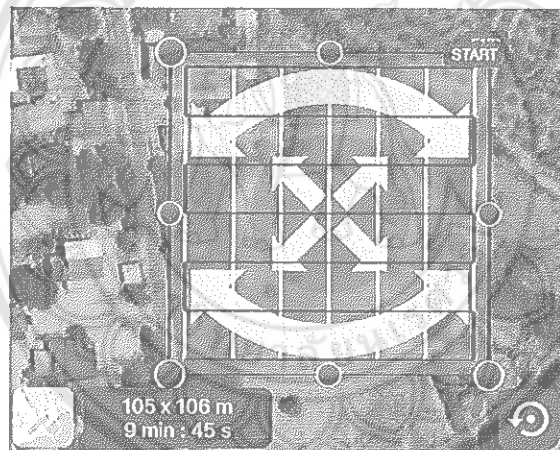


ภาพที่ 7 แผนผังการทดลองรูปแบบการปลูกข้าวโพดเชิงอนุรักษ์

2) การถ่ายภาพและกำหนดแนวบินของอากาศยานไร้คนขับเพื่อประเมินความสูงของต้นข้าวโพด

สำหรับการบันทึกภาพถ่ายทางอากาศด้วยอากาศยานไร้คนขับ เราได้นำอากาศยานไร้คนขับที่มีขายเชิงพาณิชย์ คือ Phantom 4 Pro มาทำการติดตั้งกล้องถ่ายภาพความละเอียดสูง รุ่น DJI FC6310 โดยภาพถ่ายมุมสูงเป็นตัวอย่างผลที่ได้ถูกบันทึกเมื่อข้าวโพดเลี้ยงสัตว์อายุ 38 หลังปลูก ซึ่งความสูงของต้นข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่วัดค่าจริงจากแปลงทดลองด้วยไม้สตาฟก็ถูกวัดในช่วงเวลาเดียวกัน

โดยอากาศยานไร้คนขับถูกตั้งโปรแกรมให้บินอยู่ที่ระดับความสูง 50 เมตรเหนือพื้นดิน โดยพื้นที่ที่บินนั้นจะใหญ่กว่าพื้นที่แปลงเพาะปลูก (ใหญ่กว่าประมาณ 4 เท่า คือประมาณ 105x106 ตารางเมตร) โดยรูปแบบการบินถ่ายภาพจะมีลักษณะดังแสดงในภาพที่ 8 โดยในระหว่างที่บินถ่ายภาพนี้ อากาศยานไร้คนขับจะติดตั้งในมุมเอียงเพื่อที่จะบันทึกภาพในลักษณะที่ได้ภาพที่มีมิติตามความสูงด้วย ทั้งนี้เพื่อให้สามารถนำมาประมวลผลข้อมูลสามมิติได้อย่างถูกต้อง ยิ่งไปกว่านั้น ข้อมูลทางภูมิศาสตร์ที่บันทึกด้วย GPS ในขณะที่ถ่ายภาพ ก็ถูกเก็บบันทึกลงในภาพถ่ายด้วย โดยข้อมูลดังกล่าวคือค่าละติจูด ค่าลองจิจูด และค่าความสูงเหนือระดับน้ำทะเล โดยพื้นที่ในภาพที่บันทึกจะมีขนาดใหญ่กว่าพื้นที่เพาะปลูกมาก ทั้งนี้เพื่อให้เราสามารถซ้อนภาพได้อย่างถูกต้อง ไม่เกิดปัญหาการขาดข้อมูลภาพ ในการประมวลผลภาพที่ทำในภายหลัง



ภาพที่ 8 รูปแบบการบินถ่ายภาพของอากาศยานไร้คนขับ

3) กระบวนการสร้างภาพสามมิติ

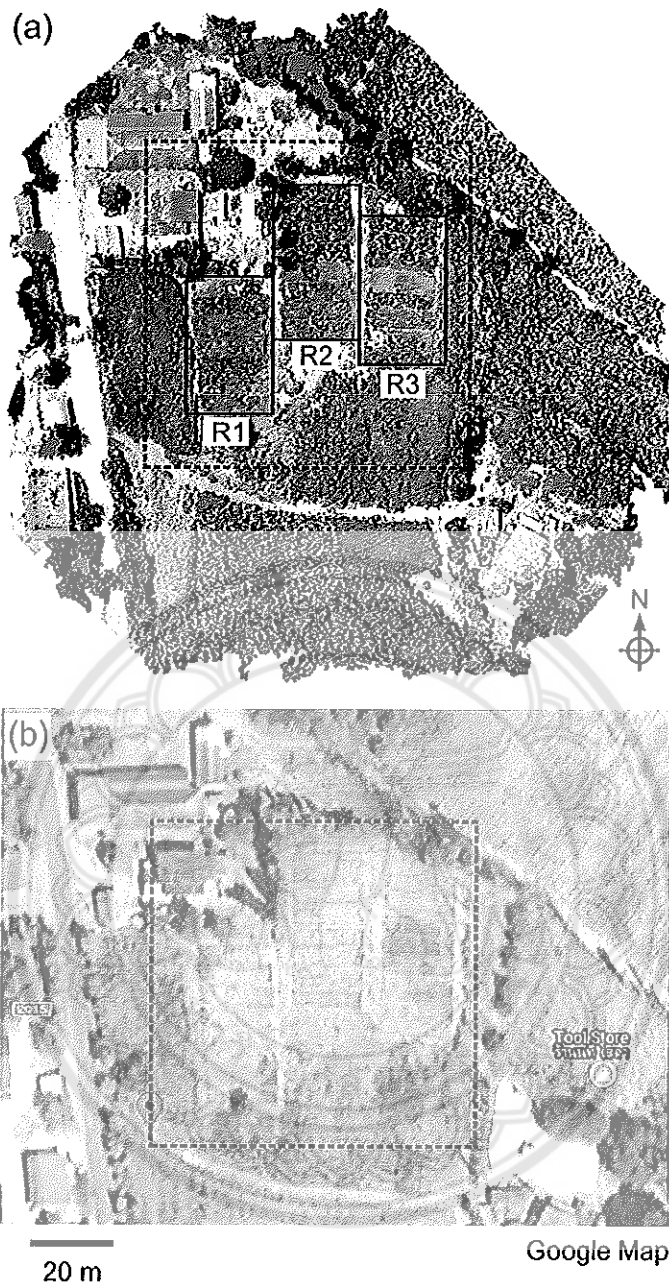
หลังจากที่เราทำการถ่ายภาพและทำการถ่ายโอนภาพที่ได้ลงในคอมพิวเตอร์แล้ว ภาพเหล่านี้จะถูกประมวล โดยภาพที่ 9 (a) แสดงภาพรวมของข้อมูลดิบ ซึ่งก็คือรูปภาพที่ถ่ายด้วยอากาศยานไร้คนขับ โดยแต่ละภาพมีขนาด 5472x3648 พิกเซล มีขนาด 20 ล้านพิกเซล และมีขนาดไฟล์ประมาณ 7-8 เมกกะไบต์หากเก็บด้วยรูปแบบ jpeg โดยภาพเหล่านี้จะมีลักษณะรูปแบบซ้ำ ๆ เพื่อแสดงให้เห็นว่า การเลื่อนของอากาศยานไร้คนขับเป็นไปอย่างมีระบบระเบียบ นอกจากนี้ มุมเอียงในการถ่ายภาพแต่ละภาพก็เปลี่ยนแปลงไปอย่างมีระเบียบด้วย โดยข้อมูลเชิงภูมิศาสตร์ (ค่าละติจูด ลองจิจูดและความสูงเหนือระดับน้ำทะเล) จะถูกบันทึกรวมไว้ในภาพถ่ายแต่ละภาพด้วย ดังแสดงตัวอย่างในรูปที่ 9 (b) ซึ่งสำหรับการทดลองที่กล่าวถึงในการวิจัยนี้ เราได้นำภาพจำนวน 194 ภาพมาต่อเรียงกัน เพื่อสร้างภาพเดี่ยวขนาดใหญ่และดึงข้อมูลภาพสามมิติออกมา

ผลของการประมวลผลภาพถ่าย 194 ภาพในขั้นแรกคือภาพที่ได้จากการต่อภาพดังแสดงในภาพที่ 10 (a) โดยในภาพนี้ แปลงทดลองที่เป็นลักษณะบล็อกสี่เหลี่ยมและให้ชื่อว่า R1, R2 และ R3 จะถูกตีกรอบไว้ รูป

สี่เหลี่ยมที่มีเส้นรอบรูปเป็นเส้นจุดแสดงถึงพื้นที่ที่สนใจโดยรวม ซึ่งหากพิจารณาข้อมูลเชิงภูมิศาสตร์ (ค่าละติจูดและลองจิจูด) ที่ได้จากภาพที่นำมาต่อกันแล้วจะพบว่ามีความตรงกันกับค่าจากภาพถ่ายดาวเทียม โดยภาพที่ 10 (b) แสดงภาพถ่ายดาวเทียมจาก Google Map บนพื้นที่เดียวกัน ทั้งนี้ สำหรับภาพถ่ายดาวเทียมเราไม่สามารถทราบและควบคุมรายละเอียดการบันทึกภาพได้ดีเท่ากับการใช้อากาศยานไร้คนขับ



ภาพที่ 9 (a) ภาพรวมของรูปภาพข้อมูลดิบ และ (b) กล่องข้อความแสดงข้อมูลเชิงภูมิศาสตร์ที่ถูกบันทึกอยู่ในไฟล์ภาพถ่าย



ภาพที่ 10 (a) ภาพสองมิติที่ได้จากการต่อภาพเทียบกับ (b) ภาพจากภาพถ่ายดาวเทียมจาก Google Map บนพื้นที่เดียวกัน แต่คนละช่วงเวลา โดยพื้นที่เพาะปลูกและพื้นที่บริเวณใกล้เคียงแสดงอยู่ในกล่องสี่เหลี่ยม สำหรับแนวการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ 3 แถว ซึ่งประกอบด้วยแปลงย่อย 24 แปลง จะถูกเรียกว่า R1, R2 และ R3 และตีกรอบสี่เหลี่ยมผืนผ้าไว้ในภาพ โดยจุดสีแดงในภาพคือตำแหน่ง ละติจูด 16.9056 และลองจิจูด

100.5414

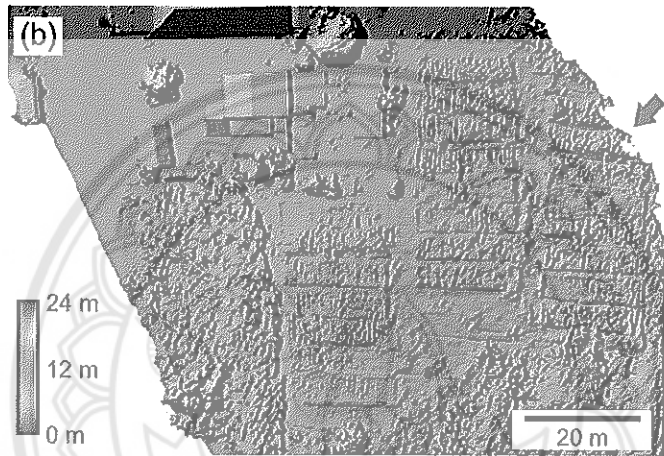
4) การสร้างภาพสามมิติและประเมินความสูงต้นข้าวโพด หลังจากที่ทำการต่อภาพแล้ว ภาพจะถูกประมวลในลักษณะกลุ่มเมฆหนาแน่นและทำให้เกิดภาพที่เรียกว่าภาพกลุ่มเมฆหนาแน่นซึ่งมีลักษณะเป็นสามมิติ ภาพที่ 11 (a) แสดงภาพแนวเอียงของภาพกลุ่มเมฆนี้ โดยภาพนี้ถูกเอียงขึ้นไปให้มีลักษณะตามแนวความลาดเอียงของพื้นที่จริง (เอียงขึ้นไปในทิศตะวันตก) ซึ่งจากภาพนี้เราจะเห็นแปลงข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ได้อย่างชัดเจนและสามารถใช้ภาพนี้ในการวิเคราะห์เบื้องต้นเกี่ยวกับความสูงของต้นข้าวโพดได้ โดยนอกจากแปลงข้าวโพดแล้วเรายังเห็นบ้านและต้นไม้ที่อยู่โดยรอบ ซึ่งสิ่งรอบข้างนี้จะเป็นอุปสรรคในการบันทึกภาพ เนื่องจากแสงและเงาจะสิ่งโดยรอบอาจทำให้เกิดความผิดพลาดในการประมวลผลภาพเพื่อให้ได้ภาพกลุ่มเมฆนี้ อย่างไรก็ตามก็ตีข้อมูลต้นข้าวโพดยังคงแสดงในพื้นที่ส่วนใหญ่ของภาพและทำให้เราสามารถดึงค่าความสูงของต้นข้าวโพดในแต่ละแปลงออกมาได้อย่างน่าเชื่อถือ โดยการดึงค่าความสูงของต้นข้าวโพดในแปลง เราจะทำการประมวลผลภาพกลุ่มเมฆหนาแน่นด้วยกระบวนการมาตรฐานเพื่อสร้างภาพโมเดลผิวดิจิทัล (digital surface model image, DSM image) ซึ่งผลการประมวลผลภาพกลุ่มเมฆหนาแน่นนี้แสดงดังภาพที่ 11 (b)

ภาพโมเดลผิวดิจิทัลนี้แสดงข้อมูลความสูงเป็นหลัก โดยเนื่องจากต้นไม้สูงและบ้านที่ปลูกอยู่โดยรอบแปลงทดลองนี้ทำให้สเกลความสูงในภาพที่แสดงในภาพที่ 11 (b) มีค่ามาก คือ 0-24 เมตร โดยระดับ 0 เมตรคือระดับต่ำสุดของพื้นที่ในภาพ และเป็นระดับ 245 เมตรเหนือระดับน้ำทะเล ดังนั้น การพิจารณาภาพนี้จากระยะไกลจะไม่เพียงพอในการหาค่าความชัดของพื้นที่ รวมถึงความสูงของต้นข้าวโพดได้ ในการวิเคราะห์เชิงเลขนี้ นักวิจัยจึงได้ทำการนำค่าตัวเลขที่ได้นี้มาวิเคราะห์ต่อด้วยโปรแกรม MATLAB 2017b ซึ่งจะนำเสนอในหัวข้อย่อยต่อไป โดยจากภาพในภาพที่ 11 (b) จะเห็นได้ว่า กระบวนการประมวลผลภาพมาตรฐานไม่สามารถวิเคราะห์ให้ได้ข้อมูลความสูงในบางส่วนของพื้นที่ ทั้งนี้เนื่องจากความไม่แน่นอนของข้อมูลดิบ โดยพื้นที่นี้ได้ถูกชี้ด้วยลูกศรสีแดงในภาพที่ 11 (b) ปัญหานี้น่าจะเกิดจากการเกิดเงาของต้นไม้ใหญ่ในขณะถ่ายภาพ ซึ่งทำให้การถ่ายภาพในแต่ละมุม ไม่สามารถนำมาต่อกันได้อย่างชัดเจนและส่งผลให้เราไม่สามารถได้รับข้อมูลความสูงที่ถูกต้องในพื้นที่ได้เงาดังภาพ นอกจากนี้นักวิจัยยังมีความเห็นว่าปัญหาเรื่องเงานี้มักจะเกิดกับพื้นที่ที่มีระดับความสูงต่ำเมื่อเทียบกับพื้นที่ข้างเคียงด้วย

จ 7L
682
.35
24369
2562



สำนักการสำรวจ
05 ส.ค. 2564
10 34797



ภาพที่ 11 (a) ภาพมุมเอียงของแปลงที่สร้างเป็นภาพสามมิติแล้ว และ (b) ภาพโมเดลผิวดิจิทัลของพื้นที่เดียวกัน โดยในรูป (ข) ข้อมูลความสูงจะถูกเก็บไว้ในสีที่แสดง โดยค่าความสูงที่แสดงนี้จะเทียบกับระดับต่ำที่สุดในพื้นที่ และลูกศรสีแดงชี้พื้นที่ที่มีปัญหาในการดึงข้อมูลความสูงเนื่องจากการบดบังแปลงจากต้นไม้ที่ปลูกในบริเวณข้างเคียง

3.2.2 การทดลองที่สองศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเข้มข้นไนโตรเจนในใบพืชสำหรับข้าวโพดเลี้ยง

1) ทำการวางแผนการทดลองแบบสุ่มบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design; RCBD) ประกอบด้วย 7 กรรมวิธี และกรรมวิธีละ 3 ซ้ำ (ภาพที่ 12)

กรรมวิธีที่หนึ่ง ไม่ใส่ปุ๋ยยูเรีย (N) (เป็น 0)

กรรมวิธีที่สอง ใส่ปุ๋ยยูเรียคิดเป็น 20 กก. N/ไร่ แบ่งใส่ 1/3 พร้อมปลูก ชั่งปุ๋ยยูเรีย 14.5 กก./ไร่ คิดเป็น 6.67 กก. N/ไร่, 1/3 ที่ระยะ V6 ชั่งปุ๋ยยูเรีย 14.5 กก./ไร่ คิดเป็น 6.67 กก. N/ไร่, 1/3 ที่ระยะใบธง ชั่งปุ๋ยยูเรีย 14.5 กก./ไร่ คิดเป็น 6.67 กก. N/ไร่

กรรมวิธีที่สาม ใส่ปุ๋ยยูเรียคิดเป็น 20 kg N/rai แบ่งใส่ 1/2 พร้อมปลูก ชั่งปุ๋ยยูเรีย 22 กก./ไร่ คิดเป็น 10 กก. N/ไร่, 1/2 ที่ระยะใบธง ชั่งปุ๋ยยูเรีย 22 กก./ไร่ คิดเป็น 10 กก. N/ไร่

กรรมวิธีที่สี่ ใส่ปุ๋ยยูเรียคิดเป็น 35 กก. N/ไร่ แบ่งใส่ 1/3 พร้อมปลูก ชั่งปุ๋ยยูเรีย 25.4 กก./ไร่ คิดเป็น 11.67 กก. N/ไร่, 1/3 ที่ระยะ V6 ชั่งปุ๋ยยูเรีย 25.4 กก./ไร่ คิดเป็น 11.67 กก. N/ไร่, 1/3 ที่ระยะใบธง ชั่งปุ๋ยยูเรีย 25.4 กก./ไร่ คิดเป็น 11.67 กก. N/ไร่

กรรมวิธีที่ห้า ใส่ปุ๋ยยูเรียคิดเป็น 35 กก. N/ไร่ แบ่งใส่ 1/2 พร้อมปลูก ชั่งปุ๋ยยูเรีย 38 กก./ไร่ คิดเป็น 17.5 กก. N/ไร่, 1/2 ที่ระยะใบธง ชั่งปุ๋ยยูเรีย 38 กก./ไร่ คิดเป็น 17.5 กก. N/ไร่

กรรมวิธีที่หก ใส่ปุ๋ยยูเรียคิดเป็น 50 กก. N/ไร่ แบ่งใส่ 1/3 พร้อมปลูก ชั่งปุ๋ยยูเรีย 36.24 กก./ไร่ คิดเป็น 16.67 กก. N/ไร่, 1/3 ที่ระยะ V6 ชั่งปุ๋ยยูเรีย 36.24 กก./ไร่ คิดเป็น 16.67 กก. N/ไร่, 1/3 ที่ระยะใบธง ชั่งปุ๋ยยูเรีย 36.24 กก./ไร่ คิดเป็น 16.67 กก. N/ไร่

กรรมวิธีที่เจ็ด ใส่ปุ๋ยยูเรียคิดเป็น 50 กก. N/ไร่ แบ่งใส่ 1/2 พร้อมปลูก ชั่งปุ๋ยยูเรีย 54.35 kg/rai คิดเป็น 25 กก. N/ไร่, 1/2 ที่ระยะใบธง ชั่งปุ๋ยยูเรีย 54.35 kg/rai คิดเป็น 25 กก. N/ไร่

หมายเหตุ: ทุกกรรมวิธีใส่ปุ๋ยรองพื้น คือ ใส่ปุ๋ยดับเบิลซูเปอร์ฟอสเฟต (0-42-0) ชั่ง 20 กก./ไร่ คิดเป็น 8.4 กก. P/ไร่ และปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ (0-0-60) ชั่ง 20 กก./ไร่ คิดเป็น 12 กก. K/ไร่ ตอนปลูก

2) ขั้นตอนการปลูก ทำการเตรียมแปลงย่อยสำหรับปลูกขนาด 5 เมตร x4 เมตร ทำการเตรียมดินโดยไถดะครั้งแรกเพื่อเปิดหน้าดิน แล้วตากดินไว้ประมาณ 7-10 วัน หลังจากนั้นทำการไถแปรและไถพรวนเพื่อเป็นการย่อยดินให้ละเอียด

-ปลูกข้าวโพดพันธุ์ CP 303 โดยใช้แฉับทำการปลูกที่ระยะห่างระหว่างแถว 75 ซม. ระยะระหว่างหลุมประมาณ 25 ซม.หยอดหลุมละ 1 – 2 เมล็ด กลบดิน ใช้เมล็ดพันธุ์ 3 – 4 กิโลกรัมต่อไร่ เมื่อข้าวโพดอายุประมาณ 14-20 วัน หลังงอกทำการถอนแยกให้เหลือหลุมละ 1 ต้น



ภาพที่ 12 แผนที่แปลงปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

3) เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

โปรแกรม QGIS , โปรแกรม WebODM , โปรแกรม Geosetter , DJI Phantom 4 Pro ,
โปรแกรม MAPIR_Camera_Control_Kerne , แอปพลิเคชัน Pix4D capture, กล้องถ่ายภาพ MAPIR
Survey 3w (RGN)

4) ขั้นตอนและกระบวนการในการวิจัย

- บินถ่ายภาพในพื้นที่แปลงทดลอง โดยติดตั้งกล้อง MAPIR Camera Survey 3W กับ Drone เพื่อที่จะ
ทำการบินสำรวจหรือเก็บข้อมูล
- เมื่อได้ภาพจาก MAPIR Camera Survey 3W เข้าโปรแกรม Geo Setter เพื่อจัดแนวบินหรือลบภาพ
ที่อยู่นอกแนวบินออกหรือภาพที่ไม่ต้องการ
- นำภาพที่ได้จากการจัดแนวบินไป Process image เพื่อรวมไฟล์ RAW และ JPEG โดย โปรแกรม
MAPIR Camera Control
- สร้างเป็นภาพ Ortho ด้วยเว็บ ODM
- ได้ภาพ Ortho ออกมาแล้วนำไป Calibrate ภาพเพื่อความถูกต้องของแสงและแบนด์โดยโปรแกรม
MAPIR Camera Control และการ Calibrate ต้อง Calibrate กับภาพที่ถ่ายกับ MAPIR Camera
Reflectance Calibration Ground

- เข้าสมการหาดัชนีพืชพรรณ ในโปรแกรม QGIS
 - หาค่าเฉลี่ยของ NDVI ในแต่ละกรรมวิธีโดย Zonal Statistics ในโปรแกรม QGIS
- 5) การเตรียมข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลที่ใช้ในการวิจัย

การคำนวณหาความยาวโฟกัสกล้อง MAPIR Camera Survey 3W

- วัดโดยใช้สายวัดที่มีความสูงในการบินต่างกัน 3 ระดับ

- ความสูง 10 เมตร ได้ค่า (17.64 , 12.8) เมตร

- ความสูง 20 เมตร ได้ค่า (35.50 , 21) เมตร

- ความสูง 30 เมตร ได้ค่า (51.8 , 41) เมตร

- การครอบคลุมพื้นที่ในแต่ละระดับความสูง

- บินที่ความสูง 10 เมตร ครอบคลุมพื้นที่ 225.8 ตร.ม

- บินที่ความสูง 20 เมตร ครอบคลุมพื้นที่ 745.5 ตร.ม

- บินที่ความสูง 30 เมตร ครอบคลุมพื้นที่ 2123.8 ตร.ม

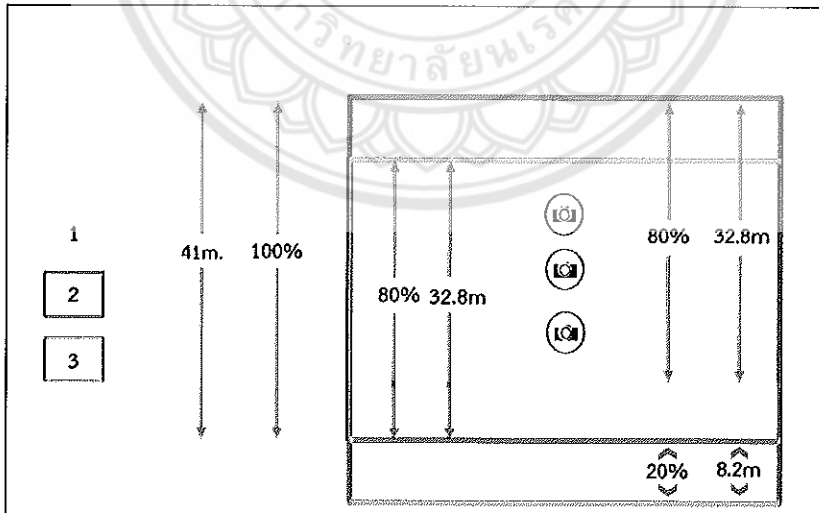
- การคำนวณหาส่วนทับซ้อนของภาพถ่าย

- สูตรการคำนวณ

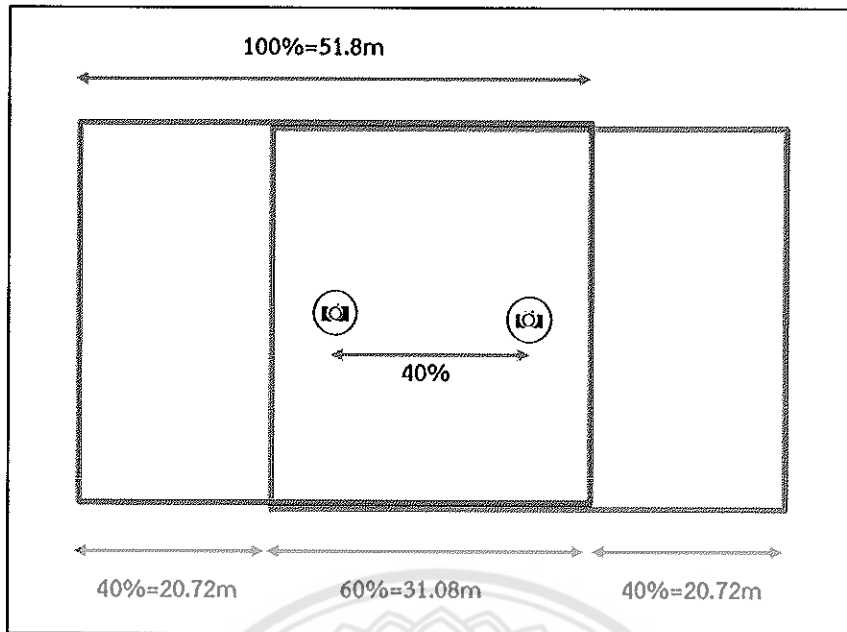
$$v = \frac{s}{t} \text{ แปลงเป็น } t = \frac{s}{v}$$

$$t = \frac{8.2}{3}$$

$$t = 2.733 \text{ s}$$



ภาพที่ 13 การคำนวณหาส่วนทับ



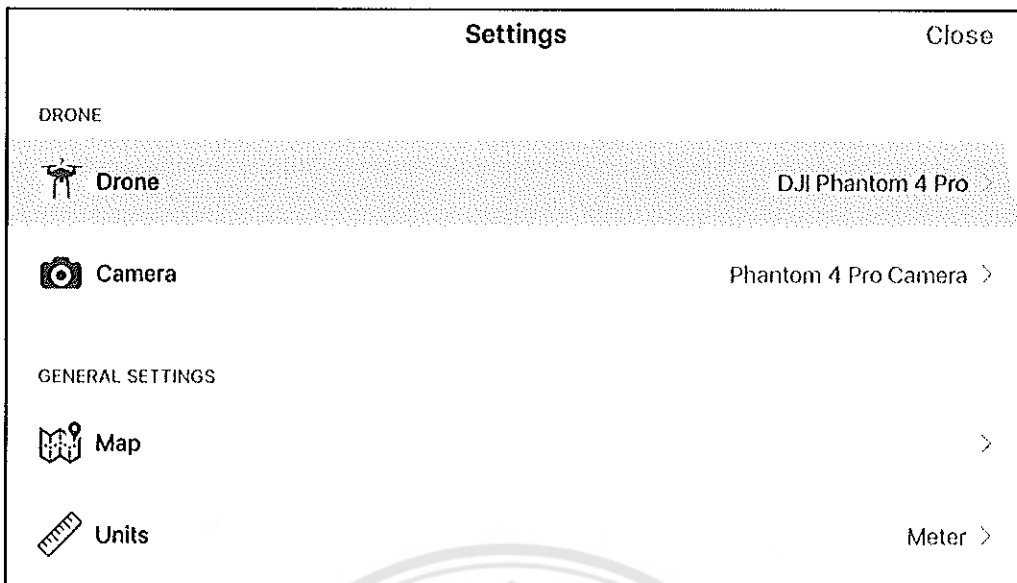
ภาพที่ 14 การคำนวณหาส่วนเกย

-การตั้งค่าและกำหนดแนวบินโดยแอปพลิเคชัน Pix 4D ทำการติดตั้งสำเร็จเปิดแอปพลิเคชัน LOG IN หรือ SIGN UP ให้เรียบร้อย (ภาพที่ 15)



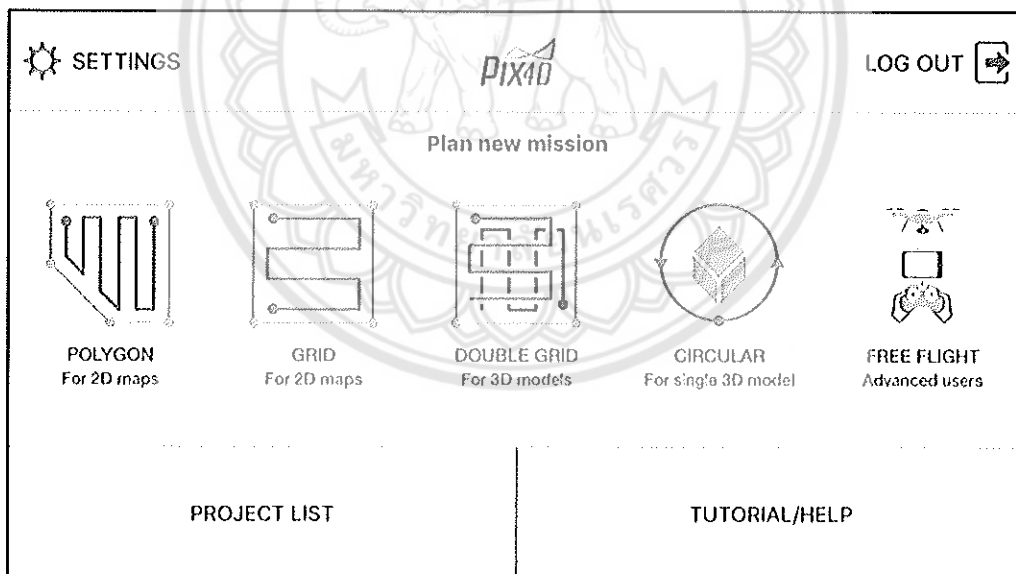
ภาพที่ 15 หน้าแอปพลิเคชัน Pix4D

-ตั้งค่าเริ่มต้นการใช้งาน > เลือก Drone เป็น DJI Phantom 4 Pro > เลือก Camera เป็น DJI Phantom 4 Pro Camera > เลือก Units เป็น Meter (ภาพที่ 16)



ภาพที่ 16 การตั้งค่าเริ่มต้นการใช้งาน

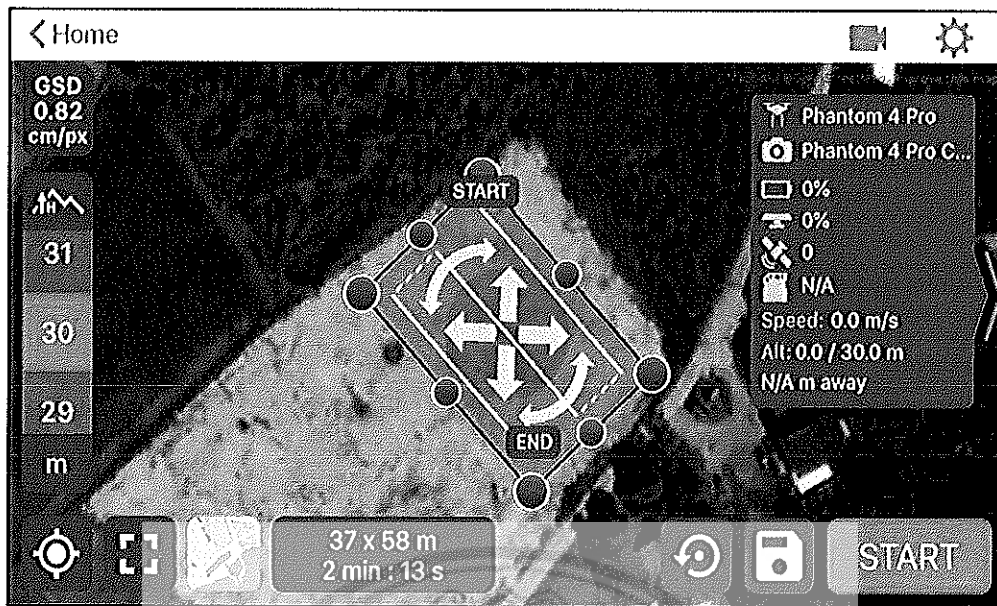
-เข้าสู่หน้า Home ให้เลือก Plan mission เลือกการถ่าย แบบ DOUBLE GRID MISSION For 3D models (ภาพที่ 17)



ภาพที่ 17 การเลือกแผนการบิน 1

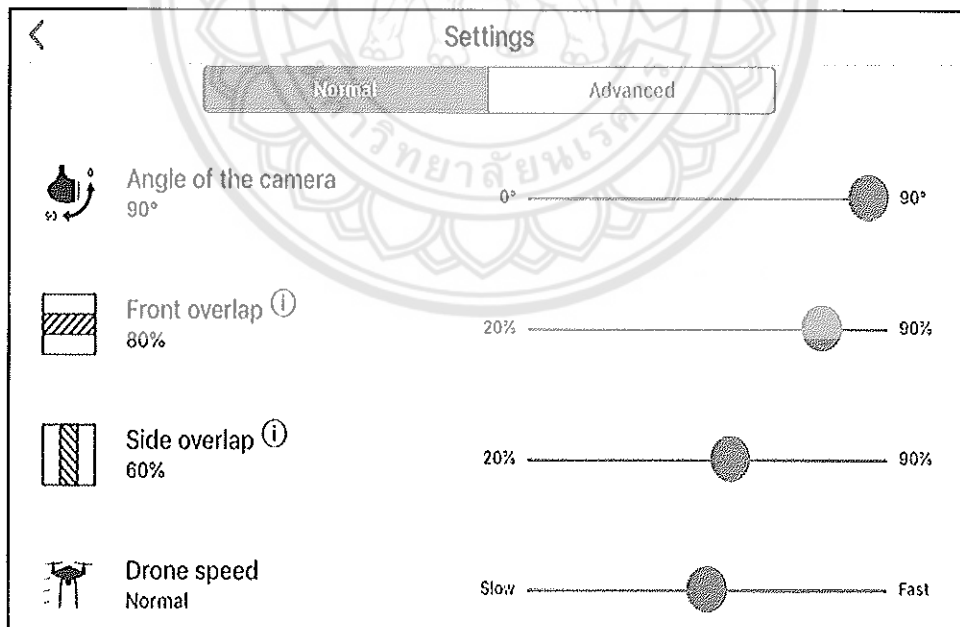
-เมื่อเลือกแผนการบินเรียบร้อยแล้วจะปรากฏหน้านี้ขึ้นมาเพื่อจัดแนวการบินให้ครอบคลุมพื้นที่และกำหนด

ความสูงในการบินได้ตามความต้องการ (ภาพที่ 18)

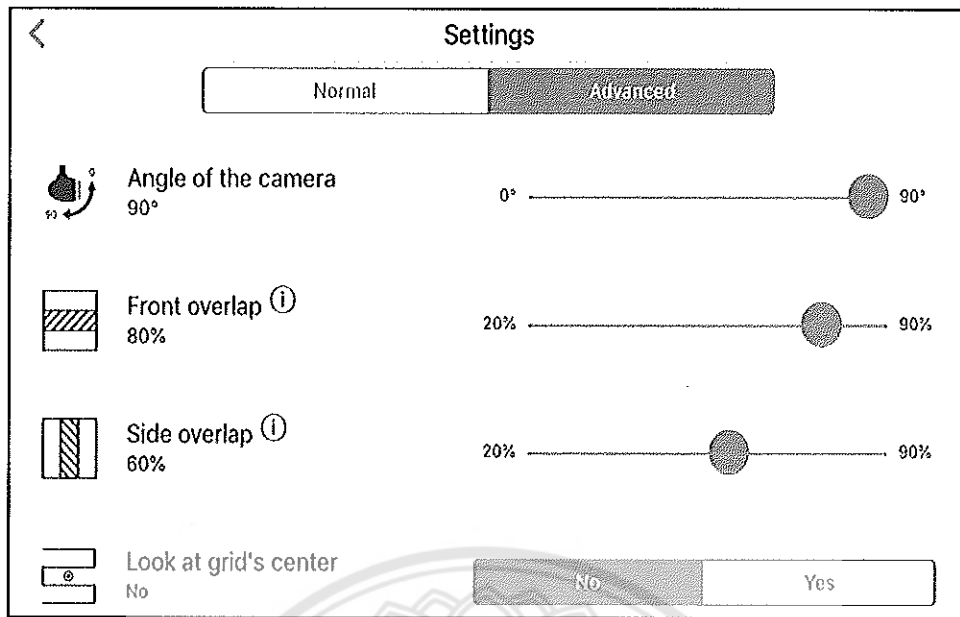


ภาพที่ 18 การเลือกแผนการบิน 2

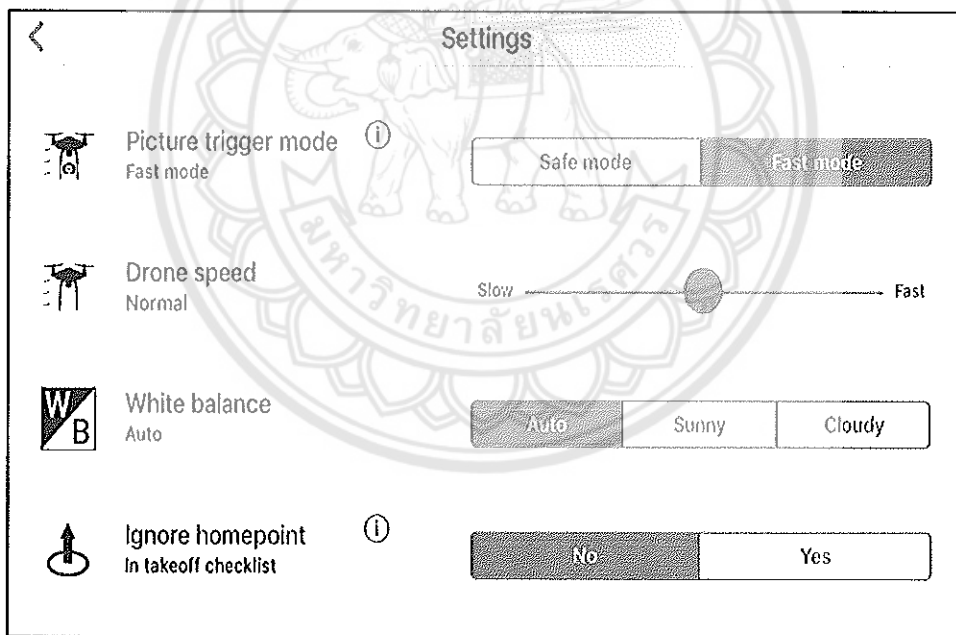
-การตั้งค่าองค์ประกอบต่างๆ ในการบิน (ภาพที่ 19-21)



ภาพที่ 19 การตั้งค่าแบบ Normal



ภาพที่ 20 การตั้งค่าแบบ Advanced 1



ภาพที่ 21 การตั้งค่าแบบ Advanced 2

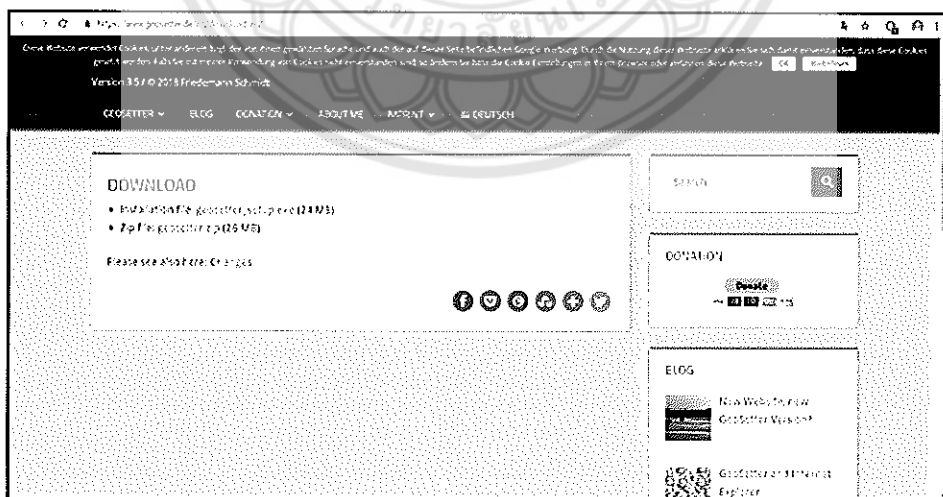
-ภาพที่ได้จากการบินโดยแอปพลิเคชัน Pix 4D (ภาพที่ 22)



ภาพที่ 22 รูปภาพที่ได้จากการบินโดยแอปพลิเคชัน Pix 4D

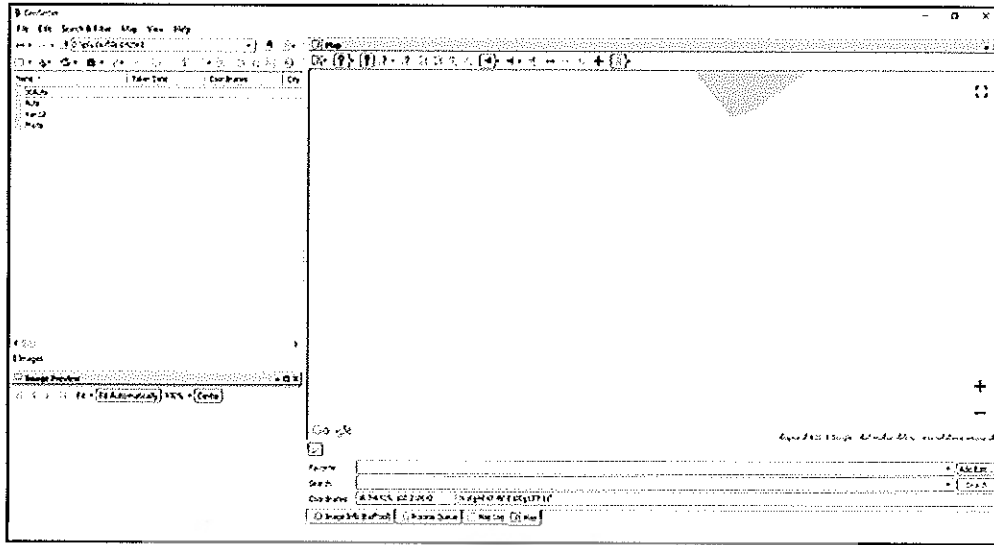
- การจัดการรูปภาพจาก MAPIR Survey 3w ให้ตรงกับแนวบิน โดยโปรแกรม GeoSetter โดยโปรแกรม GeoSetter โดยโปรแกรมนี้จะแสดงตำแหน่งของรูปภาพทุกรูปที่มีค่าพิกัดอยู่ในตัวเองโดยจะแสดงบนแผนที่เพื่อให้เห็นตำแหน่งของภาพและสามารถลบภาพที่เป็นส่วนเกินหรือไม่ต้องการออกได้

- เริ่มต้นดาวน์โหลดโปรแกรม <https://www.geosetter.de/en/download-en/> (ภาพที่ 23)



ภาพที่ 23 หน้าเว็บไซต์สำหรับดาวน์โหลดโปรแกรม

-เปิดโปรแกรม GeoSetter เพื่อทำการจัดรูปภาพให้ตรงกับแนวบิน (ภาพที่ 24)

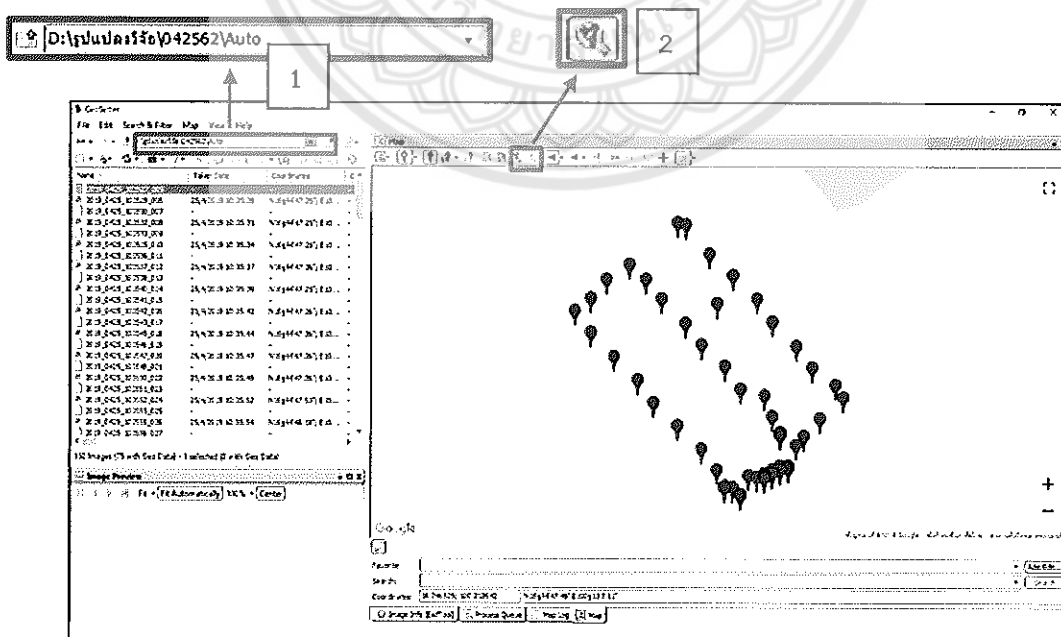


ภาพที่ 24 เริ่มต้นการใช้งานโปรแกรม Geosetter

1

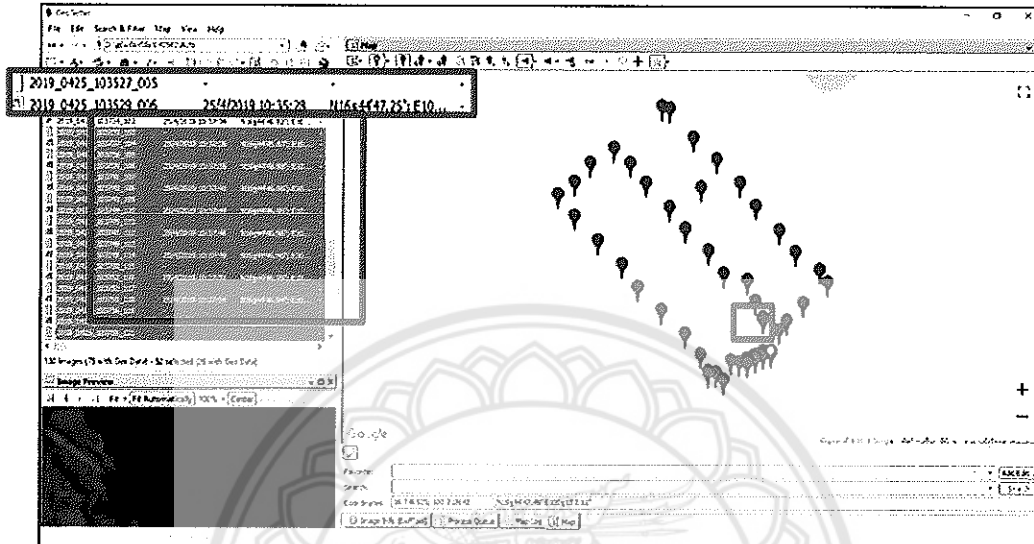
- เมื่อเปิดโปรแกรมขึ้นมาให้นำรูปภาพที่เราต้องการจัดแนวบินเข้ามาโดยไปค้นหาที่ตามช่องหมายเลข

- ใต้รูปภาพแล้วให้กดเครื่องมือ ค้นหาตำแหน่งของรูปภาพ ที่หมายเลข 2 รูปภาพจะปรากฏขึ้นมาบนแผนที่ดังรูปข้างล่างนี้ (ภาพที่ 25)



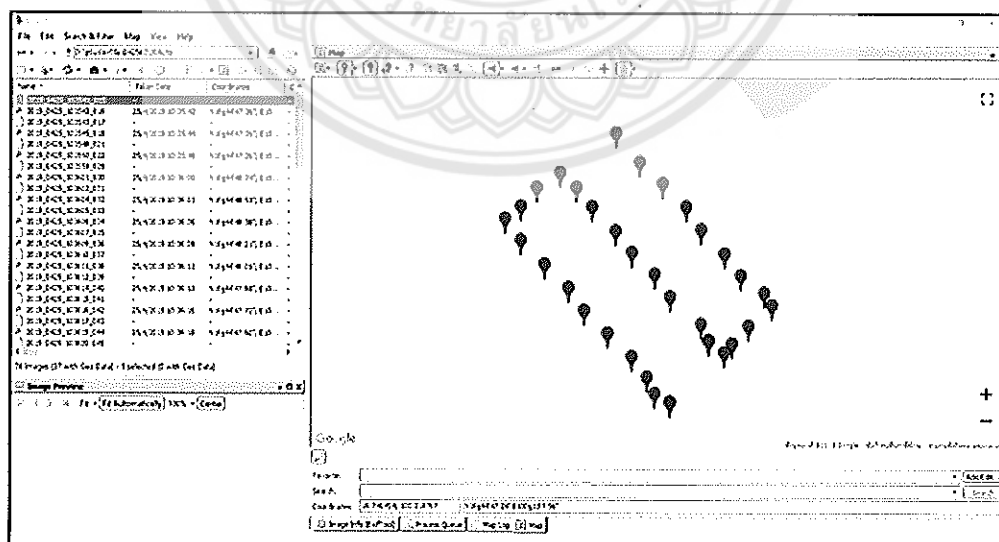
ภาพที่ 25 การนำรูปภาพเข้าสู่โปรแกรม Geosetter

-เมื่อได้รูปภาพที่แสดงขึ้นมาบนแผนที่แล้ว เราจะเห็นรูปภาพบางส่วนที่เราไม่ต้องการใช้ จะทำการลบออกโดยเลือกที่รูปภาพจากกรอบด้านซ้ายมือ โดยการคลิกที่รูปภาพ จุดบนแผนที่จะเปลี่ยนเป็นสี่มวงนั้นคือตำแหน่งของรูปภาพนั้น และเลือกรูปภาพที่ต้องการลบทั้งหมด โดยการลบเราจะต้องลบออกทั้ง สองไฟล์ คือ ไฟล์ RAW และ ไฟล์ JPEG เราต้องลบออกทั้งคู่ และการลบรูปภาพนี้จะลบในไฟล์เดออร์ออกด้วย (ภาพที่ 26)



ภาพที่ 26 การลบรูปภาพที่ไม่จำเป็น

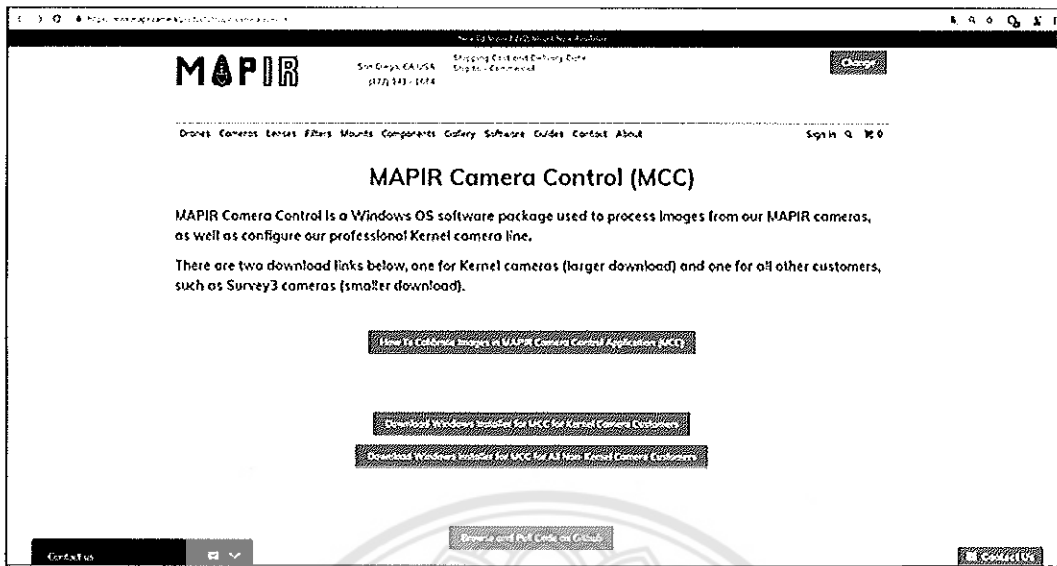
-และจะได้รูปภาพตามแนวนบินที่เราต้องการ (ภาพที่ 27)



ภาพที่ 27 การจัดรูปภาพตามแนวนบินเสร็จเรียบร้อย

- การ Process Image ด้วยโปรแกรม MAPIR Camera Control โดยโปรแกรมนี้จะรวมไฟล์ RAW และ JPEG เข้าด้วยกัน โดยจะได้ออกมาเป็น TIFF ไฟล์

-หน้าเว็บไซต์สำหรับดาวน์โหลดโปรแกรม MAPIR Camera Control (ภาพที่ 28)



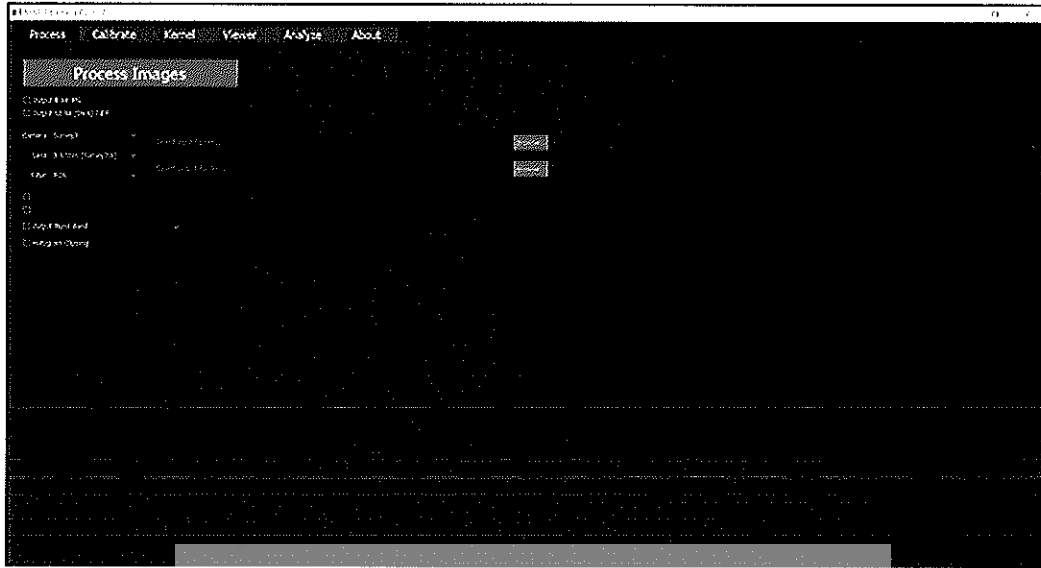
ภาพที่ 28 หน้าเว็บไซต์สำหรับดาวน์โหลดโปรแกรม MAPIR Camera Control

-เปิดโปรแกรม MAPIR Camera Control เพื่อทำการ Process Image (ภาพที่ 29)



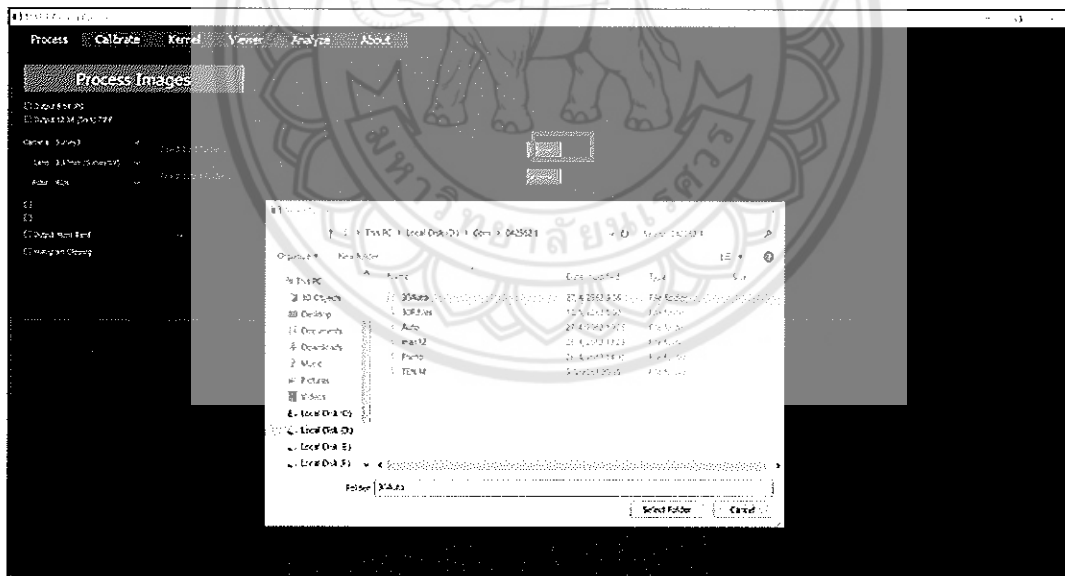
ภาพที่ 29 การเริ่มต้นการใช้งานโปรแกรม

-ตั้งค่า Camera >> Survey3 , Lens >> 3.37mm (Survey3W) , Filter >> RGN (ภาพที่ 30)



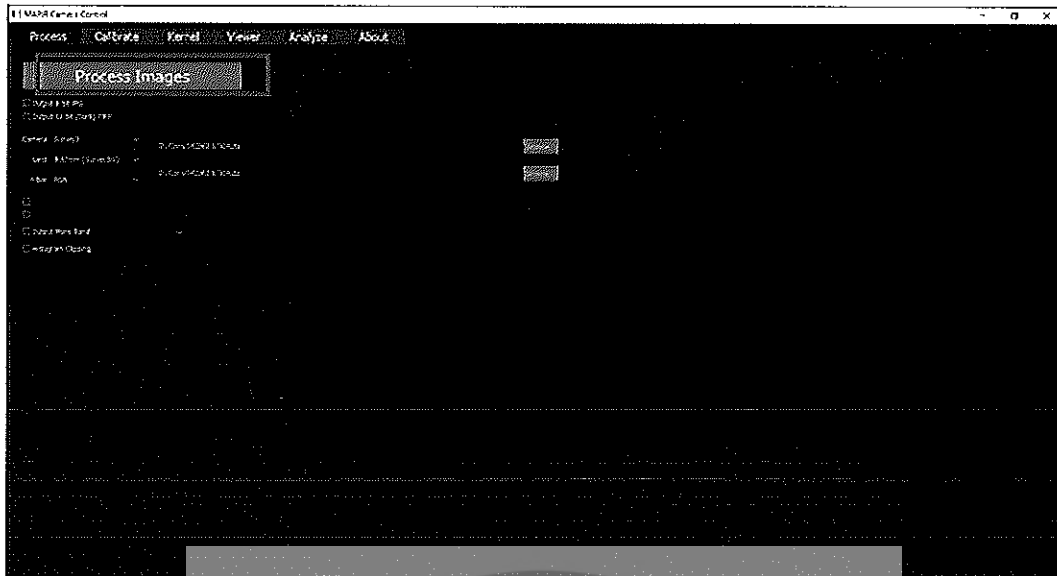
ภาพที่ 30 การตั้งค่าในโปรแกรม MAPIR Camera Control

-เมื่อตั้งค่าเสร็จให้นำรูปภาพที่ต้องการ Process Image เข้า โดยการไปที่ Browse.. >> โฟลเดอร์ที่เก็บรูปภาพ โดยนำเข้ามาทั้งโฟลเดอร์ (ภาพที่ 31)



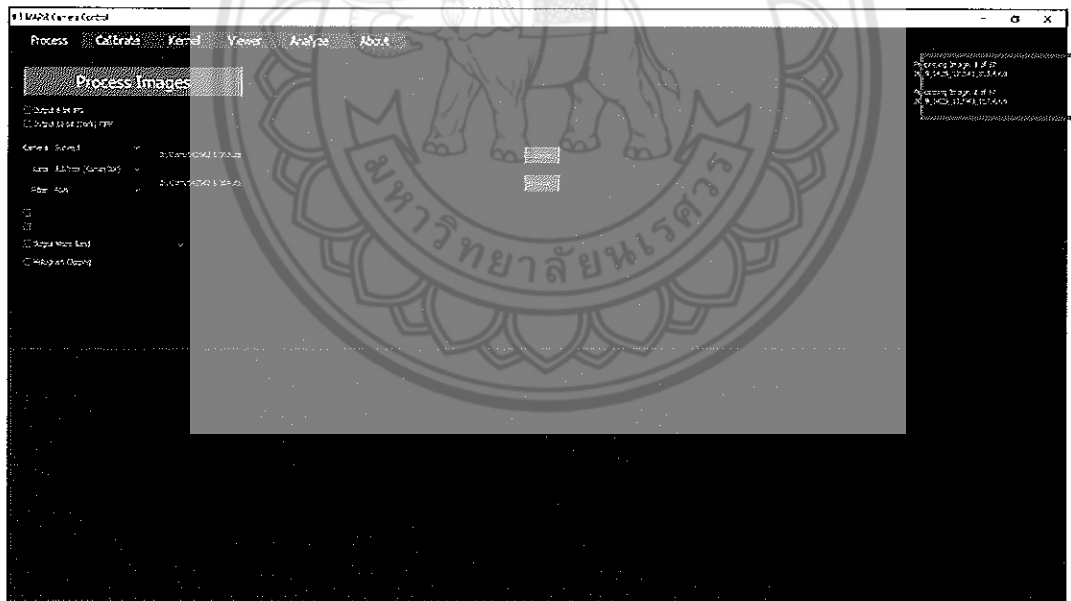
ภาพที่ 31 การนำรูปภาพเข้าเพื่อการ Process Image

-นำรูปภาพเข้าแล้วให้ คลิก Process Images (ภาพที่ 32)



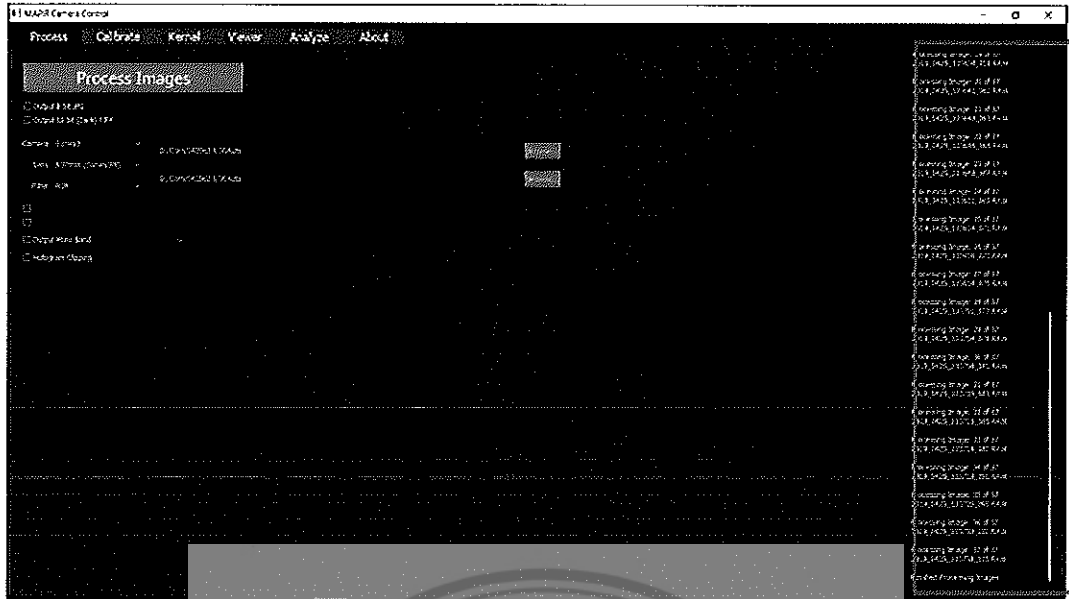
ภาพที่ 32 การเริ่ม Processing Image

-โปรแกรมจะแสดงตรงแถบด้วยขวามือ Processing Images ไปแล้วก็รูป จากก็รูป (ภาพที่ 33)



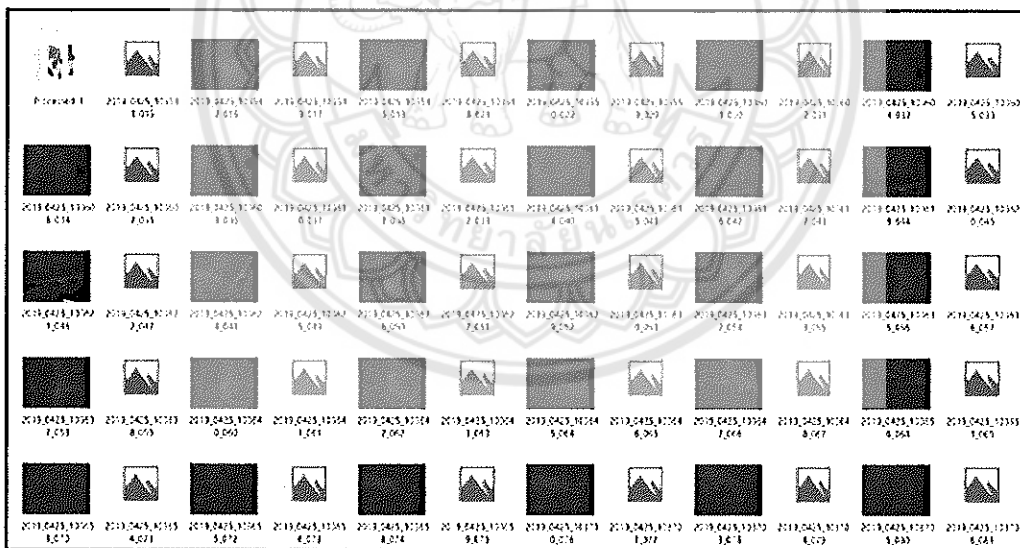
ภาพที่ 33 ระหว่างการ Processing Image

-เมื่อโปรแกรม Processing Images เสร็จจะแจ้ง Finished Processing Images (ภาพที่ 34)



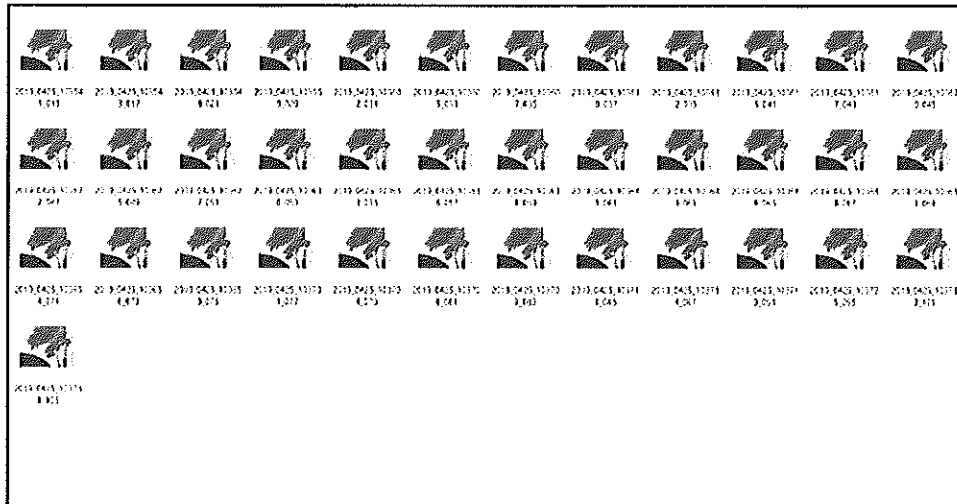
ภาพที่ 34 การ Processing Image เสร็จสมบูรณ์

-นี่คือรูปภาพก่อนที่จะนำไป Process Images จะมีทั้งไฟล์ RAW และ JPEG (ภาพที่ 35)



ภาพที่ 35 รูปภาพก่อน Process Images มีทั้งไฟล์ RAW และ JPEG

-นี่คือภาพที่ทำการ Process Images ออกมาแล้วจะได้เป็น TIFF ไฟล์ และพร้อมนำไปดำเนินการในกระบวนการต่อไป (ภาพที่ 36)

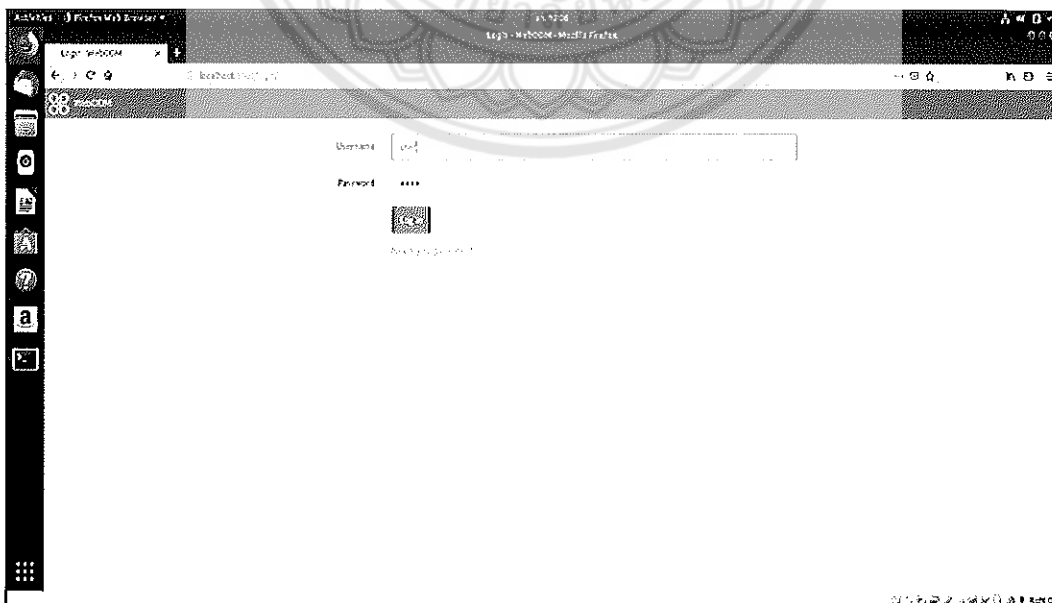


ภาพที่ 36 รูปภาพก่อน Process Images เสร็จสมบูรณ์ เป็นไฟล์ TIFF

6) การนำภาพที่ได้จากการบินมาเข้าโปรแกรม WebODM เพื่อทำการประมวลผลภาพออกมาให้ได้ภาพ
 ที่
 โมเสคเรียบร้อย เป็นภาพ Ortho Photo (ภาพที่ 37)

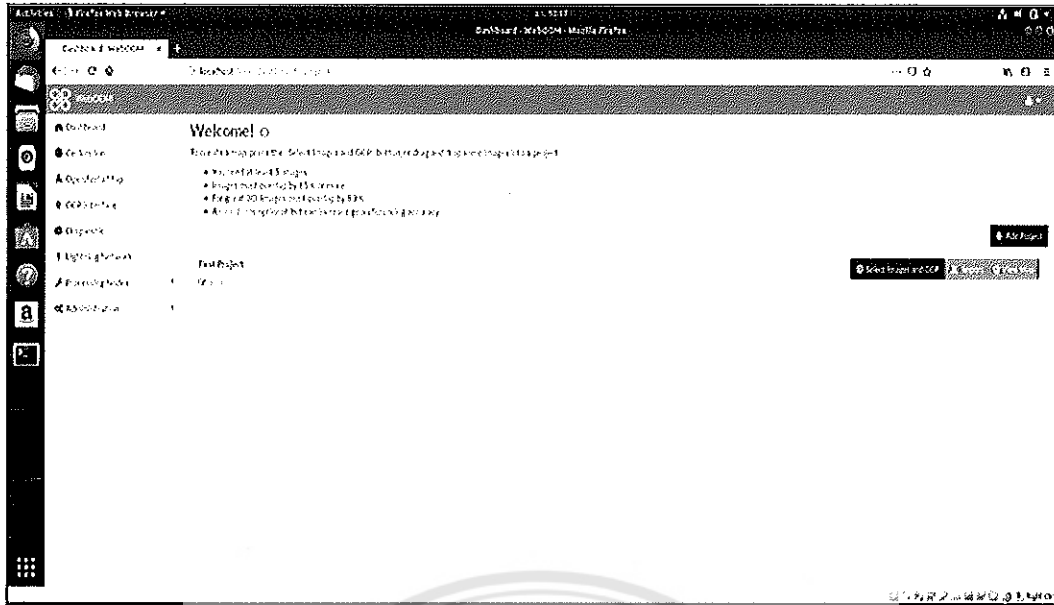
ขั้นตอนการประมวลผลภาพใน WebODM

-เข้าสู่หน้า Login WebODM



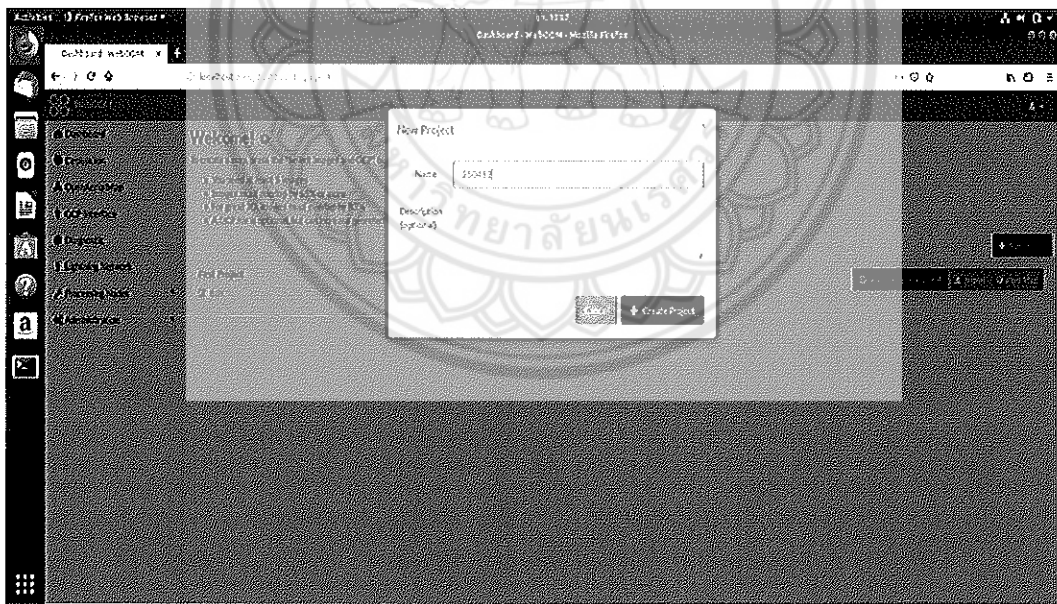
ภาพที่ 37 หน้า Login Web ODM

-ทำการ Add Project เพื่อที่จะทำการประมวลผลภาพ (ภาพที่ 38)



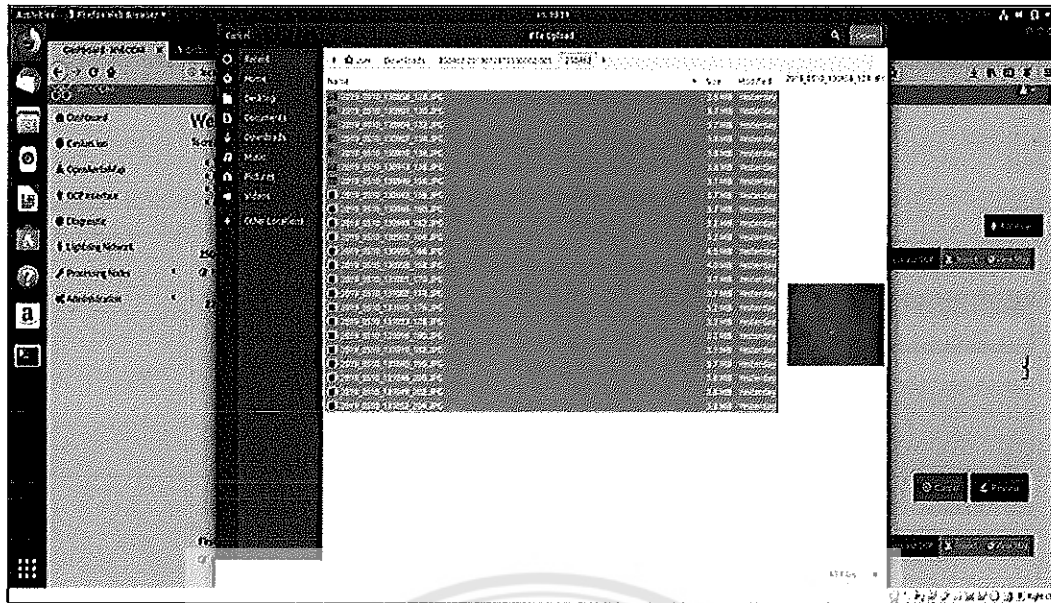
ภาพที่ 38 ทำการ Add Project

-ทำการตั้งชื่อโปรเจกต์ (ภาพที่ 39)



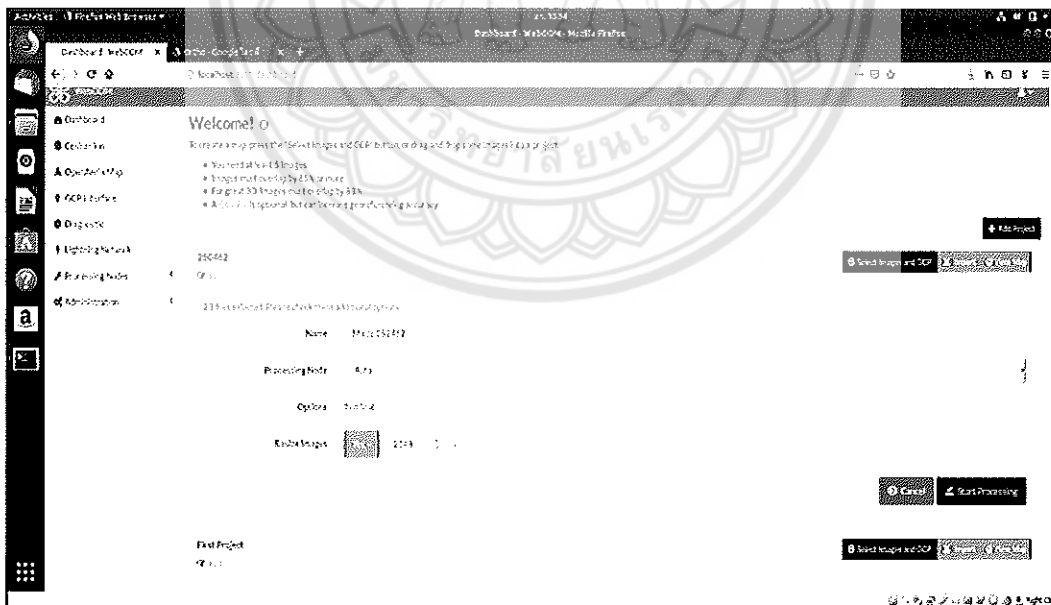
ภาพที่ 39 การตั้งชื่อ Project

-เมื่อดังชื่อโปรเจกต์เรียบร้อยแล้ว ให้ นำรูปภาพเข้า โดยการคลิกที่ Select image and GCP (ภาพที่ 40)

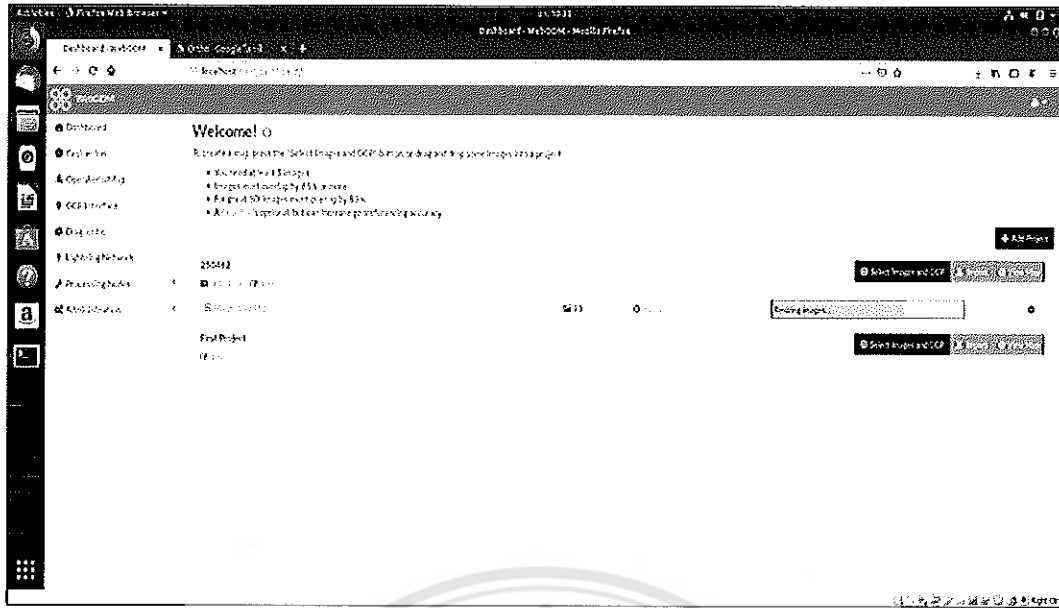


ภาพที่ 40 การ Select image and GCP

เมื่ออัปโหลดรูปภาพและตั้งค่าเสร็จ ให้คลิก Start Processing เพื่อทำการประมวลผลรูปภาพ (ภาพที่ 41)

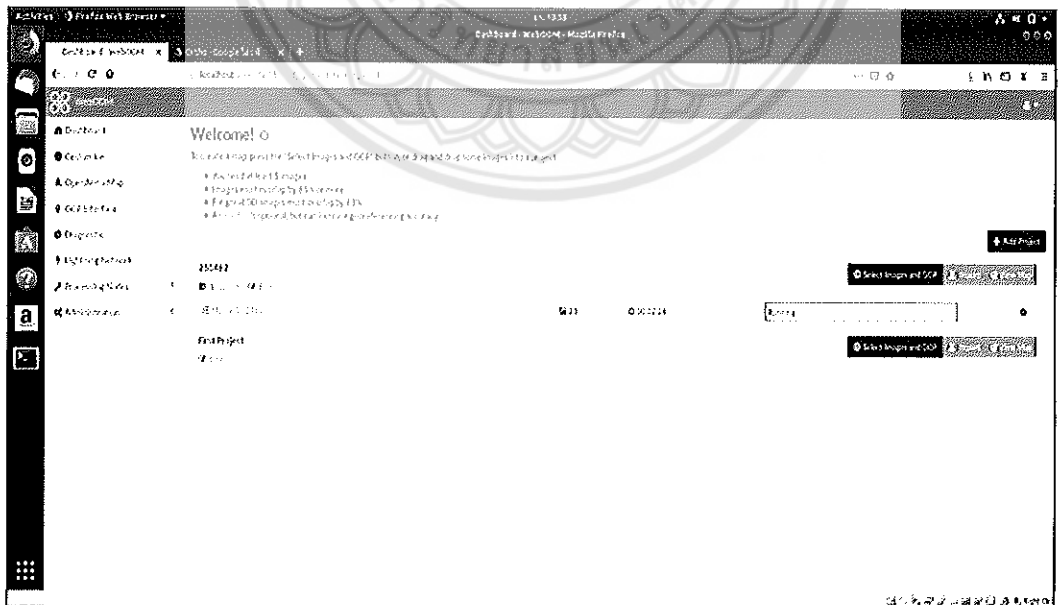


ภาพที่ 41 ทำการ Start Processing



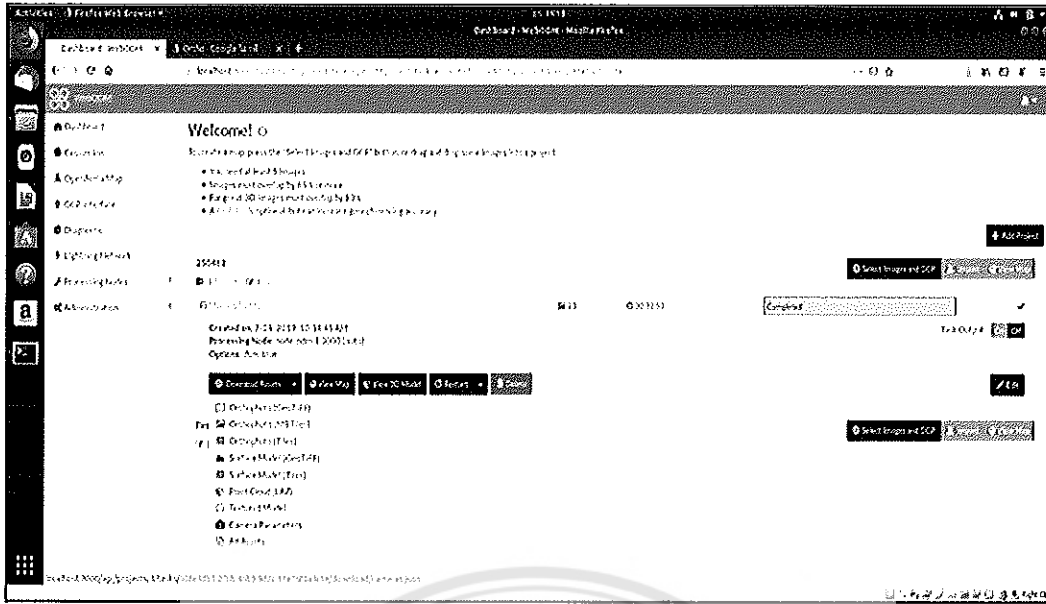
ภาพที่ 42 การ Resizing image

-โปรแกรมอยู่ในระหว่างการประมวลผล (ภาพที่ 43)



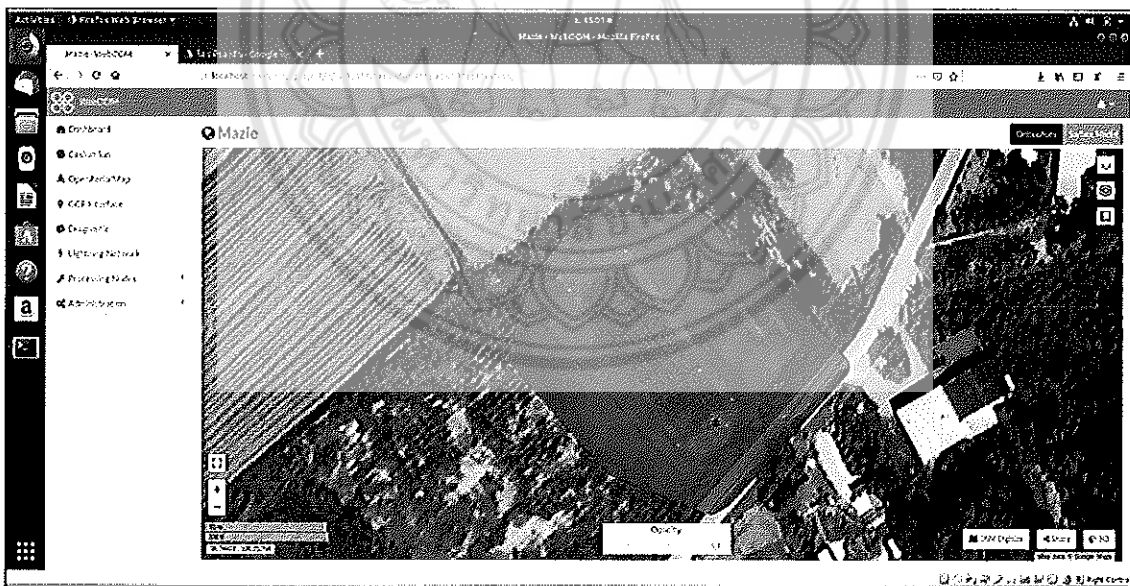
ภาพที่ 43 อยู่ในระหว่างการประมวลผล

-เมื่อประมวลผลเสร็จจะได้ออกมาแบบนี้ ทำการดาวน์โหลด Orthophoto เพื่อนำภาพไปใช้ในขั้นตอนต่อไป (ภาพที่ 44)



ภาพที่ 44 การประมวลผลเสร็จเรียบร้อยแล้ว

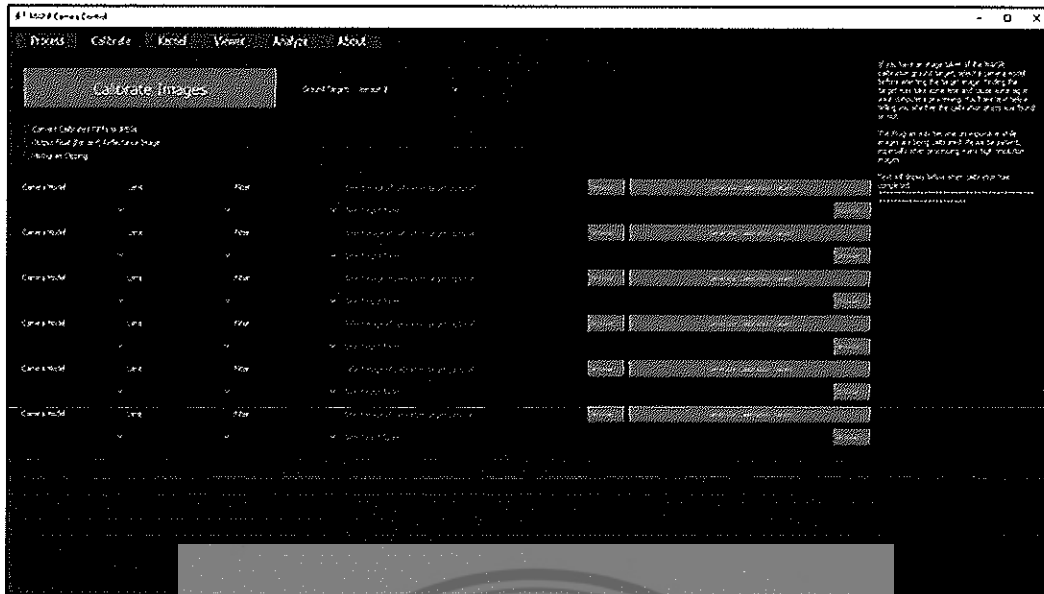
-สามารถเปิดดูภาพที่ได้ทำการประมวล โดยคลิกที่ View Map จะปรากฏหน้าต่างขึ้นมา (ภาพที่ 45)



ภาพที่ 45 View Map ดูภาพ Ortho จากการประมวลผล

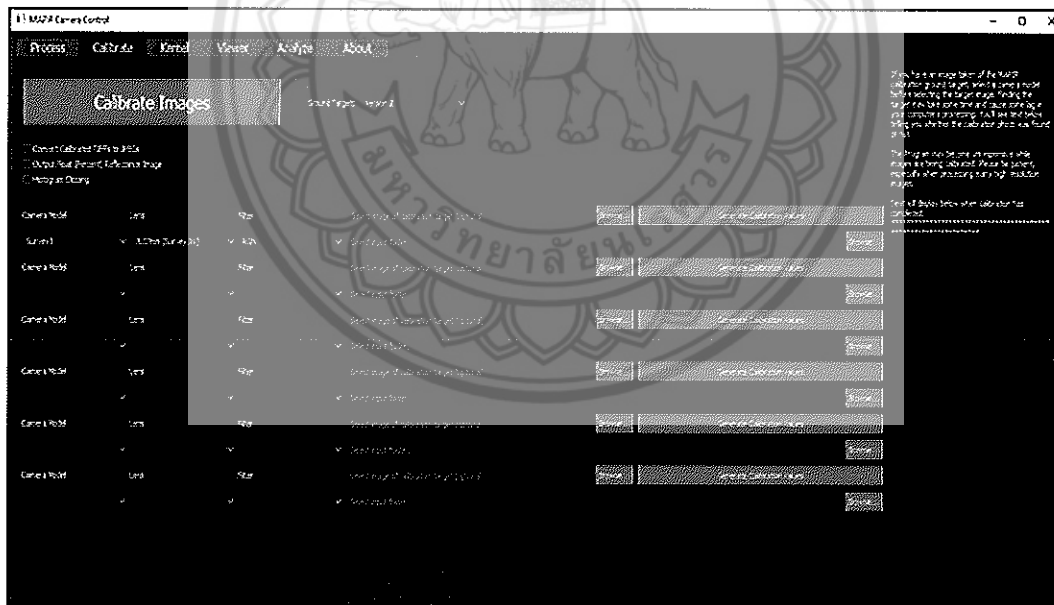
7) การ Calibrate ด้วยโปรแกรม MAPIR Camera Control โดยโปรแกรมนี้จะทำการปรับค่าของภาพ Ortho กับภาพที่มีแผ่น Calibrate (ภาพที่ 46)

-เปิดโปรแกรม MAPIR Camera Control โดยเลือกไปที่เมนู Calibrate



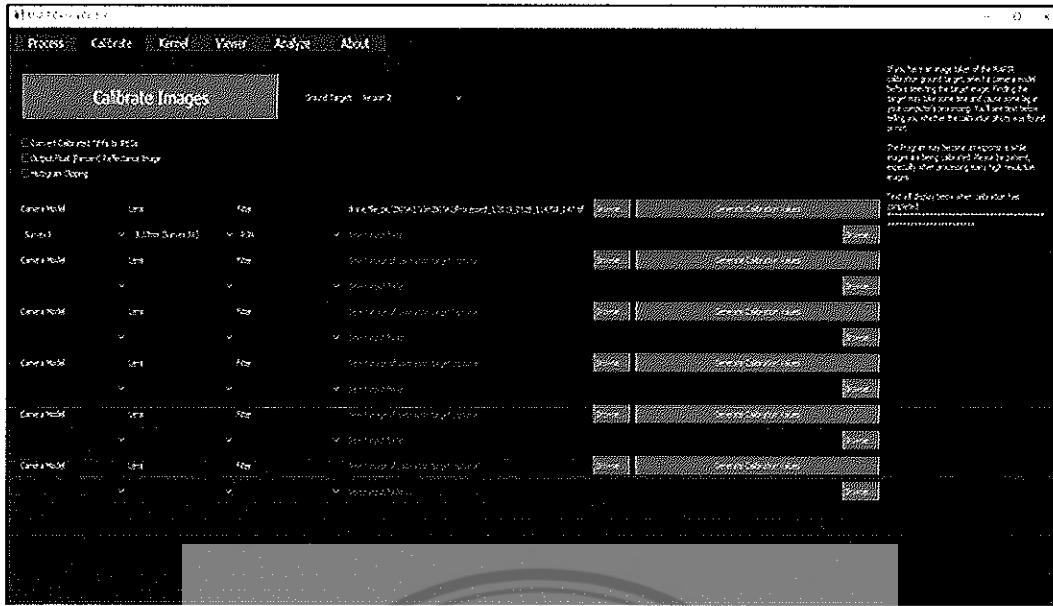
ภาพที่ 46 การเริ่มต้นใช้โปรแกรมเพื่อ Calibrate

-การตั้งค่า โดยเลือก Camera เป็น Survey3 , Lens เป็น 3.37mm (Survey3W) และ Filter เป็น RGN (ภาพที่ 47)



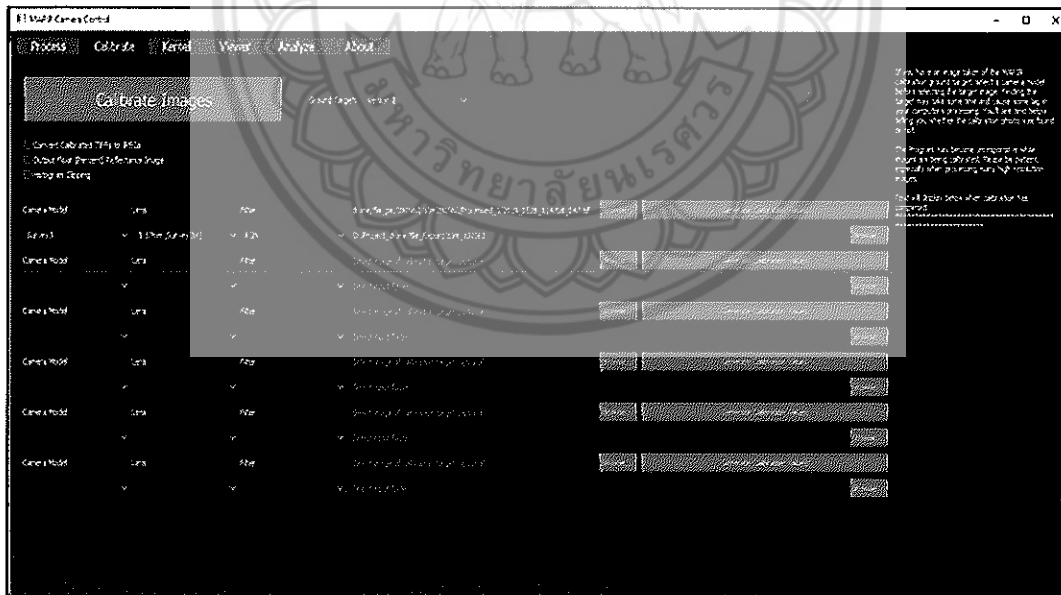
ภาพที่ 47 การตั้งค่าในโปรแกรม

-เลือกรูปภาพสำหรับนำมา Calibrate กับภาพ Ortho ภาพต้องทำการ Process เป็นไฟล์ TIF เรียบร้อยแล้ว จากนั้นคลิก Generate Calibrate Values (ภาพที่ 48)



ภาพที่ 48 ทำการ Generate Calibration values

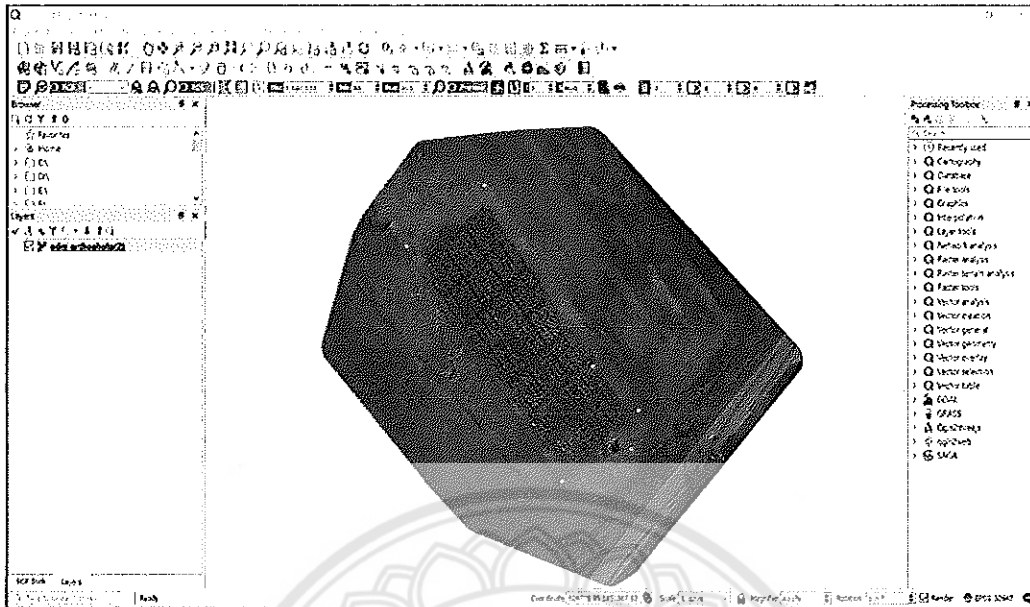
-เลือกภาพ Ortho ที่ต้องการจะ Calibrate ทำการเลือก Folder ที่เก็บภาพ Ortho แล้วทำการคลิก Calibrate Images โปรแกรมจะทำการสร้าง Folder Calibrated ขึ้นมาใน Folder ที่เก็บภาพ Ortho (ภาพที่ 49)



ภาพที่ 49 นำภาพ Ortho เข้า และ Calibrate

8) การนำภาพ Ortho Photo มาวิเคราะห์และคำนวณหาดัชนีพืชพรรณ NDVI เพื่อตรวจสอบการขาดธาตุอาหารของพืชเลี้ยงสัตว์โดยโปรแกรม QGIS (ภาพที่ 50)

-นำภาพเข้าสู่โปรแกรม QGIS



ภาพที่ 50 นำภาพ Ortho เข้า QGIS

-ทำการวิเคราะห์ดัชนีพืชพรรณ NDVI โดยไปที่ Raster >> Raster Calculator (ภาพที่ 51)

คำนวณตามสูตร (NDVI) $NDVI = \frac{(NIR - Red)}{(NIR + Red)}$ >> Output Layer เลือกที่เก็บข้อมูล

>> Output CRS เลือกระบบพิกัด >> OK

$$NDVI = \frac{(NIR - Red)}{(NIR + Red)}$$

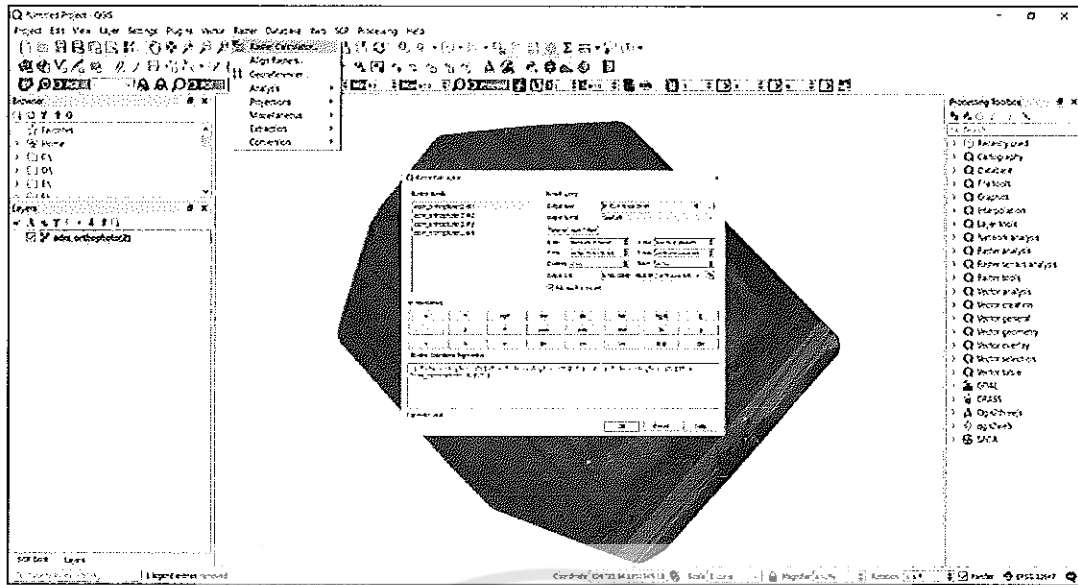
NIR = ค่าการสะท้อนในช่วงคลื่นอินฟราเรดระยะใกล้ (%)

RED = ช่วงคลื่นตามองเห็นสีแดง (%)

Brand 1 = RED

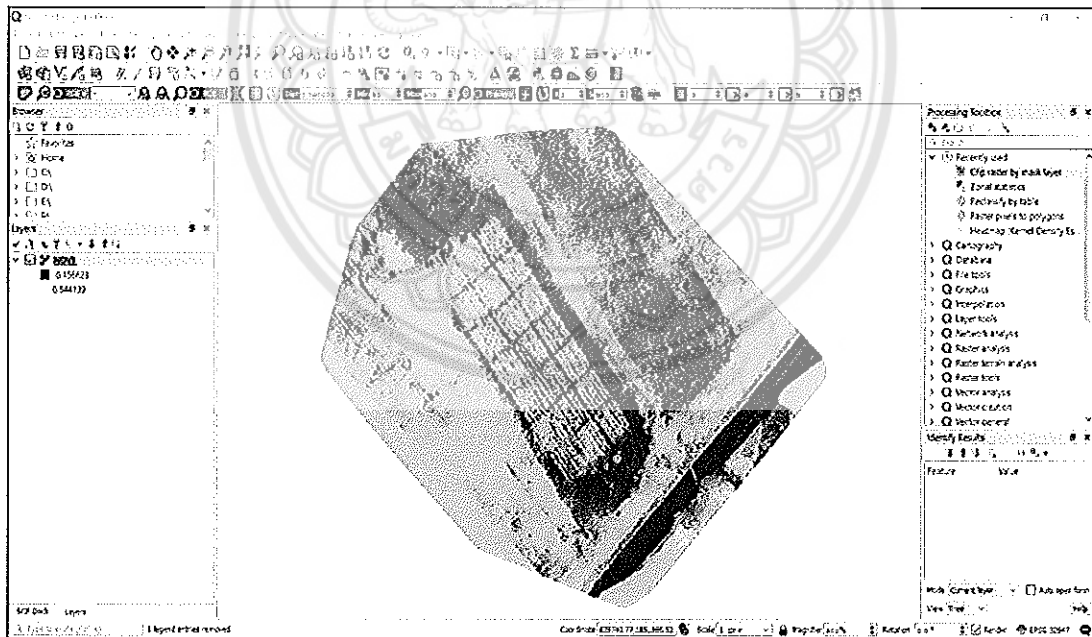
Brand 2 = GREEN

Brand 1 = NIR



ภาพที่ 51 ทำการวิเคราะห์ดัชนีพืชพรรณ NDVI

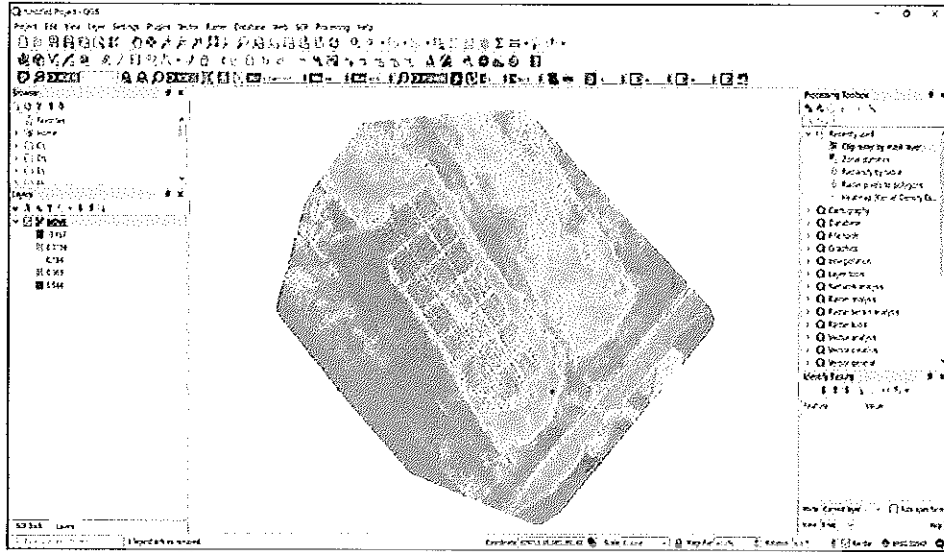
-ภาพที่ได้จากการวิเคราะห์ดัชนีพืชพรรณ NDVI ออกมาจะมีค่าเท่ากับ -1 ถึง 1 (ภาพที่ 52)



ภาพที่ 52 ภาพที่ได้จากการวิเคราะห์ดัชนีพืชพรรณ NDVI

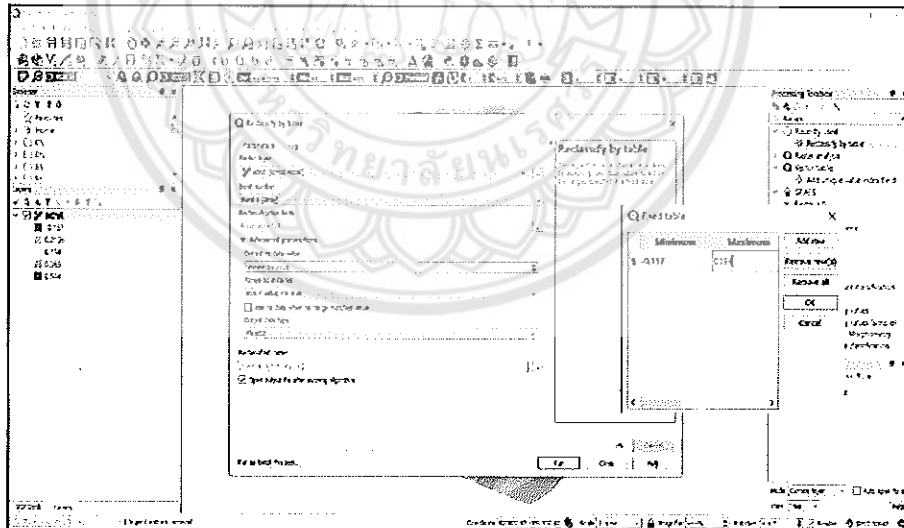
-การจำแนกข้อมูล Classification ดัชนีพืชพรรณ NDVI (ภาพที่ 53)

โดยคลิกขวาที่ ไฟล์รูป และไปที่ Properties >> Symbology >> Singleband pseudocolor



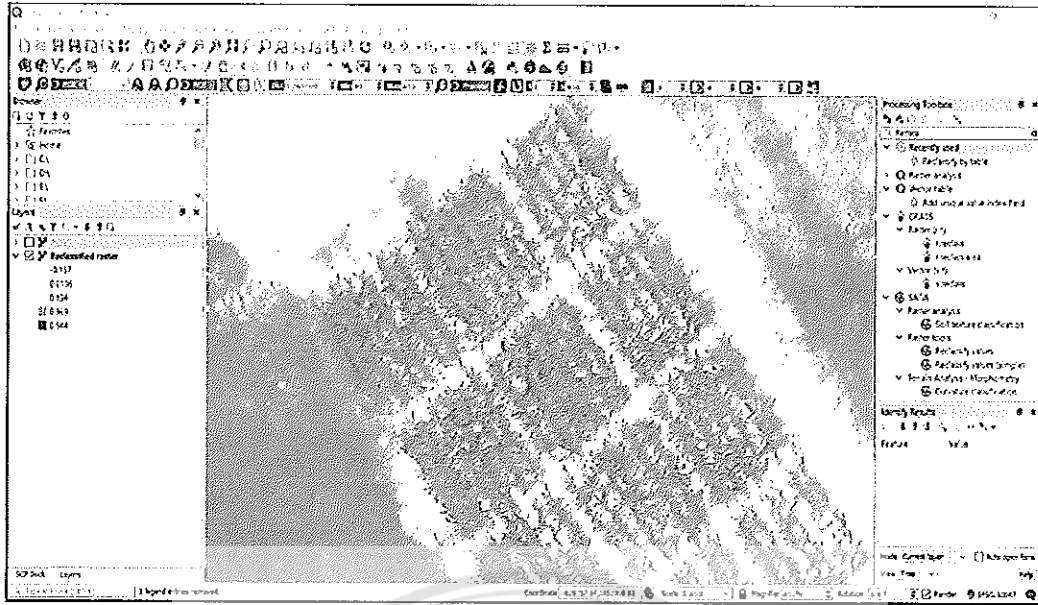
ภาพที่ 55 เปิดโปรแกรมพร้อมภาพ NDVI

-ทำการแยกดินออกจากใบข้าวโพดเพื่อที่จะได้นำไปหาค่าเฉลี่ยของดัชนีที่พรรณ เฉพาะข้าวโพดเลี้ยง สัตว์ โดยไปที่ Processing Toolbox แล้วค้นหา Reclassify by table เพื่อลบดินออกจากรูปภาพให้เหลือแต่ ดินข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ โดยนำรูปภาพเข้า แล้วไปที่ Reclassification table >> Minimum = -0.157 Maxmum = 0.195 โดยจะเป็นค่าต่ำสุดและค่าสูงสุดแต่ต่ำกว่าค่าของต้นข้าวโพด >> Range boundaries ให้ปรับเป็น min<value<=max >> RUN (ภาพที่ 56)



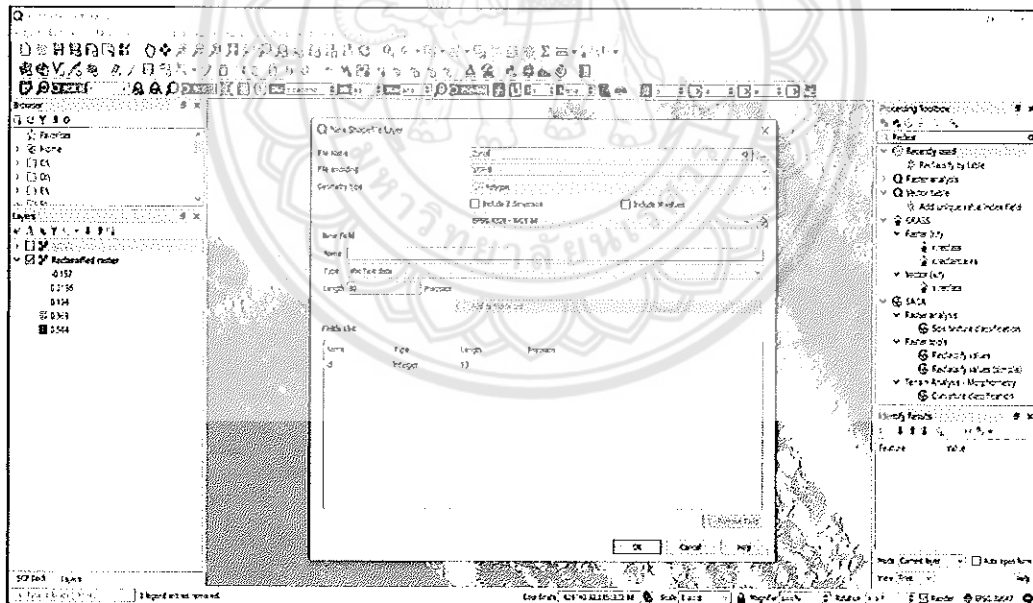
ภาพที่ 56 ทำการลบดินออกจากภาพ

-เมื่อทำการแยกดินออกจากข้าวโพดและปรับสีเสร็จเรียบร้อยแล้วก็จะได้อา ค่า NDVI ที่มีแต่ของต้นข้าวโพด (ภาพที่ 57)



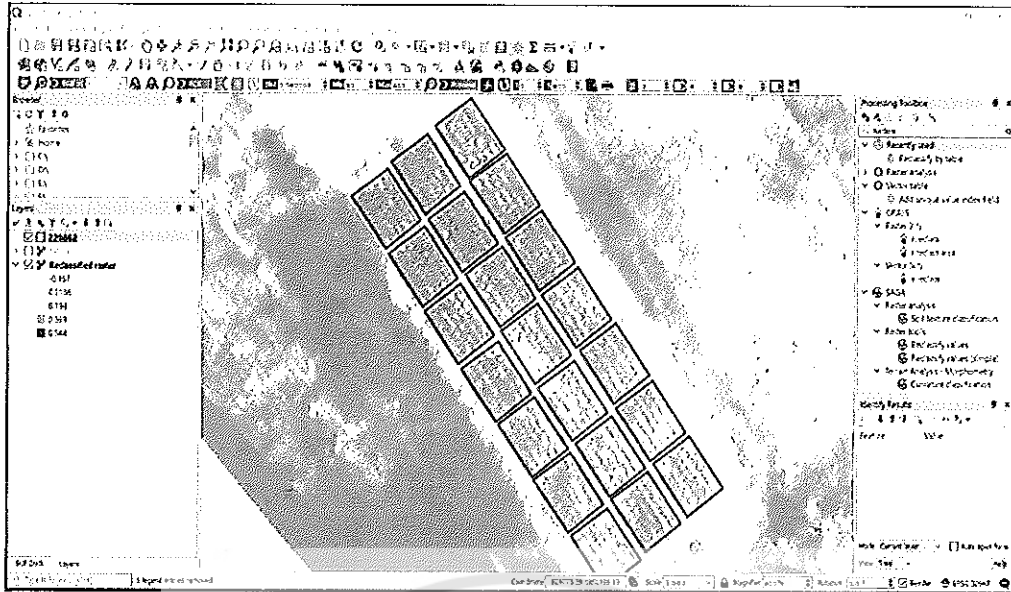
ภาพที่ 57 ภาพที่ได้จากการลบดินเสร็จเรียบร้อยแล้ว

-สร้าง Polygon ครอบในแต่ละกรรมวิธีเพื่อที่จะได้ หาค่าเฉลี่ยของดัชนีพืชพรรณแต่ละกรรมวิธีออกมา (ภาพที่ 58)



ภาพที่ 58 สร้าง Polygon มาครอบทุกกรรมวิธี

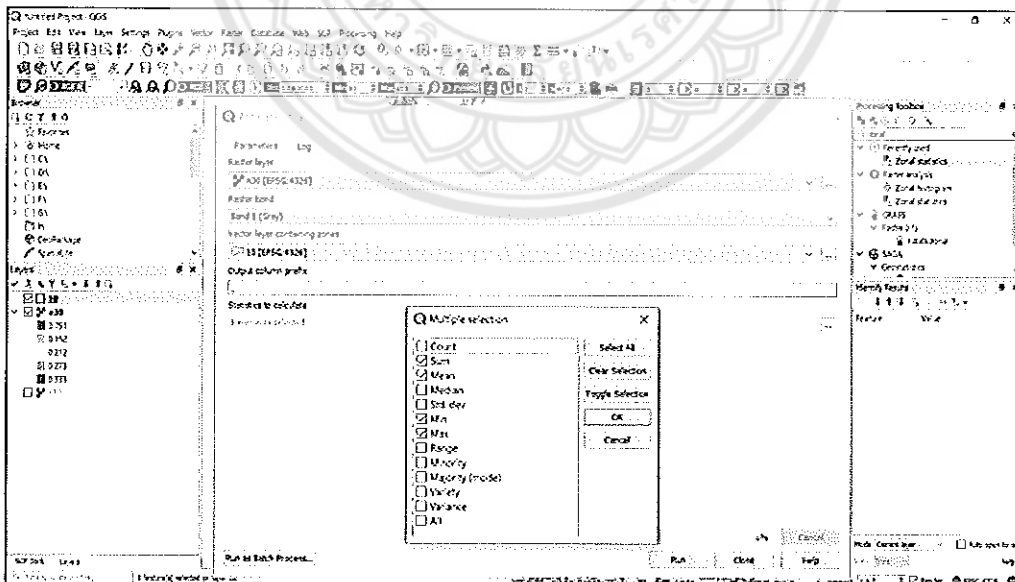
-โดยจะสร้าง Polygon ขึ้นมาครอบทุกกรรมวิธีและตั้งชื่อตามกรรมวิธีที่ทำการทดลองเพื่อจะง่ายต่อการดูค่าเฉลี่ยดัชนีพืชพรรณของแต่ละกรรมวิธี (ภาพที่ 59)



ภาพที่ 59 มี Polygon ครอบคลุมกรรมวิธี

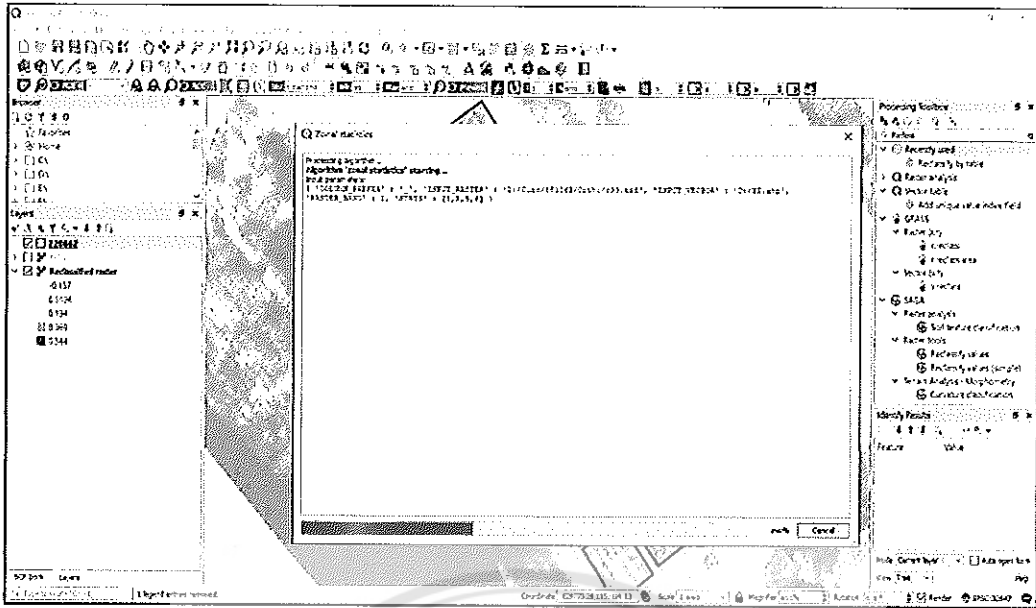
-ต่อไปคือการหาค่าเฉลี่ยดัชนีพืชพรรณของแต่ละกรรมวิธี โดยวิธีการ Zonal statistics โดยไปที่ Process Toolbox ค้นหา Zonal statistics แล้วทำการตั้งค่า Raster layer > เลือกรูปภาพที่ลบดินออกแล้ว (ภาพที่ 60)

Vector layer column prefix > Polygon ที่สร้าง statistics calculate > Sum/Mean/Max/Min OK > RUN



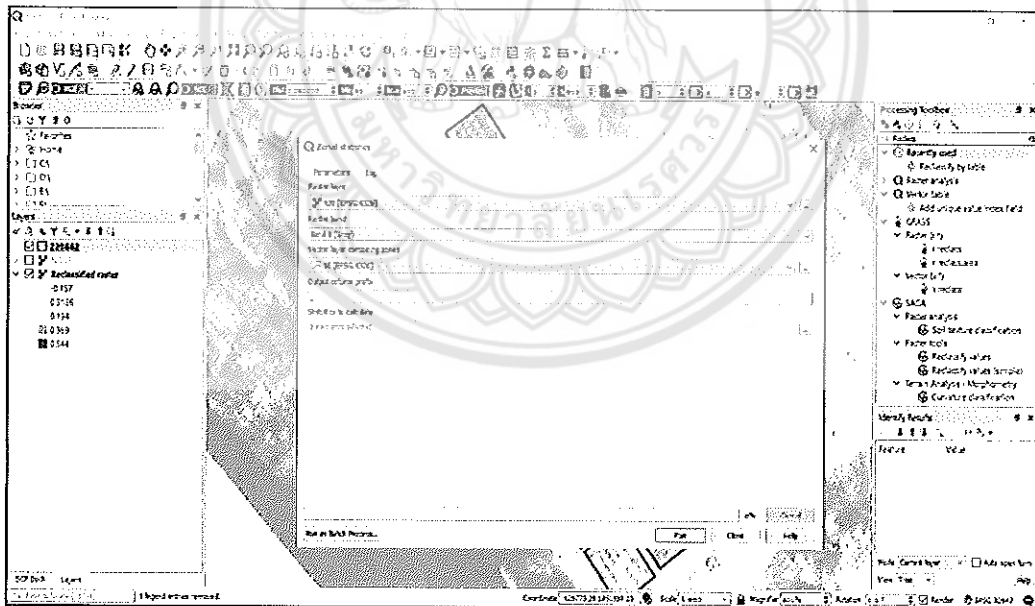
ภาพที่ 60 การตั้งค่าการหาค่าเฉลี่ยดัชนีพืชพรรณจาก Zonal statistics

-โปรแกรมอยู่ในระหว่างการคำนวณค่าดัชนีพืชพรรณ (ภาพที่ 61)



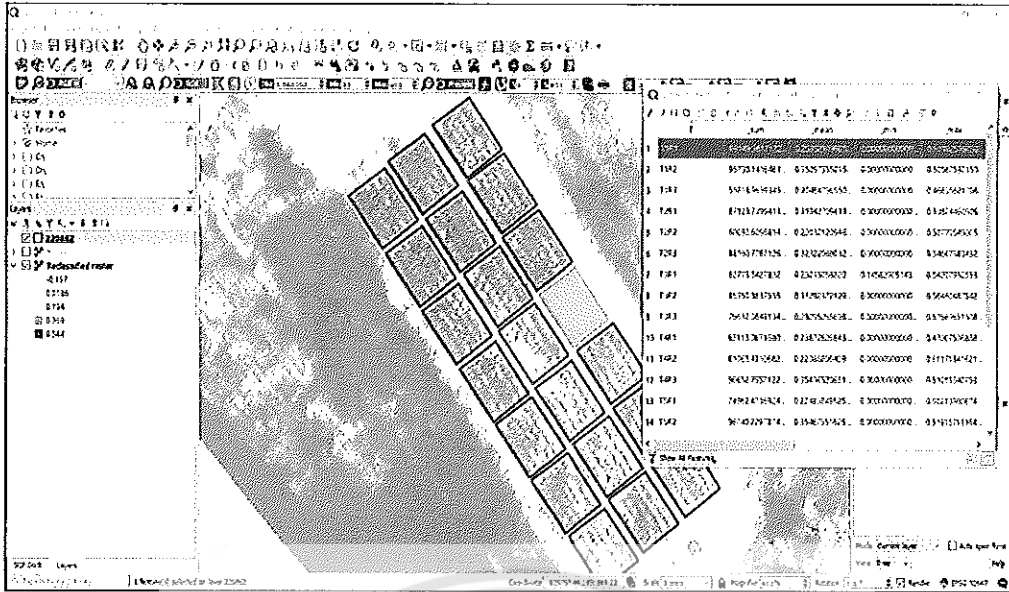
ภาพที่ 61 โปรแกรมอยู่ในระหว่างการคำนวณค่าดัชนีพืชพรรณ

-เมื่อคำนวณเสร็จเรียบร้อยโปรแกรมจะกลับมาหน้าต่างเดิม ให้ทำการปิดหน้าต่าง (ภาพที่ 62)



ภาพที่ 62 โปรแกรมคำนวณค่าดัชนีพืชพรรณเสร็จเรียบร้อยแล้ว

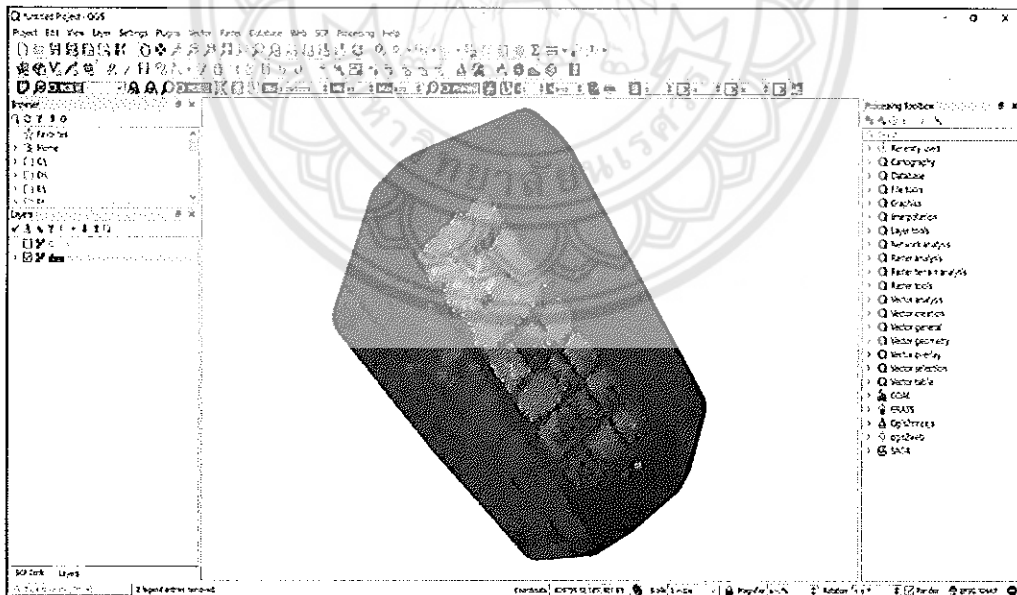
-ถ้าต้องการดูค่าที่ได้จากการคำนวณ ให้ Open Attribute Table ของ layer Polygon ที่สร้างขึ้นมา ครอบแต่ละกรรมวิธี จะแสดงค่าที่ได้คำนวณออกมาทั้งหมด (ภาพที่ 63)



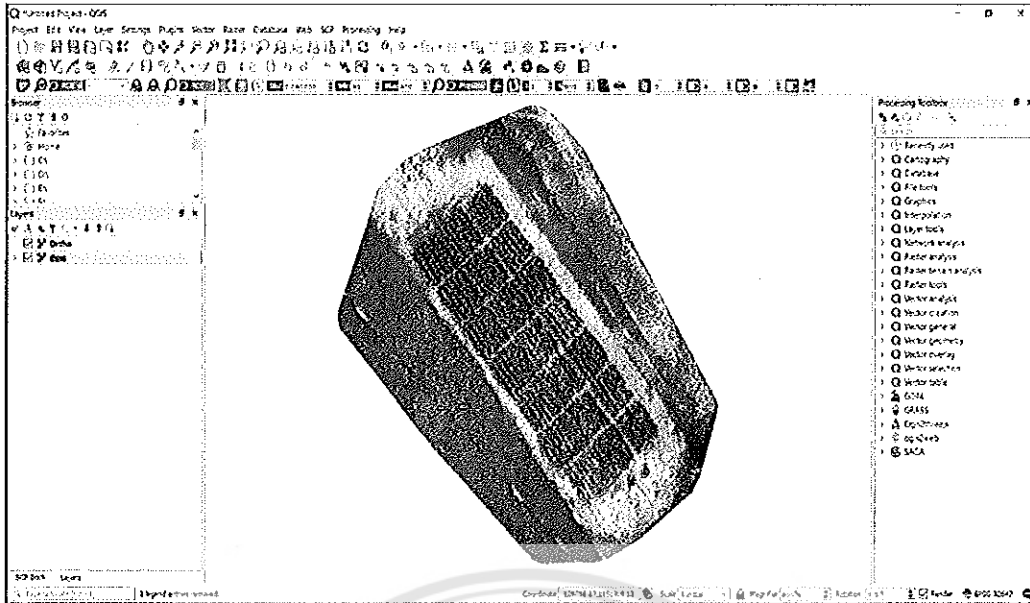
ภาพที่ 63 การดูค่าที่ได้จากการคำนวณหาค่าเฉลี่ยของ NDVI ในแต่ละกรรมวิธี

3.2.3 การทดสอบซ้ำเรื่องการประเมินความสูงข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ในพื้นที่การทดลองที่สอง โดยการหาความสูงต้นข้าวโพดเลี้ยงสัตว์จากข้อมูลภาพ DSM เพื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลที่ลงพื้นที่วัดด้วยตนเอง ในโปรแกรม QGIS

-นำภาพ DSM และภาพ Ortho ที่ต้องการจะหาความสูงเข้าสู่โปรแกรม QGIS (ภาพที่ 64-65)



ภาพที่ 64 ภาพ DSM ของแปลงข้าวโพดเลี้ยงสัตว์



ภาพที่ 65 ภาพ Ortho เพื่อใช้ดูตำแหน่ง Mark บนต้นข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

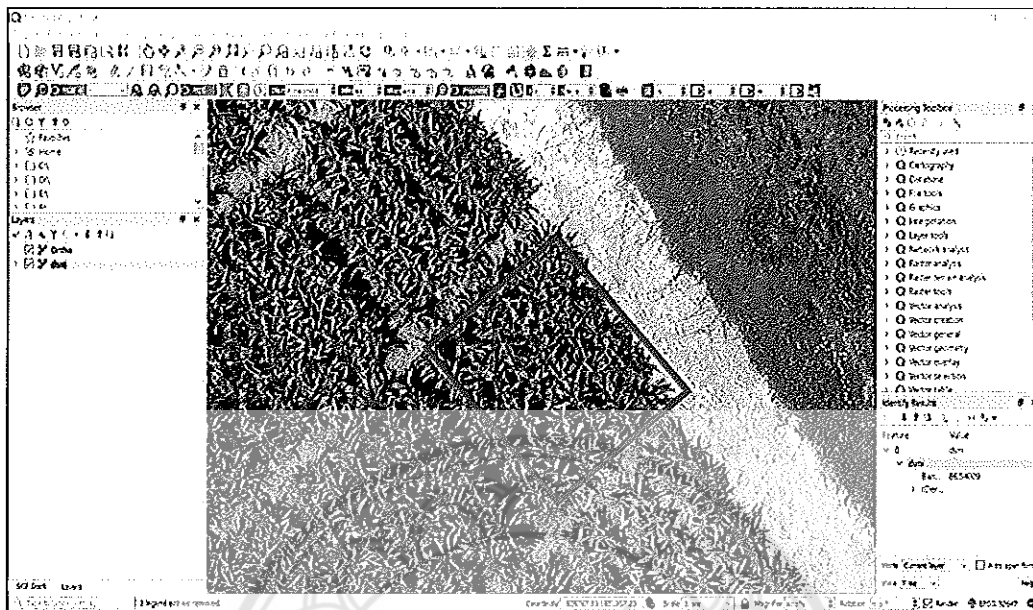
- Zoom in เข้าหาตำแหน่ง Mark ในแปลงข้าวโพดที่ได้ทำการลงพื้นที่วัดในวันเดียวกัน โดยใช้เครื่องมือ identify Features คลิกตรงตำแหน่ง Mark ค่าความสูงก็จะโชว์ในแถบ identify Results (ภาพที่ 66)



ภาพที่ 66 การหาความสูงของต้นข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

- เมื่อได้ค่าความสูงจากตำแหน่ง Mark ทุกจุดแล้ว จะนำไปลบกับค่าความสูงของพื้นดินเพื่อให้เหลือแต่ความสูงของต้นข้าวโพดเพียงอย่างเดียว โดยค่าความสูงพื้นดินจะหาจาก 4 จุดรอบแปลงนำหาไปหาค่าเฉลี่ย

ออกมาแล้วเอาไปลบกับความสูงต้นข้าวโพดที่ได้จากแปลงนั้นๆ ก็จะได้ค่าความสูงของต้นข้าวโพดออกมา (ภาพที่ 67)



ภาพที่ 67 การหาความสูงของพื้นดิน

- ค่าที่ได้ออกมาจะนำไปเปรียบเทียบความถูกต้องของข้อมูลเพื่อที่จะนำไปประมาณความสูงของต้นข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ (ภาพที่ 68)

T1R3	DSM	ความสูงพื้น	ความสูงต้นข้าวโพด	ค่าความสูงลงพื้นที่
1	85.89179	85.47526	0.416525	48
2	86.18957	85.47526	0.71431	76
3	86.41742	85.47526	0.94216	102
4	86.12313	85.47526	0.64787	70
5	86.17397	85.47526	0.698705	75
6	86.6624	85.47526	1.18714	125
7	85.79102	85.47526	0.31576	38
8	86.15343	85.47526	0.67817	73
9	86.88299	85.47526	1.40773	148
10	85.97974	85.47526	0.50448	73
11	85.96626	85.47526	0.491	40
12	86.03468	85.47526	0.559416	61

ภาพที่ 68 ค่าความสูงต้นข้าวโพดที่ได้จาก DSM และการลงพื้นที่

3.3 การวิเคราะห์ข้อมูล

ทดสอบความแม่นยำในการประเมินความสูงของต้นข้าวโพดและความเขียวของใบข้าวโพดจากการแปลงผลโดยภาพจากอากาศยานไร้คนขับกับข้อมูลที่วัดจริงจากแปลงทดลอง ทำได้โดยการหาความสัมพันธ์ระหว่างผลที่คำนวณจากภาพถ่ายจากอากาศยานไร้คนขับกับข้อมูลความสูงที่วัดจริงจากไม้สต๊าฟ และค่าความเขียวที่วัดจาก SPAD meter ที่วัดจริงจากแปลงทดลอง และทำนายค่าโดยใช้สมการ linear regression



ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลการศึกษาจากข้อมูลที่ได้เก็บรวบรวมมาตามกระบวนการโดยใช้การวิเคราะห์เทคนิคและขั้นตอนต่างๆ โดยใช้โปรแกรมมาช่วยในการจัดการกับข้อมูลในงานวิจัย ที่ได้กล่าวเอาไว้ในบทที่ 3 เพื่อให้งานวิจัยเป็นไปตามวัตถุประสงค์ โดยได้นำวิธีและเทคนิคต่างๆ มาวิเคราะห์หาการขาดธาตุอาหารในดินของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ด้วยภาพที่ได้จากอากาศยานไร้คนขับ กล้อง MAPIR Camera Survey 3W และใช้ซอฟต์แวร์รหัสเปิดในการวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อให้ได้ข้อมูลออกมาที่จะนำไปแก้ปัญหาได้ตรงจุดรวดเร็วและประหยัด ผลของการศึกษาที่ได้จากแปลงทดลองโครงการ การประเมินการเจริญเติบโตและสถานะไนโตรเจนสำหรับการใส่ปุ๋ยแบบผันแปรอัตราในการ ผลิตข้าวโพดได้ออกมาดังนี้

4.1 การประเมินความสูงต้นข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

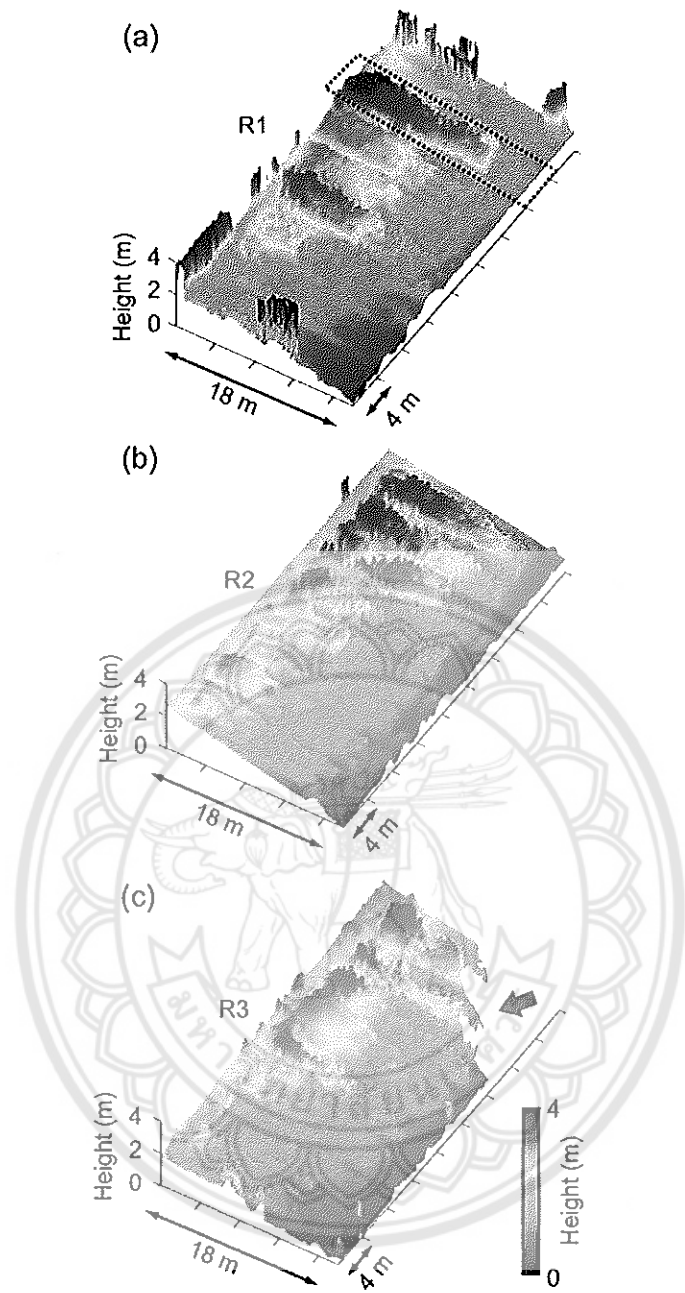
สำหรับการประเมินการเติบโตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ข้อมูลความสูงของต้นข้าวโพดถือเป็นปัจจัยสำคัญอย่างมาก ข้อมูลความสูงนี้ มักถูกบันทึกด้วยมือโดยการสุ่มจากต้นข้าวโพดเพียงไม่กี่ต้นในแปลง ซึ่งการใช้เทคโนโลยีอากาศยานไร้คนขับนี้ จะทำให้เราได้ข้อมูลความสูงของต้นข้าวโพดส่วนใหญ่ในแปลง ภาพที่ 69 (a) – (c) แสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูลความสูง โดยแต่ละภาพที่ดึงออกมา มีขนาด 900x1800 พิกเซล และมีความละเอียดอยู่ที่ 2.37 เซนติเมตรต่อพิกเซล สเกลความสูงของแต่ละภาพถูกปรับอยู่ที่ระดับ 0 – 4 เมตร ซึ่งโดยแต่ละแปลงข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ มีขนาด ความกว้างxความยาว เท่ากับ 4x18 เมตร ในภาพที่แสดงนี้ เราสามารถบ่งบอกข้าวโพดในบางแถวได้อย่างค่อนข้างชัดเจน ซึ่งสำหรับภาพพื้นที่นี้ เราสามารถประเมินความลาดเอียงของพื้นที่ ซึ่งมีค่าประมาณ

$$\tan^{-1}(2 \text{ m} / 18 \text{ m}) = 6^\circ$$

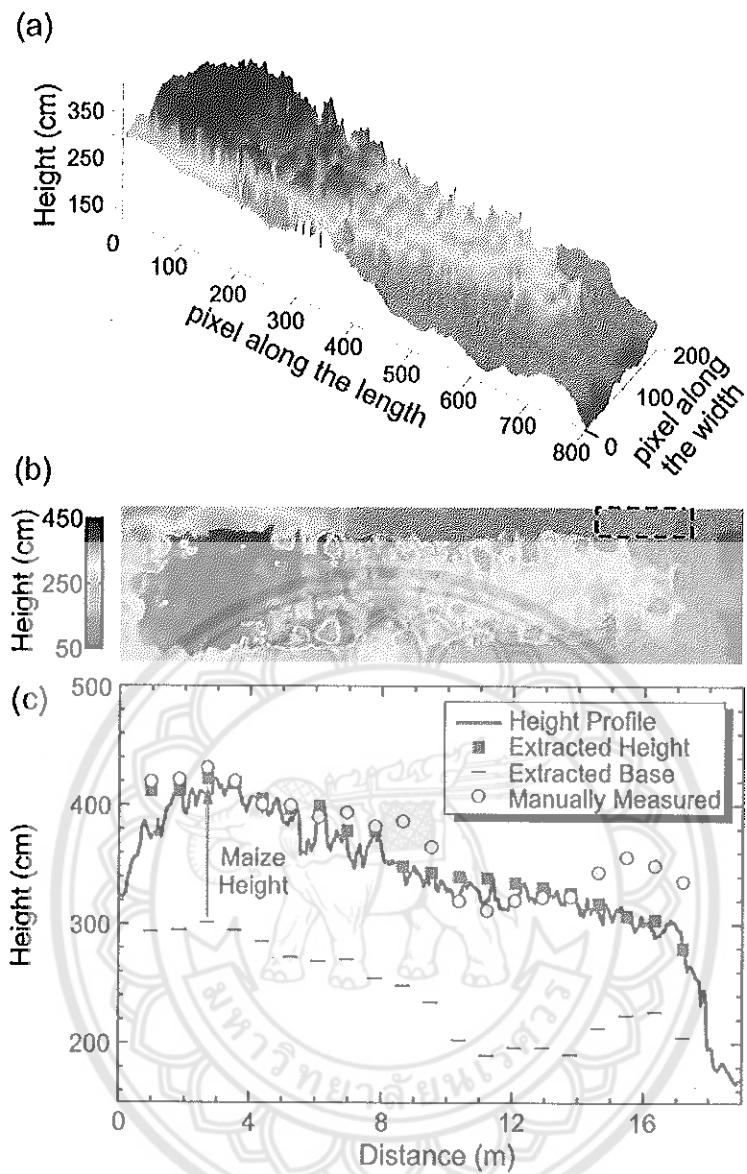
โดยสี่เหลี่ยมเส้นจุดในภาพที่ 69 (a) บ่งบอกแปลงที่เราสนใจนำมาแสดงการวิเคราะห์ความสูงในลำดับถัดไป และในภาพที่ 5 (c) พื้นที่ที่ชี้ด้วยลูกศรสีแดงคือพื้นที่ที่เราพบปัญหาในการดึงค่าข้อมูลความสูง ดังที่กล่าวถึงในตอนที่แล้ว (ภาพที่ 11 (b))

ภาพที่ 70 (a) แสดงภาพที่ขยายให้เห็นรายละเอียด (ขนาด 800x200 พิกเซล) ของแปลงข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่แสดงในภาพที่ 69 (a) โดยภาพที่ 70 (b) แสดงภาพมุมบน โดยสเกลสีของภาพถูกปรับให้เหมาะสมแล้ว จากภาพนี้จะเห็นได้ว่าเราสามารถบ่งบอกแถวของต้นข้าวโพดที่ปลูก (20 แถว) ได้อย่างชัดเจน โดยกระบวนการดึงข้อมูลความสูงต้นข้าวโพดมีดังนี้ คือเริ่มจากการกำหนดแนวเส้นตรงที่ใช้ในการดึงข้อมูลความสูง โดยเราพิจารณาความสูงค่าความสูงข้าวโพดบนเส้นตรงนี้ (ในที่นี้คือพิกเซลตำแหน่งที่ 51-150 ตามความกว้าง) จากนั้นจึงหาค่าความสูงสูงสุดในทุก ๆ 36 พิกเซลตามแนวยาวของแปลง ซึ่ง 36 พิกเซลมาจากค่าเฉลี่ยของระยะห่างระหว่างแถว ($36 \times 2.37 = 85$ เซนติเมตร) ซึ่งมีค่ามากกว่า 75 เซนติเมตร ซึ่งก็คือระยะห่างของแต่ละแถวในตอนเริ่มต้นปลูก ภาพที่ 70 (c) แสดงโปรไฟล์ความสูงในหนึ่งมิติและความสูงข้าวโพดที่ดึงออกมาได้ โดย

ค่าระดับความสูงของพื้นดินในรูปนี้ได้มาจากการพิจารณาระดับความสูงของพื้นดินข้าง ๆ แปลง โดยทำการเฉลี่ยค่าความสูง โดยใช้ข้อมูลความสูง 10 ค่า (10 พิกเซลที่อยู่ขอบนอกของแปลง) โดยระดับความสูงนี้แสดงในภาพที่ 70 (c) ความแตกต่างระหว่างความสูงที่ดึงออกมาจากภาพและความสูงของระดับพื้นดิน ก็คือความสูงของต้นข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในแถวนั้น ๆ นั่นเอง โดยจากข้อมูลความสูงต้นข้าวโพดที่ได้จากการวัดความสูงด้วยมือนั้นแสดงดังในภาพที่ 70 (c) และเป็นข้อมูลความสูงที่วัดจากต้นข้าวโพดที่อยู่ตรงกลางของแต่ละแถว โดยความสูงนี้เป็นความสูงที่ได้จากการวัดเทียบกับระดับพื้นดินตรงต้นข้าวโพดต้นนั้น โดยในการนำเสนอในภาพที่ 70 (c) เราได้ทำการบวกความสูงข้าวโพดนี้ กับระดับความสูงของพื้นดิน (จากขอบของแปลง) การเปรียบเทียบระหว่างผลการวัดความสูงต้นข้าวโพดด้วยมือและผลที่ได้จากการใช้อากาศยานไร้คนขับ โดยผลทั้งสองนี้ มีลักษณะแนวโน้มตรงกัน โดยเฉพาะในช่วงด้านบนของแปลง (ที่ระยะ 1-14 เมตร) อย่างไรก็ตาม เราสามารถสังเกตเห็นความต่างของผลทั้งสองนี้โดยเฉพาะในช่วงท้ายแปลง (14 – 17 เมตร) นั่นคือ ผลการวัดด้วยมือมีความสูงของต้นข้าวโพดมากกว่าผลการวัดด้วยการดึงข้อมูลความสูงจากภาพอยู่มาก ทั้งนี้เพราะว่า ระดับความสูงของข้าวโพดได้มาจากการลบกันระหว่างความสูงของระดับความสูงในแปลงและระดับพื้นดินข้างแปลง ดังนั้นเมื่อมีเนินดินอยู่ข้างแปลง ดังที่บ่งชี้ในกรอบสี่เหลี่ยมเส้นประในภาพที่ 70 (b) เราจะไม่สามารถดึงระดับพื้นดินที่ถูกต้องออกมาได้และทำให้ผลการวัดความสูงไม่ถูกต้อง ทั้งนี้ ความลาดเอียงของพื้นดินนี้ มีลักษณะความเอียงในทั้งสองทิศทาง ทำให้เราไม่สามารถประมาณระดับพื้นดินของต้นข้าวโพดที่สนใจวัดค่าความสูง ได้อย่างถูกต้องและโดยง่าย ข้อเสนอแนะจากผลการวิจัยนี้คือ ในทางปฏิบัติ หากเราต้องการให้เราสามารถวัดความสูงของต้นข้าวโพดได้อย่างถูกต้อง เราจะต้องเตรียมดินให้เรียบมาก ในทุก ๆ ระยะของการปลูก สำหรับอีกแนวทางหนึ่งในการดึงค่าความสูงของต้นข้าวโพดออกมานั้น อาจทำได้โดยการหาสมการระนาบของพื้นที่ปลูก ซึ่งเป็นสมการระนาบในสามมิติ โดยการใช้ข้อมูลความสูงของพื้นที่บริเวณมุมแปลงจำนวน 4 จุด อย่างไรก็ตาม เราพบว่า วิธีที่กล่าวมานี้ให้ผลที่ไม่ถูกต้องเช่นเดียวกัน โดยเกิดเนื่องจากความขรุขระของพื้นที่ลาดเอียงและความไม่แน่นอนในการเลือกจุดที่เป็นมุมของแปลง ดังนั้นเราจึงนำเสนอวิธีการที่แบ่งและเลือกระดับอ้างอิงแบบเฉพาะที่ (local) ในการดึงค่าความสูงของต้นข้าวโพดในแปลงซึ่งจะทำให้ได้ผลเฉลี่ยที่แม่นยำกว่า



ภาพที่ 69 โปรไฟล์ความสูงของแปลงข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ดึงออกมาแสดง โดย R1 แสดงในภาพ (a) R2 แสดงในภาพ (b) และ R3 แสดงในภาพ (c) โดยแต่ละแปลงมีความยาว 18 เมตรและความกว้าง 4 เมตร สีเหลี่ยมเส้นจุดที่แสดงในภาพ (a) บ่งบอกพื้นที่ที่จะนำเสนอการวิเคราะห์ความสูงของต้นข้าวโพดต่อไป ลูกศรสีแดงในภาพ (c) ชี้พื้นที่ที่ไม่สามารถดึงค่าความสูงของต้นข้าวโพดออกมาได้

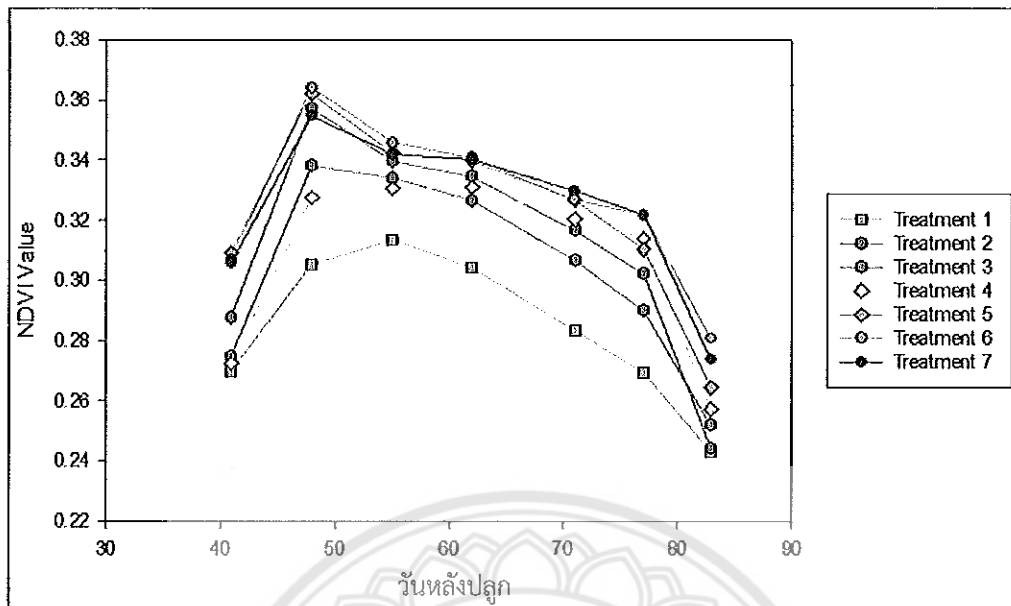


ภาพที่ 70 (a) และ (b) คือโปรไฟล์ความสูงที่แสดงในลักษณะสามมิติและสองมิติตามลำดับ และ (c) ข้อมูลความสูงของต้นข้าวโพดและระดับความสูงของพื้นที่ขอบแปลง โดยมีการแสดงข้อมูลผลการวัดด้วยมือเพื่อเปรียบเทียบกับ โดยสี่เหลี่ยมเส้นประในรูป (b) บ่งบอกบริเวณที่เป็นเนินขึ้นมา ที่อยู่ขอบแปลง ซึ่งเป็นสิ่งที่มีผลต่อค่าความสูงของต้นข้าวโพดหากทำการวัดด้วยวิธีนี้

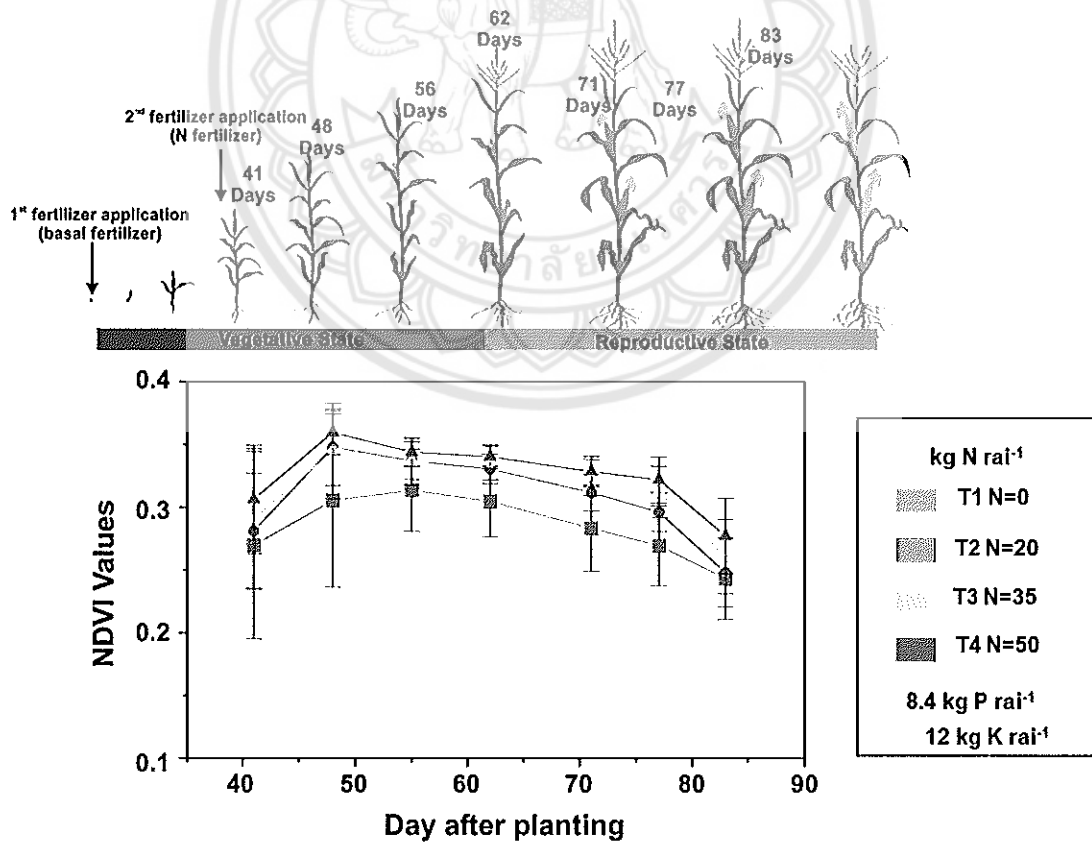
4.2 ค่าเฉลี่ยดัชนีพืชพรรณ (NDVI) ของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

จะเห็นได้ว่าค่าเฉลี่ยดัชนีพืชพรรณ (NDVI) ของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในแต่ละช่วงอายุของการทดลองการประเมินการเจริญเติบโตและสถานะไนโตรเจนสำหรับการใส่ปุ๋ยแบบผันแปรอัตราในการผลิตข้าวโพดโดยได้กำหนด อัตราการให้ธาตุอาหารในปริมาณที่แตกต่างกันในแต่ละกรรมวิธีก็จะได้ดัชนีพืชพรรณ (NDVI) ที่มีค่าที่ต่างกันตามทีปริมาณการให้ธาตุอาหารของแต่ละกรรมวิธี พบว่าในกรรมวิธีที่หนึ่งไม่มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน (T1) มีค่า NDVI ช่วงอายุ 41 วันหลังปลูกเท่ากับ 0.27 ค่าใกล้เคียงกับกรรมวิธีที่สอง กรรมวิธีที่สาม และกรรมวิธีที่สี่ กำหนดใส่ปุ๋ยยูเรียพร้อมปลูกที่ระดับ 6.67-11.67 กก. N/ไร่ ในขณะที่กรรมวิธีที่ห้าถึงกรรมวิธีที่เจ็ดมีค่า NDVI เท่ากับ 0.31 สูงกว่า เนื่องจากกำหนดใส่ปุ๋ยยูเรีย พร้อมปลูกที่ระดับ 17.5-25 กก. N/ไร่ และพบว่าค่า NDVI ของทุกกรรมวิธีมีแนวโน้มสูงขึ้นในช่วงข้าวโพดเลี้ยงสัตว์อายุ 48-62 วันหลังปลูก อยู่ในช่วง 0.31-0.34 ซึ่งเป็นช่วงที่ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มีระยะการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบ (vegetative stage) เมื่อข้าวโพดอายุประมาณ 71-83 วันหลังปลูกจะเห็นว่าค่า NDVI จะมีค่าลดลงอยู่ในช่วง 0.24-0.33 (ภาพที่ 71) ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากข้าวโพดจะสะสมไนโตรเจนไว้ในใบและลำต้นสูงถึง 4.5-6. % เมื่ออายุได้ 10 วันและจะลดลงเรื่อยๆ เมื่อต้นข้าวโพดโตขึ้น อัตราการลดลงของเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนในลำต้นและกาบใบจะลดลงเร็วกว่าในใบ (สรสิทธิ์, 2530) ใบของข้าวโพดต้องการไนโตรเจนมากในระยะก่อนออกเพศผู้ (ระยะเจริญเติบโตทางใบและลำต้น) เมื่อต้นข้าวโพดโตเต็มที่ไนโตรเจนประมาณ 1 ใน 3 ที่อยู่ในต้น (ส่วนเหนือพื้นดิน) จะเคลื่อนย้ายไปสะสมในเมล็ด (Berger, 1976) ใบข้าวโพดทุกใบมีความสามารถสังเคราะห์แสงได้ ใบที่ติดฝักสามารถสะสมไนโตรเจนไว้ได้มากที่สุด แต่ปริมาณไนโตรเจนที่สะสมในใบนี้จะขึ้นอยู่กับอัตราปุ๋ยไนโตรเจนที่ให้ (Berger, 1976) เมื่อข้าวโพดมีอายุที่พร้อมจะเก็บเกี่ยวระดับ ไนโตรเจนที่สูงที่สุดจะอยู่ในเมล็ด, ใบ, ช่ และกาบ ใบ และระดับไนโตรเจนที่สะสมน้อยที่สุดคือ ต้นและก้านเพศผู้ เมื่อเมล็ดแก่เต็มที่ไนโตรเจนในใบและกาบใบจะมี ประมาณ 10% ในต้น ประมาณ 6% และที่สะสมในเมล็ดอย่างเดียวจะสูงถึง 0% (ชัยฤกษ์, 2530)

นอกจากนี้เมื่อพิจารณาเฉพาะระดับปริมาณไนโตรเจนที่ใส่ในแต่ละกรรมวิธีโดยไม่สนใจวิธีใส่ปุ๋ย โดยนำค่า NDVI มาหาค่าเฉลี่ย คือกรรมวิธีที่สองและสาม กรรมวิธีที่สี่และห้า กรรมวิธีที่หกและเจ็ด พบว่ากรรมวิธีที่หนึ่ง (กรรมวิธีควบคุม) ค่าเฉลี่ย NDVI อยู่ในช่วง 0.26-0.31 แสดงให้เห็นว่าใบข้าวโพดมีสีเขียวอ่อน และพืชมีสุขภาพไม่แข็งแรง ตลอดช่วงอายุการเจริญเติบโตทางด้านลำต้น (48-62 วันหลังปลูก) ในขณะที่กรรมวิธีที่สอง ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนระดับ 20 กิโลกรัมต่อไร่ (ค่าเฉลี่ย NDVI ระหว่างกรรมวิธีที่สองและสาม) กรรมวิธีที่สาม ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนระดับ 35 กิโลกรัมต่อไร่ (ค่าเฉลี่ย NDVI ระหว่างกรรมวิธีที่สี่และห้า) และกรรมวิธีที่สี่ ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนระดับ 50 กิโลกรัมต่อไร่ (ค่าเฉลี่ย NDVI ระหว่างกรรมวิธีที่หกและเจ็ด) ค่าเฉลี่ย NDVI อยู่ในช่วง 0.33-0.35 แสดงให้เห็นว่าใบข้าวโพดมีสีเขียวปานกลาง และพืชมีสุขภาพดี ตลอดช่วงอายุการเจริญเติบโตทางด้านลำต้น (48-62 วันหลังปลูก) (ภาพที่ 72)



ภาพที่ 71 แสดงค่าดัชนีพืชพรรณของทั้งเจ็ดกรรมวิธีใส่ปุ๋ยไนโตรเจนระดับต่างๆกัน



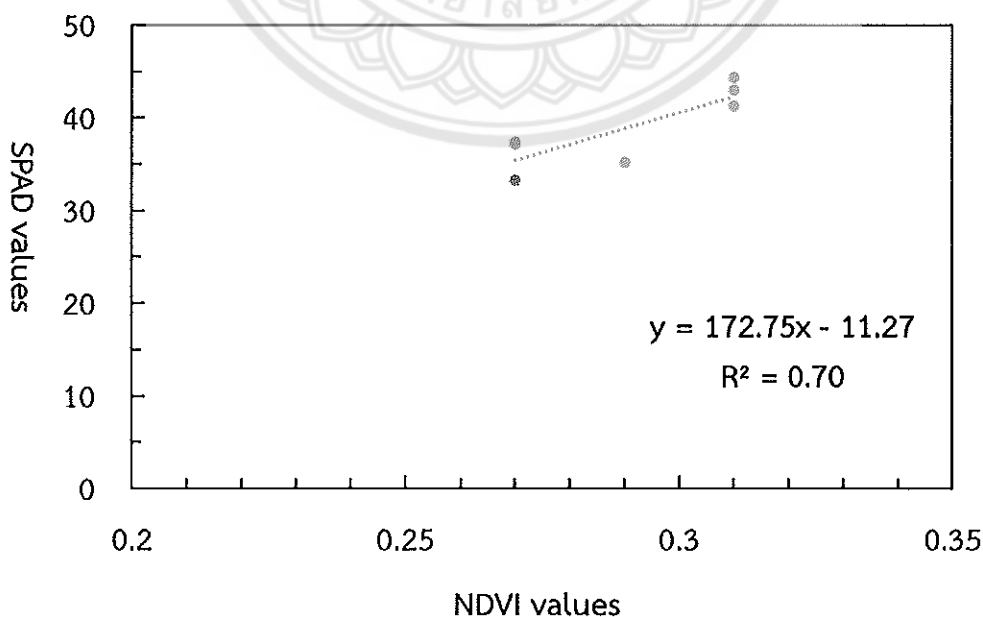
ภาพที่ 72 แสดงค่าดัชนีพืชพรรณของทั้งสี่กรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนระดับต่างๆกัน โดยไม่รวมวิธีการใส่ปุ๋ยที่แตกต่างกัน

4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า NDVI และ ค่าความเขียว (SPAD value)

จากผลการหาความสัมพันธ์ระหว่างค่า NDVI และ ค่า SPAD พบว่าค่าที่ได้มาจากการเปรียบเทียบระหว่างภาพที่ได้เข้าสมาการหาดัชนีพืชพรรณ(NDVI) กับค่าที่ได้จากการลงพื้นที่เก็บคือค่า SPAD โดยใช้เครื่อง Chlorophyll Meter SPAD หรือ ค่าคลอโรฟิลล์ในใบข้าวโพดที่ได้ลงพื้นที่เก็บ 3 ช่วงอายุ ได้แก่ อายุ 41 48 และ 55 วันหลังปลูก ผลการหาความสัมพันธ์ระหว่างค่า NDVI และ ค่า SPAD พบว่ามีความสัมพันธ์แบบเส้นตรงเชิงบวกเป็นไปในทิศทางเดียวกันคือเมื่อค่า SPAD เพิ่มขึ้นค่า NDVI เพิ่มขึ้นด้วย โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การทำนาย (Coefficient of determination; R²) อยู่ในช่วง 0.70-0.76 (ตารางที่ 2-4 และภาพที่ 73-75)

ตาราง 2 ค่าเฉลี่ย NDVI และ ค่าเฉลี่ย SPAD ของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์อายุ 41วัน

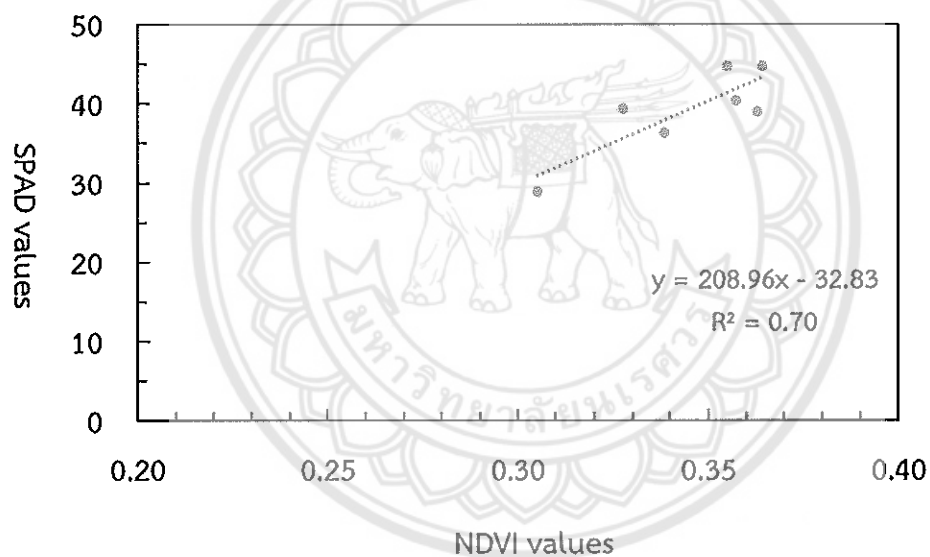
กรรมวิธี	ค่า NDVI	ค่าความเขียว (SPAD values)
T1	0.27	33.33
T2	0.29	41.23
T3	0.27	37.13
T4	0.27	40.45
T5	0.31	34.33
T6	0.31	41.33
T7	0.31	42.98



ภาพที่ 73 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ย NDVI และ ค่าเฉลี่ย SPAD ของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์อายุ 41 วัน

ตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ย NDVI และ ค่าเฉลี่ย SPAD ของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์อายุ 48 วัน

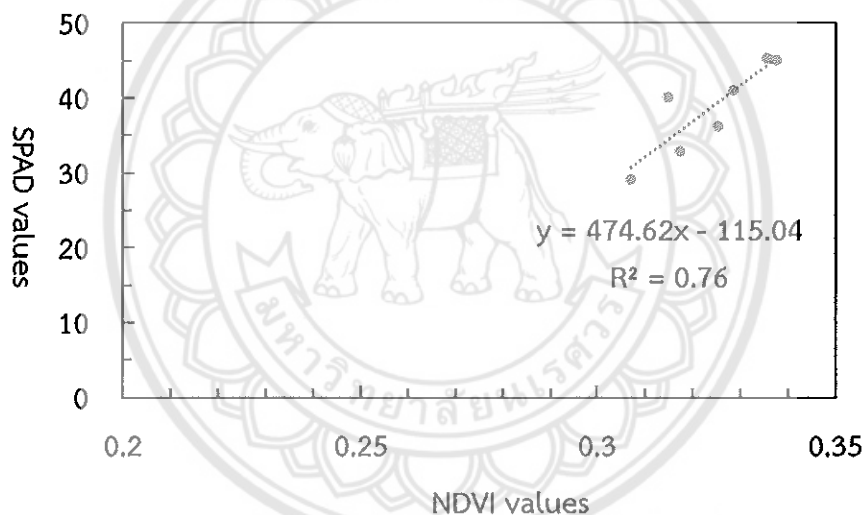
กรรมวิธี	ค่า NDVI	ค่าความเขียว (SPAD values)
T1	0.31	28.9
T2	0.36	40.37
T3	0.34	36.4
T4	0.33	39.38
T5	0.36	39.08
T6	0.36	44.76
T7	0.35	44.78



ภาพที่ 74 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ย NDVI และ ค่าเฉลี่ย SPAD ของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์อายุ 48 วัน

ตารางที่ 4 ค่าเฉลี่ย NDVI และ ค่าเฉลี่ย SPAD ของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์อายุ 55 วัน

กรรมวิธี	ค่า NDVI	ค่าความเขียว (SPAD values)
T1	0.31	29.14
T2	0.33	41.08
T3	0.32	32.92
T4	0.31	40.12
T5	0.33	36.28
T6	0.34	45.08
T7	0.34	45.33



ภาพที่ 75 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ย NDVI และ ค่าเฉลี่ย SPAD ของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์อายุ 55 วัน

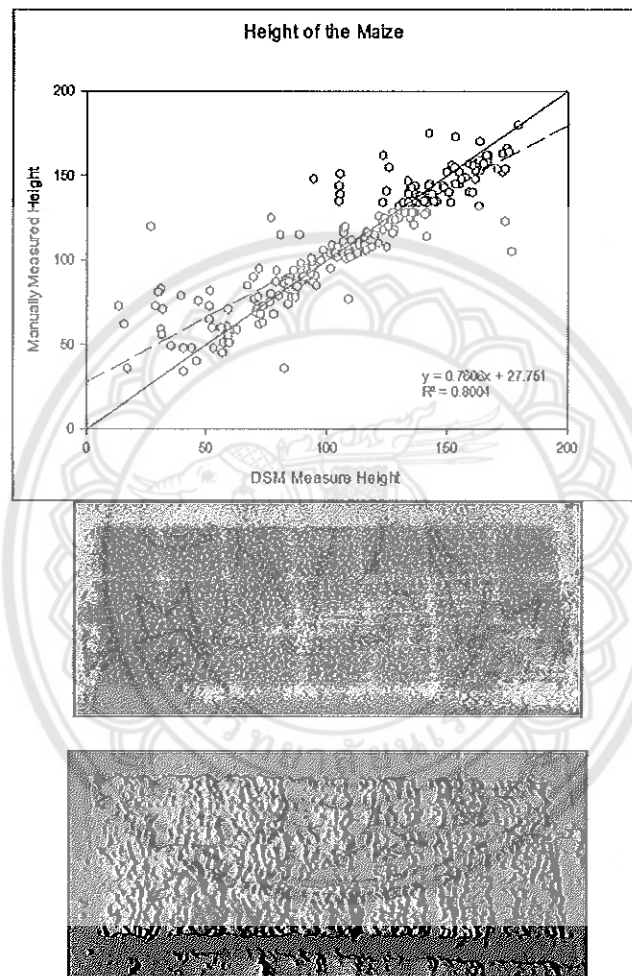
4.3 ผลการเปรียบเทียบความถูกต้องของการวัดความสูงของต้นข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

ผลการเปรียบเทียบความถูกต้องของการวัดความสูงของต้นข้าวโพดโดยใช้ข้อมูลภาพ DSM ที่ได้จากการบินเก็บภาพถ่ายด้วยอากาศยานไร้คนขับ (UAV) และการลงพื้นที่วัดต้นข้าวโพดเลี้ยงสัตว์โดยได้ทำการวัดและติดแผ่นมาร์คไว้เพื่อที่จะได้หาความสูงของต้นข้าวโพดในภาพ DSM ในตำแหน่งเดียวกับที่ลงพื้นที่วัดด้วยไม้สตาฟ และทำการเปรียบเทียบความถูกต้องของการวัดความสูงด้วยกัน 2 ช่วงอายุดังนี้

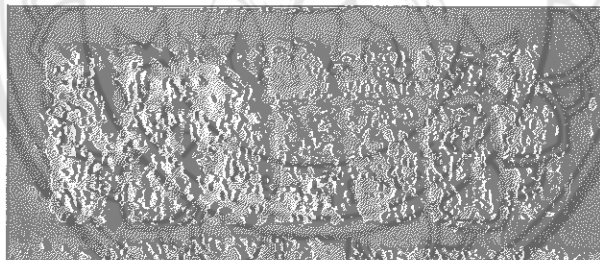
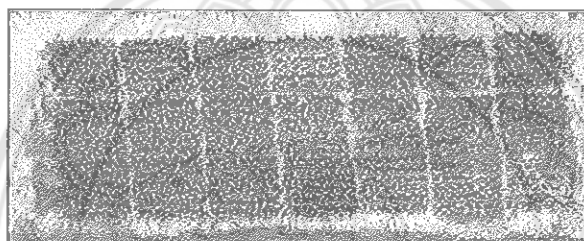
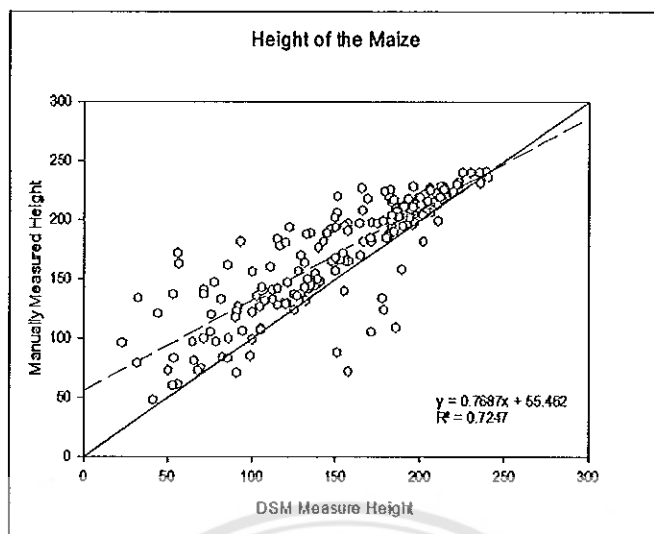
ผลการเปรียบเทียบการวัดความสูงของต้นข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ด้วยข้อมูลภาพ DSM และการลงพื้นที่วัดด้วยไม้สตาฟ ในอายุ 41 วัน พบว่าค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ $R^2 = 0.80$

ผลการเปรียบเทียบการวัดความสูงของต้นข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ด้วยข้อมูลภาพ DSM และการลงพื้นที่วัดด้วยไม้สตาฟ ในอายุ 55 วัน พบว่าค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ $R^2 = 0.72$

การเปรียบเทียบข้อมูลความสูงต้นข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ระหว่างข้อมูลภาพ DSM กับการลงพื้นที่วัดด้วยไม้สตาฟพบว่าการเปรียบเทียบ ทั้ง 2 ครั้งหรือ 2 ช่วงอายุอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้โดยมีค่า R^2 มากกว่า 0.5 สอดคล้องกับ Pengcheng Hua et al. (2018). การประมาณความสูงของพืชโดยใช้ข้อมูลภาพ DSM และการลงพื้นที่วัดด้วยตนเอง ผลการเปรียบเทียบ ได้ค่า $R^2 = 0.63$ และผลการทดลองนี้ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่น่าพอใจ ผลการศึกษาครั้งนี้การเปรียบเทียบความสูงที่วัดโดยข้อมูลภาพ DSM และการลงพื้นที่การใช้ข้อมูลภาพ DSM สามารถนำไปวิเคราะห์และประเมินความสูงของต้นข้าวโพดได้



ภาพที่ 76 การกระจายตัวข้อมูลความสูงของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์จากข้อมูลภาพ DSM และการลงพื้นที่ในช่วงอายุ 41 วัน



ภาพที่ 77 การกระจายตัวข้อมูลความสูงของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์จากข้อมูลภาพ DSM และการลงพื้นที่ในช่วงอายุ 55 วัน

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

5.1.1 การหาค่าเฉลี่ยดัชนีพืชพรรณ (NDVI) ของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ในแต่ละกรรมวิธี

สรุปได้ว่าค่า NDVI ของแต่ละกรรมวิธีที่ได้ทำการทดลองโดยโครงการการประเมินการเจริญเติบโตและสถานะไนโตรเจนสำหรับการใส่ปุ๋ยแบบผันแปรอัตราในการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ที่มีทั้งหมด 7 กรรมวิธีที่ได้ทำการทดลองในโครงการซึ่งในแต่ละกรรมวิธีเราได้กำหนดอัตราการให้ธาตุอาหารในปริมาณที่ต่างกันค่าที่ได้จะเก็บไว้เป็นมาตรฐานหรือฐานข้อมูลที่จะนำไปประเมินเปรียบเทียบตรวจสอบหาการขาดธาตุอาหารหรือความอุดมสมบูรณ์ของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในแปลงข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ของเกษตรกรที่มีพื้นที่ขนาดใหญ่กว่าเพื่อที่จะได้ทราบถึงการขาดธาตุอาหารของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในแปลงและจะได้เข้าไปแก้ไขได้ตรงจุดในพื้นที่ของการขาดธาตุอาหารและจะเป็นการเพิ่มผลผลิตให้แก่เกษตรกรและลดต้นทุนการให้ธาตุอาหารที่ตรงจุดหรือตรงตามความต้องการของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

5.1.2 ค่าที่ได้จากการเปรียบเทียบระหว่าง NDVI และ SPAD

การเปรียบเทียบค่า NDVI ที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยสมการการหาดัชนีพืชพรรณและค่า SPAD ที่ได้จากการลงพื้นที่วัดหาค่าความเขียวหรือคลอโรฟิลล์ของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เพื่อที่จะตรวจสอบความสมบูรณ์ของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์โดยการนำเทคโนโลยีการหาดัชนีพืชพรรณ NDVI เข้ามาเปรียบเทียบกับค่า SPAD ที่ได้จากการลงพื้นที่วัดในแปลงข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เพื่อที่จะศึกษาหาค่า NDVI กับค่า SPAD ว่าจะมีทิศทางของค่าที่ไปในทิศทางเดียวกันหรือไม่และผลที่ได้ออกมาพบว่าในวันที่ 220862 หรืออายุ 41 วัน ในกรรมวิธีที่ 4 ไม่เป็นไปในทิศทางเดียวกันส่วนในวันที่ 290862 หรืออายุ 48 วัน ในกรรมวิธีที่ 7 ไม่เป็นไปในทิศทางเดียวกัน และ ในวันที่ 050962 หรืออายุ 55 วัน ในกรรมวิธีที่ 4 ไม่เป็นไปในทิศทางเดียวกันโดยที่เราได้ทำการทดลองมีทั้งหมด 7 กรรมวิธีซึ่งในทั้ง 3 วันที่เราได้ทำการเปรียบเทียบเพื่อดูแนวโน้มของค่าก็จะเห็นการแตกต่างของค่าที่ไม่ได้ไปในทิศทางเดียวกัน 1 กรรมวิธีในของแต่ละวันซึ่งสามารถนำเทคโนโลยีการหาดัชนีพืชพรรณ NDVI เข้ามาเพื่อวิเคราะห์หรือตรวจสอบหาค่าความเขียวได้ในระดับหนึ่ง

5.1.3 การเปรียบเทียบความถูกต้องของการวัดความสูงต้นข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

งานวิจัยนี้ได้แสดงรายละเอียดในเชิงเทคนิคของการประเมินค่าความสูงของต้นข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกบนพื้นที่ลาดเอียง โดยการใช้เทคโนโลยีอากาศยานไร้คนขับร่วมกับเทคนิคการประมวลผลภาพ โดยเราได้แสดงข้อมูลความสูงของต้นข้าวโพดของทั้งแปลง ในระดับความละเอียดภาพเพียงไม่กี่เซนติเมตร ซึ่งผลนี้ได้จากเซตของรูปถ่ายที่ได้จากถ่ายภาพมุมสูงด้วยอากาศยานไร้คนขับ โดยความสูงที่ได้รับนี้ถูกนำไปเทียบกับผลการวัดด้วยมือและเรา

พบว่าผลทั้งสองจะสอดคล้องกันเมื่อพื้นที่ใช้อ้างอิงระดับความสูงมีความสม่ำเสมอ (เรียบ) ดี โดยผลงานนี้ทำให้เรามีความรู้ ความเข้าใจที่ถูกต้อง มากยิ่งขึ้น เกี่ยวกับการใช้เทคโนโลยีสมัยใหม่เพื่อการศึกษาด้านการเกษตร แม่นยำ ผลของการเปรียบเทียบและตรวจสอบระหว่างค่าความสูงของต้นข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ได้จากข้อมูลภาพ DSM และ ค่าความสูงที่ได้จากการลงพื้นที่วัดด้วยไม้สตาฟ การเปรียบเทียบครั้งนี้ได้ทำการเปรียบเทียบข้อมูล 2 ครั้ง คือวันที่ 220862 หรืออายุ 41 วันหลังปลูก ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ $R^2 = 0.80$ และ ข้าวโพดอายุ 55 วัน หลังปลูก ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ $R^2 = 0.72$ แสดงให้เห็นว่าค่า R^2 มากกว่า 0.5 ค่าของการวัดด้วยข้อมูลภาพ DSM และ การลงพื้นที่วัดด้วยไม้สตาฟมีความสัมพันธ์กันในระดับที่ดีและน่าเชื่อถือ

Drone เป็นเทคโนโลยีแบบใหม่ที่กำลังมาแรงในยุค 4.0 ที่เกษตรกรเริ่มหันมาพึ่งพาเทคโนโลยีเพื่อช่วยในการอำนวยความสะดวกและสามารถเพิ่มผลผลิตในด้านเกษตรกรรม หรือ อุตสาหกรรมการเกษตรที่ทำงานเป็นจำนวนมากๆ ทำในพื้นที่ขนาดใหญ่หลายร้อยไร่ที่เกษตรกรเองสามารถเข้าไปดูหรือตรวจสอบได้ทั่วถึงซึ่งเป็นจะการเสียผลผลิตทางการเกษตรไปเป็นจำนวนมากจึงได้หันมาพึ่งเทคโนโลยีที่จะช่วยในการแก้ปัญหา ก็คือ Drone ที่สามารถตรวจสอบการขาดธาตุอาหาร ตรวจสอบโรคในพืช ประเมินการผลผลิตทางการเกษตรได้จึงได้นำเข้ามาใช้ในอุตสาหกรรมการเกษตรมากยิ่งขึ้น Drone จึงเป็นสิ่งจำเป็นในการทำงานในภาคอุตสาหกรรมการเกษตร ถึงในขณะนี้ราคาของ Drone อาจจะสูงกว่าแรงงาน แต่ในอนาคตจะสวนทางกัน ราคาของ Drone จะต่ำกว่าราคาแรงงานในตลาดอย่างแน่นอน

FOSS4G เป็นการใช้งานซอฟต์แวร์ฟรีที่สามารถทำงานได้หลากหลายหรือเทียบเท่า กับ ซอฟต์แวร์ที่เสียเงินซื้อในราคาแพง ซึ่งในการใช้งานหรือ การปฏิบัติการทางด้านระบบภูมิศาสตร์สารสนเทศจะมีข้อจำกัดในด้านงบประมาณที่ใช้ในการปฏิบัติการโดยเฉพาะค่าใช้จ่ายในการซื้อโปรแกรมสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ ที่มีราคาแพง เราจึงหันมาใช้งานในด้านของ Open Source ที่มารู้ใช้ประโยชน์ในหลายด้านโดยไม่ต้องเสียเงินซื้อ Software

5.2 ปัญหาอุปสรรคและข้อเสนอแนะ

1.สามารถนำไปเป็นฐานข้อมูลใช้ในการตรวจหาการขาดธาตุอาหารของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในพื้นที่ที่มีขนาดใหญ่กว่าสามารถระบุการขาดธาตุอาหารภายในแปลงได้จึงทำให้เข้าไปแก้ไขได้ตรงจุดและทันเวลาเพื่อเพิ่มผลผลิตให้แก่เกษตรกรและลดต้นทุนได้

2.ในการออกพื้นที่เพื่อบินสำรวจหรือเก็บภาพด้วยอากาศยานไร้คนขับ จึงควรระวังในเรื่องของสภาพอากาศที่ไม่เอื้ออำนวยต่อการบินสำรวจ เช่น ไม่มีแสงแดด ลมแรง และสภาพแวดล้อมต่างๆ ที่เป็นอุปสรรคต่อการบินสำรวจของอากาศยานไร้คนขับที่จะก่อให้เกิดการชำรุดและพังได้

บรรณานุกรม

- กรมพัฒนาที่ดิน. (2538). รายงานการจัดการที่ดินตามกลุ่มชุดดิน (ฉบับร่าง). ใน เอกสารประกอบการประชุมเชิงปฏิบัติการ ครั้งที่ 3 20-23 มิถุนายน 2538 ณ โรงแรมเอเชียพญา เมืองพญา จังหวัดชลบุรี. กองแผนงาน. กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพมหานคร
- กิ่งเพชร แก้วประเสริฐ. (2554). การพัฒนาดัชนีวัดปริมาณไนโตรเจนในใบของข้าวโพด. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตร์ มหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์) สาขาวิชาพืชไร่. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, จังหวัดเชียงใหม่.
- ชัยฤกษ์ สุวรรณชัย. (2530). การเปรียบเทียบผลการตอบสนองและประสิทธิภาพการใส่ปุ๋ยของข้าวโพดที่คัดเลือกแล้ว 3 พันธุ์ ที่มีผลต่อปุ๋ยไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในอัตราต่างๆ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.
- ณิญา ปันดอนไฟ ศักดิ์ดีตา จงแก้ววัฒนา และอรวรรณ ฉัตรสีรุ่ง. (2556). การประเมินปริมาณไนโตรเจนในใบยอดข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 โดยการวิเคราะห์ภาพถ่ายสีด้วยกล้องดิจิตอลเปรียบเทียบกับการใช้คลอโรฟิลล์มิเตอร์ (SPAD-502). ใน ประชุมทางวิชาการเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา ครั้งที่ 14. มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 570-576.
- ธีรเกียรติ์ เกิดเจริญ. (2557). Smart farm – ฟาร์มอัจฉริยะ ตอน 2 แหล่งที่มา <https://kasetmodern.wordpress.com/2014/09/16/smart-farm-2/>. (20 กันยายน 2560).
- ธีรพงศ์ มังคะวัฒน์. (2554). การใช้เทคโนโลยีสารสนเทศในระบบการจัดการฟาร์ม. *Journal of Agricultural Extension and Communication*, 7(2), 102-109.
- เมทินี นาคดี สุวิทย์ กิระวิทยา และวันวิสาข์ ปันศักดิ์. (2557). การพัฒนาวิธีการวัดปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบข้าว โดยให้กล้องดิจิตอล. ใน รายงานการประชุมวิชาการข้าวแห่งชาติ ครั้งที่ 3. 21 - 23 ธันวาคม 2555 ณ โรงแรม Swiss hotel Le Concorde กรุงเทพมหานคร 45-49
- ยงยุทธ โอสดสภา. (2552). ธาตุอาหารพืช. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพมหานคร. 164 น.
- ราเชนทร์ ธีรพร. (2539). ข้าวโพด การผลิต การใช้ประโยชน์ การวิเคราะห์ปัญหาและการถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่เกษตรกร. ด้านสุทธาการพิมพ์, กรุงเทพมหานคร. 274 น.

ศูนย์สารสนเทศการเกษตร. (2559). วารสารการพยากรณ์ผลผลิตการเกษตร. สำนักงานศูนย์สารสนเทศการเกษตร. เขตจตุจักร. กรุงเทพมหานคร. 210 น.

ศานิต สวัสดิภาญจน์. (2556). พีชไร้เศรษฐกิจ. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, กรุงเทพมหานคร. 352 น.

สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร. (2559). สถานการณ์สินค้าเกษตรที่สำคัญและแนวโน้ม ปี 2560. สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. เขตจตุจักร, กรุงเทพมหานคร. 218 น.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2560). สารสนเทศเศรษฐกิจการเกษตรรายสินค้า ปี 2559. สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. เขตจตุจักร, กรุงเทพมหานคร. 121 น.

สำนักงานปลัดกระทรวงมหาดไทย. (2560). ข้อมูลนโยบายด้านการเกษตร ปี 2560. กลุ่มงานกิจการพิเศษ สำนักนโยบายและแผน. กระทรวงมหาดไทย, กรุงเทพมหานคร. 10 น.

สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. (2560). สรุปสาระสำคัญแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 12 (พ.ศ. 2560-2564). สำนักนายกรัฐมนตรี, กรุงเทพมหานคร. 22 น.

สุทัศน์ ศรีวัฒนพงศ์. (2557). ข้าวโพด: กำเนิดและพัฒนาการ. โครงการหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ด้านการเกษตรเฉลิมพระเกียรติพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. แหล่งที่มา <http://ag-ebook.lib.ku.ac.th/ebooks/2014/20140131/index.html#/1/zoomed> (20 กันยายน 2560).

สุภาณี ชนะวีรวรรณ และ สายยัณฑ์ สดุดี. (2545). การใช้เครื่องมือ SPAD-502 เพื่อประเมินปริมาณคลอโรฟิลล์รวมและไนโตรเจนในใบของลองกองและเงาะ. วารสารสงขลานครินทร์ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 24(1): 9-14.

สรสิทธิ์ วัชรทยาน. (2530). การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการเจริญเติบโต การสะสมน้ำหนักรากและธาตุอาหารข้าวโพดพันธุ์แก้วเตมาลา. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท ภาควิชาพืชไร่ฯ คณะเกษตรศาสตร์. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชน. (2543). ข้าวโพด. สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชนโดยพระราชประสงค์ในพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว เล่มที่ 3. แหล่งที่มา <http://saranukromthai.or.th/sub/book/book.php?book=3&chap=2&page=chap2.htm> (20 กันยายน 2560).

สำนักสำรวจและวิจัยทรัพยากรดิน กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2559. ลักษณะและสมบัติของดินภาคเหนือ (ออนไลน์). แหล่งที่มา

http://oss101.ddd.go.th/web_thaisoils/pf_desc/north/Kp.htm.

สืบค้นเมื่อ 21 สิงหาคม 2560.

สืบสกุล ศิริยสุทธิ์. (2554). การประเมินระดับคลอโรฟิลล์ในใบด้วยดัชนีชี้วัดที่สัมพันธ์กับการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวโพด. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร มหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์) สาขาวิชาพืชไร่, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่

อารีรัตน์ นองสินธุ์. (2542). อิทธิพลของระดับปุ๋ยไนโตรเจนที่มีต่อการสะสมและการถ่ายเทไนโตรเจนในต้นข้าว. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร มหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์) สาขาวิชาพืชไร่, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่

Arregui, L.M., Lasa, B., Lafarga, A., Iran, I., Baroja, E. and Quemada, M. (2006). Evaluation of Chlorophyll Meter as Tool for N Fertilization in Winter Wheat under Humid Mediterranean Condition. *Eur.J. Argon.* 24, 140-148.

Beckingham C. (2007). Growing sweet corn.

<http://www.dpi.nsw.gov.au/agriculture/horticulture/vegetables/commodity/sweet-corn> (20.09.2017).

Berger, J. (1976). Maize production and the manuring of maize. Conzett and Huber, Zurich. 315p.

Brian, K., Ferguson, R. B., Schlemmer, M., Holland, K., Marx, D.B. and Eskridge, K. M. (2017). Using An Unmanned Aerial Vehicle to Evaluate Nitrogen Variability and Height Effect with An Active Crop Canopy Sensor. *Agronomy & Horticulture. Faculty Publications.* 1054. <https://digitalcommons.unl.edu/agronomyfacpub/1054>

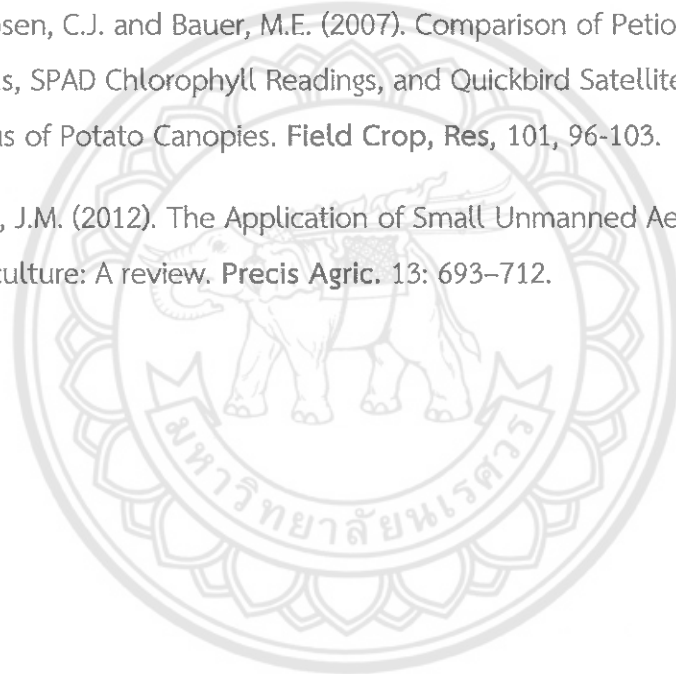
Duan, T., Chapman, S. C., Guo, Y. and Zheng, B. (2017). Dynamic monitoring of NDVI in wheat agronomy and breeding trials using an unmanned aerial vehicle. *Field Crops Research,* 210: 71-80.

Esfahani M., Abbasi H. R. A., Rabiei B. and Kavousi M. (2008). Improvement of nitrogen management in rice paddy fields using chlorophyll meter (SPAD). *Paddy Water Environment.* 6: 181-188.

- Giles, D. K. and Billing, R. C. (2015). Deployment and Performance of A UAV for Crop Spraying. *Chemical Engineering Transactions*. 44: 307-312.
- Hassain, F., Broson, K.F., Singh, Y., Singh, B. and Peng, S. (2000). Use of chlorophyll meter sufficiency indices for nitrogen management of irrigated rice in Asia. *J. Argon*. 92: 875-879.
- Hu, P., Chapman, S. C., Wang, X., Potgieter, A., Duan, T., Jordan, D. and Zheng, B. (2018). Estimation of Plant Height Using a High Throughput Phenotyping Platform Based on Unmanned Aerial Vehicle and Self-Calibration: Example for Sorghum Breeding. *European journal of agronomy*. 95: 24-32.
- Iwasaki, K., Torita, H., Abe, T., Uraike, T., Touze, M., Fukuchi, M. and Igawa, H. (2019). Spatial Pattern of Windbreak Effects on Maize Growth Evaluated by An Unmanned Aerial Vehicle in Hokkaido, Northern Japan. *Agroforestry Systems*. 93(3): 1133-1145.
- Jia, L.L., Chen, X.P., Zhang, F.S., Buerkert, A. and Roemhold, V. (2007). Use of Digital Camera to Assess Nitrogen Status of Winter Wheat in the Northern China Plain. *Journal of Plant Nutrition*. 27(3):441-450.
- Kefauver, S. C., Vicente, R., Vergara-Díaz, O., Fernandez-Gallego, J. A., Kerfal, S., Lopez, A. and Araus, J. L. (2017). Comparative UAV and Field Phenotyping to Assess Yield and Nitrogen Use Efficiency in Hybrid and Conventional Barley. *Frontiers in plant science*. 8: 17.
- LeBail, M., Jeuffroy, M.H., Bouchard, C. and Barbottin, A. (2005). Is it possible to forecast the grain quality and yield of different varieties of winter wheat from Minolta SPAD meter measurements? *Eur.J.Agron*. 23:379-391.
- Liu, Y., Tong, Y., Zhu, Y., Ding, H. and Smith, E.A. (2006). Leaf chlorophyll readings as an indicator for spinach yield and nutritional quality with different nitrogen fertilizer application. *J.Plant Nutr*. 29:1207-1217.
- Mazur, M. (2016). *Six Ways Drones Are Revolutionizing Agriculture*. MIT Technology. <https://www.technologyreview.com/s/601935/six-ways-drones-are-revolutionizing-agriculture> (20 September 2017).

- Maresma, A., Ariza, M., Martínez, E., Lloveras, J. and Martínez-Casasnovas, J. A. (2016). Analysis of Vegetation Indices to Determine Nitrogen Application and Yield Prediction in Maize (*Zea mays* L.) from a Standard UAV Service. **Remote Sens.** 8: 1-15.
- Mati, D., Das, D.K., Karak, T. and Banerjee, M. (2004). Management of Nitrogen Through the Use of Leaf Color Chart (LCC) and Soil Plant Analysis Development (SPAD) or Chlorophyll meter in rice Under Irrigated Ecosystem. **The Scientific World Journal.** 4:838-846.
- Maes, W. and Steppe, K. (2019). Perspectives for Remote Sensing with Unmanned Aerial Vehicles in Precision Agriculture. **TRENDS IN PLANT SCIENCE**, 24(2), 152–164.
- Miguel, P., Ortiz, R., Irigoyen, I., Bustince, H., Barrenechea, E., Aparicio-Tejo, P., Lamsfus, C. and Lasa, B. (2008). New Method to Assess Barley Nitrogen Nutrition Status Based on Image Colour Analysis Comparison with SPAD-502. **Computers and Electronics in Agriculture.** 65(2): 213–218.
- Muñoz-Huerta, R.F., Guevara-Gonzalez, R.G., Contreras-Medina, L.M., Torres-Pacheco, I. Prado-Olivarez, J. and Ocampo-Velazquez, R.V. (2013). A Review of Methods for Sensing the Nitrogen Status in Plants: Advantages, Disadvantages and Recent Advances. **Sensors.** 13: 10823-10843.
- Pansak, W., Khongdee, N., Choosumrong, S. and Kiravittaya, S. (2017). Evaluating Maize Growth on Sloped Area by Unmanned Aerial Vehicle. **GMSARN Int. Conf. on Energy Connectivity, Environment, and Development**, 28-30 November 2017
- Richie, S. W., Hanway, J.J. and Benson, G.O. (2005). How a Corn Plant Develops. Iowa State University Cooperative Extension Service. **Ames. Special Report No. 48.** 21 pp.
- Rorie R. L., Purcell L. C., Karcher D. E. and King C. A. (2011). The Assessment of Leaf Nitrogen in Corn from Digital Images. **Crop Sci.** 51, 2174–2180.
- Vergara-Díaz, O., Zaman-Allah, M. A., Masuka, B., Hornero, A., Zarco-Tejada, P., Prasanna, B. M. and Araus, J. L. (2016). A novel remote sensing approach for prediction of maize yield under different conditions of nitrogen fertilization. **Frontiers in plant science.** 7:666.

- Wang Y., Wang D., Zhang G. and Wang C. (2012). Digital camera-based image segmentation of rice canopy and diagnosis of nitrogen nutrition. **Trans Chin Soc Agric Eng.** 28: 131-136.
- Walsh, O. S., Shafian, S., Marshall, J. M., Jackson, C., McClintick-Chess, J. R., Blanscet, S. M. and Walsh, W. L. (2018). Assessment of UAV Based Vegetation Indices for Nitrogen Concentration Estimation in Spring Wheat. **Advances in Remote Sensing.** 7(2):71.
- Wahab, I., Hall, O. and Jirström, M. (2018). Remote Sensing of Yields: Application of UAV Imagery-Derived NDVI for Estimating Maize Vigor and Yields in Complex Farming Systems in Sub-Saharan Africa. **Drones.** 2(3): 28
- Wu, J.D., Wang, D., Rosen, C.J. and Bauer, M.E. (2007). Comparison of Petiole Nitrate Concentrations, SPAD Chlorophyll Readings, and Quickbird Satellite Imagery in Detecting Nitrogen Status of Potato Canopies. **Field Crop, Res,** 101, 96-103.
- Zhang, C. and Kovacs, J.M. (2012). The Application of Small Unmanned Aerial Systems for Precision Agriculture: A review. **Precis Agric.** 13: 693-712.

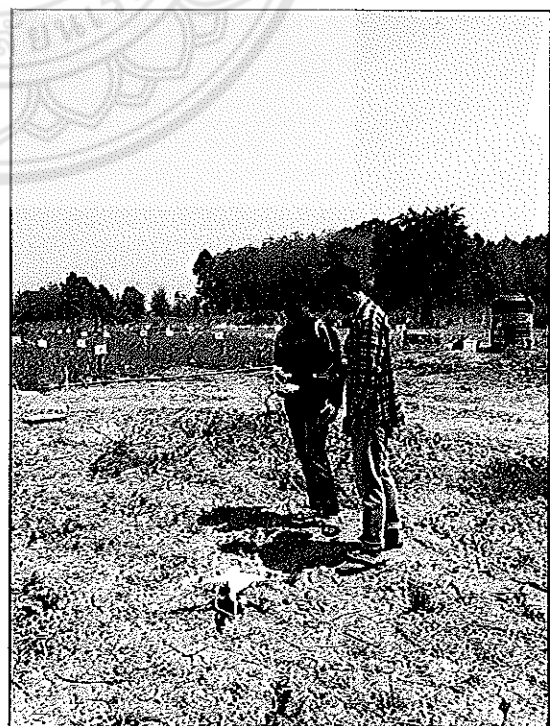
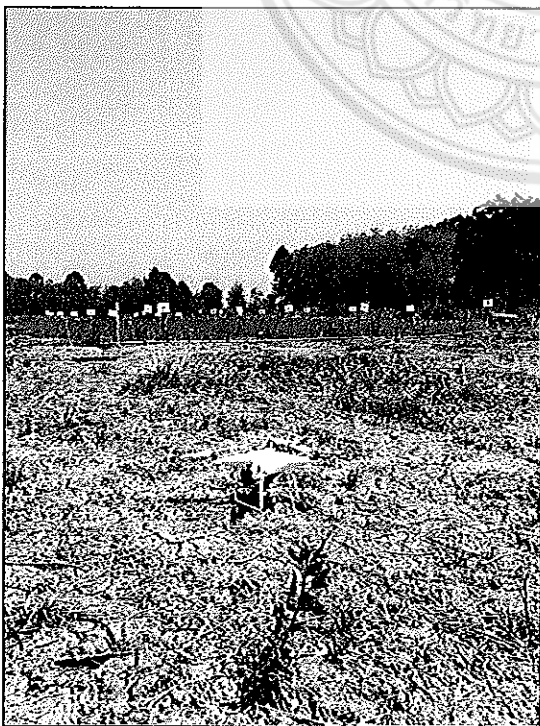


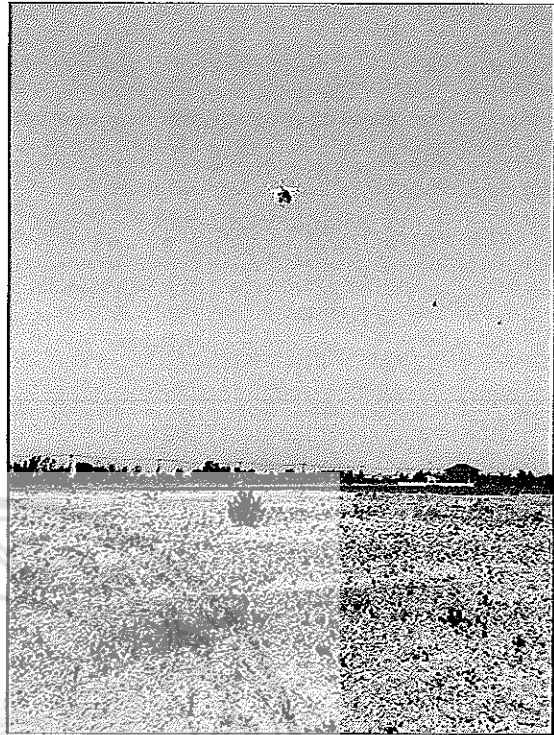
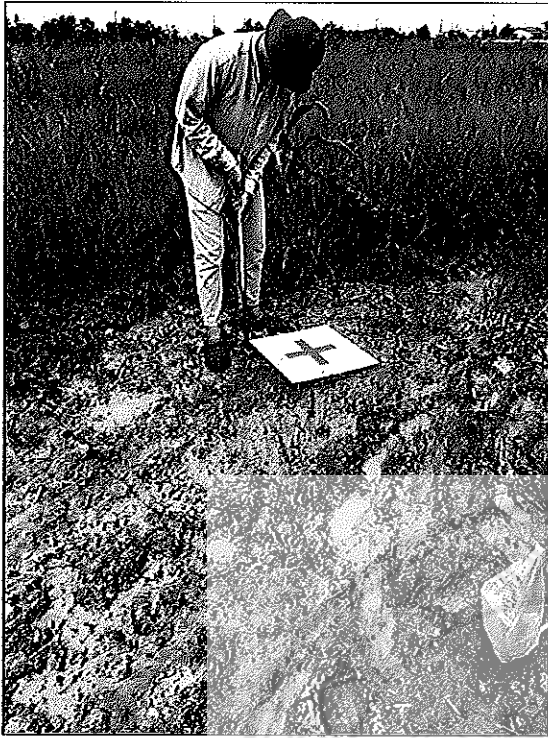


ภาคผนวก ก

เรื่อง การลงพื้นที่สำรวจ

-ลงพื้นที่เก็บข้อมูล









-การลงพื้นที่วัดความสูงต้นข้าวโพดเลี้ยงสัตว์







ภาคผนวก ข

เรื่อง อุปกรณ์ในการทำงาน

มหาวิทยาลัยพระนคร

-MAPIR Survey 3w

-RED + GREEN + NIR (NIR,NDVI)

Specifications	
Image Resolution	12 MegaPixel (4,000 x 3,000 px)
Image Format	RAW+JPG. JPG (RAW is 12bit per channel, JPG is 8bit per channel)
Video Resolution	2160p24, 1440p30, 1080p60, 720p60
Video Format	MP4 (H.264 Codec)
Lens Optics Options	Survey3W: 87° HFOV (19mm) f/2.0 Aperture, -1% Extreme Low Distortion (Non-Fisheye) Glass Lens Survey3N: 41° HFOV (47mm) f/3.0 Aperture, -1% Extreme Low Distortion (Non-Fisheye) Glass Lens
Filter Transmission Options	Visible Light (RGB): 375nm - 650nm OCN (Orange+Cyan+NIR): 490nm/615nm/808nm RGN (Red+Green+NIR): 550nm/660nm/850nm NGB (NIR+Green+Blue): 475nm/550nm/850nm Red-Edge (RE): 725nm Near Infrared (NIR): 850nm
Ground Sample Distance (GSD)	Survey3W: 5.5 cm/px (2.17in/px) at 120 m (~400 ft) AGL Survey3N: 2.3 cm/px (0.9in/px) at 120 m (~400 ft) AGL
Sensor	Sony Exmor R IMX117 12MP (Bayer RGB)
Chipset	Novatek NTK96653
GPS/GNSS (External)	Standard: u-blox UBX-G7020-KT Advanced: u-blox NEO-M9
Capture Speed	RAW+JPG: 2.75 Seconds / Photo. JPG: 1.5 Seconds / Photo
Remote Trigger	PWM via HDMI Port (see below)
Battery	Removable Li-Ion (1200mAh) (Not Required When USB Powered)
Power Draw	5.2V 0.2A (Without Battery), 5.2V 0.4A (With Battery)
Weight	50g (1.8 oz) (Without Battery), 76g (2.7 oz) (With Battery)
Dimensions	59 x 41.5 x 36mm (Length x Height x Depth)
Memory Storage	Micro SD (Up To 128GB Card) (64GB Card ≈ 15,000 JPG, 2,200 RAW+JPG)
White Balance	Auto / Daylight / Cloudy / Tungsten / Fluorescent / Blue / Light Blue / Red / Light Red / Custom*

White Balance	Auto / Daylight / Cloudy / Tungsten / Fluorescent / Blue / Light Blue / Red / Light Red / Custom*
Capture Interval	0.5sec, 1sec, 2sec, 5sec, 10sec, 30sec, 1min, 5min, 10min, 30min, 1hour, 2hours, 6hours, 12hours, 24hours
ISO	50 / 100 / 200 / 400, Auto
Shutter Speed (s)	1/2000, 1/1000, 1/500, 1/250, 1/125, 1/90, 1/60, 1/30, 1/15, 1/8, 1, 2, 3, 5, 10, 15, 20, 30, 60, Auto
Exposure	+2.0 / +1.67 / +1.33 / +1.0 / +0.67 / +0.33 / +0.0 / -0.33 / -0.67 / -1.0 / -1.33 / -1.67 / -2.0
Metering	Average / Center / Spot
Color	Normal / Black and White / Sepia / Vivid
Sharpness	Strong / Medium / Soft
Capture Mode	Single / 3 Sequence / 10 Sequence
LCD	2.0" Ultra Bright Color LCD Touch Screen
Video Out	HD 1080p (HDMI/Micro), SD 480p (Optional USB FPV Cable)
TV Mode	NTSC / PAL
Power Input	Battery, USB (Micro-A Cable Included, Optional Micro USB FPV Cable)
Auto Power On (When Power Applied to USB Port)	ON / OFF
OSD Language	English, French, Spanish, Portuguese Brazil, Dutch, Czech, Polish, German, Italian, Chinese, Russian, Japanese, Korean
Frequency	60Hz / 50Hz
OSD Display	ON / OFF
Date Stamp	ON / OFF
Sound	ON / OFF
Quick Capture	ON / OFF
Auto Power Off	OFF / 1min / 3min / 5min / 10min / 15min / 30min / 60min
Auto Sleep LCD	1min / 3min / 5min / OFF
Vertical Rotate	ON / OFF
Included Accessories	USB GPS Receiver, Battery, Lens Cap, USB Charge Cable, Manual
Optional Accessories	Browse HERE

-Drone PHANTOM 4 PRO

-Specifications

AIRCRAFT	PHANTOM 4 PRO
Product Position	Entry-Level Professional Drone with Powerful Obstacle Avoidance
Weight (Battery & Propellers included)	1388 g
Max Flight Time	Approx. 30 minutes
Vision System	Forward Vision System Backward Vision System Downward Vision System
Obstacle Sensing	Front & Rear Obstacle Avoidance Left & Right Infrared Obstacle Avoidance
Camera Sensor	1" CMOS Effective pixels: 20 M
Max. Video Recording Resolution	4K 60P
Max Transmission Distance	FCC: 4.3 mi
Video Transmission System	Lightbridge
Operating Frequency	2.4 GHz/5.8 GHz *5.8 GHz transmission is not available in some regions due to local regulations.



ขั้นตอนการติดตั้ง WebODM

-เป็นซอฟต์แวร์รหัสเปิดตัวหนึ่งที่ใช้ในการทำแผนที่จากภาพถ่ายทางอากาศด้วยโดรน ซึ่ง ODM นั้นจะเป็นเครื่องมือในลักษณะของการสั่งงานในรูปแบบของ Command Line Toolkit หรือเป็นชุดเครื่องมือโอเพนซอร์สสำหรับการประมวลผลภาพถ่ายทางอากาศจากโดรนนั่นเอง โดยผู้ใช้งานจะต้องอาศัยการพิมพ์คำสั่งในการใช้งานทำให้ยากต่อผู้ใช้งานทั่วไป แต่มีเครื่องมือหนึ่งซึ่งได้ถูกพัฒนาในรูปแบบ User Interface ที่ชื่อว่า WebODM ซึ่งมีปุ่มเครื่องมือให้ผู้ใช้งานคลิกสั่งการทำงานทำให้ง่ายต่อการใช้งานมากเพียงแค่เราอัปโหลดข้อมูลภาพโดรนเข้าไปแล้วก็สั่งให้ประมวลผลภาพถ่ายทางอากาศจากโดรนแล้วก็รอผลลัพธ์เท่านั้นเอง

วิธีการติดตั้งได้อธิบายตามขั้นตอนต่อไปนี้

\$ sudo apt-get update



```
root@kali:~/workspace# sudo apt-get update
[sudo] password for root:
Get:1 http://ftb.archive.debian.com/ubuntu/ bionic InRelease [89.7 kB]
Get:2 http://ftb.archive.debian.com/ubuntu/ bionic-updates InRelease [89.7 kB]
Get:3 http://ftb.archive.debian.com/ubuntu/ bionic-backports InRelease [89.7 kB]
Get:4 http://ftb.archive.debian.com/ubuntu/ bionic-updates/main amd64 Packages [533 kB]
Get:5 http://ftb.archive.debian.com/ubuntu/ bionic-updates/main amd64 Packages [533 kB]
Get:6 http://ftb.archive.debian.com/ubuntu/ bionic-updates/main amd64 Packages [533 kB]
Get:7 http://ftb.archive.debian.com/ubuntu/ bionic-updates/main amd64 Packages [533 kB]
Get:8 http://ftb.archive.debian.com/ubuntu/ bionic-updates/universe amd64 Packages [533 kB]
Get:9 http://ftb.archive.debian.com/ubuntu/ bionic-updates/universe amd64 Packages [533 kB]
Fetched 3,819 kB (in 7s) (42,100 B/s)
Reading package lists... Done
root@kali:~/workspace#
```

การรันโค้ด sudo apt-get update

ผลการรันโค้ด `curl -fsSL https://download.docker.com/linux/ubuntu/gpg | sudo apt-key add -`

`$ sudo apt-key fingerprint 0EBFCD88`

```
Booyai@Booyai-VirtualBox:~$ curl -fsSL https://download.docker.com/linux/ubuntu/gpg | sudo apt-key add -
gpg: key 0EBFCD88: public key is not available: No such file or directory
gpg: checking the trustdb
gpg: /usr/share/keyrings/0EBFCD88.gpg: not a checkable file
gpg: key 0EBFCD88: is already the newest version (20160513).
Software properties for 0EBFCD88 are already the newest version (0.05.24.31.0).
The following additional packages will be installed:
  libcc1
The following NEW packages will be installed:
  apt transport httpd curl gnupg aptd libcc1
0 upgraded, 6 newly installed, 0 to remove and 25 not upgraded.
Need to get 379 kB of archives.
After this operation, 1,492 kB of additional disk space will be used.
Do you want to continue? [Y/n] y
Get:1 http://118.archive.ubuntu.com/ubuntu/ubuntu amd64 libcc1 amd64 1:4.9.1-1 [1,492 B]
Get:2 http://118.archive.ubuntu.com/ubuntu/ubuntu amd64 apt-transport-https amd64 1.0.10-1 [214 kB]
Get:3 http://118.archive.ubuntu.com/ubuntu/ubuntu amd64 gnupg amd64 2.2.19-1ubuntu1 [119 kB]
Get:4 http://118.archive.ubuntu.com/ubuntu/ubuntu amd64 aptd amd64 2.2.4-1ubuntu1.2 [4,343 B]
Fetched 379 kB in 1s (141 kB/s)
Selecting previously unselected package apt-transport-https.
(Reading database ... 10248 files and directories currently installed.)
Preparing to unpack .../apt-transport-https_1.0.10-1_all.deb ...
Unpacking apt-transport-https (1.0.10) ...
Selecting previously unselected package libcc1.
Preparing to unpack .../libcc1_1:4.9.1-1_amd64.deb ...
Unpacking libcc1 (1:4.9.1-1) ...
Selecting previously unselected package gnupg.
Preparing to unpack .../gnupg_2.2.19-1ubuntu1.2_all.deb ...
Unpacking gnupg (2.2.19-1ubuntu1.2) ...
Selecting previously unselected package aptd.
Preparing to unpack .../aptd_2.2.4-1ubuntu1.2_all.deb ...
Unpacking aptd (2.2.4-1ubuntu1.2) ...
Setting up apt-transport-https (1.0.10) ...
Setting up libcc1 (1:4.9.1-1) ...
Setting up gnupg (2.2.19-1ubuntu1.2) ...
Processing triggers for libc-bin (2.27-3ubuntu1) ...
Setting up aptd (2.2.4-1ubuntu1.2) ...
Booyai@Booyai-VirtualBox:~$ curl -fsSL https://download.docker.com/linux/ubuntu/gpg | sudo apt-key add -
gpg: key 0EBFCD88: public key is not available: No such file or directory
gpg: checking the trustdb
gpg: /usr/share/keyrings/0EBFCD88.gpg: not a checkable file
gpg: key 0EBFCD88: is already the newest version (20160513).
Software properties for 0EBFCD88 are already the newest version (0.05.24.31.0).
The following additional packages will be installed:
  libcc1
The following NEW packages will be installed:
  apt transport httpd curl gnupg aptd libcc1
0 upgraded, 6 newly installed, 0 to remove and 25 not upgraded.
Need to get 379 kB of archives.
After this operation, 1,492 kB of additional disk space will be used.
Do you want to continue? [Y/n] y
Get:1 http://118.archive.ubuntu.com/ubuntu/ubuntu amd64 libcc1 amd64 1:4.9.1-1 [1,492 B]
Get:2 http://118.archive.ubuntu.com/ubuntu/ubuntu amd64 apt-transport-https amd64 1.0.10-1 [214 kB]
Get:3 http://118.archive.ubuntu.com/ubuntu/ubuntu amd64 gnupg amd64 2.2.19-1ubuntu1 [119 kB]
Get:4 http://118.archive.ubuntu.com/ubuntu/ubuntu amd64 aptd amd64 2.2.4-1ubuntu1.2 [4,343 B]
Fetched 379 kB in 1s (141 kB/s)
Selecting previously unselected package apt-transport-https.
(Reading database ... 10248 files and directories currently installed.)
Preparing to unpack .../apt-transport-https_1.0.10-1_all.deb ...
Unpacking apt-transport-https (1.0.10) ...
Selecting previously unselected package libcc1.
Preparing to unpack .../libcc1_1:4.9.1-1_amd64.deb ...
Unpacking libcc1 (1:4.9.1-1) ...
Selecting previously unselected package gnupg.
Preparing to unpack .../gnupg_2.2.19-1ubuntu1.2_all.deb ...
Unpacking gnupg (2.2.19-1ubuntu1.2) ...
Selecting previously unselected package aptd.
Preparing to unpack .../aptd_2.2.4-1ubuntu1.2_all.deb ...
Unpacking aptd (2.2.4-1ubuntu1.2) ...
Setting up apt-transport-https (1.0.10) ...
Setting up libcc1 (1:4.9.1-1) ...
Setting up gnupg (2.2.19-1ubuntu1.2) ...
Processing triggers for libc-bin (2.27-3ubuntu1) ...
Setting up aptd (2.2.4-1ubuntu1.2) ...
Booyai@Booyai-VirtualBox:~$ sudo apt-key fingerprint 0EBFCD88
pub 0EBFCD88 2016-05-13 [M] 000A 0000 0000 0000
uid [ unknown ] Docker Release (CE deb) <docker@docker.com>
exp 00000000 2017-02-22 [E]
Booyai@Booyai-VirtualBox:~$
```

ผลการรันโค้ด `sudo apt-key fingerprint 0EBFCD88`

`$ sudo add-apt-repository \`
`"deb [arch=amd64] https://download.docker.com/linux/ubuntu \`
`$(lsb_release -cs) \`
`stable"`

```
Booyai@Booyai-VirtualBox:~$ sudo add-apt-repository \
"deb [arch=amd64] https://download.docker.com/linux/ubuntu \
$(lsb_release -cs) \
stable"
Hit:1 http://118.archive.ubuntu.com/ubuntu/ubuntu InRelease
Hit:2 http://118.archive.ubuntu.com/ubuntu/ubuntu InRelease
Hit:3 http://118.archive.ubuntu.com/ubuntu/ubuntu InRelease
Get:4 https://download.docker.com/linux/ubuntu InRelease [214 kB]
Hit:5 http://security.ubuntu.com/ubuntu/ubuntu-security InRelease
Get:6 https://download.docker.com/linux/ubuntu InRelease [214 kB]
Fetched 428 kB in 1s (131 kB/s)
Reading package lists... Done
Booyai@Booyai-VirtualBox:~$
```

ผลการรันโค้ด

\$ sudo docker run hello-world

```
root@bobby:~# sudo docker run hello-world
Hello from Docker!
This message shows that your installation appears to be working correctly.

To generate this message, Docker took the following steps:
1. The Docker client contacted the Docker daemon.
2. The Docker daemon pulled the "hello-world" image from the Docker hub.
   (WARNING: Please verify the digest of newly pulled images and your expected
   platform (linux/amd64) to avoid pulling images from insecure registries)
3. The Docker daemon created a new container from that image which runs the
   executable that produces the output you are currently reading.
4. The Docker daemon streamed that output to the Docker client, which sent it
   to your terminal.

To try something more ambitious, you can run an Ubuntu container with:
$ docker run -it ubuntu bash

Share images, automate workflows, and more with a free Docker ID:
https://hub.docker.com/

For more examples and ideas, visit:
https://docs.docker.com/get-started/
```

ผลการรันโค้ด sudo docker run hello-world

\$ sudo docker ps -a

```
root@bobby:~# sudo docker ps -a
CONTAINER ID        IMAGE               COMMAND             CREATED             STATUS              PORTS              NAMES
b0b6c62778         hello-world        "/bin/sh -c 'echo... 11 seconds ago    Up 0 seconds ago    P0415         Pappy_Morane
```

ผลการรันโค้ด sudo docker ps -a

\$ sudo apt-get update; sudo apt-get install git

```
File Edit View Search Terminal Help
root@kali:~# sudo apt-get update
Get:1 http://kali.archive.ubuntu.com/ubuntu focal InRelease [125 kB]
Get:2 http://kali.archive.ubuntu.com/ubuntu focal-updates InRelease [125 kB]
Get:3 http://kali.archive.ubuntu.com/ubuntu focal-security InRelease [125 kB]
Get:4 http://kali.archive.ubuntu.com/ubuntu focal-backports InRelease [125 kB]
Get:5 http://kali.archive.ubuntu.com/ubuntu focal/main amd64 Packages [8861 kB]
Get:6 http://kali.archive.ubuntu.com/ubuntu focal-updates/main amd64 Packages [46.0 kB]
Get:7 http://kali.archive.ubuntu.com/ubuntu focal-updates/main i386 Packages [46.0 kB]
Get:8 http://kali.archive.ubuntu.com/ubuntu focal-updates/main amd64 Source Packages [26.4 kB]
Get:9 http://kali.archive.ubuntu.com/ubuntu focal-updates/main i386 Source Packages [26.4 kB]
Get:10 http://kali.archive.ubuntu.com/ubuntu focal-updates/main amd64 Translation Packages [46.0 kB]
Get:11 http://kali.archive.ubuntu.com/ubuntu focal-updates/main i386 Translation Packages [46.0 kB]
Get:12 http://kali.archive.ubuntu.com/ubuntu focal-security/main amd64 Packages [30.4 kB]
Get:13 http://kali.archive.ubuntu.com/ubuntu focal-security/main i386 Packages [30.4 kB]
Get:14 http://kali.archive.ubuntu.com/ubuntu focal-security/main amd64 Source Packages [26.4 kB]
Get:15 http://kali.archive.ubuntu.com/ubuntu focal-security/main i386 Source Packages [26.4 kB]
Get:16 http://kali.archive.ubuntu.com/ubuntu focal-security/main amd64 Translation Packages [30.4 kB]
Get:17 http://kali.archive.ubuntu.com/ubuntu focal-security/main i386 Translation Packages [30.4 kB]
Get:18 http://kali.archive.ubuntu.com/ubuntu focal-backports/main amd64 Packages [26.4 kB]
Get:19 http://kali.archive.ubuntu.com/ubuntu focal-backports/main i386 Packages [26.4 kB]
Get:20 http://kali.archive.ubuntu.com/ubuntu focal-backports/main amd64 Source Packages [26.4 kB]
Get:21 http://kali.archive.ubuntu.com/ubuntu focal-backports/main i386 Source Packages [26.4 kB]
Get:22 http://kali.archive.ubuntu.com/ubuntu focal-backports/main amd64 Translation Packages [26.4 kB]
Get:23 http://kali.archive.ubuntu.com/ubuntu focal-backports/main i386 Translation Packages [26.4 kB]
Reading package lists... Done
Building dependency tree... Done
Reading state information... Done
git is already the newest version (1:2.34.1-1ubuntu0.4).
0 upgraded, 0 newly installed, 0 to remove and 23 not upgraded.
root@kali:~# sudo apt-get update; sudo apt-get install git
Get:1 http://kali.archive.ubuntu.com/ubuntu focal InRelease [125 kB]
Get:2 http://kali.archive.ubuntu.com/ubuntu focal-updates InRelease [125 kB]
Get:3 http://kali.archive.ubuntu.com/ubuntu focal-security InRelease [125 kB]
Get:4 http://kali.archive.ubuntu.com/ubuntu focal-backports InRelease [125 kB]
Get:5 http://kali.archive.ubuntu.com/ubuntu focal/main amd64 Packages [8861 kB]
Get:6 http://kali.archive.ubuntu.com/ubuntu focal-updates/main amd64 Packages [46.0 kB]
Get:7 http://kali.archive.ubuntu.com/ubuntu focal-updates/main i386 Packages [46.0 kB]
Get:8 http://kali.archive.ubuntu.com/ubuntu focal-updates/main amd64 Source Packages [26.4 kB]
Get:9 http://kali.archive.ubuntu.com/ubuntu focal-updates/main i386 Source Packages [26.4 kB]
Get:10 http://kali.archive.ubuntu.com/ubuntu focal-updates/main amd64 Translation Packages [46.0 kB]
Get:11 http://kali.archive.ubuntu.com/ubuntu focal-updates/main i386 Translation Packages [46.0 kB]
Get:12 http://kali.archive.ubuntu.com/ubuntu focal-security/main amd64 Packages [30.4 kB]
Get:13 http://kali.archive.ubuntu.com/ubuntu focal-security/main i386 Packages [30.4 kB]
Get:14 http://kali.archive.ubuntu.com/ubuntu focal-security/main amd64 Source Packages [26.4 kB]
Get:15 http://kali.archive.ubuntu.com/ubuntu focal-security/main i386 Source Packages [26.4 kB]
Get:16 http://kali.archive.ubuntu.com/ubuntu focal-security/main amd64 Translation Packages [30.4 kB]
Get:17 http://kali.archive.ubuntu.com/ubuntu focal-security/main i386 Translation Packages [30.4 kB]
Get:18 http://kali.archive.ubuntu.com/ubuntu focal-backports/main amd64 Packages [26.4 kB]
Get:19 http://kali.archive.ubuntu.com/ubuntu focal-backports/main i386 Packages [26.4 kB]
Get:20 http://kali.archive.ubuntu.com/ubuntu focal-backports/main amd64 Source Packages [26.4 kB]
Get:21 http://kali.archive.ubuntu.com/ubuntu focal-backports/main i386 Source Packages [26.4 kB]
Get:22 http://kali.archive.ubuntu.com/ubuntu focal-backports/main amd64 Translation Packages [26.4 kB]
Get:23 http://kali.archive.ubuntu.com/ubuntu focal-backports/main i386 Translation Packages [26.4 kB]
Reading package lists... Done
Building dependency tree... Done
Reading state information... Done
git is already the newest version (1:2.34.1-1ubuntu0.4).
0 upgraded, 0 newly installed, 0 to remove and 23 not upgraded.
root@kali:~#
```

ผลการรันโค้ด sudo apt-get update; sudo apt-get install git

\$ sudo pip install docker-compose

```
File Edit View Search Terminal Help
root@kali:~# sudo pip install docker-compose
Collecting docker-compose
  Downloading docker-compose-1.29.2-py3-none-any.whl (41.6 kB)
Installing collected packages: docker-compose
Successfully installed docker-compose-1.29.2-py3-none-any.whl
root@kali:~#
```

ผลการรันโค้ด sudo pip install docker-compose

เมื่อ log in เข้าสู่ระบบเรียบร้อยแล้วจะเข้าสู่หน้าแรกของ WebODM

