



การวิเคราะห์หาอุณหภูมิและความชื้นพื้นผิวดินบริเวณที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ด้วย
ภาพถ่ายความร้อนและเซนเซอร์

The Analysis of temperature and soil surface moisture content at maize
growing areas using thermal camera and sensors.

ฤทัยรัตน์ หะทัยทาระ

วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาตรี เสนอภาควิชาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร

เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

Copyright by Naresuan University

สาขาภูมิศาสตร์

All rights reserved

พฤษภาคม 2562

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยนเรศวร

อาจารย์ที่ปรึกษา ประธานบริหารหลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาภูมิศาสตร์ และหัวหน้าภาควิชา
ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ได้พิจารณา
วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาตรี เรื่อง “การวิเคราะห์หาอุณหภูมิและความชื้นพื้นผิวดินบริเวณที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยง
สัตว์ด้วยภาพถ่ายความร้อนและเซนเซอร์” เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศา
สตรบัณฑิต สาขาภูมิศาสตร์ ของมหาวิทยาลัยนเรศวร



(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สิทธิชัย ชูสำโรง)

อาจารย์ที่ปรึกษา



(รองศาสตราจารย์ พัฒนา ราชวงศ์)

ประธานบริหารหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาภูมิศาสตร์



(รองศาสตราจารย์ พัฒนา ราชวงศ์)

หัวหน้าภาควิชาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สิทธิชัย ชูสำโรง อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เป็นอย่างสูง ที่สละเวลามาที่ให้คำปรึกษา แนะนำเทคนิควิธีการ ข้อคิดเห็นชี้แนะ แก้ไขข้อบกพร่อง ตลอดระยะเวลาในการดำเนินงานจนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สมบูรณ์ถูกต้องและสำเร็จลงได้ด้วยดีตามกำหนดเวลา

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วันวิสาข์ ปันศักดิ์ ในโครงการ การประเมินการเจริญเติบโต และสถานะไนโตรเจนสำหรับการใส่ปุ๋ยแบบผันแปรอัตราในการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์โดยใช้อากาศยานไร้คนขับ ต.ท่าโพธิ์ อ.เมือง จ.พิษณุโลก ที่สละเวลาเวลาให้ข้อคิดเห็นชี้แนะ รวมไปถึงการให้ยืมเครื่องมือ (FLIR C2) ได้ให้ความอนุเคราะห์ในส่วนของการลงพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์แปลงทดลองและให้ข้อมูลเกี่ยวกับอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการดูซึมแร่ธาตุอาหารข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ รวมไปถึงการคำแนะนำ คำปรึกษา ในการดำเนินงานจนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ถูกต้องและสำเร็จลงได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณคณาจารย์สาขาวิชาภูมิศาสตร์ที่ให้คำปรึกษา แนะนำเทคนิควิธีการ ข้อคิดเห็นชี้แนะ แก้ไขข้อบกพร่อง ในการดำเนินงานวิจัยจนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สมบูรณ์ ขอขอบคุณ นายนิธิพัฒน์ เชื้อนเพชรและนายบุญญฤทธิ์ ลีละสุนทเลิศ ที่ให้ความช่วยเหลือและให้ข้อมูลค่าดัชนีพืชพรรณ(NDVI) ขอขอบคุณ นางสาวกฤตพร เอี่ยมสอิ่ง ที่ได้ให้ความช่วยเหลือและให้ยืมเครื่องมือเซนเซอร์

ที่สำคัญต้องขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ของผู้วิจัยทำวิทยานิพนธ์ที่ให้กำลังใจและส่งเสริมค่าเล่าเรียน พร้อมทั้งสนับสนุนในทุกด้าน จนทำให้วิทยานิพนธ์สำเร็จ

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณ เพื่อนๆทุกคนที่ให้กำลังใจและช่วยเหลือในการลงพื้นที่สำรวจและพื้นที่แปลงทดลอง

ฤทัยรัตน์ หะทัยทาระ

ชื่อเรื่อง	การวิเคราะห์หาอุณหภูมิและความชื้นพื้นผิวดินบริเวณที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ด้วยภาพถ่ายความร้อนและเซนเซอร์
ผู้วิจัย	ฤทัยรัตน์ หะทัยทาระ
ประธานที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สิทธิชัย ชูสำโรง
ประเภทสารนิพนธ์	วิทยานิพนธ์ วท.บ.สาขาวิชาภูมิศาสตร์, มหาวิทยาลัยนเรศวร, 2562
คำสำคัญ	กล้องเทอร์โมสแกน, อุณหภูมิพื้นผิว, ความชื้นพื้นผิวดิน, ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสำรวจความร้อนพื้นผิวดินบริเวณพื้นที่ปลูกข้าวโพดด้วยกล้องถ่ายภาพความร้อน FLIR รุ่น FLIR C2 Thermal Imaging Camera และได้พัฒนาเซนเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้นของดินด้วยเทคโนโลยีของสรรพสิ่ง (Internet of Things : IoT) เพื่อเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิพื้นผิวระหว่างผลที่ได้จากกล้อง FLIR และเซนเซอร์ จากนั้นนำผลสรุปของอุณหภูมิพื้นผิวที่เก็บตลอดระยะเวลาการเพาะปลูกมาเปรียบเทียบอัตราการเจริญเติบโตแต่ละแปลงทดลองว่าอุณหภูมิพื้นผิวมีผลต่ออัตราการเจริญเติบโตของข้าวโพดหรือไม่ โดยอัตราการเจริญเติบโตและความสมบูรณ์นั้นวัดโดยใช้ภาพถ่ายจากอากาศยานไร้คนขับ ซึ่งจะได้ค่าการเจริญเติบโต (DSM) และความสมบูรณ์ (NDVI) ในแต่ละช่วงอายุ โดยระบบทั้งหมดใช้ซอฟต์แวร์รหัสเปิด (Free and Open Source Software 4 Geospatial : FOSS4G)

อุณหภูมิพื้นผิวดินมีผลกระทบโดยตรงต่อการดูดซึมธาตุอาหารของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ พื้นที่ปลูกข้าวโพดที่มีศักยภาพของผลผลิตสูงจะมีอุณหภูมิในช่วงฤดูปลูกระหว่าง 21-35 องศาเซลเซียส ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ไม่สามารถปลูกได้ในสภาพพื้นที่ที่มีอุณหภูมิเฉลี่ยต่ำกว่า 19 องศาเซลเซียสหรือในสภาพที่อุณหภูมิกลางคืนในช่วงฤดูปลูกต่ำกว่า 13 องศาเซลเซียส ปริมาณความต้องการน้ำตลอดฤดูกาลการปลูกข้าวโพด 450 ถึง 600 มิลลิเมตร ปริมาณการกระจายตัวของน้ำฝนสม่ำเสมอ 1000 – 1200 มิลลิเมตรต่อปี ข้าวโพดที่อยู่ในระยะเจริญเติบโตจะมีความต้องการน้ำน้อยกว่าในระยะออกดอกและระยะการสร้างเมล็ด ช่วงอายุ 50 ถึง 55 วัน (ออกดอกหัว) แต่ถ้าขาดน้ำจะทำให้ผลผลิตลดลง 50 เปอร์เซ็นต์ ถ้าน้ำท่วมขังจะดูดธาตุอาหารไปใช้ในการเจริญเติบโตไม่ได้ วิจัยนี้สามารถจัดการวางแผนควบคุมอุณหภูมิและความชื้นของดินในการเจริญเติบโตข้าวโพดในแต่ละช่วงอายุ

Title The Analysis of temperature and soil surface moisture content at maize growing areas using thermal camera and sensors.

Author Rhutairat Hataitara

Advisor Assistant Professor Dr.Sittichai Choosumrong

Academic Paper Thesis B.S. Name of Degree in Geography,Naresuan University, 2019

Keywords FLIR Thermal Imaging Camera FLIR C2 Thermal Imaging Camera, Surface temperature, Soil surface moisture, Corn



Abstract

This study aims to survey the surface heat around the field corn planting area by FLIR camera, model FLIR C2 Thermal Imaging Camera, and to develop the temperature sensor and soil humidity sensor by Internet of Things (IoT) in order to compare the surface temperature between the results from FLIR camera and sensor. The surface temperature data collected through the planting period will then be compared their growth rate of each field in order to examine whether the surface temperature effects on the corn growth rate. The growth rate and fertility are measured by using the pictures from UVA to find the growth rate (DSM) and fertility (NDVI) in each period. This process is operated by Free and Open Source Software 4 Geospatial (FOSS4G).

Surface temperature directly effects on nutrients absorption of field corn. The high productivity of corn planting area is between 21-27 degree Celsius. Field corn cannot grow in the area where the average temperature is below 19 degree Celsius, or the night temperature is below 13 degree Celsius. The water need for the whole period of planting corn is 450 - 600 mm. The regularly scattered rain is 1000 – 1200 ml/year. The growing-period corn need less water than

the blooming-period and seed-growing period, which is during 50-55 days old (capitulum). If it lacks of water, the productivity will be 50% reduced. If the water is logged in the area, the corn will not be able to absorb nutrient to grow. This study can manage the temperature and soil humidity control plan for the corn growth in each period.



ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

Copyright by Naresuan University

All rights reserved

สารบัญ

หน้า

บทที่ 1 บทนำ	1
1.1. ที่มาและความสำคัญ	1
1.2. วัตถุประสงค์	3
1.3. ความสำคัญของงานวิจัย	4
1.4. ขอบเขตของการวิจัย	4
1.4.1 ขอบเขตด้านพื้นที่	4
1.5. ข้อตกลงเบื้องต้น	4
1.6. นิยามศัพท์เฉพาะ	4
1.7. สมมติฐานงานวิจัย	7
1.8. กรอบแนวคิดงานวิจัย	8
บทที่ 2 เอกสารและงานที่เกี่ยวข้อง	9
2.1. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	9
2.2. เอกสารและแนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	12
2.2.1. กล้องเทอร์โมสแกน	12
2.2.2. QGIS	15
2.2.3. เซนเซอร์ (Sensor)	16
2.2.4. Arduino	17
2.2.5. Arduino IDE	17
2.2.6. เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย Wireless Sensor Networks (WSN)	18

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย	19
3.1 ตัวแปรในการศึกษาวิจัย	19
3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาวิจัย.....	19
3.3 การเตรียมข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลที่ใช้ในการวิจัย	20
บทที่ 4 ผลการดำเนินงานวิจัย	30
4.1 ค่าอุณหภูมิกล้องเทอร์โมสแกนและเซนเซอร์	30
4.2 ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยกล้องเทอร์โมสแกนและเซนเซอร์เปรียบเทียบค่าดัชนีพีชพรรณ	38
4.3 ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยกล้องเทอร์โมสแกนและเซนเซอร์เปรียบเทียบค่าความสูง	50
4.4 ผลการวิเคราะห์ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยกล้องเทอร์โมสแกนและเซนเซอร์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยดัชนีพีชพรรณ ค่าเฉลี่ยความสูง.....	62
บทที่ 5 สรุปผล อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ	65
5.1. สรุปผล.....	65
5.1.1. กล้องเทอร์โมสแกนและเซนเซอร์	65
5.1.2. การติดตามวัดค่าอุณหภูมิกล้องเทอร์โมสแกนและเซนเซอร์พื้นผิวดินบริเวณที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์	65
5.1.3. ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยกล้องเทอร์โมสแกนและเซนเซอร์เปรียบเทียบค่าดัชนีพีชพรรณ	66
5.1.4. ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยกล้องเทอร์โมสแกนและเซนเซอร์เปรียบเทียบค่าความสูง.....	66
5.2. อภิปรายผล	67
5.3. ข้อเสนอแนะ	67
บรรณานุกรม	69
ภาคผนวก	71
ประวัติผู้วิจัย	81

สารบัญรูปภาพ

	หน้า
ภาพที่ 1.1 กรอบแนวความคิด.....	8
ภาพที่ 2.1. ภาพเซนเซอร์.....	16
ภาพที่ 2.2. ภาพ Arduino IDE.....	17
ภาพที่ 3.1. แปลงข่าวโพตเสียงสัตว์.....	20
ภาพที่ 3.2. การลงพื้นที่ถ่ายภาพความร้อนพื้นผิวดินด้วยกล้องเทอร์โมสแกนและเซนเซอร์.....	20
ภาพที่ 3.3. โปรแกรม FLIR Tool ที่วิเคราะห์อุณหภูมิ.....	21
ภาพที่ 3.4. การเข้าใช้งานโปรแกรม FLIR Tool.....	21
ภาพที่ 3.5. การนำข้อมูลรูปภาพเข้า FLIR Tool.....	22
ภาพที่ 3.6. การนำข้อมูลรูปภาพเข้า FLIR Tool.....	22
ภาพที่ 3.7. การนำข้อมูลรูปภาพเข้า FLIR Tool.....	23
ภาพที่ 3.8. การวิเคราะห์อุณหภูมิเพิ่มจุด แสดงอุณหภูมิ.....	24
ภาพที่ 3.9. การวิเคราะห์เปลี่ยนค่าอุณหภูมิอากาศที่ได้ลงพื้นที่.....	25
ภาพที่ 3.10. เปลี่ยนค่าความชื้นสัมพัทธ์.....	25
ภาพที่ 3.11. การเปลี่ยนเฉดสี.....	26
ภาพที่ 3.12. การเปลี่ยนอุณหภูมิตามความต้องการกำหนดค่าสูงสุดและต่ำสุด.....	26
ภาพที่ 3.13. ทำการวิเคราะห์อุณหภูมิเสร็จสิ้นด้วยโปรแกรม FLIR Tool.....	27
ภาพที่ 3.14. ภาพที่ได้จากการวิเคราะห์.....	27
ภาพที่ 3.15. บอร์ด Sensor ที่ใช้ในการวัดอุณหภูมิ.....	28

สารบัญรูปภาพ(ต่อ)

หน้า

ภาพที่ 3.16. Sensor ที่ใช้ในการวัดอุณหภูมิ.....	28
ภาพที่ 3.17. ใช้ Sensor ในการเก็บค่าอุณหภูมิในแปลงทดลอง.....	29
ภาพที่ 3.18. หน้าเว็บแสดงค่าอุณหภูมิในแปลงทดลอง.....	29
ภาพที่ 4.8. กราฟแสดงความเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิของพื้นผิวดิน อายุข้าวโพด 41 วัน.....	34
ภาพที่ 4.9. กราฟแสดงความเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิของพื้นผิวดิน อายุข้าวโพด 48 วัน.....	34
ภาพที่ 4.10. กราฟแสดงความเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิของพื้นผิวดิน อายุข้าวโพด 55 วัน.....	35
ภาพที่ 4.11. กราฟแสดงความเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิของพื้นผิวดิน อายุข้าวโพด 62 วัน.....	35
ภาพที่ 4.12. กราฟแสดงความเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิของพื้นผิวดิน อายุข้าวโพด 71 วัน.....	36
ภาพที่ 4.13. กราฟแสดงความเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิของพื้นผิวดิน อายุข้าวโพด 77 วัน.....	36
ภาพที่ 4.14. กราฟแสดงความเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิของพื้นผิวดิน อายุข้าวโพด 83 วัน.....	37
ภาพที่ 4.22. กราฟแสดงค่าอุณหภูมิของพื้นผิวดินเปรียบเทียบกับค่าดัชนีพืชพรรณ อายุข้าวโพด 41 วัน.....	43
ภาพที่ 4.23. กราฟแสดงค่าอุณหภูมิของพื้นผิวดินเปรียบเทียบกับค่าดัชนีพืชพรรณ อายุข้าวโพด 48 วัน.....	44
ภาพที่ 4.24. กราฟแสดงค่าอุณหภูมิของพื้นผิวดินเปรียบเทียบกับค่าดัชนีพืชพรรณ อายุข้าวโพด 55 วัน.....	45
ภาพที่ 4.25. กราฟแสดงค่าอุณหภูมิของพื้นผิวดินเปรียบเทียบกับค่าดัชนีพืชพรรณ อายุข้าวโพด 62 วัน.....	46
ภาพที่ 4.26. กราฟแสดงค่าอุณหภูมิของพื้นผิวดินเปรียบเทียบกับค่าดัชนีพืชพรรณ อายุข้าวโพด 71 วัน.....	47
ภาพที่ 4.27. กราฟแสดงค่าอุณหภูมิของพื้นผิวดินเปรียบเทียบกับค่าดัชนีพืชพรรณ อายุข้าวโพด 77 วัน.....	48
ภาพที่ 4.28. กราฟแสดงค่าอุณหภูมิของพื้นผิวดินเปรียบเทียบกับค่าดัชนีพืชพรรณ อายุข้าวโพด 83 วัน.....	49
ภาพที่ 4.36. กราฟแสดงค่าเฉลี่ยอุณหภูมิของพื้นผิวดินเปรียบเทียบกับค่าความสูงข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ อายุข้าวโพด 41 วัน.....	55

สารบัญรูปภาพ(ต่อ)

หน้า

ภาพที่ 4.37. กราฟแสดงค่าเฉลี่ยอุณหภูมิของพื้นผิวดินเปรียบเทียบค่าความสูงข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ อายุข้าวโพด 48 วัน.....	56
ภาพที่ 4.38. กราฟแสดงค่าเฉลี่ยอุณหภูมิของพื้นผิวดินเปรียบเทียบค่าความสูงข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ อายุข้าวโพด 55 วัน.....	57
ภาพที่ 4.39. กราฟแสดงค่าเฉลี่ยอุณหภูมิของพื้นผิวดินเปรียบเทียบค่าความสูงข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ อายุข้าวโพด 62 วัน.....	58
ภาพที่ 4.40. กราฟแสดงค่าเฉลี่ยอุณหภูมิของพื้นผิวดินเปรียบเทียบค่าความสูงข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ อายุข้าวโพด 71 วัน.....	59
ภาพที่ 4.41. กราฟแสดงค่าเฉลี่ยอุณหภูมิของพื้นผิวดินเปรียบเทียบค่าความสูงข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ อายุข้าวโพด 77 วัน.....	60
ภาพที่ 4.42. กราฟแสดงค่าเฉลี่ยอุณหภูมิของพื้นผิวดินเปรียบเทียบค่าความสูงข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ อายุข้าวโพด 83 วัน.....	61
ภาพที่ 4.43. ภาพแผนผังแปลงการทดลองที่ได้ทดลองด้วยกล้องเทอร์โมสแกน.....	63
ภาพที่ 4.44. ภาพแผนผังแปลงการทดลองที่ได้ทดลองด้วยเซนเซอร์.....	64

ลิขสิทธิ์ © มหาวิทยาลัยนเรศวร

Copyright by Naresuan University

All rights reserved

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 4.1. ค่าอุณหภูมิกล้องเทอร์โมสแกนและเซนเซอร์ อายุข้าวโพด 41 วัน.....	30
ตารางที่ 4.2. ค่าอุณหภูมิกล้องเทอร์โมสแกนและเซนเซอร์ อายุข้าวโพด 48 วัน.....	31
ตารางที่ 4.3. ค่าอุณหภูมิกล้องเทอร์โมสแกนและเซนเซอร์ อายุข้าวโพด 55 วัน.....	31
ตารางที่ 4.4. ค่าอุณหภูมิกล้องเทอร์โมสแกนและเซนเซอร์ อายุข้าวโพด 62 วัน.....	32
ตารางที่ 4.5. ค่าอุณหภูมิกล้องเทอร์โมสแกนและเซนเซอร์ อายุข้าวโพด 71 วัน.....	32
ตารางที่ 4.6. ค่าอุณหภูมิกล้องเทอร์โมสแกนและเซนเซอร์ อายุข้าวโพด 77 วัน.....	33
ตารางที่ 4.7. ค่าอุณหภูมิกล้องเทอร์โมสแกนและเซนเซอร์ อายุข้าวโพด 83 วัน.....	33
ตารางที่ 4.15. ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยกล้องเทอร์โมสแกนและเซนเซอร์เปรียบเทียบกับค่าดัชนีพืชพรรณ อายุข้าวโพด 41 วัน.....	39
ตารางที่ 4.16. ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยกล้องเทอร์โมสแกนและเซนเซอร์เปรียบเทียบกับค่าดัชนีพืชพรรณ อายุข้าวโพด 48 วัน.....	39
ตารางที่ 4.17. ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยกล้องเทอร์โมสแกนและเซนเซอร์เปรียบเทียบกับค่าดัชนีพืชพรรณ อายุข้าวโพด 55 วัน.....	40
ตารางที่ 4.18. ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยกล้องเทอร์โมสแกนและเซนเซอร์เปรียบเทียบกับค่าดัชนีพืชพรรณ อายุข้าวโพด 62 วัน.....	40
ตารางที่ 4.19. ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยกล้องเทอร์โมสแกนและเซนเซอร์เปรียบเทียบกับค่าดัชนีพืชพรรณ อายุข้าวโพด 71 วัน.....	41
ตารางที่ 4.20. ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยกล้องเทอร์โมสแกนและเซนเซอร์เปรียบเทียบกับค่าดัชนีพืชพรรณ อายุข้าวโพด 77 วัน.....	41

สารบัญตาราง(ต่อ)

หน้า

ตารางที่ 4.21. ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยกล้องเทอร์โมสแกนและเซนเซอร์เปรียบเทียบกับดัชนีพีชพรรณ อายุข้าวโพด 83 วัน.....	42
ตารางที่ 4.29. ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยกล้องเทอร์โมสแกนและเซนเซอร์เปรียบเทียบกับค่าความสูง อายุข้าวโพด 41 วัน.....	51
ตารางที่ 4.30. ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยกล้องเทอร์โมสแกนและเซนเซอร์เปรียบเทียบกับค่าความสูง อายุข้าวโพด 48 วัน.....	52
ตารางที่ 4.31. ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยกล้องเทอร์โมสแกนและเซนเซอร์เปรียบเทียบกับค่าความสูง อายุข้าวโพด 55 วัน.....	52
ตารางที่ 4.32. ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยกล้องเทอร์โมสแกนและเซนเซอร์เปรียบเทียบกับค่าความสูง อายุข้าวโพด 62 วัน.....	53
ตารางที่ 4.33. ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยกล้องเทอร์โมสแกนและเซนเซอร์เปรียบเทียบกับค่าความสูง อายุข้าวโพด 71 วัน.....	53
ตารางที่ 4.34. ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยกล้องเทอร์โมสแกนและเซนเซอร์เปรียบเทียบกับค่าความสูง อายุข้าวโพด 77 วัน.....	54
ตารางที่ 4.35. ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยกล้องเทอร์โมสแกนและเซนเซอร์เปรียบเทียบกับค่าความสูง อายุข้าวโพด 83 วัน.....	54

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

Copyright by Naresuan University

All rights reserved

บทที่ 1

บทนำ

1.1. ที่มาและความสำคัญ

ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ เป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญต่ออุตสาหกรรมอาหารสัตว์ ประมาณ 94 เปอร์เซ็นต์ของผลผลิตข้าวโพดใช้ในอุตสาหกรรมอาหารสัตว์ของไทย ทุกวันนี้ประเทศไทยมีความต้องการใช้ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เพิ่มขึ้นทุกปี แต่ผลิตได้น้อย บางปีจึงต้องนำเข้าข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เข้ามาใช้ในประเทศ ปัจจุบันเกษตรกรส่วนใหญ่นิยมปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์สายพันธุ์ลูกผสมที่มีลักษณะทางการเกษตรสม่ำเสมอ ได้แก่ ขนาดฝัก ความสูงฝัก ความสูงต้น อายุถึงวันออกไหม และเก็บเกี่ยว ที่สำคัญให้ผลผลิตและคุณภาพสูงกว่าพันธุ์ผสมเปิด จึงเป็นที่ต้องการของตลาด แต่ไม่สามารถเก็บเมล็ดไว้ทำพันธุ์ได้ สำหรับเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์ลูกผสมที่จำหน่ายในท้องตลาดมักให้ผลผลิตสูง มีอายุเก็บเกี่ยว 100-120 วัน พื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์กระจายอยู่ทั่วประเทศ อาทิ จังหวัดนครสวรรค์ สระบุรี ลพบุรี นครราชสีมา เลย เพชรบูรณ์ สุโขทัย กำแพงเพชร เป็นต้น ในแต่ละปีการผลิต เกษตรกรจะทำการเพาะปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์จำนวน 2 ครั้ง ข้าวโพดรุ่นแรก เริ่มปลูกในช่วงฤดูฝน ประมาณช่วงเดือนเมษายน-มิถุนายน และเก็บเกี่ยวผลผลิตในเดือนสิงหาคม-พฤศจิกายน ซึ่งเป็นช่วงที่ยังคงมีฝนตกมาก ทำให้ผลผลิตข้าวโพดมีความชื้นสูง อันเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดเชื้อราและสารอะฟลาทอกซิน การเพาะปลูกข้าวโพดรุ่น 2 ประมาณช่วงฤดูแล้ง แต่ข้าวโพดรุ่นนี้จะมีปริมาณผลผลิตไม่มาก การเพาะปลูกจะเริ่มในเดือนธันวาคม และเก็บเกี่ยวในช่วงเดือนมีนาคม-เมษายน ของปีถัดไป

การเตรียมดินมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อให้สภาพของดินเหมาะแก่การงอกและการเจริญเติบโตของต้นข้าวโพด โดยทำให้ขนาดของก้อนดินเล็กลง เพื่อให้เมล็ดพืชกับดินมีการสัมผัสที่ดี ทำให้ดินมีอากาศถ่ายเทสะดวก ช่วยกลบเศษพืชและวัสดุอื่น ๆ ลงในดิน ช่วยกำจัดวัชพืชรวมทั้งโรคและแมลง ช่วยให้ดินดูดซับน้ำได้ดีขึ้นและช่วยลดการชะล้างดินจากการกระทำของน้ำ การเตรียมดินที่ดีแตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดของดินและปัจจัยอื่น ๆ การเตรียมดินมีทั้งการไถและการพรวน ในดินเหนียวจำนวนครั้งของการไถพรวนจะมากกว่าดินร่วนและดินปนทรายหลักในการเตรียมดินก็เพื่อให้ดินอยู่ในสภาพที่เหมาะสมต่อการปลูกพืช การเตรียมดินที่ปฏิบัตินอกเหนือไปจากนี้เพื่อให้แปลงปลูกดูสะอาดสวยงาม นอกจากเป็นการไม่จำเป็นแล้วยังมีผลเสียอีกด้วยคือทำให้ดินแน่นโดยเฉพาะดินล่างในการไถควรไถให้ลึกประมาณ 15-20 ซม. ถ้ามีการไถ 2 ครั้ง ควรให้ห่างกันประมาณ 7-10 วัน เพื่อเป็นการตากดินและเป็นการช่วยปราบวัชพืชไปในตัวถ้าเป็นที่ลาดเทการไถครั้งสุดท้ายควรให้ขวางกับแนวลาดเท หลังจากการไถควรมีการพรวนเพื่อย่อยเม็ดดินให้มีขนาดเล็กลงและร่วนซุยเหมาะแก่การงอกและการเจริญเติบโตของต้นกล้า การเตรียมดินที่ไม่ต้องมีการไถพรวนหรือมีการไถเพียงเพื่อทำแนวปลูกเท่านั้น

วิธีการปลูกข้าวโพดในแปลงที่เตรียมดินแบบนี้จะได้ผลต่อเมื่อมีการใช้สารเคมีกำจัดวัชพืชโดยมีสารเคมีหลัก คือ กรัสมอกโซนหรือพาราควอทแล้วมีการใช้สารเคมีปราบวัชพืชพีชพีชนิดอื่นที่เหมาะสมควบคู่กันไปด้วย ขึ้นกับชนิดของวัชพืชที่ขึ้นในการปลูกที่ไม่มีสารไทรอวาโลพโรนเลยนั้น ถ้ามีวัชพืชหรือพืชที่ปลูกในฤดูก่อนสูงมากก็อาจใช้มีดฟันทิ้งเสียบ้าง แล้วฉีดกรัสมอกโซนกำจัดวัชพืช กรัสมอกโซนนี้จะไปทำลายส่วนสีเขียวของพืชทั้งหมด จึงเป็นการทำลายวัชพืชที่มีอยู่แล้วก่อนปลูกข้าวโพด หลังจากฉีดกรัสมอกโซนประมาณ 2-7 วัน ก็ปลูกข้าวโพด สำหรับวัชพืชที่จะขึ้นมาทีหลัง สามารถควบคุมหรือกำจัดโดยใช้สารเคมีที่เหมาะสม เช่น แอตราซีน อะลาคลอร์ เป็นต้น การปลูกข้าวโพดแบบไม่มีสารไทรอวาโลพโรนจะมีเศษซากพืชคลุมดิน สามารถช่วยในการรับน้ำและอนุรักษ์ความชื้นในดินให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น ทำให้รากพืชสามารถดูดน้ำจากดินชั้นล่างมาใช้ประโยชน์ในช่วงที่ฝนไม่ตกได้ดีกว่าแปลงที่มีการไถพรวน นอกจากนั้นการปลูกข้าวโพดโดยไม่มีสารไทรอวาโลพโรนสามารถลดความเสียหายจากการชะล้างพังทลายของหน้าดินได้เป็นอย่างดี ผลดีของการปลูกโดยไม่มีสารไทรอวาโลพโรนจะเห็นได้เด่นชัดในพื้นที่ ๆ มีความลาดเทสูง

ข้าวโพดมีความต้องการใช้น้ำตลอดฤดูปลูกประมาณ 350-600 มิลลิเมตร การใช้น้ำครั้งแรกเมื่อปลูกหลังจากไถพรวนเตรียมแปลงเสร็จให้น้ำประมาณ 30-40 มิลลิเมตร เพื่อให้ดินมีความชื้นพองอกและการให้น้ำในช่วงระยะการเจริญเติบโตของข้าวโพด ควรให้สัปดาห์ละประมาณ 40-50 มิลลิเมตร ไม่ควรให้น้ำท่วมขังเป็นเวลานาน เพราะจะทำให้ข้าวโพดเหลืองแคระ ผลผลิตผล และอาจตายได้ถ้าให้น้ำมากเกินไปควรระบายน้ำออกจากแปลงทันที ข้าวโพดเป็นพืชที่ต้องการน้ำตลอดอายุการเจริญเติบโตแต่ความต้องการน้ำจะสูงสุดในช่วงออกดอกและช่วงระยะต้นของการสร้างเมล็ดถ้าหากขาดน้ำในช่วงระยะการเจริญทางลำต้นและใบ ผลผลิตจะลดลง 25% ในช่วงระยะออกดอกตัวผู้-ออก โหม-เริ่มสร้างเมล็ดผลผลิตจะลดลง 50% และในช่วงระยะหลังการสร้างเมล็ดเสร็จผลผลิตจะลดลง 21%

น้ำมีบทบาทและหน้าที่สำคัญเพราะเป็นตัวกลางของกระบวนการทางชีวเคมีในพืช ดังนั้น การใส่ปุ๋ยโดยที่ไม่มีน้ำหรือดินขาดความชื้น ปุ๋ยที่ใส่ลงไปจะมีปฏิกิริยาทางเคมีช้ามาก ไม่สามารถเปลี่ยนสภาพเป็นไอออนที่รากข้าวโพดสามารถดูดซึมไปใช้ประโยชน์ในการเติบโตทางลำต้นได้เท่าที่ควรทำให้มีโอกาสมากขึ้นที่จะสูญเสียปุ๋ยที่ใส่ลงไป ซึ่งเป็นการสิ้นเปลืองทางด้านเศรษฐกิจโดยเปล่าประโยชน์ เพราะฉะนั้นถ้ามีการใส่ปุ๋ยแก่ข้าวโพด ดินก็ควรมีความชื้นที่เหมาะสม อาจจะทำน้ำฝน น้ำชลประทาน หรือน้ำค้ำก็ได้ จึงจะทำให้การใส่ปุ๋ยมีประสิทธิภาพดีและคุ้มค่าทางเศรษฐกิจ นอกจาก น้ำจะเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาทางเคมีแล้ว น้ำยังเป็นสื่อกลางในการลำเลียงสารอาหารจากส่วนรากไปยังส่วนต่างๆของลำต้นโดยเคลื่อนย้ายไปตามไซเล็มและโฟลเอ็ม ด้วยเหตุนี้วัชวะในต้นข้าวโพดทุกส่วนจึงมีการเติบโตโดยทั่วไป ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ต้องการปริมาณน้ำในช่วงต้นอ่อน จากนั้นต้องการปริมาณมากขึ้นในช่วงกำลังเติบโตและต้องการปริมาณน้ำลดลงในระยะแก่ ซึ่งแบ่งออกได้เป็น 4 ระยะ คือ ระยะรากกำลังเติบโต

ระยะลำต้นกำลังเติบโต ระยะออกดอกและผสมเกสร และระยะสะสมอาหารถึงเก็บเกี่ยวในที่นี้ ระยะออกดอกและผสมเกสรเป็นระยะที่พืชต้องการน้ำมากที่สุดกว่าระยะอื่นๆ

แต่อย่างไรก็ดีข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มีความแปรปรวนทางพันธุกรรมสูงมากและเป็นพืชที่สามารถปรับตัวได้ดีกับสภาพแวดล้อมที่กว้างจึงพบว่าข้าวโพดสามารถปลูกได้ดีในส่วนต่างๆของโลก และสามารถเจริญเติบโตได้ดีในเขตอบอุ่นถึงเขตร้อนที่มีแสงจัด ดังเช่น ในประเทศไทยมีการปลูกข้าวโพดในเขตภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคกลางและภาคตะวันตก ซึ่งสภาพแวดล้อมในภาคต่างๆ ดังกล่าวค่อนข้างมีความแตกต่างกันมาก อุณหภูมิที่ข้าวโพดสามารถเจริญเติบโตได้อยู่ระหว่าง 10-40 องศาเซลเซียส แต่อุณหภูมิที่ 34 องศาเซลเซียส ข้าวโพดสามารถเจริญเติบโตได้ดีที่สุด ซึ่งความต้องการธาตุอาหาร N , P และ K อย่างน้อยสุดร้อยละ 3.0,0.25 และ 1.9 ตามลำดับ ข้าวโพดเป็นพืชที่ต้องการไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมสูง ดินที่เหมาะสมสำหรับการปลูกข้าวโพดควรมี pH ระหว่าง 5.5-8

ปัจจุบัน Smart Farm เข้ามามีบทบาทกับเกษตรกรในเรื่องของการตรวจสอบผลผลิต ไม่ว่าจะในช่วงเวลาในการตรวจวัดปริมาณของผลผลิตและช่วงเวลาในการเก็บเกี่ยว

จากที่กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยจึงมีความสนใจศึกษาอุณหภูมิและความชื้นของผิวดินบริเวณที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ จากกล้องเทอร์โมสแกน และ Temperature Sensor เพื่อนำมาเปรียบเทียบกับอัตราการเจริญเติบโต (DSM) และความสมบูรณ์ของการดูดซึมธาตุอาหารด้วยเทคนิค NDVI ว่าอุณหภูมิมีผลต่อการเจริญเติบโตและการดูดซึมธาตุอาหารหรือไม่ ซึ่งงานวิจัยนี้ไม่ได้จัดทำมาให้เกษตรกรวิเคราะห์แต่ทำมาเพื่อให้นักวิชาการทางการเกษตรนำไปประยุกต์ใช้และการวิเคราะห์ที่ใช้ในการจัดการกับแปลงข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ต่อไป

1.2. วัตถุประสงค์

1. เพื่อตรวจสอบค่าดัชนีความร้อนของพื้นผิว (Land Surface Temperature:LST) ด้วยภาพถ่ายจากกล้องเทอร์โมสแกนและ Temperature Sensor
2. เพื่อวิเคราะห์หาผลกระทบต่อ การปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในพื้นที่ที่มีอุณหภูมิต่างกัน

1.3. ความสำคัญของงานวิจัย

อุณหภูมิมีผลต่อการดูดซึมของธาตุอาหารของพืชซึ่ง ไนโตรเจน(N) ฟอสฟอรัส(P) และ โพแทสเซียม(K) ส่งผลกระทบในการให้ผลผลิตต่อข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ถ้าอุณหภูมิดินมีความเหมาะสมรากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ก็จะดูดซึมธาตุอาหารมาใช้ในการให้ผลผลิตได้ดี แต่ถ้าอุณหภูมิสูงรากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์จะดูดซึมธาตุอาหารมาใช้ในการให้ผลผลิตได้น้อยลง

1.4. ขอบเขตของการวิจัย

1.4.1 ขอบเขตด้านพื้นที่

โครงการ การประเมินการเจริญเติบโตและสถานะไนโตรเจนสำหรับการใส่ปุ๋ยแบบผันแปรอัตราในการผลิตข้าวโพดโดยใช้อากาศยานไร้คนขับ ต.ท่าโพธิ์ อ.เมือง จ.พิษณุโลก

1.5. ข้อตกลงเบื้องต้น

งานวิจัยครั้งนี้เป็นการนำกล้องถ่ายภาพความร้อน FLIR รุ่น FLIR C2 Thermal Imaging Camera มาถ่ายภาพความร้อนพื้นผิวดิน และเซ็นเซอร์(Sensor) ในการวัดอุณหภูมิ และทำการเปรียบเทียบค่าความถูกต้องจากการวิเคราะห์ข้อมูลกับ NDVI จากนั้นนำผลที่ได้ไปวิเคราะห์หาผลกระทบต่อการดูดซึมธาตุอาหารของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์โดยระบบทั้งหมดใช้ซอฟต์แวร์ที่สเปค (Free and Open Source Software for Geospatial: FOSS4G)

1.6. นิยามศัพท์เฉพาะ

อุณหภูมิพื้นผิวดิน (Land Surface Temperature) เป็นอุณหภูมิในรูปแบบหนึ่งที่ยุมนำมาติดตามอุณหภูมิโดยการตรวจวัดความร้อนในช่วงคลื่นอินฟราเรดความร้อน (Thermal Infrared) ที่อาศัยการแผ่รังสี (Radiance) ความร้อนของสิ่งปกคลุมดินหรือพื้นผิวของโลกและสามารถบอกถึงอุณหภูมิในแต่ละสิ่งปกคลุมดินได้อย่างละเอียดและมีประสิทธิภาพรวมไปถึงมีความเหมาะสมในการนำมาใช้งานซึ่งปัจจุบันเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศหรือที่รู้จักกันว่า เทคโนโลยี3S ได้แก่ การรับรู้จากระยะไกล (Remote Sensing: RS) ระบบสารสนเทศภูมิ (Geographic Information System: GIS) ระบบกำหนดตำแหน่งบนโลก (Global Positioning System: GPS) นั้นสามารถนำมาประมาณค่าอุณหภูมิพื้นผิวดินจากข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT-8

ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ เป็นผลิตผลทางการเกษตรที่สำคัญของประเทศไทย มีแหล่งการเพาะปลูกที่สำคัญอยู่บริเวณจังหวัดเพชรบูรณ์ และนครราชสีมา ประเทศไทยสามารถปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ได้ปีละ 2 ครั้ง ผลผลิต

ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ส่วนใหญ่จะนำมาใช้เป็นวัตถุดิบหลักในอุตสาหกรรม อาหารสัตว์ที่มีการขยายตัวอย่างต่อเนื่อง ตามภาวะการเติบโตของภาคปศุสัตว์ โดยเฉพาะไก่เนื้อ และสุกร ซึ่งมีความต้องการใช้ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เป็นส่วนประกอบในการผลิตอาหารสัตว์ 4.3 ล้านตันต่อปีโดยร้อยละ 94 เป็นผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในประเทศ ผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์อีกส่วนหนึ่งจะนำไปใช้ในด้านอื่นๆ เช่น อุตสาหกรรมแป้งข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ข้าวโพดปั่น น้ำมันพืช และเครื่องสำอางค์ เป็นต้น ระยะเวลาเจริญเติบโตและการพัฒนาของข้าวโพด เริ่มตั้งแต่ระยะเริ่มงอกถึงระยะเก็บเกี่ยว ซึ่งรวมอายุได้ประมาณ 100-120 วัน ข้าวโพดที่เจริญเติบโตสมบูรณ์จะมีใบ 16-18 ใบ และออกไหมเมื่ออายุประมาณ 55-60 วัน

สภาพภูมิอากาศมีผลต่อการอยู่รอด การเข้าทำลาย การพักตัวและการสร้างส่วนขยายพันธุ์ ของเชื้อสาเหตุ ตลอดจนพัฒนาการของโรค การเจริญเติบโตของเชื้อสาเหตุโรคและการเข้าทำลายพืช ต้องการสภาพที่มีความจำเพาะแตกต่างกันไป เชื้อรา *Peronosclerospora sorghi* สาเหตุโรคราน้ำค้าง ของข้าวโพดไอโซเลทจากแอฟริกา สปอร์งอกที่อุณหภูมิ 10-34 องศาเซลเซียส สร้าง germ tube ที่ อุณหภูมิ 23-33 องศาเซลเซียส เข้าทำลายพืชที่อุณหภูมิ 14-30 องศาเซลเซียส

สภาพดินฟ้าอากาศ ข้าวโพดเป็นพืชวันสั้นปลูกในสภาพวันยาวจะใช้เวลาในการออกดอกและแก่ยาวขึ้น และมีจำนวนใบเพิ่มขึ้น แม้ว่าข้าวโพดเป็นพืชที่มีความสามารถปรับตัวได้กว้าง แต่จะเจริญเติบโตได้ดีในอุณหภูมิระหว่าง 25-35 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิต่ำสุดสำหรับการงอก 13 องศาเซลเซียส ขณะที่ต้นยังเล็กอยู่ (สูงราว 15 เซนติเมตร) ข้าวโพดสามารถทนทานต่ออากาศหนาวเย็นได้ดีแต่เมื่อโตขึ้นจะไม่ทนทานต่อสภาพอากาศดังกล่าว ข้าวโพดเป็นพืชที่ต้องการไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโปแตสเซียมสูง ดินที่เหมาะสมสำหรับการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ควรมี pH ระหว่าง 5.5-8

อากาศยานไร้คนขับหรือ UAV (Unmanned Aerial Vehicle: UAV) เป็นอากาศยานที่ไม่มีนักบินประจำการอยู่บนเครื่อง เป็นอากาศยานที่ไร้คนขับหรือนักบินแต่สามารถควบคุมได้ อากาศยานไร้คนขับมีรูปร่าง ขนาด รูปแบบ และเอกลักษณ์ที่แตกต่างกันออกไป โดรน (Drone) เป็นอากาศยานที่ควบคุมจากระยะไกล ใช้การควบคุมอัตโนมัติซึ่งมีอยู่ 2 ลักษณะ คือ การควบคุมอัตโนมัติจากระยะไกล และการควบคุมแบบอัตโนมัติโดยใช้ระบบการบินด้วยตนเองซึ่งต้องอาศัยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่มีระบบที่ซับซ้อนแล้วมีการติดตั้งไว้ในอากาศยานและในส่วนของการตัดสินใจเส้นทางการบินนั้น

แบ่งออกเป็น 3 รูปแบบ คือ 1) บังคับจากศูนย์ควบคุมระยะไกล 2) มีการโปรแกรมไว้ให้บินไปตามเส้นทางที่กำหนด 3) วินิจฉัยการเดินทางด้วยคอมพิวเตอร์บนอากาศยาน

การสร้างอากาศยานไร้คนขับหรือ UAV โดยทั่วไปจะคำนึงถึงหลัก 5 ประการ คือ ระยะเวลาบิน ความเร็ว รัศมีทำการ ความสูง และน้ำหนักรวม ดังนั้น ส่วนประกอบที่เมื่อพิจารณาโดยรวมทั้งระบบแล้วระบบอากาศยานไร้คนขับ คือ

1. Drone สามารถที่จะติดตั้งอุปกรณ์เสริม เช่น กล้อง NIR และกล้องเทอร์โมสแกน ฯลฯ ที่มีน้ำหนักไม่เกิน 1 kg. เพื่อที่จะบินขึ้นไปถ่ายภาพมุมสูงได้

2. ระบบการส่งและกลับคืน (Launch and Recovery System) การส่งอากาศยานไร้คนขับหรือยูเอวีขึ้นไปทำได้หลายวิธี เช่น การยิงจากเครื่องส่ง (Launch) การวิ่งขึ้นจากทางวิ่ง หรือการปล่อยจากอากาศยานขนาดใหญ่ และการกลับคืนฐานที่ตั้งก็สามารถทำได้หลายวิธี เช่น การจับด้วยตาข่าย การใช้ร่มชูชีพ การใช้พาราพอยล์ และการบังคับลงบนรันเวย์ด้วยวิทยุบังคับ

3. ระบบนำร่องและนำวิถี (Navigation and Guidance System) เป็นส่วนที่สำคัญของอากาศยานไร้คนขับ ในปัจจุบันระบบนำร่องและนำวิถี ส่วนใหญ่จะใช้ จีพีเอส (GPS) เป็นตัวช่วย โดยปกติแล้วอากาศยานไร้คนขับหรือยูเอวีจะใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ที่ทำงานที่มีด้านระบบนำร่องและนำวิถีโดยเฉพาะแยกออกมาจากระบบควบคุมอัตโนมัติ

4. ระบบควบคุมและสนับสนุนภาคพื้น (Ground Control Station) ระบบควบคุมและสนับสนุนภาคพื้นของอากาศยานไร้คนขับทำงานคล้ายๆ กับระบบควบคุมภาคพื้นของอากาศยานทั่วไป โดยมีหน้าที่ตรวจสอบการทำงานและตรวจข้อมูลต่างๆ ที่ส่งมาจากอากาศยานไร้คนขับนอกจากนั้นยังสามารถสั่งตัวตรวจวัดต่างๆ ทำงานตามที่เราต้องการ โดยส่งข้อมูลผ่านข่ายรับ - ส่งข้อมูลไร้สาย

5. สัมภาระที่บรรทุกได้ (Payload) ปกติอากาศยานไร้คนขับที่ทำหน้าที่สำรวจหรือตรวจการณ์จะนำอุปกรณ์ตรวจจับต่างๆ ขึ้นไป เช่น กล้องถ่ายภาพนิ่ง กล้องอินฟราเรด กล้องถ่ายภาพเคลื่อนไหว และเรดาร์ แต่ในปัจจุบันได้มีการพัฒนาอากาศยานไร้คนขับหรือยูเอวีที่ทำหน้าที่ในการสอดแนมและโจมตี ซึ่งอากาศยานไร้คนขับหรือยูเอวีเหล่านี้จึงอาจมีการติดตั้งจรวดหรือระเบิดขนาดต่างๆ ตามภารกิจ

Copyright by Naresuan University

All rights reserved

กล้องที่ใช้สำหรับถ่ายภาพความร้อนพื้นผิวดินเพื่อวิเคราะห์หาอุณหภูมิซึ่งเป็น FLIR C2 คือ กล้องถ่ายภาพความร้อนขนาดพกพาประสิทธิภาพสูงรุ่นแรกของโลก ที่ถูกออกแบบมาสำหรับงานก่อสร้างโดยเฉพาะ ซึ่งสามารถพกพา FLIR C2 ไปได้ทุกที่ที่เราทำงาน จะทำให้เรามีความพร้อมในการค้นพบร่องรอยความร้อนที่ชี้ให้เห็นถึงจุดที่ระบบสูญเสียพลังงาน, จุดบกพร่องในโครงสร้าง, การอุดตันในงานท่อ, ปัญหาจากงานระบบปล่องความร้อนและความเย็น, ด้านทางการตรวจวัดอุณหภูมิด้านการเกษตร และปัญหาอื่น ๆ ที่มองไม่เห็นด้วยตาเปล่าของเรา

1.7. สมมติฐานงานวิจัย

1. ค่าอุณหภูมิและความชื้นจากกล้องเทอร์โมสแกนและ Temperature Sensor สามารถวัดค่าอุณหภูมิพื้นผิวดินบริเวณปลุกข้าวโพดได้เหมือนกันหรือไม่

2. ค่าอุณหภูมิและความชื้นแต่ละบริเวณที่ปลุกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ส่งผลต่อการเจริญเติบโตและความสมบูรณ์หรือไม่

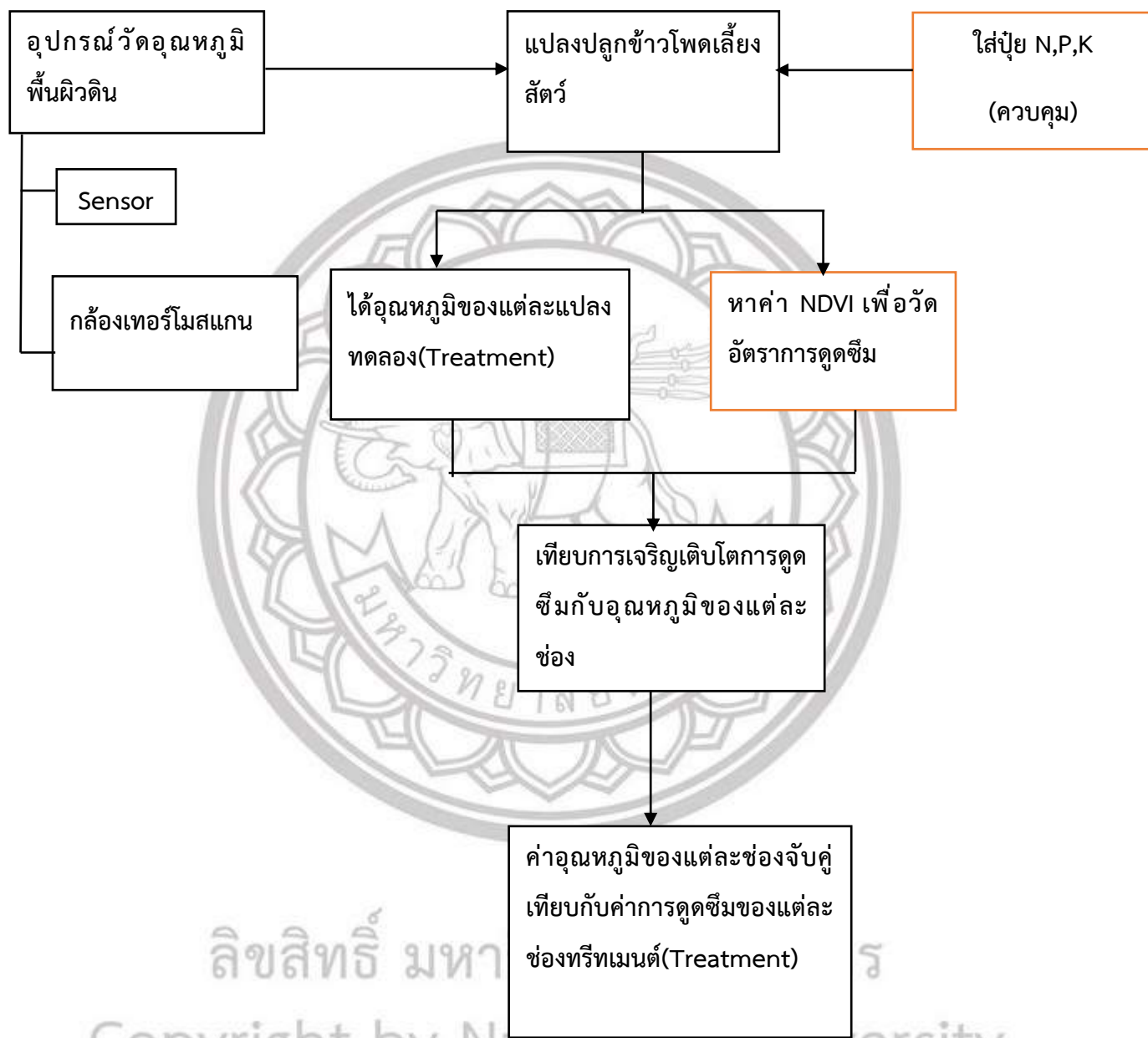


ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

Copyright by Naresuan University

All rights reserved

1.8. กรอบแนวคิดงานวิจัย



ภาพที่ 1.1 กรอบแนวความคิด

บทที่ 2

เอกสารและงานที่เกี่ยวข้อง

จากปัญหาที่มาและความสำคัญทำให้ผู้วิจัยให้ความสำคัญในที่มาและปัญหา รวมไปถึงความสำคัญของงานวิจัยจึงได้ทบทวนวิทยานิพนธ์ บทความ แนวคิด ทฤษฎีต่างๆที่เกี่ยวข้องหรือมีเทคนิควิธีการที่สามารถนำมาประยุกต์หรือปรับใช้ในงานวิจัย เพื่อแก้ไขหรือลดปัญหาที่เกิดขึ้นได้ ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการศึกษาวิทยานิพนธ์ บทความ แนวคิด ทฤษฎีต่างๆ มาใช้เป็นแนวทางในการศึกษางานวิจัยในหัวข้อการวิเคราะห์หาอุณหภูมิและความชื้นพื้นผิวดินบริเวณที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ด้วยภาพถ่ายความร้อนและเซ็นเซอร์ ดังนี้

2.1. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Sobrinho *et al.*,(2004) ศึกษาเรื่องการดึงอุณหภูมิผิวดินจาก LANDSAT TM 5 ระบบ Thematic Mapper(TM) เป็นอุปกรณ์บันทึกข้อมูลดาวเทียม Landsat 5 เป็นอุปกรณ์ที่ใช้มากที่สุดเพื่อสิ่งแวดล้อมซึ่ง TM นั้นประกอบด้วย 7 แบนด์ การวิเคราะห์หาอุณหภูมิ และความชื้นพื้นผิวดิน (LST) จากภาพดาวเทียม Landsat 5 จะถูกนำมาวิเคราะห์มี 3 วิธี คือ 1.สมการถ่ายโอนรังสี 2.อัลกอริทึมของอัลควาริมิ(al) และ อัลกอริทึมของ sobrinho เพื่อเปรียบเทียบสมการการวิเคราะห์ของทั้ง 3 วิธีด้วยภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 5 ซึ่งวิธีอัลกอริทึมของ (al) ใช้ไอน้ำในบรรยากาศและอากาศใกล้พื้นผิวอุณหภูมิในขณะอัลกอริทึมของ Sobrinho ใช้เพียงไอน้ำในชั้นบรรยากาศเท่านั้นในการทดสอบอัลกอริทึมได้รับการดำเนินการจากภาพถ่าย Landsat 5 และการถ่ายโอนรังสีสมการจะใช้งานได้เฉพาะอยู่ในแหล่งกำเนิดคลื่นวิทยุเท่านั้น ผลลัพธ์ คือ อัลกอริทึมของ (al) มีผลลัพธ์ที่ดีที่สุด

Zullo *et al.*,(2018) ศึกษาเรื่องผลของรูปแบบการเติบโตเชิงพื้นที่ของเมือง (UGSP) ต่ออุณหภูมิพื้นผิวดิน (LST): การศึกษาใน Po Valley (อิตาลี) การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในปัจจุบัน กลายเป็นหัวข้อสำคัญในกิจกรรมทางเศรษฐกิจของหลาย ประเทศ ประสบอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นมากที่สุดเนื่องจากสาเหตุหลักมาจาก Urban Heat Islands (UHI) ซึ่งมีผลกระทบที่ขยายโดยกิจกรรมของมนุษย์ UHI สร้างผลกระทบทางเศรษฐกิจและสังคมต่อชุมชนซึ่งล้วนส่งผลกระทบต่อคุณภาพชีวิต การเปลี่ยนแปลง LST ที่เกิดจาก Urban ที่แตกต่างกันรูปแบบการเติบโตเชิงพื้นที่ (UGSP) ในช่วงทศวรรษ 2544-2554 ใน Po Valley ประเทศอิตาลี ซึ่งการนำเอาอุณหภูมิเฉลี่ยรายปีมาวิเคราะห์หาอุณหภูมิผิวดินและทำแผนที่แสดงอุณหภูมิที่แตกต่างของช่วงทศวรรษ 2544-2554 และได้อุณหภูมิในช่วงทศวรรษ 2554 มีอุณหภูมิผิวดินที่สูงขึ้นเรื่อยๆ เกิดจากการทำกิจกรรมของมนุษย์ที่เพิ่มมากขึ้น

Wan *et al.*(2008) ศึกษาเรื่องการปรับแต่งใหม่และการตรวจสอบความถูกต้องของผลิตภัณฑ์อุณหภูมิ การแผ่รังสีของที่ดิน MODIS จากการวิเคราะห์ Modror Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) ผลิตภัณฑ์อุณหภูมิ / Emissivity (LST) ในปัจจุบัน (V4) และรุ่นก่อนหน้าและนำเสนอ การปรับแต่งใหม่แปด ประการสำหรับรหัสผู้บริหารรุ่นผลิตภัณฑ์ V5 (PGE16) และผลการทดสอบพร้อมข้อมูล Terra และ Aqua MODIS จริง การปรับแต่งครั้งใหญ่รวมถึงการพิจารณาระดับพื้นผิวเมื่อใช้ผลิตภัณฑ์ MODIS cloudmask การกำจัดค่าเฉลี่ยชั่วคราวในระดับ 1 กม. ต่อวันผลิตภัณฑ์ระดับ 3 LST การกำจัด LST ที่ปนเปื้อนในเมฆในระดับ ผลิตภัณฑ์ LST ระดับ 3 และวันที่กลางคืน อัลกอริทึม LST การปรับแต่งเหล่านี้ช่วยเพิ่มความครอบคลุมเชิงพื้นที่ ของ LST อย่างมีนัยสำคัญโดยเฉพาะในพื้นที่สูง และความแม่นยำและความเสถียรของผลิตภัณฑ์ MODIS LST การเปรียบเทียบระหว่าง V5 LST และ ค่า in-situ ใน 47 กรณีท้องฟ้าใส (ในช่วง LST จาก - 10 ° C ถึง 58 ° C และช่วงไอน้ำคอลัมน์บรรยากาศ ช่วง 0.4-3.5 ซม.) บ่งชี้ว่าความแม่นยำของผลิตภัณฑ์ MODIS LST ดีกว่า 1 K ใน กรณีส่วนใหญ่ (39 จาก 47) และรูตของค่าเฉลี่ยของความแตกต่างน้อยกว่า 0.7 K สำหรับทั้งหมด 47 รายหรือ 0.5 K สำหรับทุกคน แต่เห็นได้ชัดว่า 8 รายที่มีการบรรทุกสองหนัก การแผ่รังสีที่เรียกคืนโดยอัลกอทึมกลางวัน/ กลางคืนนั้นดีเมื่อเปรียบเทียบกับสเปกตรัมการแผ่รังสีพื้นที่วัดโดยวิธีอาทิตย์เงาในสองแคมเปญ ภาคสนาม อนุกรม เวลาของผลิตภัณฑ์ V5 MODIS LST บนสองไซต์ (Lake Tahoe ในแคลิฟอร์เนียและ Namco Lake ในทิเบต) ได้รับการประเมินในปี 2003 แสดงให้เห็นว่าปริมาณและคุณภาพของผลิตภัณฑ์ MODIS LST ขึ้นอยู่กับสภาพ ท้องฟ้าที่ปลอดโปร่งเนื่องจากข้อจำกัด โดยธรรมชาติของการสำรวจ ระยะไกลความร้อนอินฟราเรด การศึกษาครั้ง นี้เพื่อทดสอบปริมาณและคุณภาพของผลิตภัณฑ์ MODIS LST ขึ้นอยู่กับปัจจัยใดมีวิีการทดสอบด้วยข้อมูล Aqua Modis ซึ่งแสดงให้เห็นว่าปริมาณและคุณภาพของผลิตภัณฑ์ MODIS LST ขึ้นอยู่กับสภาพท้องฟ้าที่ชัดเจน โดย ธรรมชาติของการสำรวจระยะไกลความร้อนอินฟราเรด

Muro *et al.*,(2018) ศึกษาเรื่องแนวโน้มอุณหภูมิพื้นผิวที่ดินเป็นตัวบ่งชี้การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินใน พื้นที่ชุ่มน้ำ ผลกระทบของการขยายตัวทางการเกษตรในพื้นที่ชุ่มน้ำนั้นมีความหลากหลายและซับซ้อน อุณหภูมิ พื้นผิวของแผ่นดิน (LST) มีศักยภาพที่ดีในการทำหน้าที่เป็นตัวบ่งชี้ระดับโลกเกี่ยวกับสถานะของพื้นที่ชุ่มน้ำและ การเปลี่ยนแปลงในระบบอุทกวิทยาและการระเหยของควันซึ่งมักเชื่อมโยงกับการใช้ที่ดินและครอบคลุม การ เปลี่ยนแปลงใช้หน่วยเก็บถาวร MODIS LST ทั้งหมด (2000-2017) เพื่อดำเนินการวิเคราะห์อนุกรมเวลา ในการ เก็บกักน้ำ Kilombero, แทนซาเนีย; พื้นที่ชุ่มน้ำขนาดใหญ่ที่มีประสบการณ์การแปลงที่ดินเป็นหลักเพื่อการเกษตร ในช่วงสองทศวรรษที่ผ่านมา ได้ประเมินแนวโน้มของฟิสิกส์โดยใช้แบบจำลองสามแบบคือ แบบจำลองแนวโน้ม ตามฤดูกาลและอนุกรมเวลาแบบรวมโดยใช้ค่าเฉลี่ยรายปีและ 90 เปอร์เซนต์เรากำหนด แนวโน้มที่พบโดยการใช้ แผนที่การเปลี่ยนแปลงการปกคลุมพื้นดินที่ได้จากภาพถ่าย Landsat และการเปรียบเทียบหลัง นอกจากนี้ยังได้

ทำการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่าง NDVI (ดัชนีพืชพรรณที่แตกต่างจาก ปกติ) และ LST ($r = -0.56$) ผลลัพธ์ที่ได้จากโมเดลแนวโน้มฤดูกาลและค่าเฉลี่ยรายปีมีความคล้ายคลึงกัน ($r = 0.81$) พบแนวโน้มที่สำคัญน้อยลงเมื่อใช้เปอร์เซ็นต์ไทล์ 90 และสิ่งเหล่านี้มีขนาดใหญ่ขึ้น แนวโน้ม LST ในเชิงบวก (เช่นเพิ่มขึ้น) สอดคล้องกับการตัดไม้ทำลายป่าและการขยายพื้นที่เพาะปลูกในพื้นที่น้ำท่วมใน ขณะที่กระบวนการป่าไม้ส่งผลให้แนวโน้ม LST ติดลบ LST ที่เพิ่มขึ้นปานกลางในพื้นที่ชุ่มน้ำตามธรรมชาติ แนะนำว่าผลกระทบของกิจกรรมของมนุษย์ขยายไปยังพื้นที่ที่ไม่ได้รับการเพาะปลูกเช่นกัน การให้หลักฐานว่าการวิเคราะห์อนุกรมเวลาของข้อมูล LST สามารถใช้ในการติดตามและศึกษาการเปลี่ยนแปลง ของระบบนิเวศพื้นที่ชุ่มน้ำได้อย่างประสบความสำเร็จในระดับภูมิภาคและระดับท้องถิ่นอย่างไร

Helene *et al.*, (2016) ศึกษาเรื่องแผนที่ความเครียดของน้ำสำหรับฤดูปลูกทั้งหมดจากภาพถ่าย UAV ที่มองเห็นและระบายความร้อน การศึกษานี้ตรวจสอบว่าดัชนีการขาดน้ำ (WDI) จากภาพจาก ยานพาหนะไร้คนบิน (UAV) สามารถจัดทำแผนที่ความเครียดของพืชในที่แม่นยำในระยะการเจริญเติบโตที่แตกต่างกันของข้าวบาร์เลย์ และในสภาพอากาศที่ต่างกันหรือไม่ ข้อมูลจากทั้งช่วงต้น และปลายฤดูปลูกรวมอยู่ด้วยเพื่อตรวจสอบว่าดัชนี WDI มีศักยภาพเฉพาะที่จะสามารถนำมาใช้ได้หรือไม่ เมื่อพื้นผิวของดินประกอบด้วยส่วนที่เป็นดินเปล่าและเมื่อพืชบนพื้นผิวที่ดินเสื่อมสภาพ ดัชนี WDI นั้นแตกต่างจากดัชนีความเครียดของพืชน้ำที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในการใช้ทั้งดัชนีพืชพรรณ (VI) เพื่อกำหนดระดับความเป็นสีเขียวของพื้นผิวและอุณหภูมิพื้นผิวของพื้นดินผสม (LST) อุณหภูมิ) กล้องความร้อนน้ำหนักเบาและ RGB (แดง - เขียว - น้ำเงิน) ติดตั้งบน UAV สามครั้งในช่วงฤดูการเติบโตปี 2014 และให้ภาพคอมโพสิต LST และสีตามลำดับจาก LST คำนวณความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศพื้นผิวจากภาพสีคำนวณดัชนีความแตกต่างสีเขียว - แดงปกติ (NGRDI) ซึ่งเป็นตัวบ่งชี้ความเป็นสีเขียวของพื้นผิว ข้อดีของ WDI เป็นแผนที่การชลประทานเมื่อเปรียบเทียบกับแผนที่ที่เรียบง่ายของความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศ - พื้นผิวและการประเมินความเหมาะสมของดัชนี NGRDI แผนที่ WDI ขั้นสุดท้ายความละเอียดเชิงพื้นที่ 0.25 ม. พบว่าดัชนี WDI ที่ใช้ UAV เป็นตัวกำหนดสถานะของพืชน้ำที่ถูกต้อง นอกจากนี้ดัชนี WDI มีค่าโดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงปลายฤดูการเพาะปลูกเนื่องจากในระยะนี้ข้อมูลการรับรู้จากระยะไกลแสดงถึงความพร้อมใช้น้ำของพืชในระดับที่มากกว่าในช่วงฤดูปลูกต้น และเนื่องจาก WDI มีสำหรับพื้นที่ที่ปลูกพืชสลับ ไม่ต้องการการชลประทานอีกต่อไป แผนที่ WDI อาจทำหน้าที่เป็นแผนที่แสดงความเครียดของน้ำซึ่งแสดงให้เห็นว่าชาวนาต้องการการชลประทาน เพื่อให้แน่ใจว่าพืชมีสุขภาพดีในช่วงฤดูปลูก

2.2. เอกสารและแนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.2.1. กล้องเทอร์โมสแกน

กล้องส่องความร้อนหรือเรียกอีกชื่อหนึ่งว่าเทอร์โมกราฟี (Thermography) หรือกล้องถ่ายภาพด้วยแสงอินฟราเรด กล้องถ่ายภาพนี้สามารถสร้างภาพจากการแผ่รังสีอินฟราเรด ซึ่งเปรียบเทียบกับกับกล้องถ่ายภาพธรรมดาแตกต่างกันที่กล้องถ่ายภาพธรรมดาใช้การสร้างภาพจากแสงที่มองเห็นได้ซึ่งมีความยาวคลื่น อยู่ใน ช่วง 450 – 750 นาโนเมตร แต่กล้องถ่ายภาพความร้อนทำงานกับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ความยาวคลื่นประมาณ 14000 นาโนเมตร ซึ่งไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่ารังสีอินฟราเรดหรือเรียกว่า คลื่นรังสีความร้อน

คลื่นรังสีอินฟราเรดหรือคลื่นรังสีความร้อนนั้น ถูกค้นพบโดยนักวิทยาศาสตร์ชาวอังกฤษ คือเซอร์วิลเลียม เฮอร์เชล (Sir William Herschel) ซึ่งได้ค้นพบ รังสีอินฟราเรดสเปกตรัม (Infrared Ray) ในปี ค.ศ. 1800ขณะที่ เฮอร์เชล กำลังติดตามศึกษาดวงอาทิตย์อยู่ในกล้องดูดาว ต้องมีการใช้เลนส์กรองแสง ซึ่งทำเป็นสีต่างๆ เฮอร์เชล ต้องการทราบว่าในเลนส์แต่ละสี จะเปลี่ยนค่าแสดงความร้อนของดวงอาทิตย์หรือไม่ ท่านจึงประดิษฐ์อุปกรณ์การทดลองอย่างง่าย ๆ เพื่อหาคำตอบ ซึ่งใช้วิธีทดลองโดยใช้ปริซึมแยกแสง แล้วให้แสงต่างๆมาตกที่เทอร์โมมิเตอร์ ซึ่งหาซื้อได้ที่กะเปาะ เพื่อให้ดูความร้อนดีขึ้นและเฮอร์เชลได้ทำการตั้งเทอร์โมมิเตอร์ตัวหนึ่งนอกเหนือจากแสงสีต่าง ๆ นั้น เพื่อเป็นตัวควบคุมการทดลอง ปรากฏว่า แสงสีต่างมีอุณหภูมิสูงกว่าแสงสีขาวและอุณหภูมิสูงขึ้นจาก สีม่วงไปหาสีแดง เฮอร์เชล จึงทำการวัดแถบเหนือแสงสีแดงขึ้นไปที่ไม่ปรากฏสีซึ่งดู เหมือนแสงอาทิตย์ธรรมดา ปรากฏว่า เทอร์โมมิเตอร์ ตัวที่อยู่นอกเหนือจากแสงสีแดงนั้น กลับวัดได้อุณหภูมิสูงกว่าทุกตัว เฮอร์เชล จึงทำการทดลองต่อไป ก็พบว่า ส่วนของแสงที่มองไม่เห็นแต่ร้อน กว่าสีแดงนี้มีคุณสมบัติทางกายภาพเช่นเดียวกับคลื่นแสงที่มองเห็นได้ทุกประการ เช่น การหักเห ดูดซับ ส่องผ่านหรือไม่ผ่านตัวกลาง ฯลฯ ในตอนแรก เฮอร์เชล เรียกแสงนี้ว่า รังสีความร้อน (Calorific rays) และในภายหลังได้เปลี่ยนชื่อเป็น " รังสีอินฟราเรด " สายตาของมนุษย์นั้นธรรมชาติ ได้ออกแบบให้สามารถมองเห็นคลื่นได้ในระดับหนึ่งหรือ เรียกว่า "รังสีการมองเห็น" (Visible Light) โดยจะอยู่ในรูปของความสว่าง เราสามารถมองเห็นรังสีในย่านแคบ ๆ เท่านั้น หรือเรียกว่าย่านสเปกตรัมแม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่งถ้า มองด้านซ้ายของ สเปกตรัมแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic Spectrum) ก็จะติดกับย่านรังสีอัลตราไวโอเล็ต ซึ่งมนุษย์ไม่สามารถมองเห็นในย่านนี้และส่วนด้านขวาของสเปกตรัมแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic Spectrum) ก็จะติดกับย่านรังสีอินฟราเรด (Infrared Ray) ซึ่งเรามองไม่เห็น

รังสีอินฟราเรด (Infrared, IR) มีชื่อเรียกอีกชื่อว่า รังสีใต้แดง หรือรังสีความร้อน เป็นคลื่น แม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความยาวคลื่นอยู่ระหว่างคลื่นวิทยุและแสงมีความถี่ในช่วง 1011 – 1014 เฮิร์ตซ์ มีความถี่ในช่วงเดียวกับไมโครเวฟ มีความยาวคลื่นอยู่ระหว่างแสงสีแดงกับคลื่นวิทยุ สสารทุกชนิดที่มีอุณหภูมิอยู่ ระหว่าง -200 องศาเซลเซียสถึง 4,000 องศาเซลเซียส จะปล่อยรังสีอินฟราเรดออกมา คุณสมบัติเฉพาะตัวของรังสีอินฟราเรด เช่น ไม่เบี่ยงเบนในสนามแม่เหล็กไฟฟ้า ที่แตกต่างกันก็คือ คุณสมบัติที่ขึ้นอยู่กับความถี่ คือยิ่งความถี่สูงมากขึ้นพลังงานก็สูงขึ้นด้วย ดังนั้น ปัจจุบันมีการนำคลื่นรังสีอินฟราเรดมาใช้ประโยชน์ในการสร้างกล้องอินฟราเรดที่สามารถมองเห็นวัตถุในความมืดได้ เช่น อเมริกาสามารถใช้กล้องอินฟราเรดมองเห็นเวียงกงได้ตั้งแต่สมัยสงครามเวียดนาม และ สัตว์หลายชนิดมีนัยน์ตารับรู้รังสีชนิดนี้ได้ ทำให้มองเห็นหรือล่าเหยื่อได้ในเวลากลางคืน หน่วยของความยาวคลื่นโดยปกติจะมีหน่วยเป็นไมโครเมตร (um)

การตรวจจ็รังสีอินฟราเรด

กล้องถ่ายภาพความร้อน (Thermal Image camera, TI - camera หรือ Thermography) เป็นเครื่องมือวัดอุณหภูมิที่ผิวของวัตถุ ซึ่งเป็นการวัดแบบไม่สัมผัสและไม่ทำลายวัตถุและเป็นการวัดอุณหภูมิแบบพื้นที่ ส่วนประกอบสำคัญของกล้องถ่ายภาพความร้อน ประกอบด้วย เลนส์ (Lens) ตัวตรวจจ็รังสีอินฟราเรด (Infrared detector) หรือเซนเซอร์ชนิดอินฟราเรด (Infrared sensor) วงจรอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic circuit) และส่วนแสดงผล (Display) โดยมีหลักการทำงานดังนี้ ตัวตรวจจ็รังสีอินฟราเรดทำหน้าที่รับรังสีอินฟราเรดที่แผ่ออกจากวัตถุเป้าหมาย (Target) ผ่านเลนส์ ของเครื่องมือวัดแล้วแปลงรังสีอินฟราเรดเหล่านั้นให้อยู่ในรูปของสัญญาณทางไฟฟ้า โดยรังสีอินฟราเรดที่ตัวตรวจจ็รับไปนั้นประกอบด้วยรังสีที่วัตถุเป้าหมายแผ่ออกมารวมกับรังสีที่แผ่จากวัตถุอื่นหรือจากสิ่งแวดล้อมสะท้อนออกจากผิวของวัตถุเป้าหมาย (ตามทฤษฎีการแผ่รังสีความร้อน: Theory of thermal radiation) จากนั้นวงจรอิเล็กทรอนิกส์จะทำหน้าที่แปลงข้อมูลที่รับมาจากตัวตรวจจ็และนำไปแสดงที่ตัวแสดงผล ซึ่งอาจแสดงผลออกมาในรูปแบบของตัวเลข สี หรือกราฟ หรือทั้ง 3 รูปแบบ

สำหรับกล้องถ่ายภาพความร้อนประกอบด้วยเซนเซอร์ชนิดอินฟราเรดหลายตัวแต่ละตัว แสดงผลออกมาในรูปแบบของสีที่แตกต่างกันตามอุณหภูมิของจุดนั้น ๆ โดยทั่วไป สีแดงแสดงผล ของบริเวณที่มีอุณหภูมิสูงและสีน้ำเงินแสดงผลของบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำ หรือโทนสีสว่างแสดงผล ของบริเวณที่มีอุณหภูมิสูง และโทนสีมืดแสดงผลของบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำ ผลของแต่ละจุดที่ได้ จากเซนเซอร์แต่ละตัวเมื่อนำมารวมกันจะประกอบขึ้นเป็นภาพ เรียกว่า "ภาพถ่ายความร้อน (Thermal Image)" ซึ่งการแปลงรังสีอินฟราเรดที่เซนเซอร์ตรวจจ็ได้ให้อยู่ในหน่วยของอุณหภูมิตฤษฎีของแพล็ค (Planck's Law) และ กฎของสตีเฟน (Stefan-Boltzman's Law) ลักษณะการทำงานของไพโรมิเตอร์ชนิดอินฟราเรด

ระบบการวัดอุณหภูมิโดยอาศัยการแผ่รังสีอินฟราเรดของวัตถุ

ในทางทฤษฎีกล้องถ่ายภาพความร้อนมี्यानการวัดอุณหภูมิตั้งแต่อุณหภูมิสูงกว่าศูนย์องศา สมบูรณ์ อย่างไรก็ตาม ในทางปฏิบัติช่วงการใช้งานของเครื่องมือวัดขึ้นอยู่กับเทคโนโลยีที่ใช้ในการสร้างอุปกรณ์ รวมถึงช่วงความยาวคลื่นที่ผู้ผลิตเลือกใช้ปัจจุบันกล้องถ่ายภาพความร้อนบางรุ่นสามารถวัดอุณหภูมิได้ต่ำถึง -20°C ค่าความถูกต้องของอุณหภูมิที่วัดได้จากกล้องถ่ายภาพความร้อนขึ้นอยู่กับชนิดและลักษณะ พื้นผิวของวัตถุเป้าหมาย หรือวัตถุที่ต้องการวัดอุณหภูมิ ระยะห่างระหว่างเครื่องมือวัดและวัตถุ เป้าหมาย และคุณลักษณะเฉพาะของเครื่องมือวัดนั้น ๆ รายละเอียดของปัจจัยที่ส่งผลต่อค่าความถูกต้อง มีดังนี้

1. ค่าความสามารถในการแผ่รังสีของวัตถุ (Emissivity, ϵ) การแปลงพลังงานความร้อนที่ได้จากการตรวจจับการแผ่รังสีอินฟราเรดของวัตถุเป็นอุณหภูมิที่ถูกต้อง จำเป็นต้องกำหนดค่า ϵ ของวัตถุที่เหมาะสม เพื่อให้ค่าอุณหภูมิของวัตถุที่วัดได้มีค่าใกล้เคียงกับค่าที่แท้จริง นอกจากนี้เครื่องมือวัดอุณหภูมิชนิดอินฟราเรดที่ดีควรมีฟังก์ชันใช้งานที่สามารถปรับค่า ϵ ให้เหมาะสมกับชนิดและลักษณะพื้นผิวของวัตถุได้

2. ค่าการสะท้อนรังสีของผิววัตถุ (Reflection, ρ) เนื่องจากตัวตรวจจับรังสีอินฟราเรดที่ติดตั้งภายในเครื่องมือวัดไม่ได้รับเฉพาะรังสีอินฟราเรดที่เกิดจากตัววัตถุเป้าหมายเท่านั้น แต่ยังรับรังสีที่สะท้อนมาจากวัตถุอื่นด้วย ทำให้ค่าอุณหภูมิที่วัดได้เกิดความคลาดเคลื่อน ดังนั้น เพื่อให้รังสีอินฟราเรดที่เซ็นเซอร์รับไปเป็นรังสีที่เกิดจากวัตถุจริงเท่านั้น จึงต้องป้อนค่าอุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมหรือวัตถุอื่นที่แผ่รังสีมากระทบกับวัตถุเป้าหมายให้กับเครื่องมือวัดด้วย เพื่อนำอุณหภูมิ ดังกล่าวไปใช้ในการชดเชยค่าการสะท้อน ซึ่งค่าที่อ่านได้จากเครื่องมือวัดจะมีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น

3. ระยะห่างระหว่างวัตถุกับเครื่องมือวัดค่าความผิดพลาดของไพโรมิเตอร์ชนิดอาศัยการเปลี่ยนแปลงการแผ่รังสีของวัตถุ อาจเกิดจากการเคลื่อนที่ของรังสีผ่านตัวกลาง เช่น อากาศที่มี ไอน้ำ คาร์บอน ไดออกไซด์ หรือฝุ่นละอองกระจายอยู่ เป็นต้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

Copyright by Naresuan University

All rights reserved

2.2.2. QGIS

QGIS เป็นโปรแกรม Desktop GIS ประเภทหนึ่งที่มีประสิทธิภาพในการนำมาใช้จัดการข้อมูลปริภูมิจัดอยู่ในกลุ่มซอฟต์แวร์รหัสเปิด (Free and Open Source Software: FOSS) ที่ใช้งานง่าย ลักษณะการใช้งานเป็นแบบ Graphic User Interface ซึ่งสะดวกต่อการใช้งาน ไม่ว่าจะเป็นการเรียกใช้ข้อมูลภาพ ข้อมูลตาราง การแสดงผลตาราง การแสดงผลกราฟ ตลอดจนสามารถสืบค้นข้อมูลวิเคราะห์ข้อมูลและนำเสนอข้อมูลได้ในรูปแบบแผนที่ที่สามารถเรียกใช้ข้อมูลเวกเตอร์แรสเตอร์ในรูปแบบที่เป็นมาตรฐานแพร่หลาย เช่น Shapefile และ GeoTIFF QGIS สามารถแก้ไข Shape File format ได้ซึ่งเป็นที่ต้องการมากในเวลานี้ QGIS พัฒนบนพื้นฐานของ Qt ที่เป็นไลบรารีสำหรับ Graphical User Interface (GUI) ที่ใช้งานได้ทั้ง UNIX, Window และ Mac การพัฒนาใช้ภาษา C++ เป็นหลักนอกจากนั้น QGIS ยังเชื่อมต่อกับ Geospatial RDBMS เช่น PostGIS/PostgreSQL สามารถอ่านและเขียนพีเจอร์ที่จัดเก็บใน PostGIS ได้โดยตรง สามารถเชื่อมต่อกับ GRASS ได้ทำให้สามารถเรียกดูข้อมูลที่จัดเก็บใน GRASS โดยตรง และสามารถเรียกใช้ฟังก์ชันต่างๆของ GRASS ได้ สนับสนุนการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ (Spatial Analysis) ในเบื้องต้น และการแสดงผลข้อมูลเชิงตำแหน่งในรูปแบบของแผนที่ การสร้างและการแก้ไข ข้อมูลเชิงตำแหน่ง (Spatial Data) และข้อมูลตาราง (Attribute Data) สามารถจัดการข้อมูลได้ง่ายโดยใช้เครื่องมือตาม GUI ที่กำหนด

วิวัฒนาการของโปรแกรม

โปรแกรม GIS หรือที่เรียกกันโดยทั่วไปว่า Qgis เป็นโปรแกรมที่ได้รับการพัฒนาขึ้นโดยกลุ่มนักพัฒนาซอฟต์แวร์จากประเทศเยอรมัน ในปี ค.ศ. 2002 ประมาณเวอร์ชัน 0.0.1-alpha และได้มีพัฒนาการเรื่อยมาจนถึงปัจจุบัน ปี ค.ศ. 2011 ได้ออกเวอร์ชันล่าสุดมา คือ Quantum GIS 1.7.1 Wroclaw (Platform: Windows - Standalone) ซึ่งเป็นเวอร์ชันที่ได้รับการปรับปรุงทั้งในเรื่องของ bug ในตัวของโปรแกรมทำให้การทำงานของระบบมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ทั้งในส่วนการแก้ไขข้อมูลเชิงพื้นที่ (Edit, Insert, Delete Data) มีการเพิ่มเติมในส่วนของการพัฒนาที่ช่วยในเรื่องของการแสดงผล รวมไปถึงการพัฒนาการทำงานในส่วนของคุณภาพของ Raster Data) ที่เพิ่มฟังก์ชันในการประมวลผลข้อมูลภาพได้หลากหลาย สอดคล้องกับการทำงานของ Gdal library, Ogr library ในรูปแบบ X/MIT style ภายใต้ Open Source license และที่สำคัญโปรแกรม Quantum GIS ได้ถูกพัฒนาให้รองรับการทำงานร่วมกับข้อมูลในรูปแบบที่แตกต่างกันตามมาตรฐานสากล Open Geospatial Consortium (OGC) รวมไปถึงในเรื่องของการแสดงผลทั้งในส่วนของคุณภาพ GDAL Raster Formats และ OGR Vector Formats

2.2.3. เซนเซอร์ (Sensor)

เซนเซอร์ (Sensor) คือ ชุดอุปกรณ์ วงจร หรือ ระบบที่ทำหน้าที่ตรวจวัดการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติ หรือ ลักษณะของสิ่งต่าง ๆ โดยรอบวัตถุเป้าหมาย และนำข้อมูลจำนวนมหาศาล (Big Data) ที่ได้จากการตรวจวัดเข้าสู่กระบวนการแจกแจงและวิเคราะห์พฤติกรรมของการเปลี่ยนแปลง ประมวลผลเป็นองค์ความรู้และปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence) ให้มนุษย์สามารถนำองค์ความรู้มาใช้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพลดขั้นตอนของกระบวนการทำงาน



ภาพที่ 2.1. ภาพเซนเซอร์

อุปกรณ์เซนเซอร์สามารถแบ่งได้เป็น 3 ประเภท ตามคุณสมบัติในการตรวจวัด

เซนเซอร์ด้านกายภาพ (Physical Sensor) คือ เซนเซอร์ที่ใช้ในการตรวจวัดคุณสมบัติทางกายภาพต่าง ๆ เป็นเซ็นเซอร์ที่ใช้เซลล์พิเศษที่มีความไวต่อแสง, การเคลื่อนไหว, อุณหภูมิ, สนามแม่เหล็ก, แรงโน้มถ่วง, ความชื้น, การสั่นสะเทือน

เซนเซอร์ด้านเคมี (Chemical Sensor) คือ เซนเซอร์ที่ใช้ในการตรวจวัดสารเคมีต่างๆ โดยอาศัยปฏิกิริยาจำเพาะทางเคมีและมีการแปลงเป็นข้อมูลหรือสัญญาณที่สามารถอ่านวิเคราะห์ได้ เช่น เซนเซอร์ตรวจวัดสารเคมีปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อม หรือดินและน้ำเซนเซอร์

เซนเซอร์ทางชีวภาพ (Biosensor) คือ เซนเซอร์ที่อาศัยเทคนิคการนำสารชีวภาพ (Biological Recognition Material) มาเป็นตัวทำปฏิกิริยาจำเพาะกับสารเป้าหมาย เช่น เซนเซอร์ที่ใช้ในการตรวจวัดระดับน้ำตาลในเลือด

2.2.4. Arduino

Arduino อ่านว่า (อา-ดู-อี-โน้ หรือ อาดูยโน้) เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR ที่มีการพัฒนาแบบ Open Source คือมีการเปิดเผยข้อมูลทั้งด้าน Hardware และ Software ตัว บอร์ด Arduino ถูกออกแบบมาให้ใช้งานได้ง่าย ดังนั้นจึงเหมาะสำหรับผู้เริ่มต้นศึกษา ทั้งนี้ผู้ใช้งานยังสามารถดัดแปลง เพิ่มเติมพัฒนาต่อยอด ทั้งตัวบอร์ด หรือโปรแกรมต่อได้อีกด้วย ความง่ายของบอร์ด Arduino ในการต่ออุปกรณ์เสริมต่างๆ คือผู้ใช้งานสามารถต่อวงจรีเล็กทรอนิกส์จากภายนอกแล้วเชื่อมต่อเข้ามาที่ขา I/O ของบอร์ด (ดูตัวอย่างรูปที่ 7) หรือเพื่อความสะดวกสามารถเลือกต่อกับบอร์ดเสริม (Arduino Shield) ประเภทต่าง ๆ (ดูตัวอย่างรูปที่ 8)เช่น Arduino XBee Shield, Arduino Music Shield, Arduino Relay Shield, Arduino GPRS Shield เป็นต้นมาเสียบกับบอร์ดบนบอร์ด Arduino แล้วเขียนโปรแกรมพัฒนาต่อได้เลย

2.2.5. Arduino IDE

Arduino IDE คือโปรแกรมสำหรับใช้เขียนโปรแกรม, คอมไพล์ และอัปโหลดโปรแกรมลงบอร์ด Arduino หรือบอร์ดตัวอื่น ๆ ที่คล้ายกัน เช่น Generic ESP8266 modules, NodeMCU หรือ WeMos D1 เป็นต้น

แนวคิดการใช้งานโปรแกรม Arduino IDE

- เขียนโปรแกรมด้วยภาษา C/C++ สำหรับ Arduino
- คอมไพล์หรือแปลโปรแกรมภาษา C/C++ ให้เป็นภาษาสำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์และบันทึกเป็น Intel Hex File
- อัปโหลด Intel Hex File ลงบนไมโครคอนโทรลเลอร์ซึ่งอยู่บนบอร์ด Arduino ผ่านสาย USB หรือผ่าน Programmer



ภาพที่ 2.2. ภาพ Arduino IDE

จุดเด่นที่ทำให้บอร์ด Arduino เป็นที่นิยม ง่ายต่อการพัฒนา มีรูปแบบคำสั่งพื้นฐาน ไม่ซับซ้อนเหมาะสมสำหรับผู้เริ่มต้น มี Arduino Community กลุ่มคนที่ร่วมกันพัฒนาที่แข็งแกร่ง Open Hardware ทำให้ผู้ใช้สามารถนำบอร์ดไปต่อยอดใช้งานได้หลายด้าน ราคาไม่แพง Cross Platform สามารถพัฒนาโปรแกรมบน OS ใดก็ได้

2.2.6. เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย Wireless Sensor Networks (WSN)

เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย Wireless Sensor Networks (WSN) คือ การใช้อุปกรณ์ sensor เล็กๆ จำนวนมากเพื่อตรวจวัดคุณสมบัติต่างๆของสิ่งแวดล้อมที่สนใจและประมวลผลข้อมูลเหล่านั้นเพื่อสร้างองค์ความรู้ใหม่เกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมรอบๆตัวหรือตอบสนองกับการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมได้โดยอัตโนมัติ WSN เกิดขึ้นจากการผสมผสานระหว่างเทคโนโลยีระบบสมองกลฝังตัวและการสื่อสารไร้สายที่ส่งผ่านข้อมูลระหว่างเซ็นเซอร์ โหนดด้วยรูปแบบเครือข่ายแบบ ad-hoc จุดเด่นของเครือข่ายเซ็นเซอร์ที่อาศัยโปรโตคอลแบบ ad-hoc คือ ไม่จำเป็นต้องมีการติดตั้งอุปกรณ์พื้นฐานสำหรับเครือข่ายเช่นเดียวกับเครือข่ายแบบ WLAN หรือ GSM นอกจากนี้การออกแบบเซ็นเซอร์โหนดให้มีขนาดเล็กและใช้พลังงานน้อยทำให้สามารถติดตั้งได้ในสภาพแวดล้อมที่หลากหลาย เทคโนโลยีเครือข่ายเซ็นเซอร์จึงได้ถูกคาดการณ์ว่าจะเป็นเทคโนโลยีหลักในการผลักดันสู่ยุคของคอมพิวเตอร์ทุกแห่งหน (ubiquitous computing, pervasive computing)

อุปกรณ์พื้นฐานของ WSN

WSN ประกอบด้วย sensor ขนาดเล็กมาก เรียกว่า mote ซึ่งได้รับการพัฒนามาจากบริษัท Intel และ University of California (UC) at Berkeley ตัว mote เป็นคอมพิวเตอร์ขนาดเล็กสำหรับวัดอุณหภูมิความชื้นหรือสถานะแวดล้อมอื่นๆมันทำงานโดยใช้แบตเตอรี่ธรรมดาและสื่อสารกับ mote ตัวอื่นที่อยู่ใกล้เคียงโดยใช้ ad hoc wireless network ซึ่งข้อมูลจะถูกส่งผ่านระหว่าง mote ด้วยกันเองจนกระทั่งถึงจุดหมายซึ่งอาจเป็นคอมพิวเตอร์หรืออุปกรณ์อื่นๆสำหรับรวบรวมข้อมูลที่วัดได้ ผู้พัฒนา mote จึงออกแบบระบบ hardware และ software รวมถึงระบบการสื่อสารของ mote ให้ทำงานโดยใช้พลังงานน้อยที่สุด นอกจากนี้ในแง่ของการใช้งาน ผู้พัฒนา WSN ต้องสร้างเครื่องมือที่ทำให้ผู้ใช้ซึ่งไม่จำเป็นจะต้องมีความรู้ขั้นสูงทางด้าน computer engineering สามารถใช้งานและสร้าง WSN applications โดยง่ายด้วย

Copyright by Naresuan University

All rights reserved

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

จากการศึกษางานวิจัย เอกสาร ข้อมูลและเทคนิควิธีการต่างๆ ตามที่ได้ศึกษามาในบทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องจึงได้นำวิธีการ แนวคิด ข้อมูลมาประยุกต์ใช้ในงานวิจัยในหัวข้อการวิเคราะห์หาอุณหภูมิและความชื้นพื้นผิวดินบริเวณที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ด้วยภาพถ่ายความร้อนและเซนเซอร์ ดังนี้

3.1 ตัวแปรในการศึกษาวิจัย

3.1.1. ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ พันธุ์นครสวรรค์ 2

3.1.2. อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการดูซึมแร่ธาตุของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในการเจริญเติบโต

3.1.3. ผังแสดงการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์แปลงทดลอง ตำบลท่าโพธิ์ อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก จังหวัดพิษณุโลก

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาวิจัย

กล้องถ่ายภาพความร้อน FLIR รุ่น FLIR C2 Thermal Imaging Camera , โปรแกรม FLIR Tool, โปรแกรม Excel , โปรแกรม QGIS , เซนเซอร์

1. กล้องถ่ายภาพความร้อน FLIR รุ่น FLIR C2 Thermal Imaging Camera ใช้ในการถ่ายภาพความร้อนในแปลงทดลองเพื่อนำภาพที่ได้ไปวิเคราะห์หาอุณหภูมิในโปรแกรม FLIR Tool
2. โปรแกรม FLIR Tool เป็นโปรแกรมที่สามารถนำภาพจากกล้องถ่ายภาพความร้อนของ FLIR จัดเรียงในรูปแบบ Report เพื่อให้ทราบถึงอุณหภูมิของงานแต่ละชนิดแต่ละจุดว่ามีอุณหภูมิเท่าไรหรือบริเวณไหนที่มีอุณหภูมิแตกต่างกันซึ่งโปรแกรมนี้สามารถแยกอุณหภูมิแต่ละจุดออกมาได้โดยชัดเจน
3. โปรแกรม Excel ใช้ในการทำกราฟเปรียบเทียบแนวโน้มและความสัมพันธ์ของข้อมูล
4. โปรแกรม QGIS ใช้ในการจัดการข้อมูลความสูง(DSM)ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์
5. เซนเซอร์ ใช้ในการวัดอุณหภูมิพื้นผิวดินในแปลงทดลองพร้อมกับกล้องถ่ายภาพความร้อน

3.3 การเตรียมข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลที่ใช้ในการวิจัย

3.3.1 การลงพื้นที่ทดลองและสำรวจแปลงข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ ตำบลท่าโพธิ์ อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก พิกัด $16^{\circ}47'47.566''\text{N}$ $100^{\circ}13'3.204''\text{E}$



ภาพที่ 3.1. แปลงข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

3.3.2 ลงพื้นที่ถ่ายภาพความร้อนพื้นผิวดินด้วยกล้องเทอร์โมสแกนและใช้เซนเซอร์วัดอุณหภูมิ 2 ช่วงเวลา คือ ช่วงเช้า 10.00 – 12.00 น. และ ช่วงบ่าย 12.00 – 14.00 น.



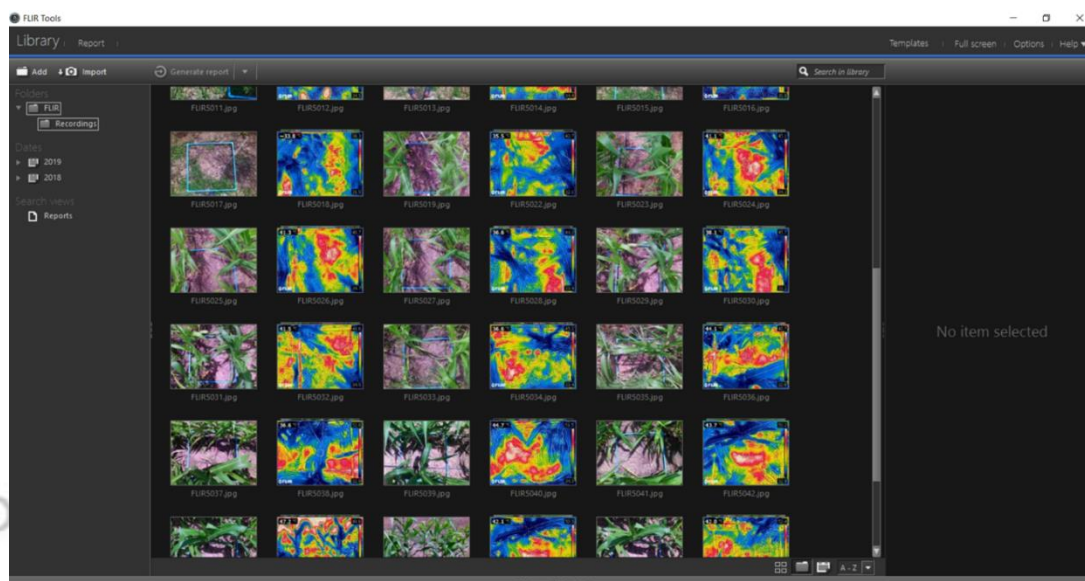
ภาพที่ 3.2. การลงพื้นที่ถ่ายภาพความร้อนพื้นผิวดินด้วยกล้องเทอร์โมสแกนและเซนเซอร์

3.3.3 ถ่ายภาพความร้อนและวัดอุณหภูมิเป็นจำนวน 7 ครั้ง ช่วงอายุ 41-83 วัน เป็นช่วงการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบ เพื่อเปรียบเทียบอุณหภูมิของอัตราการดูดซึมน้ำแร่ธาตุอาหาร เมื่อได้ภาพถ่ายความร้อนก็ใช้โปรแกรม FLIR Tool และค่าอุณหภูมิที่ได้จากเซนเซอร์ มาวิเคราะห์อุณหภูมิและความชื้นแล้วนำมาเปรียบเทียบกับค่า NDVI อุณหภูมิที่ได้จากการวิเคราะห์ก็นำมาเปรียบเทียบกับค่าการเจริญเติบโตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ เพื่อความถูกต้องและแม่นยำ

- การนำภาพถ่ายความร้อนเข้าโปรแกรม FLIR Tool และวิธีการวิเคราะห์อุณหภูมิ

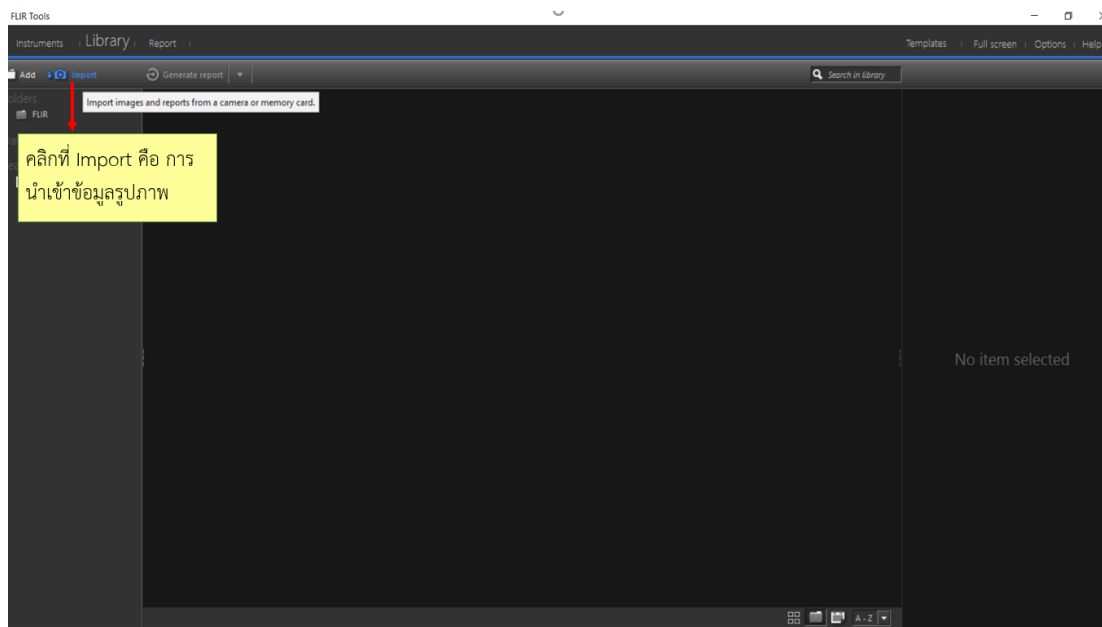


ภาพที่ 3.3. โปรแกรม FLIR Tool ที่วิเคราะห์อุณหภูมิ



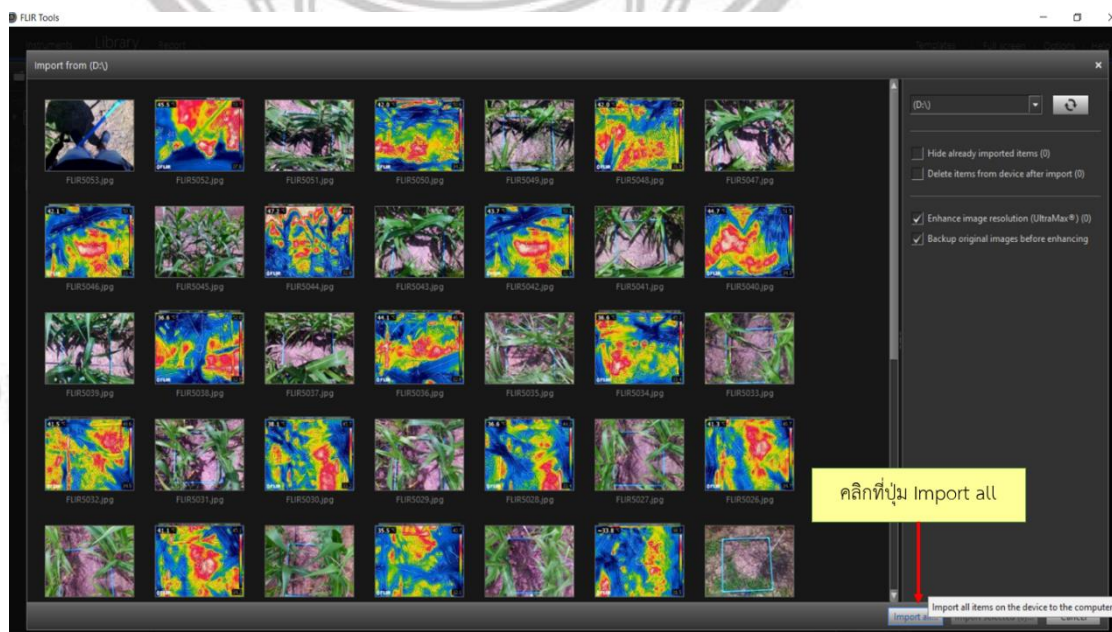
ภาพที่ 3.4. การใช้งานโปรแกรม FLIR Tool

- คลิกที่ Import เพื่อเป็นการนำภาพถ่ายความร้อนจากกล้องเทอร์โมสแกนเข้ามาในโปรแกรม FLIR Tool



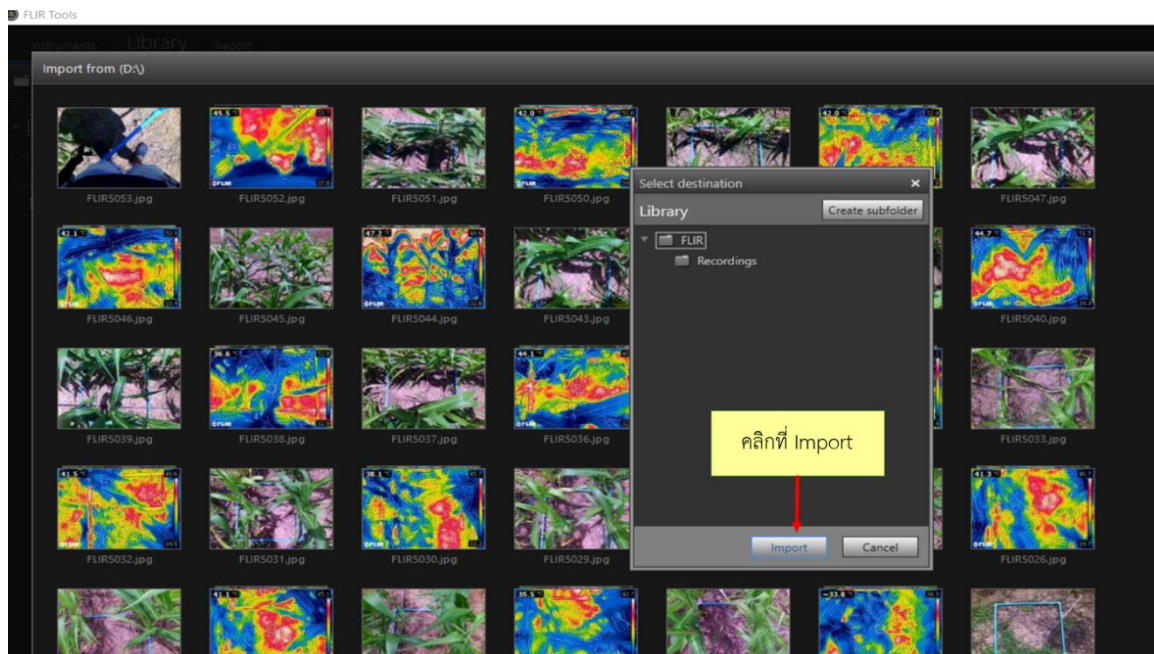
ภาพที่ 3.5. การนำข้อมูลรูปภาพเข้า FLIR Tool

- คลิกที่ปุ่ม Import all นำภาพถ่ายความร้อนเข้าทั้งหมด



ภาพที่ 3.6. การนำข้อมูลรูปภาพเข้า FLIR Tool

- คลิกที่ Import เป็นการนำภาพถ่ายความร้อนเข้าโปรแกรม FLIR Tool เสร็จสมบูรณ์



ภาพที่ 3.7. การนำข้อมูลรูปภาพเข้า FLIR Tool

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

Copyright by Naresuan University

All rights reserved

- ทำการวิเคราะห์อุณหภูมิ



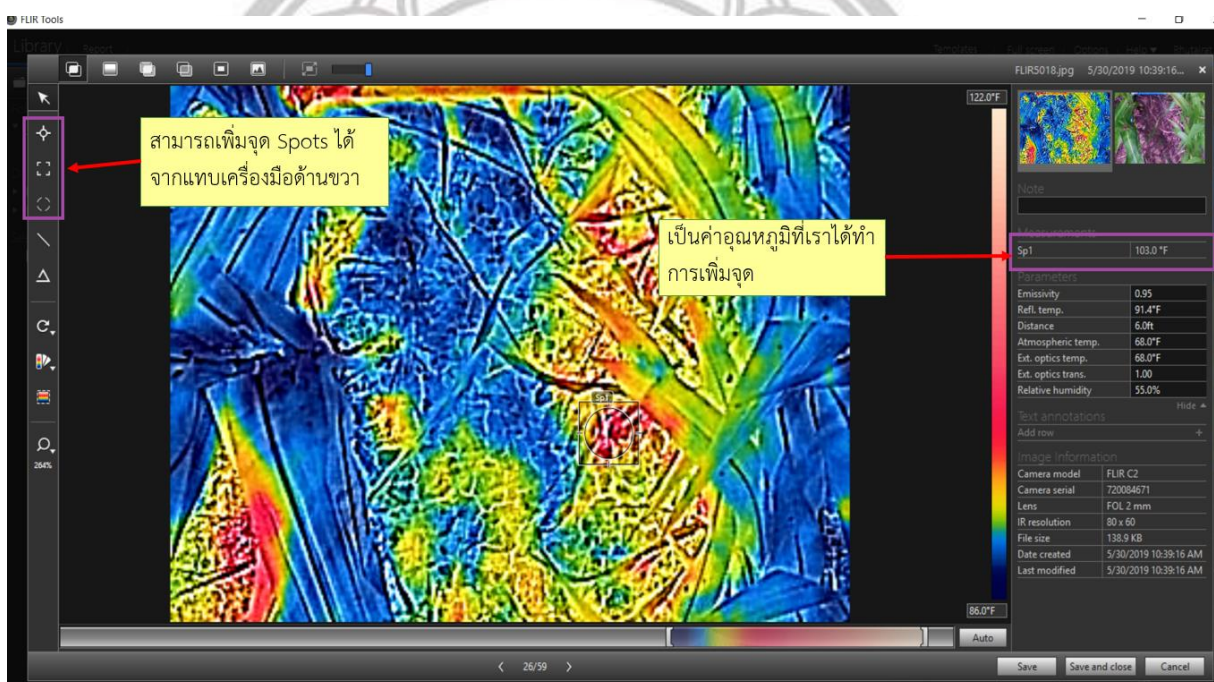
เพิ่มการวัดจุด



เพิ่มเครื่องมือวัดกล่อง มีค่าบอก ต่ำสุด - มากสุด และค่าเฉลี่ย



เพิ่มการวัดวงรี มีค่าบอก ต่ำสุด - มากสุด และค่าเฉลี่ย

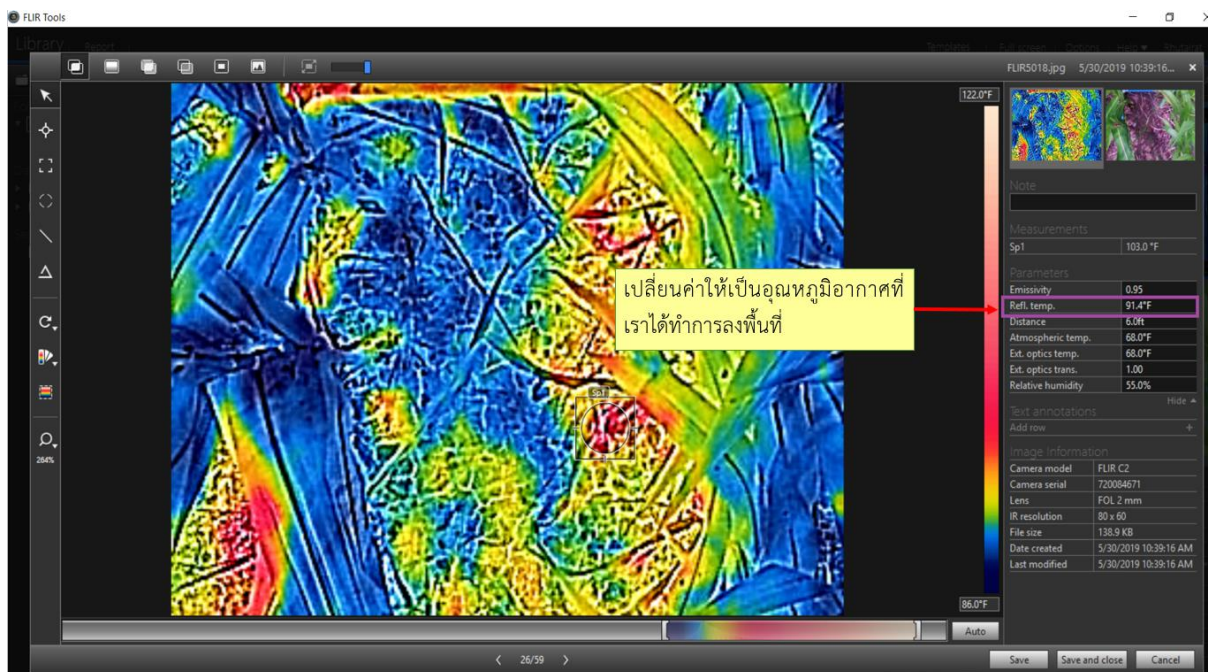


ภาพที่ 3.8. การวิเคราะห์อุณหภูมิเพิ่มจุด แสดงอุณหภูมิ

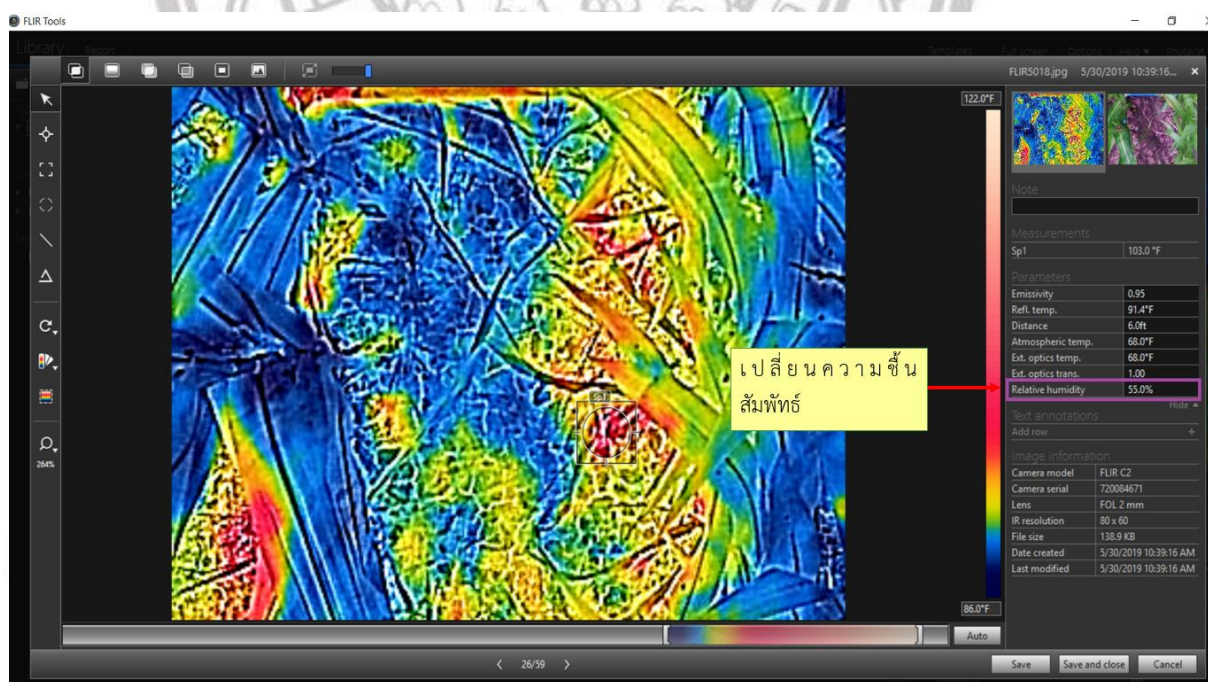
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

Copyright by Naresuan University

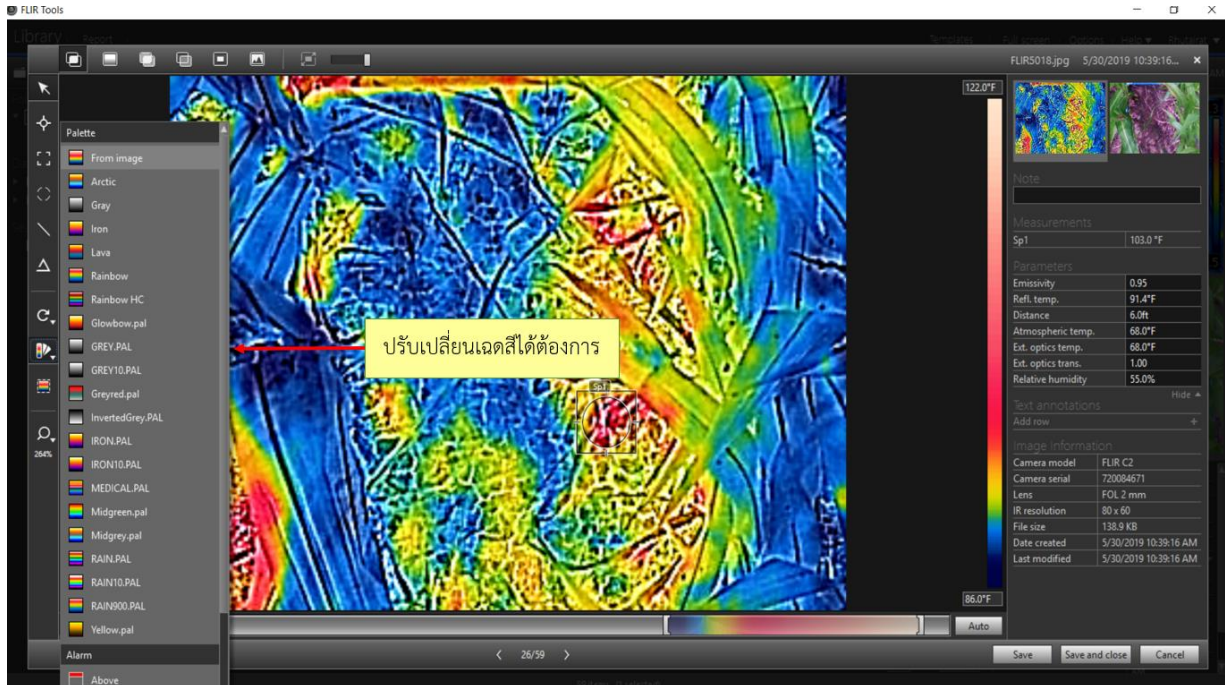
All rights reserved



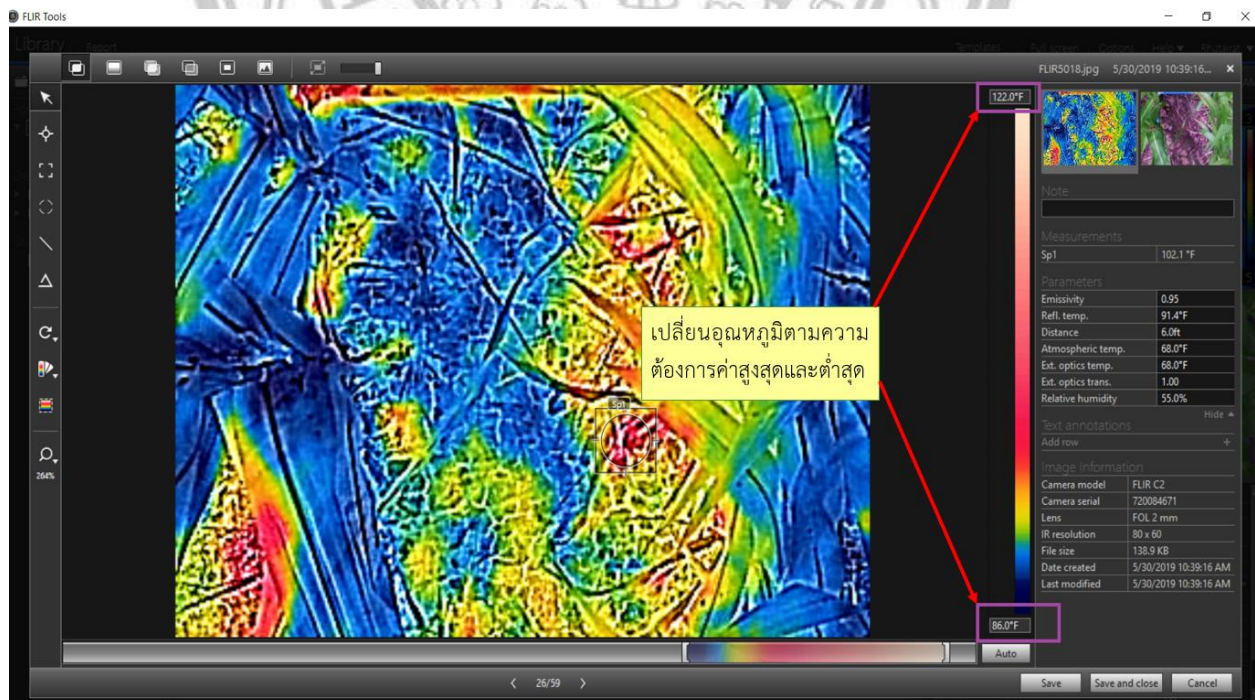
ภาพที่ 3.9. การวิเคราะห์เปลี่ยนค่าอุณหภูมิอากาศที่ได้ลงพื้นที่



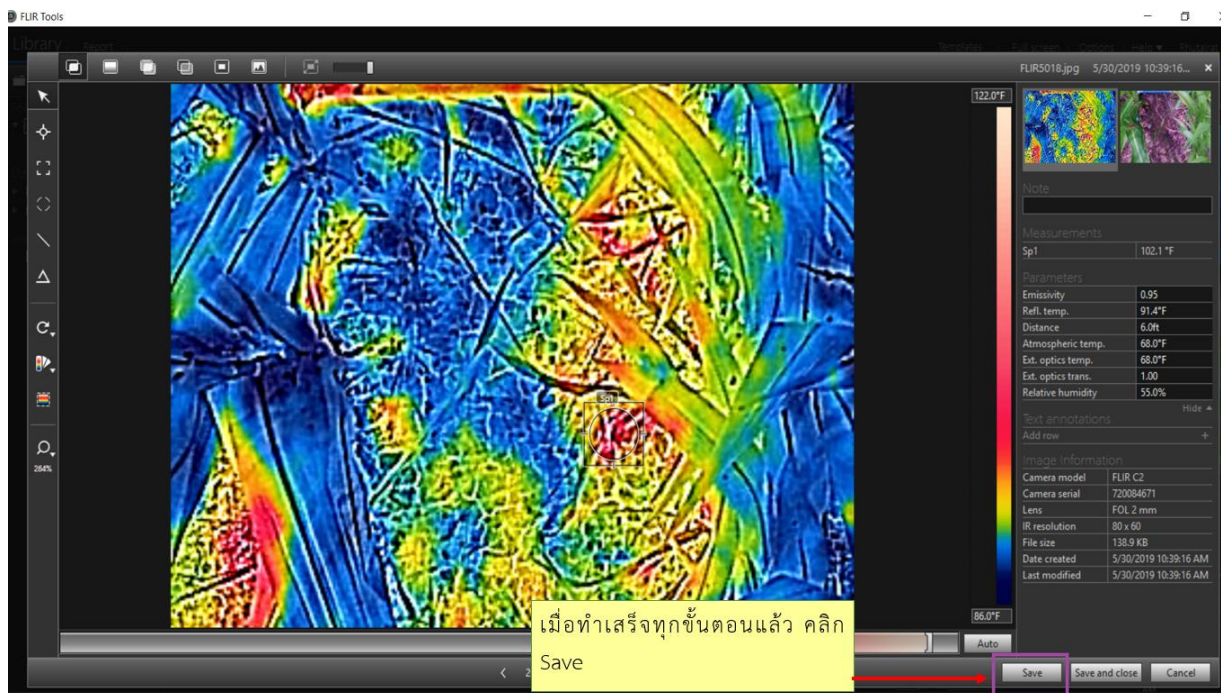
ภาพที่ 3.10. เปลี่ยนค่าความชื้นสัมพัทธ์



ภาพที่ 3.11. การเปลี่ยนเฉดสี

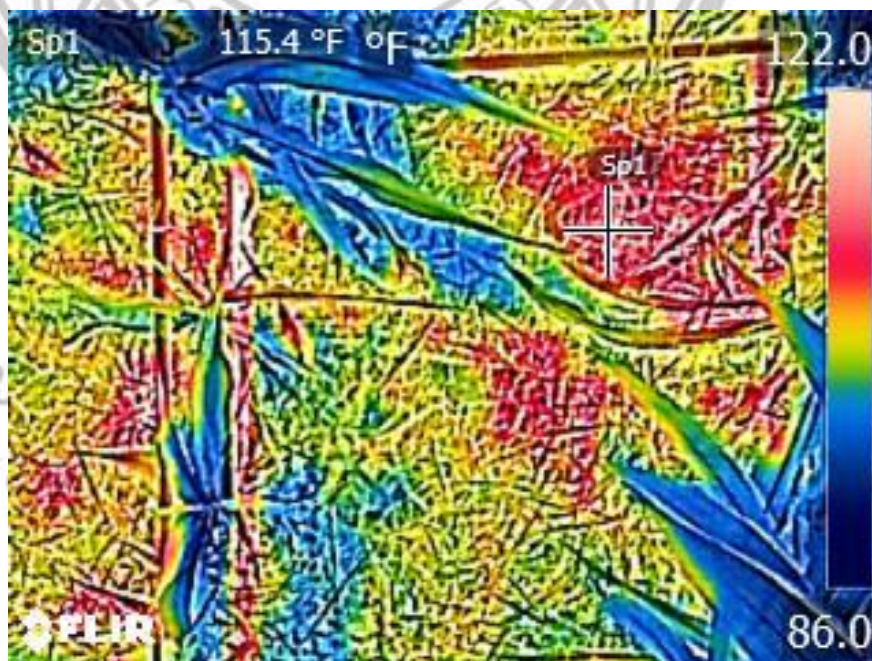


ภาพที่ 3.12. การเปลี่ยนอุณหภูมิตามความต้องการกำหนดค่าสูงสุดและต่ำสุด



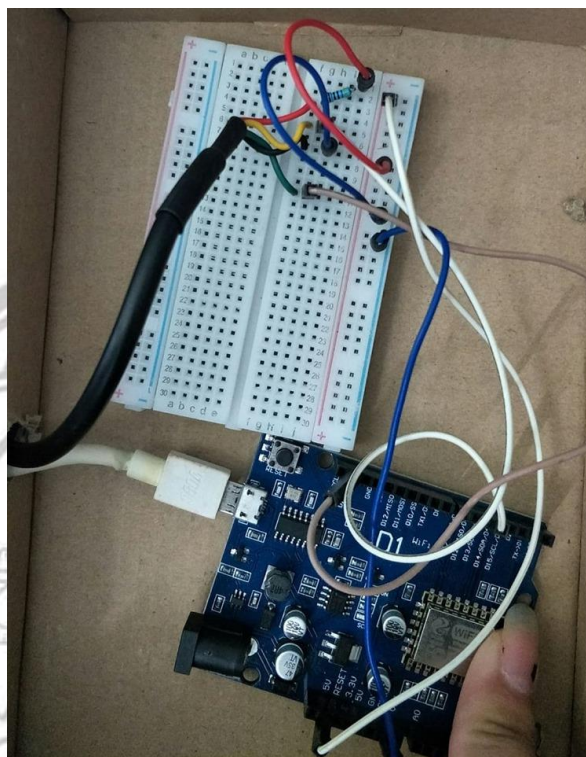
ภาพที่ 3.13. ทำการวิเคราะห์อุณหภูมิเสร็จสิ้นด้วยโปรแกรม FLIR Tool

- ผลจากการประมวลผลค่าอุณหภูมิเรียบร้อยแล้ว



ภาพที่ 3.14. ภาพที่ได้จากการวิเคราะห์

- การวัดอุณหภูมิพื้นผิวดินด้วย Sensor



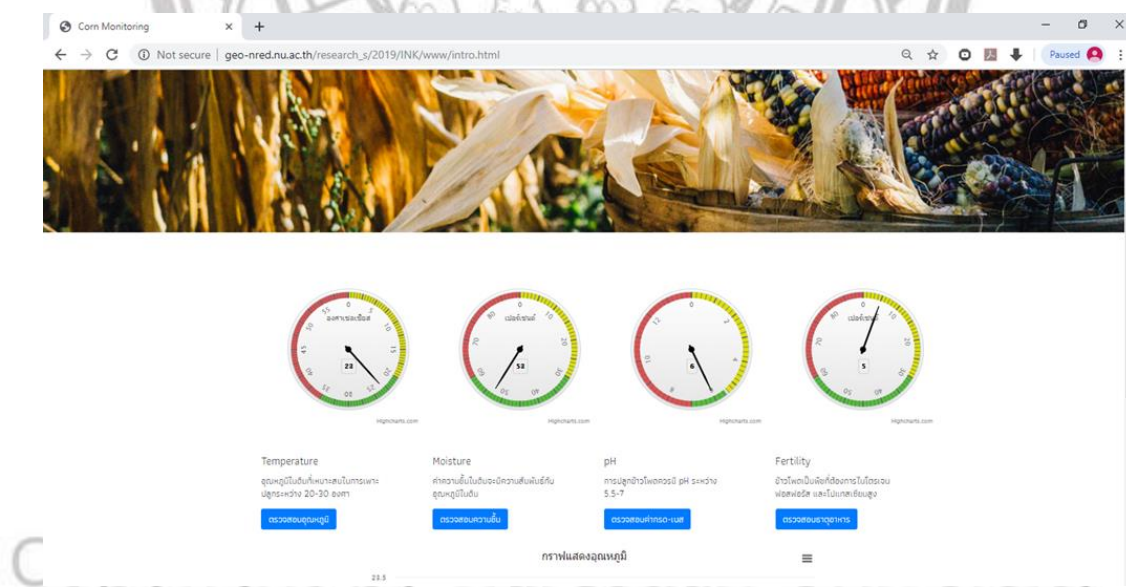
ภาพที่ 3.15. บอร์ด Sensor ที่ใช้ในการวัดอุณหภูมิ



ภาพที่ 3.16. Sensor ที่ใช้ในการวัดอุณหภูมิ



ภาพที่ 3.17. ใช้ Sensor ในการเก็บค่าอุณหภูมิในแปลงทดลอง



All rights reserved

ภาพที่ 3.18. หน้าเว็บแสดงค่าอุณหภูมิในแปลงทดลอง

บทที่ 4

ผลการดำเนินงานวิจัย

จากการวิเคราะห์ศึกษาและทดลองข้อมูลตามกระบวนการ เทคนิคและขั้นตอนต่างๆ ที่ใช้โปรแกรมที่กล่าวมาในงานวิจัยบทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย ได้นำเทคนิคและกระบวนการต่างๆมาปรับใช้ในงานวิจัยในหัวข้อการวิเคราะห์หาอุณหภูมิและความชื้นพื้นผิวดินบริเวณที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ด้วยภาพถ่ายความร้อนและเซนเซอร์ ผลการศึกษาและทดลองในพื้นที่ ต.ท่าโพธิ์ อ.เมือง จ.พิษณุโลก ดังนี้

4.1. ค่าอุณหภูมิกล้องเทอร์โมสแกนและเซนเซอร์

พบว่า ค่าอุณหภูมิกล้องเทอร์โมสแกนและเซนเซอร์ในเวลา 2 ช่วง คือ เวลา 10.00 – 12.00 น. และ 12.00 – 14.00 น. ที่ได้จากการวิเคราะห์การใช้โปรแกรมที่กล่าวไว้ในบทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัยและโดยการลงพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ในช่วงเวลา 10.00 – 12.00น. มีอุณหภูมิพื้นผิวดินต่ำกว่าช่วงเวลา 12.00 – 14.00น.

ตารางที่ 4.1. ค่าอุณหภูมิกล้องเทอร์โมสแกนและเซนเซอร์ อายุข้าวโพด 41 วัน

ก้องเทอร์โมสแกน(เช้า)	เซนเซอร์(เช้า)	ก้องเทอร์โมสแกน(บ่าย)	เซนเซอร์(บ่าย)
33	32	38	37
34	33	38	38
34	34	37	36
35	34	38	37
34	34	38	38
34	34	38	38
35	35	37	37
35	35	37	36
34	33	36	36

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

Copyright by Naresuan University

All rights reserved

ตารางที่ 4.2. ค่าอุณหภูมิกล้องเทอร์โมสแกนและเซนเซอร์ อายุข้าวโพด 48 วัน

กล้องเทอร์โมสแกน(เช้า)	เซนเซอร์(เช้า)	กล้องเทอร์โมสแกน(บ่าย)	เซนเซอร์(บ่าย)
32	32	34	34
35	33	35	34
33	33	35	34
34	33	34	34
33	32	34	34
34	33	35	34
33	32	34	34
34	32	34	34
33	31	34	34

ตารางที่ 4.3. ค่าอุณหภูมิกล้องเทอร์โมสแกนและเซนเซอร์ อายุข้าวโพด 55 วัน

กล้องเทอร์โมสแกน(เช้า)	เซนเซอร์(เช้า)	กล้องเทอร์โมสแกน(บ่าย)	เซนเซอร์(บ่าย)
33	33	35	35
34	34	35	35
33	32	34	34
34	34	35	34
34	33	35	35
34	34	35	34
35	34	36	35
34	33	36	36
34	34	36	36

ตารางที่ 4.4. ค่าอุณหภูมิกล้ามเนื้อและเซนเซอร์ อายุข้าวโพด 62 วัน

กล้ามเนื้อ(เช้า)	เซนเซอร์(เช้า)	กล้ามเนื้อ(บ่าย)	เซนเซอร์(บ่าย)
32	32	35	34
33	32	33	33
34	33	34	34
32	32	33	32
33	32	34	34
34	32	35	34
33	32	33	33
33	32	33	33
32	32	33	32

ตารางที่ 4.5. ค่าอุณหภูมิกล้ามเนื้อและเซนเซอร์ อายุข้าวโพด 71 วัน

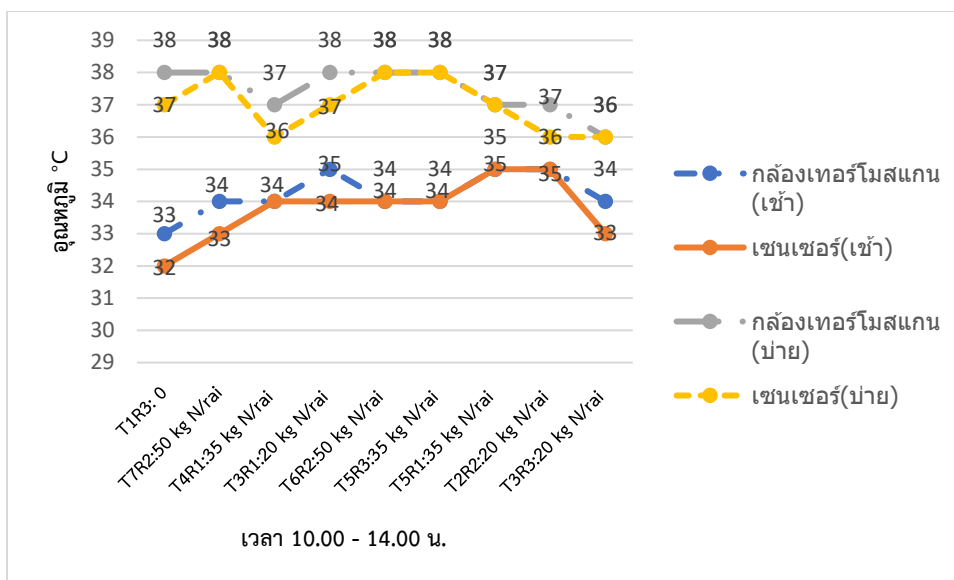
กล้ามเนื้อ(เช้า)	เซนเซอร์(เช้า)	กล้ามเนื้อ(บ่าย)	เซนเซอร์(บ่าย)
34	34	37	37
34	34	37	37
36	35	39	39
35	35	37	37
36	35	38	39
36	35	39	38
35	34	37	37
36	35	38	38
36	35	37	37

ตารางที่ 4.6. ค่าอุณหภูมิกล้ามเนื้อและเซนเซอร์ อายุข้าวโพด 77 วัน

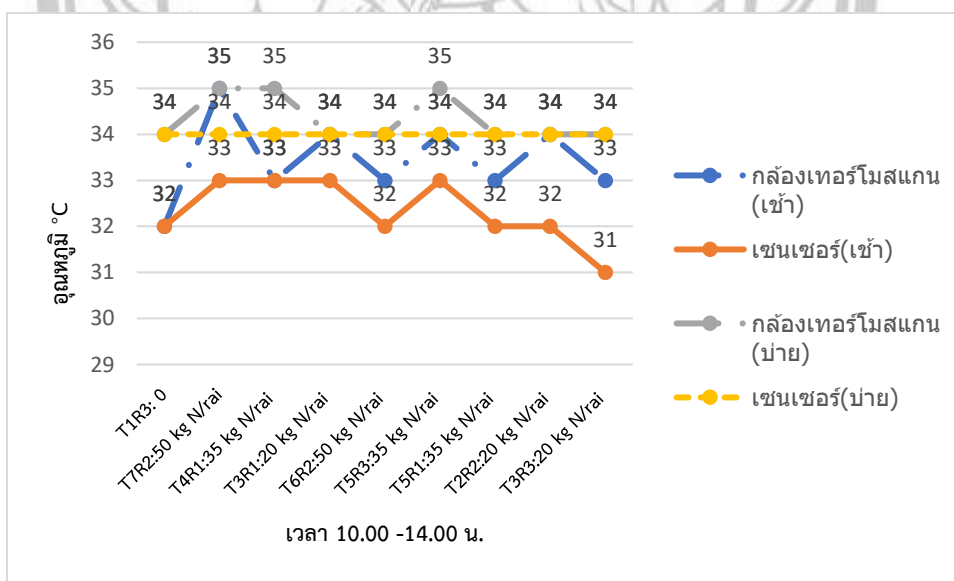
กล้ามเนื้อ(เช้า)	เซนเซอร์(เช้า)	กล้ามเนื้อ(บ่าย)	เซนเซอร์(บ่าย)
32	32	34	34
33	32	35	34
33	33	34	34
32	32	35	35
34	34	37	36
34	33	35	34
33	32	34	34
34	33	37	36
33	32	35	35

ตารางที่ 4.7. ค่าอุณหภูมิกล้ามเนื้อและเซนเซอร์ อายุข้าวโพด 83 วัน

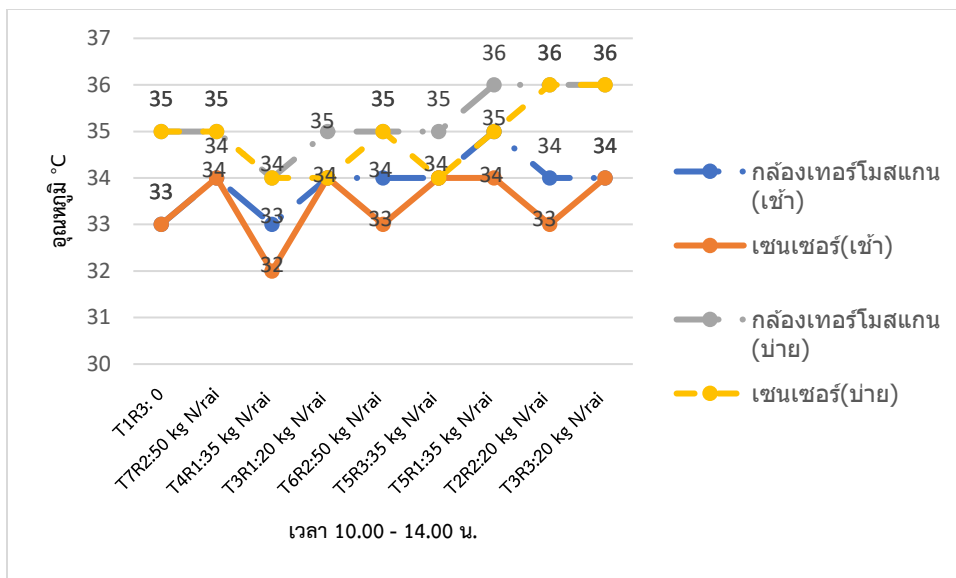
กล้ามเนื้อ(เช้า)	เซนเซอร์(เช้า)	กล้ามเนื้อ(บ่าย)	เซนเซอร์(บ่าย)
33	33	35	35
34	33	36	35
32	32	34	34
33	33	35	34
34	33	35	35
33	32	36	35
34	32	34	34
34	33	34	34
34	33	35	34



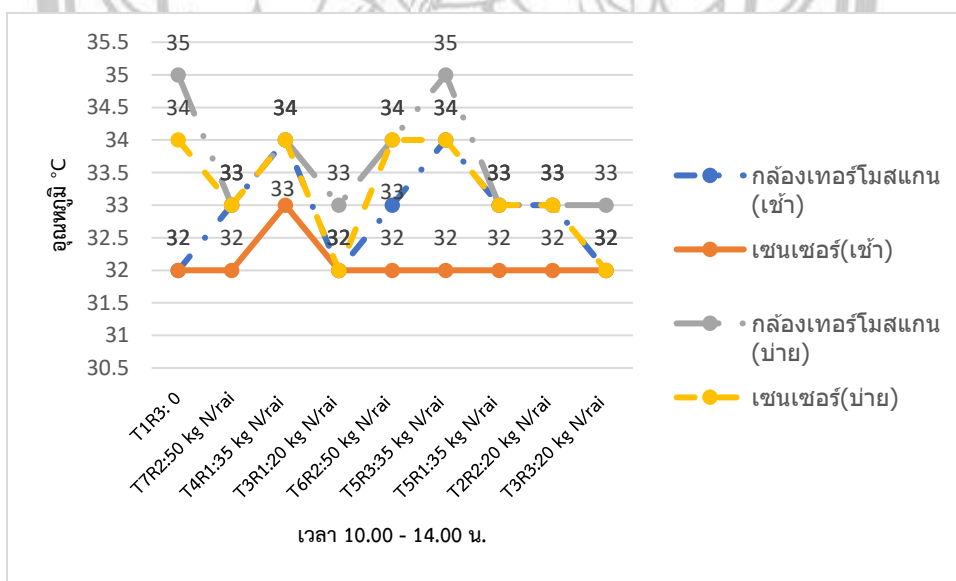
ภาพที่ 4.8. กราฟแสดงความเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิของพื้นผิวดิน อายุข้าวโพด 41 วัน



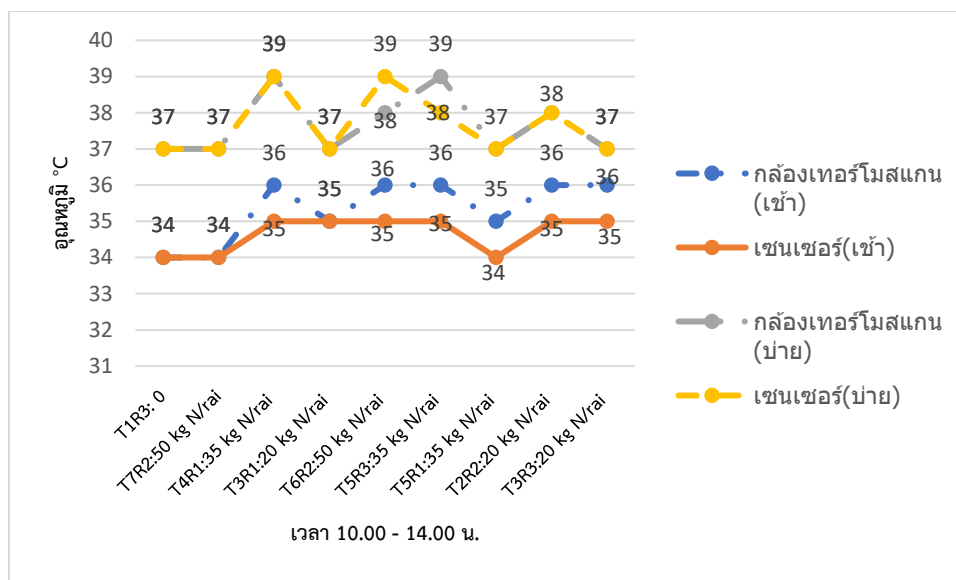
ภาพที่ 4.9. กราฟแสดงความเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิของพื้นผิวดิน อายุข้าวโพด 48 วัน



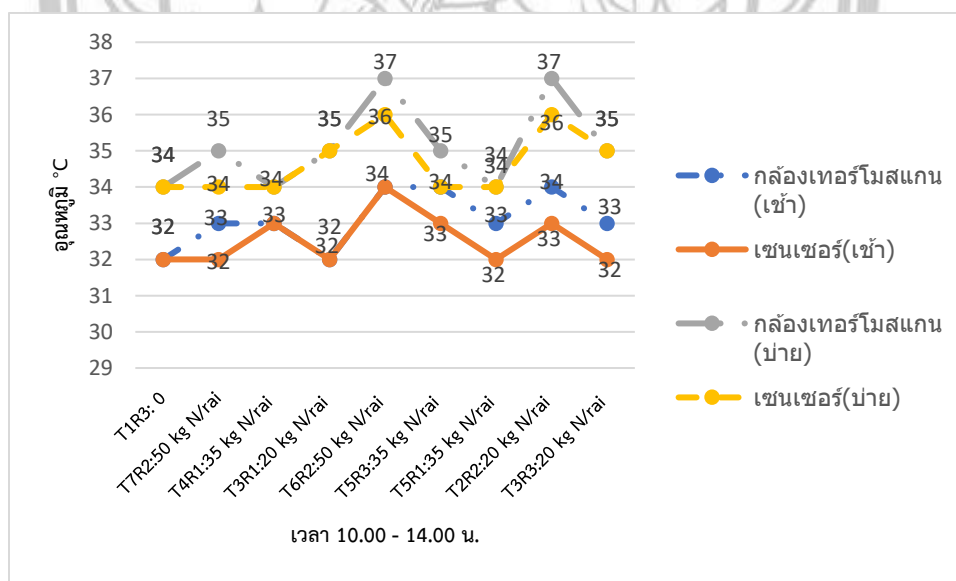
ภาพที่ 4.10. กราฟแสดงความเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิของพื้นผิวหนัง อายุข้าวโพด 55 วัน



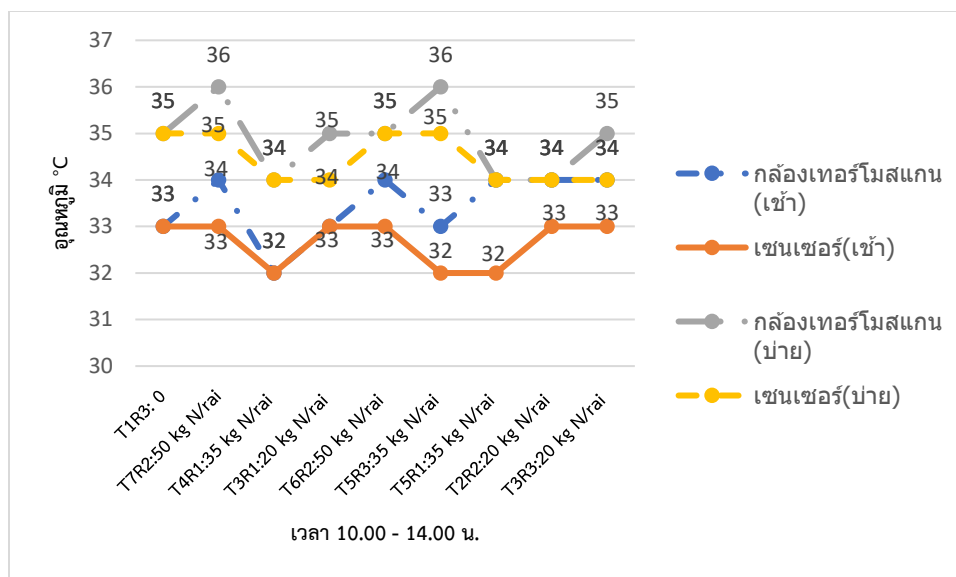
ภาพที่ 4.11. กราฟแสดงความเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิของพื้นผิวหนัง อายุข้าวโพด 62 วัน



ภาพที่ 4.12. กราฟแสดงความเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิของพื้นผิวหนัง อายุข้าวโพด 71 วัน



ภาพที่ 4.13. กราฟแสดงความเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิของพื้นผิวหนัง อายุข้าวโพด 77 วัน



ภาพที่ 4.14. กราฟแสดงความเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิของพื้นผิวตัว อายุข้าวโพด 83 วัน



ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

Copyright by Naresuan University

All rights reserved

4.2. ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยกล้องเทอร์โมสแกนและเซนเซอร์เปรียบเทียบกับค่าดัชนีพืชพรรณ

พบว่า ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยกล้องเทอร์โมสแกนและเซนเซอร์เปรียบเทียบกับค่าดัชนีพืชพรรณที่ได้จากการวิเคราะห์ โดยการลงพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์จริง

4.2.1. วันที่ 22 สิงหาคม 2562 กล้องเทอร์โมสแกนค่าอุณหภูมิ 35 – 37 °C เซนเซอร์ค่าอุณหภูมิ 35 -36 °C และค่าดัชนีพืชพรรณ (NDVI) อยู่ในช่วง 0.2046 – 0.2979

4.2.2. วันที่ 29 สิงหาคม 2562 กล้องเทอร์โมสแกนค่าอุณหภูมิ 33 - 35 °C เซนเซอร์ค่าอุณหภูมิ 33 - 34 °C และค่าดัชนีพืชพรรณ (NDVI) อยู่ในช่วง 0.2521 - 0.3675

4.2.3. วันที่ 5 กันยายน 2562 กล้องเทอร์โมสแกนค่าอุณหภูมิ 34 - 36 °C เซนเซอร์ค่าอุณหภูมิ 33 - 35 °C และค่าดัชนีพืชพรรณ (NDVI) อยู่ในช่วง 0.2902 – 0.3449

4.2.4. วันที่ 12 กันยายน 2562 กล้องเทอร์โมสแกนค่าอุณหภูมิ 33 - 35 °C เซนเซอร์ค่าอุณหภูมิ 32 - 34 °C และค่าดัชนีพืชพรรณ (NDVI) อยู่ในช่วง 0.3034 – 0.3460

4.2.5. วันที่ 21 กันยายน 2562 กล้องเทอร์โมสแกนค่าอุณหภูมิ 36 - 38 °C เซนเซอร์ค่าอุณหภูมิ 36 - 37 °C และค่าดัชนีพืชพรรณ (NDVI) อยู่ในช่วง 0.2848 – 0.3404

4.2.6. วันที่ 27 กันยายน 2562 กล้องเทอร์โมสแกนค่าอุณหภูมิ 33 - 36 °C เซนเซอร์ค่าอุณหภูมิ 33 - 35 °C และค่าดัชนีพืชพรรณ (NDVI) อยู่ในช่วง 0.2695 – 0.3347

4.2.7. วันที่ 3 ตุลาคม 2562 กล้องเทอร์โมสแกนค่าอุณหภูมิ 33 - 35 °C เซนเซอร์ค่าอุณหภูมิ 33 - 34 °C และค่าดัชนีพืชพรรณ (NDVI) อยู่ในช่วง 0.2207 – 0.3116

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University

All rights reserved

ตารางที่ 4.15. ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยกล้องเทอร์โมสแกนและเซนเซอร์เปรียบเทียบกับค่าดัชนีพืชพรรณ อายุข้าวโพด 41 วัน

Treatment	กล้องเทอร์โมสแกน	เซนเซอร์	NDVI	ความสูง(เซนติเมตร)
T1R3	36	35	0.2046	27
T7R2	36	36	0.2895	39
T4R1	35	35	0.2387	34
T3R1	36	36	0.2302	40
T6R2	37	36	0.2314	35
T5R3	36	35	0.2979	42
T5R1	36	36	0.2748	39
T2R2	36	36	0.2203	38
T3R3	36	36	0.2810	45

ตารางที่ 4.16. ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยกล้องเทอร์โมสแกนและเซนเซอร์เปรียบเทียบกับค่าดัชนีพืชพรรณ อายุข้าวโพด 48 วัน

Treatment	กล้องเทอร์โมสแกน	เซนเซอร์	NDVI	ความสูง(เซนติเมตร)
T1R3	33	33	0.2521	56
T7R2	35	34	0.3459	85
T4R1	34	34	0.2969	97
T3R1	34	34	0.2969	90
T6R2	34	33	0.3456	65
T5R3	35	34	0.3675	86
T5R1	34	33	0.3319	94
T2R2	34	33	0.3308	76
T3R3	34	33	0.3460	109

ตารางที่ 4.17. ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยกล้องเทอร์โมสแกนและเซนเซอร์เปรียบเทียบกับค่าดัชนีพืชพรรณ อายุข้าวโพด 55 วัน

Treatment	กล้องเทอร์โมสแกน	เซนเซอร์	NDVI	ความสูง(เซนติเมตร)
T1R3	34	34	0.2902	59
T7R2	35	35	0.3393	113
T4R1	34	33	0.3152	119
T3R1	35	34	0.3133	105
T6R2	35	34	0.3390	91
T5R3	35	34	0.3449	115
T5R1	36	35	0.3300	127
T2R2	35	35	0.3269	103
T3R3	35	35	0.3399	138

ตารางที่ 4.18. ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยกล้องเทอร์โมสแกนและเซนเซอร์เปรียบเทียบกับค่าดัชนีพืชพรรณ อายุข้าวโพด 62 วัน

Treatment	กล้องเทอร์โมสแกน	เซนเซอร์	NDVI	ความสูง(เซนติเมตร)
T1R3	34	33	0.3034	81
T7R2	33	33	0.3460	115
T4R1	34	34	0.3257	116
T3R1	33	32	0.3118	108
T6R2	34	33	0.3370	94
T5R3	35	33	0.3419	101
T5R1	33	33	0.3346	137
T2R2	33	33	0.3258	108
T3R3	33	32	0.3295	134

ตารางที่ 4.19. ค่าอนุภูมิเฉลี่ยกล้องเทอร์โมสแกนและเซนเซอร์เปรียบเทียบค่าดัชนีพืชพรรณ อายุข้าวโพด 71 วัน

Treatment	กล้องเทอร์โมสแกน	เซนเซอร์	NDVI	ความสูง(เซนติเมตร)
T1R3	36	36	0.2939	91
T7R2	36	36	0.3404	130
T4R1	38	37	0.3190	118
T3R1	36	36	0.2848	128
T6R2	37	37	0.3264	102
T5R3	38	37	0.3337	103
T5R1	36	36	0.3195	135
T2R2	37	37	0.3072	117
T3R3	37	36	0.3183	143

ตารางที่ 4.20. ค่าอนุภูมิเฉลี่ยกล้องเทอร์โมสแกนและเซนเซอร์เปรียบเทียบค่าดัชนีพืชพรรณ อายุข้าวโพด 77 วัน

Treatment	กล้องเทอร์โมสแกน	เซนเซอร์	NDVI	ความสูง(เซนติเมตร)
T1R3	33	33	0.2838	94
T7R2	34	33	0.3347	159
T4R1	34	34	0.3103	173
T3R1	34	34	0.2695	137
T6R2	36	35	0.3233	124
T5R3	35	34	0.3256	135
T5R1	34	33	0.3031	155
T2R2	36	35	0.2980	126
T3R3	34	34	0.3022	170

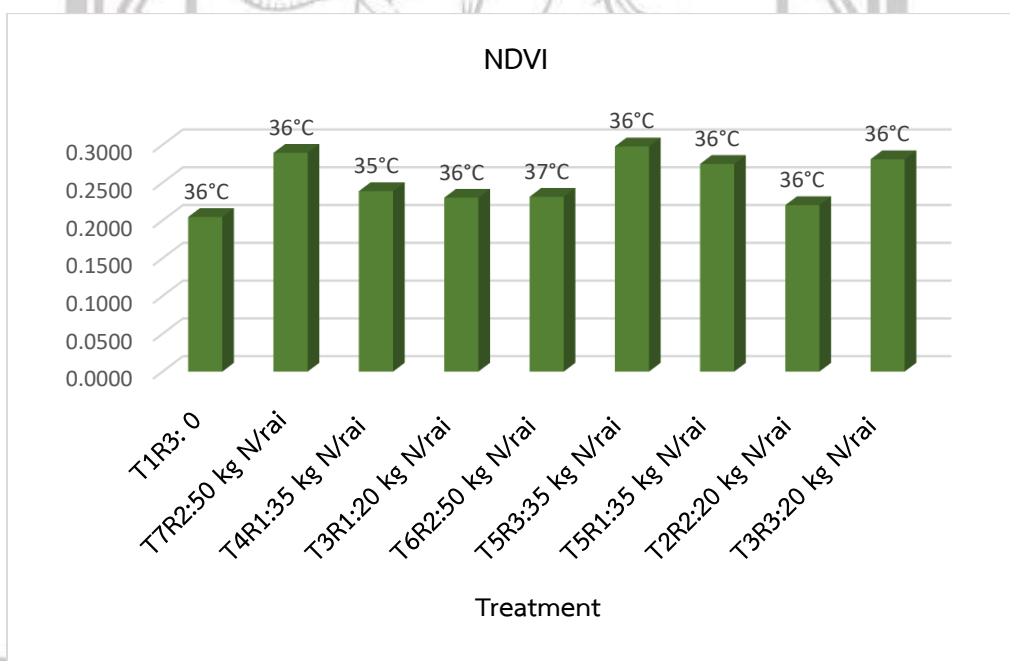
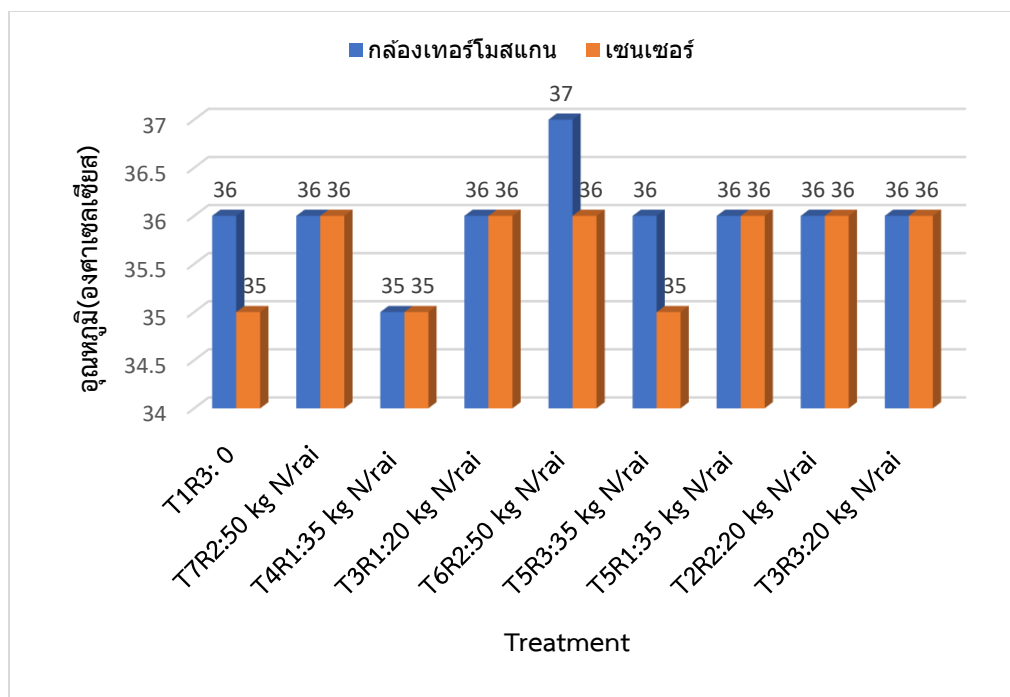
ตารางที่ 4.21. ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยกล้องเทอร์โมสแกนและเซนเซอร์เปรียบเทียบค่าดัชนีพืชพรรณ อายุข้าวโพด 83 วัน

Treatment	กล้องเทอร์โมสแกน	เซนเซอร์	NDVI	ความสูง(เซนติเมตร)
T1R3	34	34	0.2804	105
T7R2	35	34	0.2977	131
T4R1	33	33	0.2510	127
T3R1	34	34	0.2325	119
T6R2	35	34	0.2925	116
T5R3	35	34	0.2207	131
T5R1	34	33	0.3116	145
T2R2	34	34	0.2710	119
T3R3	35	34	0.2880	153

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

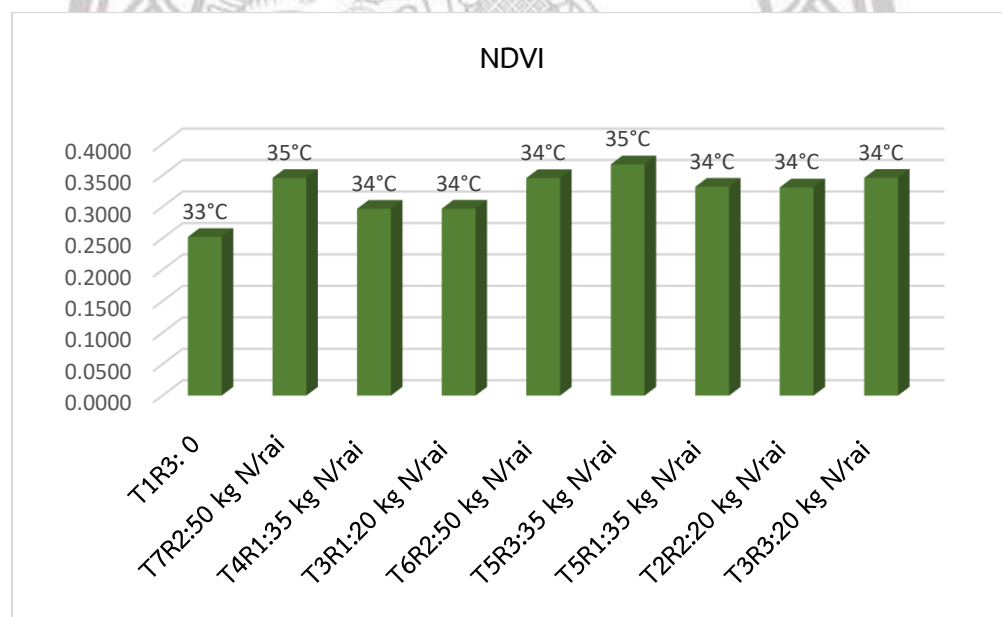
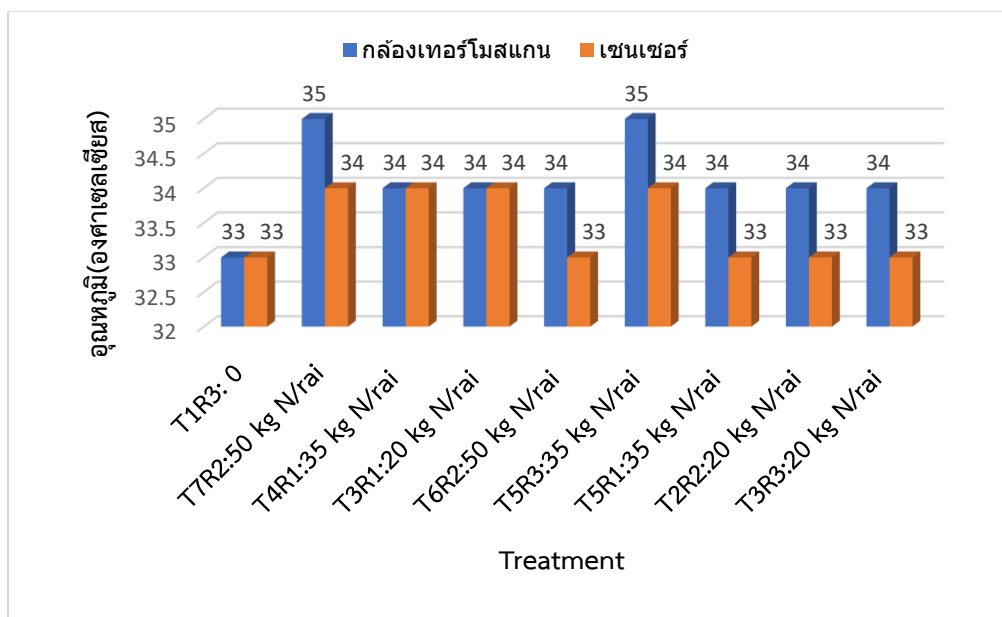
Copyright by Naresuan University

All rights reserved



ภาพที่ 4.22. กราฟแสดงค่าอุณหภูมิของพื้นผิวดินเปรียบเทียบค่าดัชนีพืชพรรณ อายุข้าวโพด 41 วัน

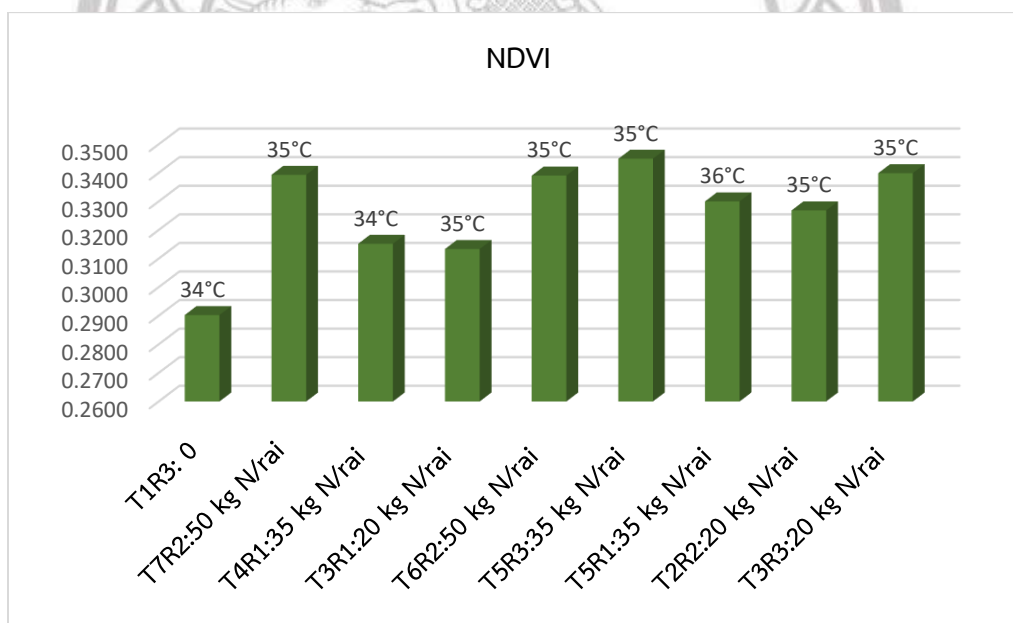
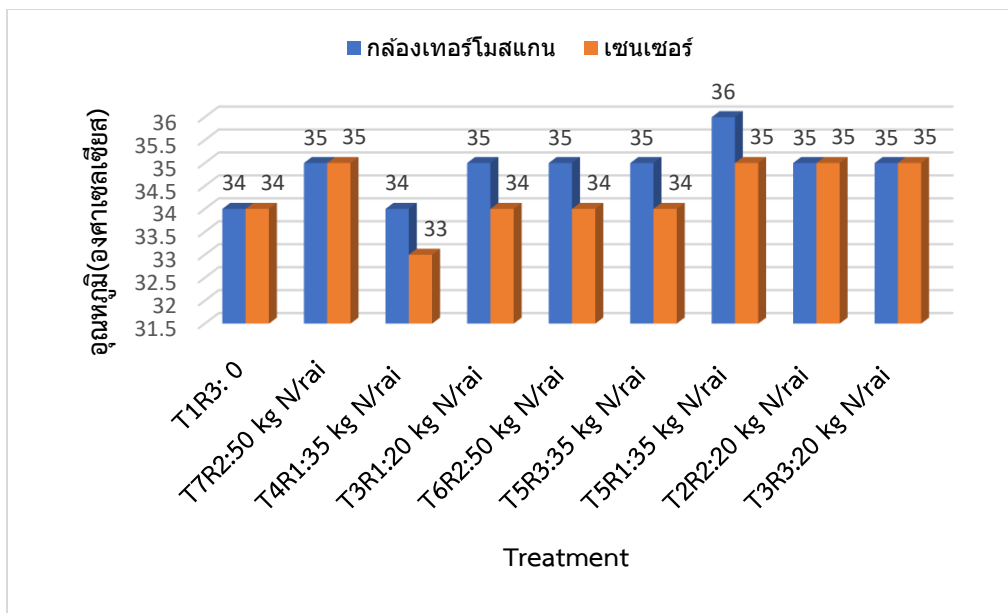
All rights reserved



ภาพที่ 4.23. กราฟแสดงค่าอุณหภูมิของพื้นผิวดินเปรียบเทียบค่าดัชนีพืชพรรณ อายุข้าวโพด 48 วัน

Copyright by Naresuan University

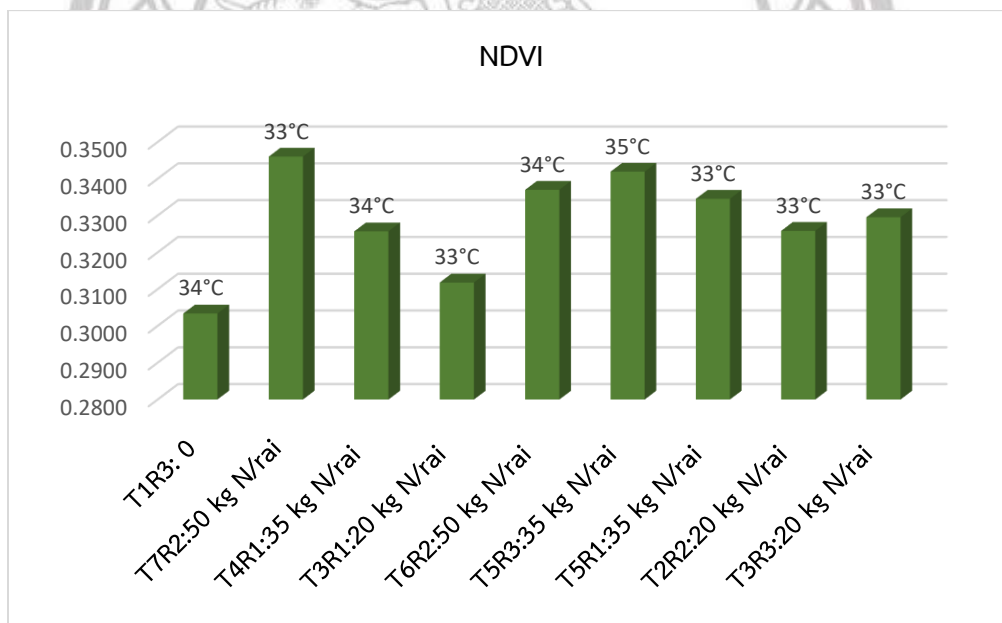
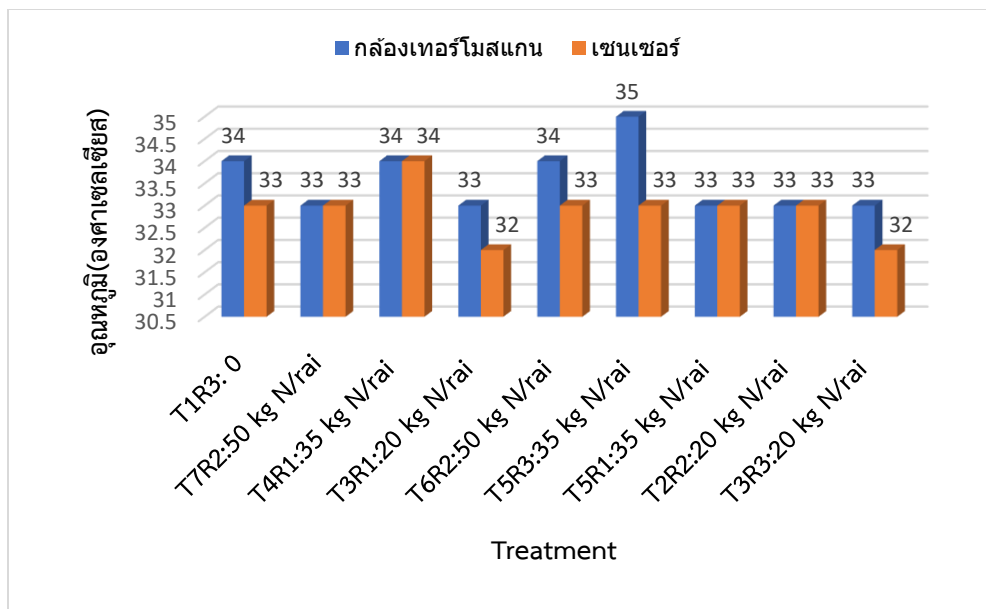
All rights reserved



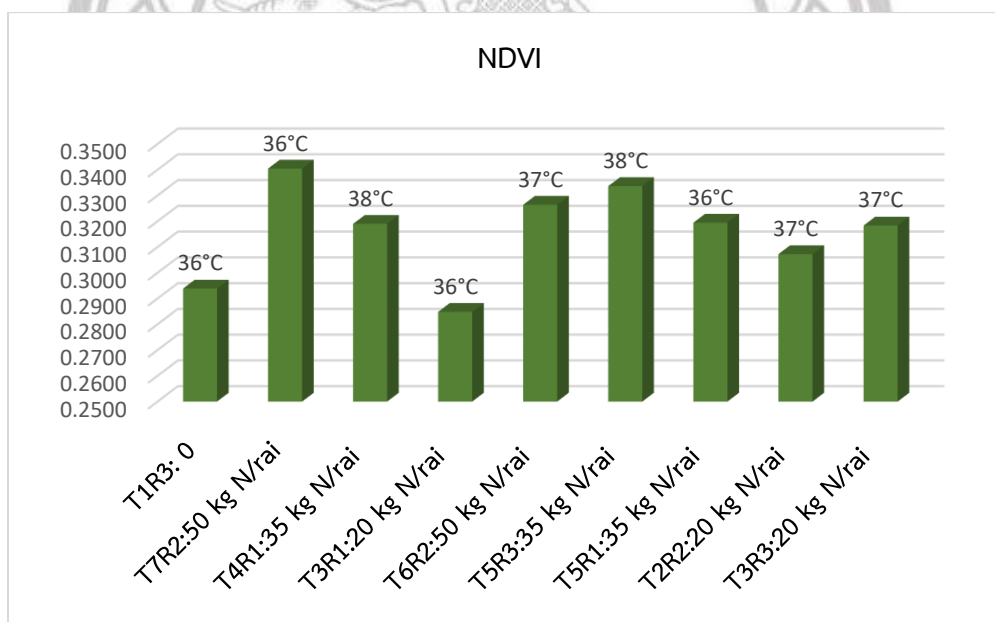
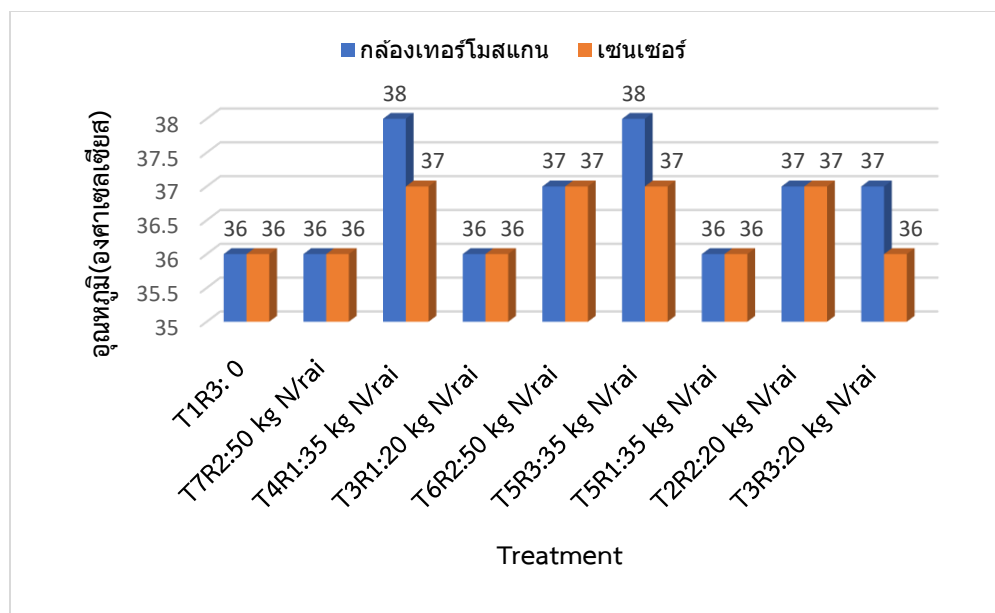
ภาพที่ 4.24. กราฟแสดงค่าอุณหภูมิของพื้นผิวดินเปรียบเทียบค่าดัชนีพืชพรรณ อายุข้าวโพด 55 วัน

Copyright by Naresuan University

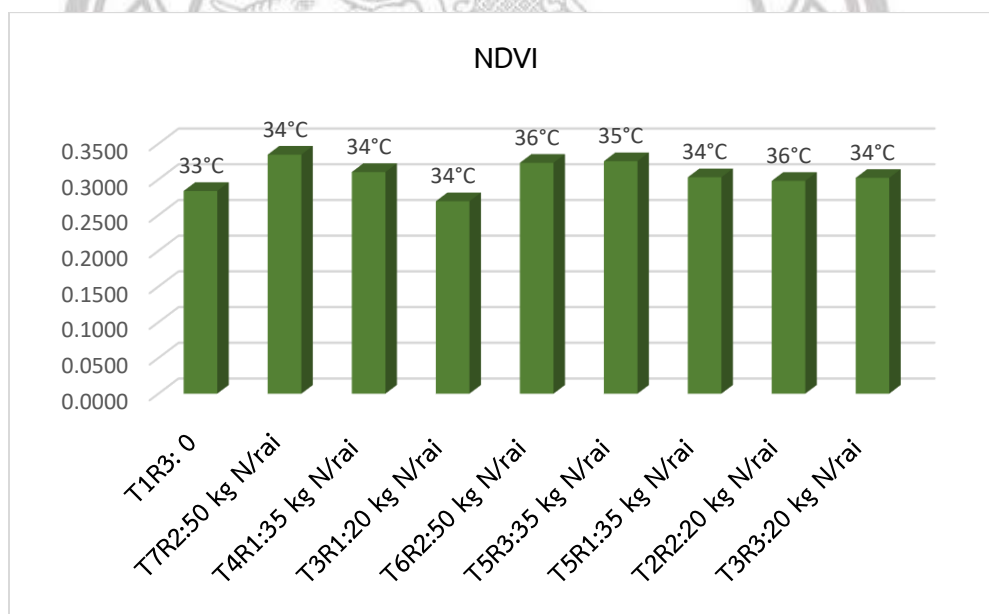
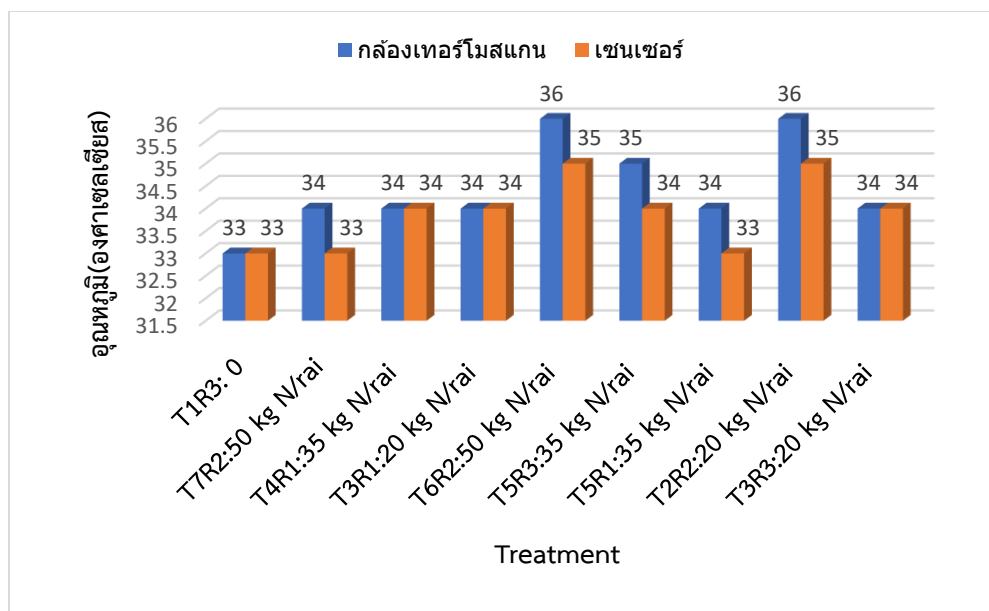
All rights reserved



ภาพที่ 4.25. กราฟแสดงค่าอุณหภูมิของพื้นผิวดินเปรียบเทียบค่าดัชนีพืชพรรณ อายุข้าวโพด 62 วัน



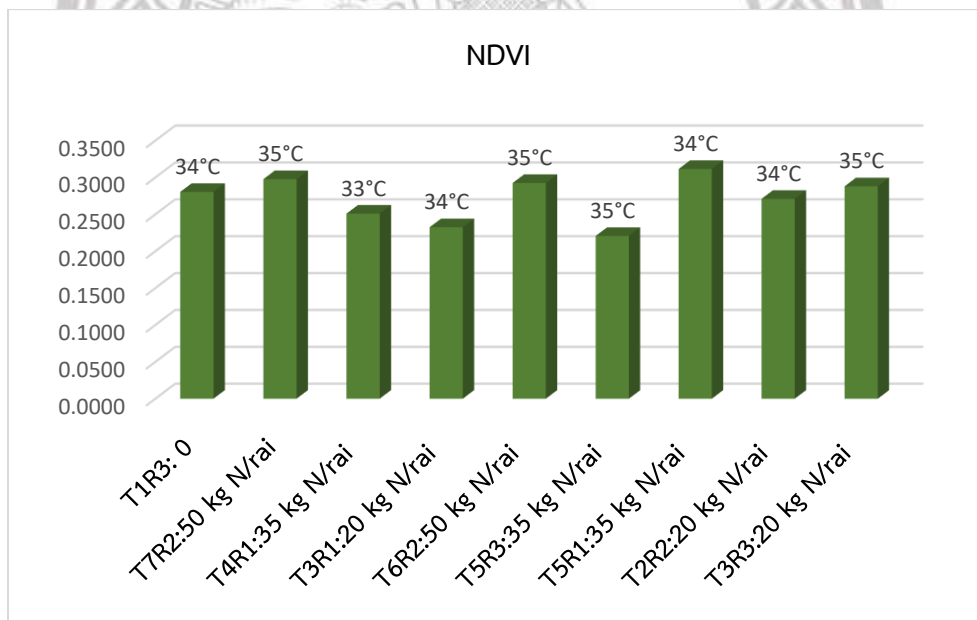
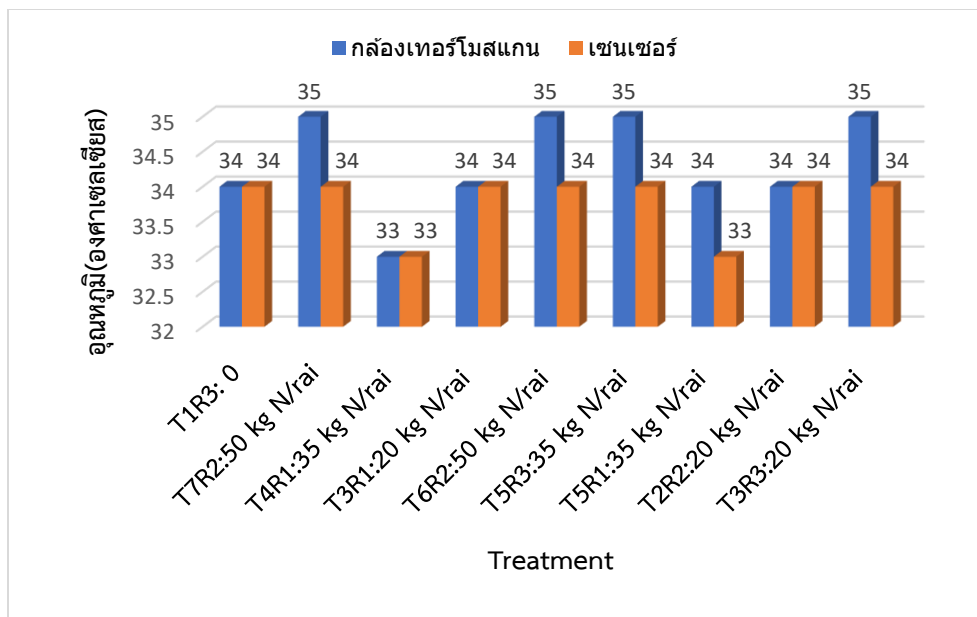
ภาพที่ 4.26. กราฟแสดงค่าอุณหภูมิของพื้นผิวดินเปรียบเทียบค่าดัชนีพืชพรรณ อายุข้าวโพด 71 วัน



ภาพที่ 4.27. กราฟแสดงค่าอุณหภูมิของพื้นผิวดินเปรียบเทียบค่าดัชนีพืชพรรณ อายุข้าวโพด 77 วัน

Copyright by Naresuan University

All rights reserved



ภาพที่ 4.28. กราฟแสดงค่าอุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวดินเปรียบเทียบค่าดัชนีพืชพรรณ อายุข้าวโพด 83 วัน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

Copyright by Naresuan University

All rights reserved

4.3. ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยกล่องเทอร์โมสแกนและเซนเซอร์เปรียบเทียบค่าความสูง

พบว่า ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยกล่องเทอร์โมสแกนและเซนเซอร์เปรียบเทียบค่าความสูงเฉลี่ยที่ได้จากการวิเคราะห์ โดยการลงพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์จริง

4.3.1. วันที่ 22 สิงหาคม 2562 กล่องเทอร์โมสแกนค่าอุณหภูมิ 35 – 37 °C เซนเซอร์ค่าอุณหภูมิ 35 -36 °C พบว่า Treatment ที่มีความสูงมากที่สุด คือ T3R3 เท่ากับ 45 cm. Treatment ที่มีความสูงน้อยที่สุด คือ T1R3 เท่ากับ 27 cm.

4.3.2. วันที่ 29 สิงหาคม 2562 กล่องเทอร์โมสแกนค่าอุณหภูมิ 33 - 35 °C เซนเซอร์ค่าอุณหภูมิ 33 - 34 °C พบว่า Treatment ที่มีความสูงมากที่สุด คือ T3R3 เท่ากับ 109 cm. Treatment ที่มีความสูงน้อยที่สุด คือ T1R3 เท่ากับ 56 cm.

4.3.3. วันที่ 5 กันยายน 2562 กล่องเทอร์โมสแกนค่าอุณหภูมิ 34 - 36 °C เซนเซอร์ค่าอุณหภูมิ 33 - 35 °C พบว่า Treatment ที่มีความสูงมากที่สุด คือ T3R3 เท่ากับ 138 cm. Treatment ที่มีความสูงน้อยที่สุด คือ T1R3 เท่ากับ 59 cm.

4.3.4. วันที่ 12 กันยายน 2562 กล่องเทอร์โมสแกนค่าอุณหภูมิ 33 - 35 °C เซนเซอร์ค่าอุณหภูมิ 32 - 34 °C พบว่า Treatment ที่มีความสูงมากที่สุด คือ T3R3 เท่ากับ 134 cm. Treatment ที่มีความสูงน้อยที่สุด คือ T1R3 เท่ากับ 81 cm.

4.3.5. วันที่ 21 กันยายน 2562 กล่องเทอร์โมสแกนค่าอุณหภูมิ 36 - 38 °C เซนเซอร์ค่าอุณหภูมิ 36 - 37 °C พบว่า Treatment ที่มีความสูงมากที่สุด คือ T3R3 เท่ากับ 143 cm. Treatment ที่มีความสูงน้อยที่สุด คือ T1R3 เท่ากับ 91 cm.

4.3.6. วันที่ 27 กันยายน 2562 กล่องเทอร์โมสแกนค่าอุณหภูมิ 33 - 36 °C เซนเซอร์ค่าอุณหภูมิ 33 - 35 °C พบว่า Treatment ที่มีความสูงมากที่สุด คือ T3R3 เท่ากับ 170 cm. Treatment ที่มีความสูงน้อยที่สุด คือ T1R3 เท่ากับ 94 cm.

4.3.7. วันที่ 3 ตุลาคม 2562 กล้องเทอร์โมสแกนค่าอุณหภูมิ 33 - 35 °C เซนเซอร์ค่าอุณหภูมิ 33 - 34 °C พบว่า Treatment ที่มีความสูงมากที่สุด คือ T3R3 เท่ากับ 153 cm. Treatment ที่มีความสูงน้อยที่สุด คือ T1R3 เท่ากับ 105 cm.

ตารางที่ 4.29. ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยกล้องเทอร์โมสแกนและเซนเซอร์เปรียบเทียบค่าความสูง อายุข้าวโพด 41 วัน

Treatment	กล้องเทอร์โมสแกน	เซนเซอร์	ความสูง(เซนติเมตร)
T1R3	36	35	27
T7R2	36	36	39
T4R1	35	35	34
T3R1	36	36	40
T6R2	37	36	35
T5R3	36	35	42
T5R1	36	36	39
T2R2	36	36	38
T3R3	36	36	45

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

Copyright by Naresuan University

All rights reserved

ตารางที่ 4.30. ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยกล้องเทอร์โมสแกนและเซนเซอร์เปรียบเทียบค่าความสูง อายุข้าวโพด 48 วัน

Treatment	กล้องเทอร์โมสแกน	เซนเซอร์	ความสูง(เซนติเมตร)
T1R3	33	33	56
T7R2	35	34	85
T4R1	34	34	97
T3R1	34	34	90
T6R2	34	33	65
T5R3	35	34	86
T5R1	34	33	94
T2R2	34	33	76
T3R3	34	33	109

ตารางที่ 4.31. ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยกล้องเทอร์โมสแกนและเซนเซอร์เปรียบเทียบค่าความสูง อายุข้าวโพด 55 วัน

Treatment	กล้องเทอร์โมสแกน	เซนเซอร์	ความสูง(เซนติเมตร)
T1R3	34	34	59
T7R2	35	35	113
T4R1	34	33	119
T3R1	35	34	105
T6R2	35	34	91
T5R3	35	34	115
T5R1	36	35	127
T2R2	35	35	103
T3R3	35	35	138

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

Copyright by Naresuan University

All rights reserved

ตารางที่ 4.32. ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยกัล้องเทอร์โมสแกนและเซ็นเซอร์เปรียบเทียบค่าความสูง อายุข้าวโพต 62 วัน

Treatment	กัล้องเทอร์โมสแกน	เซ็นเซอร์	ความสูง(เซนติเมตร)
T1R3	34	33	81
T7R2	33	33	115
T4R1	34	34	116
T3R1	33	32	108
T6R2	34	33	94
T5R3	35	33	101
T5R1	33	33	137
T2R2	33	33	108
T3R3	33	32	134

ตารางที่ 4.33. ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยกัล้องเทอร์โมสแกนและเซ็นเซอร์เปรียบเทียบค่าความสูง อายุข้าวโพต 71 วัน

Treatment	กัล้องเทอร์โมสแกน	เซ็นเซอร์	ความสูง(เซนติเมตร)
T1R3	36	36	91
T7R2	36	36	130
T4R1	38	37	118
T3R1	36	36	128
T6R2	37	37	102
T5R3	38	37	103
T5R1	36	36	135
T2R2	37	37	117
T3R3	37	36	143

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

Copyright by Naresuan University

All rights reserved

ตารางที่ 4.34. ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยกล้องเทอร์โมสแกนและเซ็นเซอร์เปรียบเทียบค่าความสูง อายุข้าวโพด 77 วัน

Treatment	กล้องเทอร์โมสแกน	เซ็นเซอร์	ความสูง(เซนติเมตร)
T1R3	33	33	94
T7R2	34	33	159
T4R1	34	34	173
T3R1	34	34	137
T6R2	36	35	124
T5R3	35	34	135
T5R1	34	33	155
T2R2	36	35	126
T3R3	34	34	170

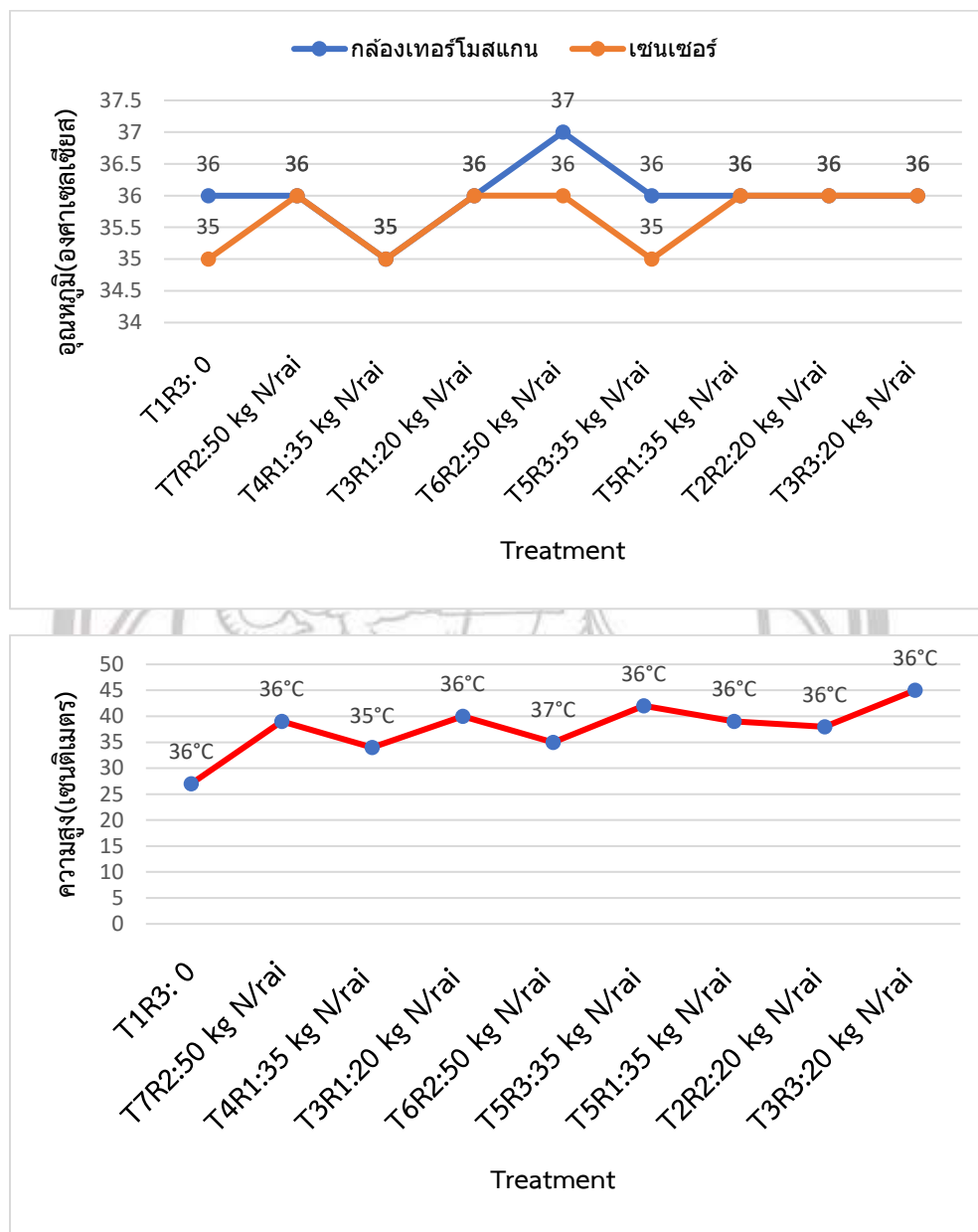
ตารางที่ 4.35. ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยกล้องเทอร์โมสแกนและเซ็นเซอร์เปรียบเทียบค่าความสูง อายุข้าวโพด 83 วัน

Treatment	กล้องเทอร์โมสแกน	เซ็นเซอร์	ความสูง(เซนติเมตร)
T1R3	34	34	105
T7R2	35	34	131
T4R1	33	33	127
T3R1	34	34	119
T6R2	35	34	116
T5R3	35	34	131
T5R1	34	33	145
T2R2	34	34	119
T3R3	35	34	153

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

Copyright by Naresuan University

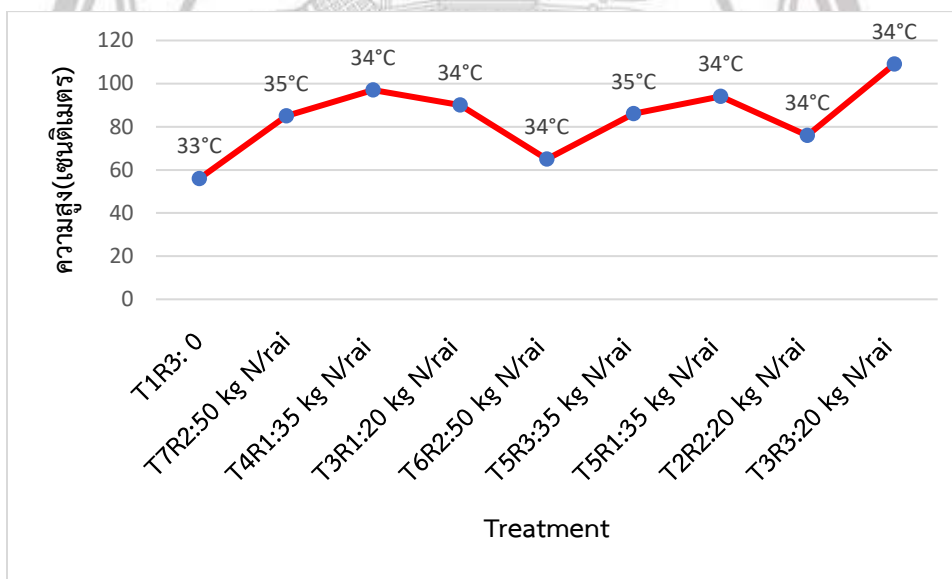
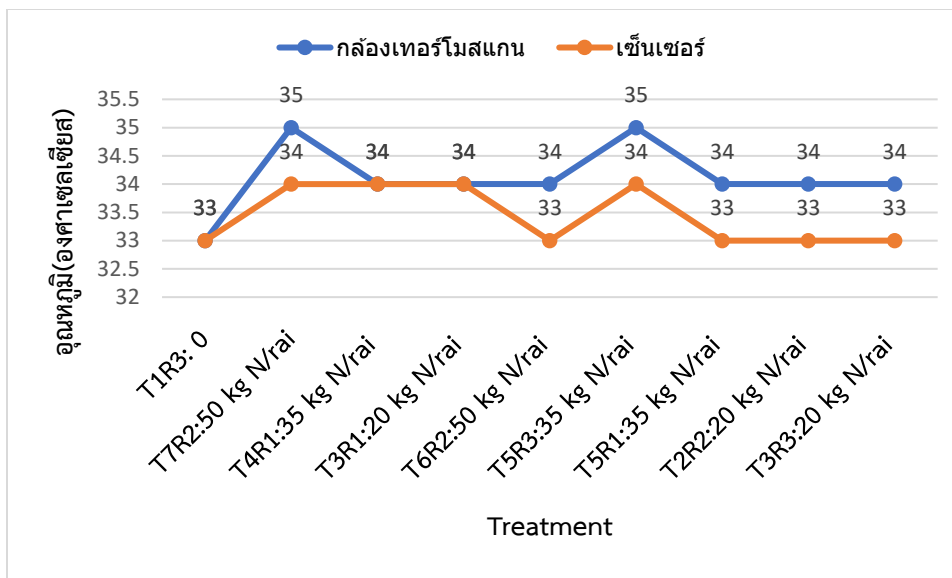
All rights reserved



ภาพที่ 4.36. กราฟแสดงค่าเฉลี่ยอุณหภูมิจากพื้นผิวดินเปรียบเทียบค่าความสูงข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ อายุข้าวโพด 41 วัน

Copyright by Naresuan University

All rights reserved

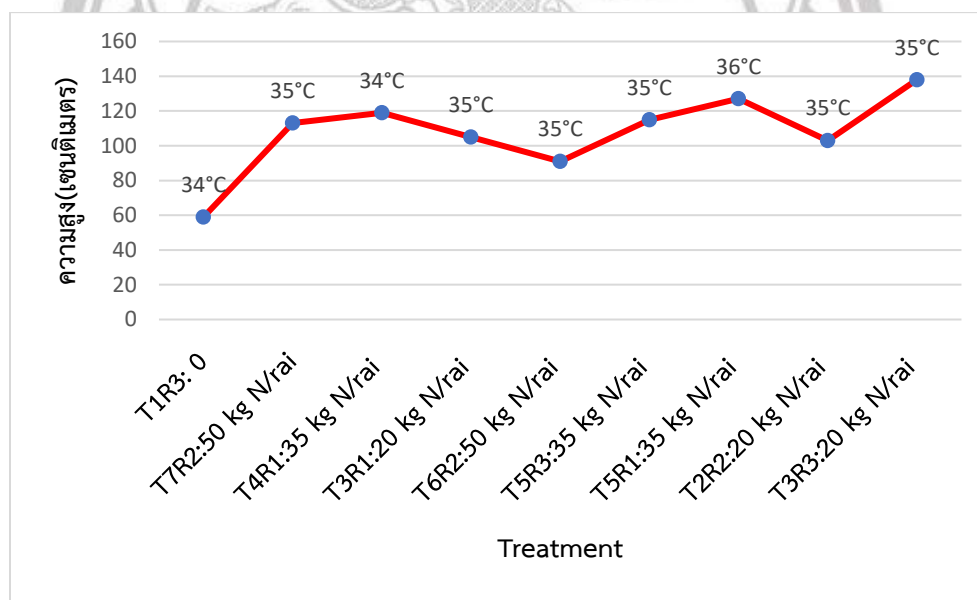
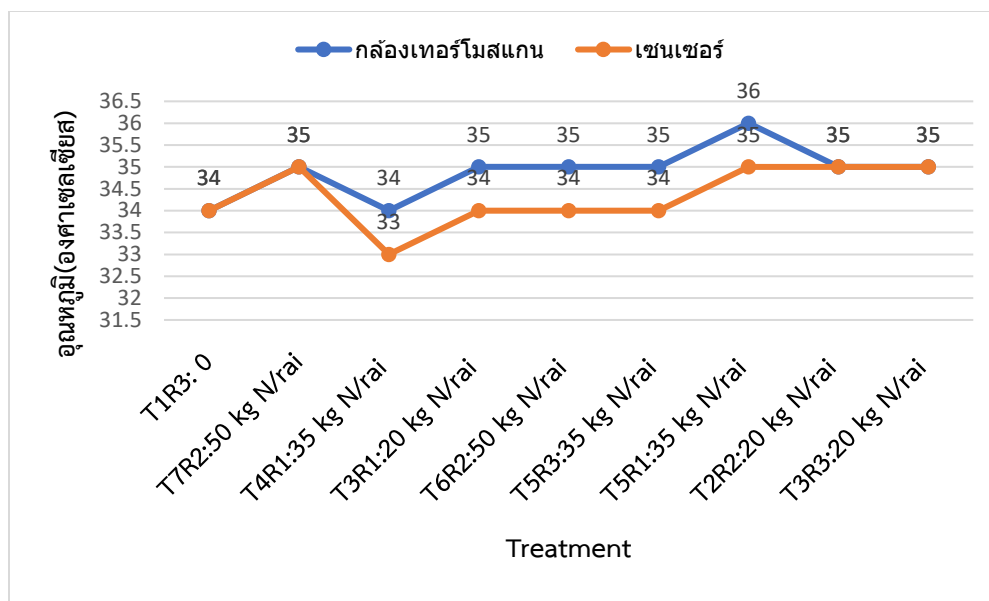


ภาพที่ 4.37. กราฟแสดงค่าอุณหภูมิของพื้นผิวดินเปรียบเทียบค่าความสูงข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ อายุข้าวโพด 48 วัน

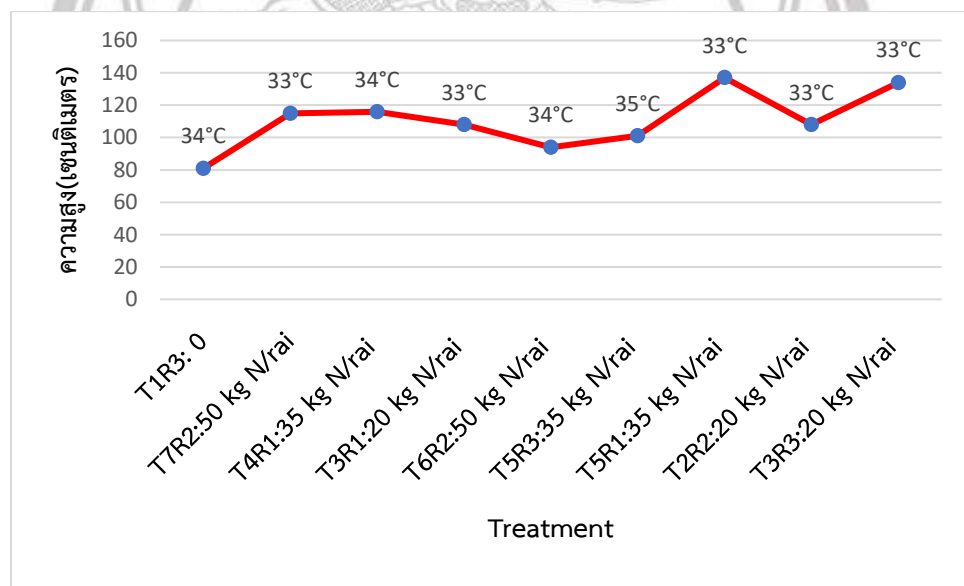
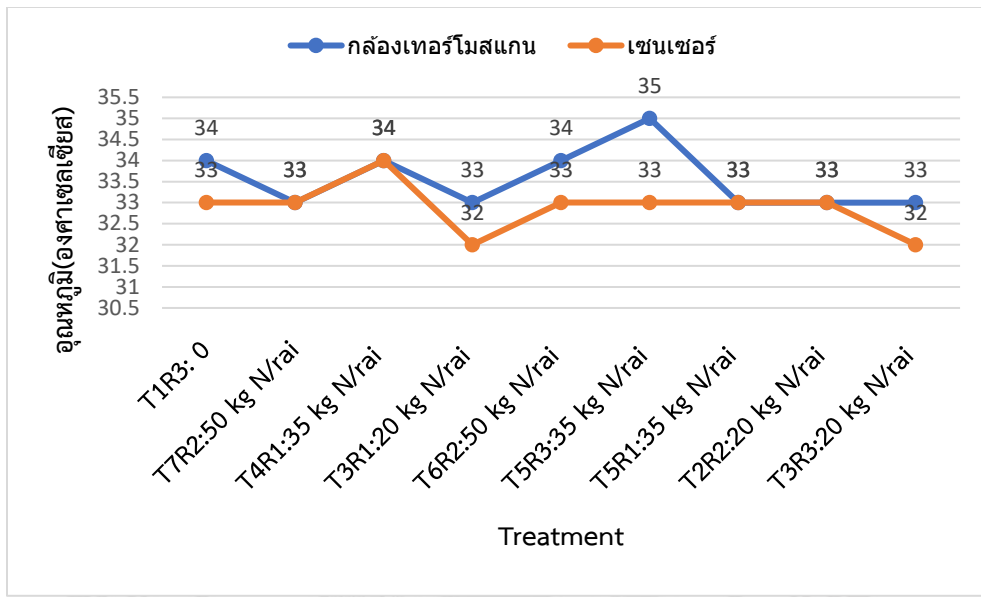
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

Copyright by Naresuan University

All rights reserved



ภาพที่ 4.38. กราฟแสดงค่าอุณหภูมิของพื้นผิวดินเปรียบเทียบค่าความสูงข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ อายุข้าวโพด 55 วัน

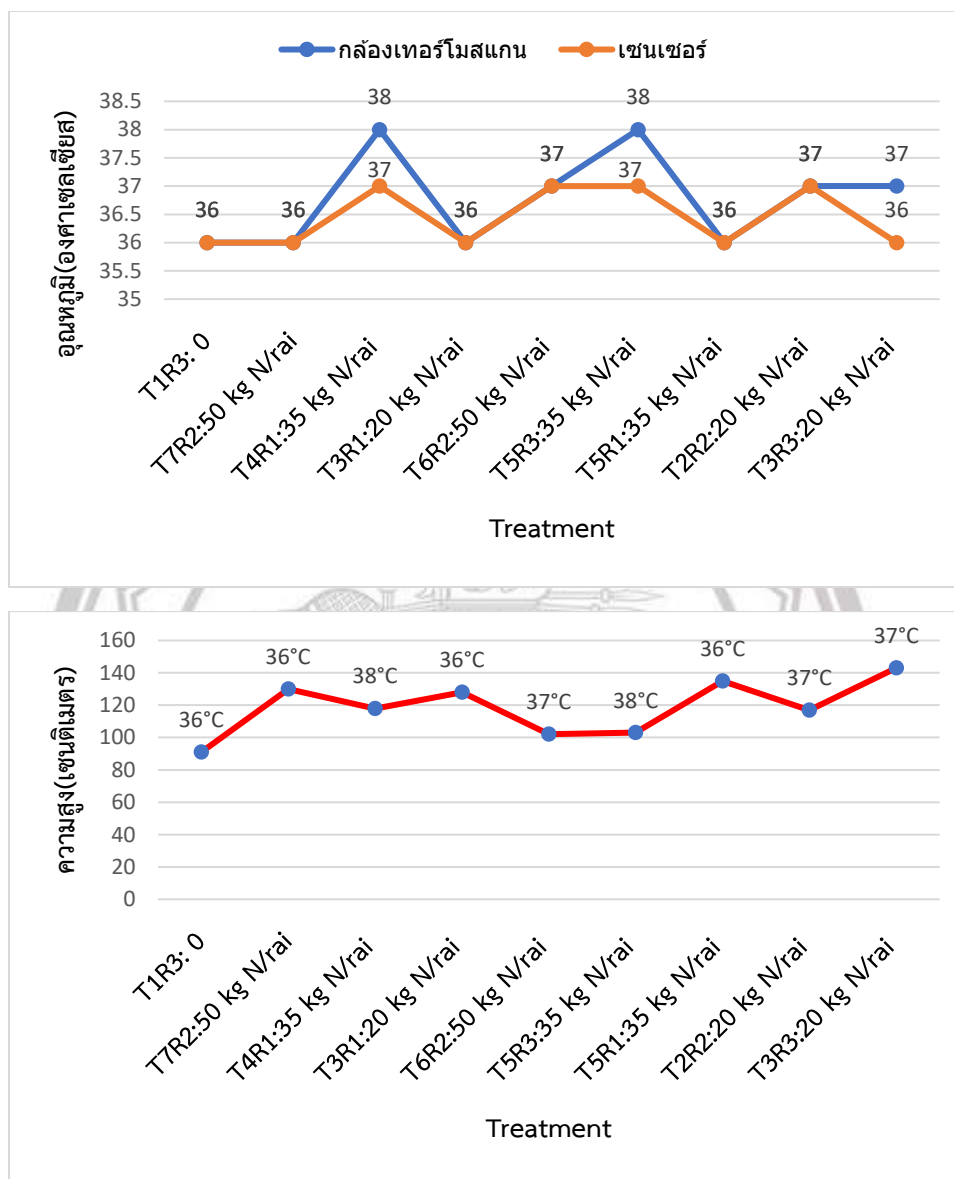


ภาพที่ 4.39. กราฟแสดงค่าอุณหภูมิของพื้นผิวดินเปรียบเทียบกับค่าความสูงข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ อายุข้าวโพด 62 วัน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

Copyright by Naresuan University

All rights reserved

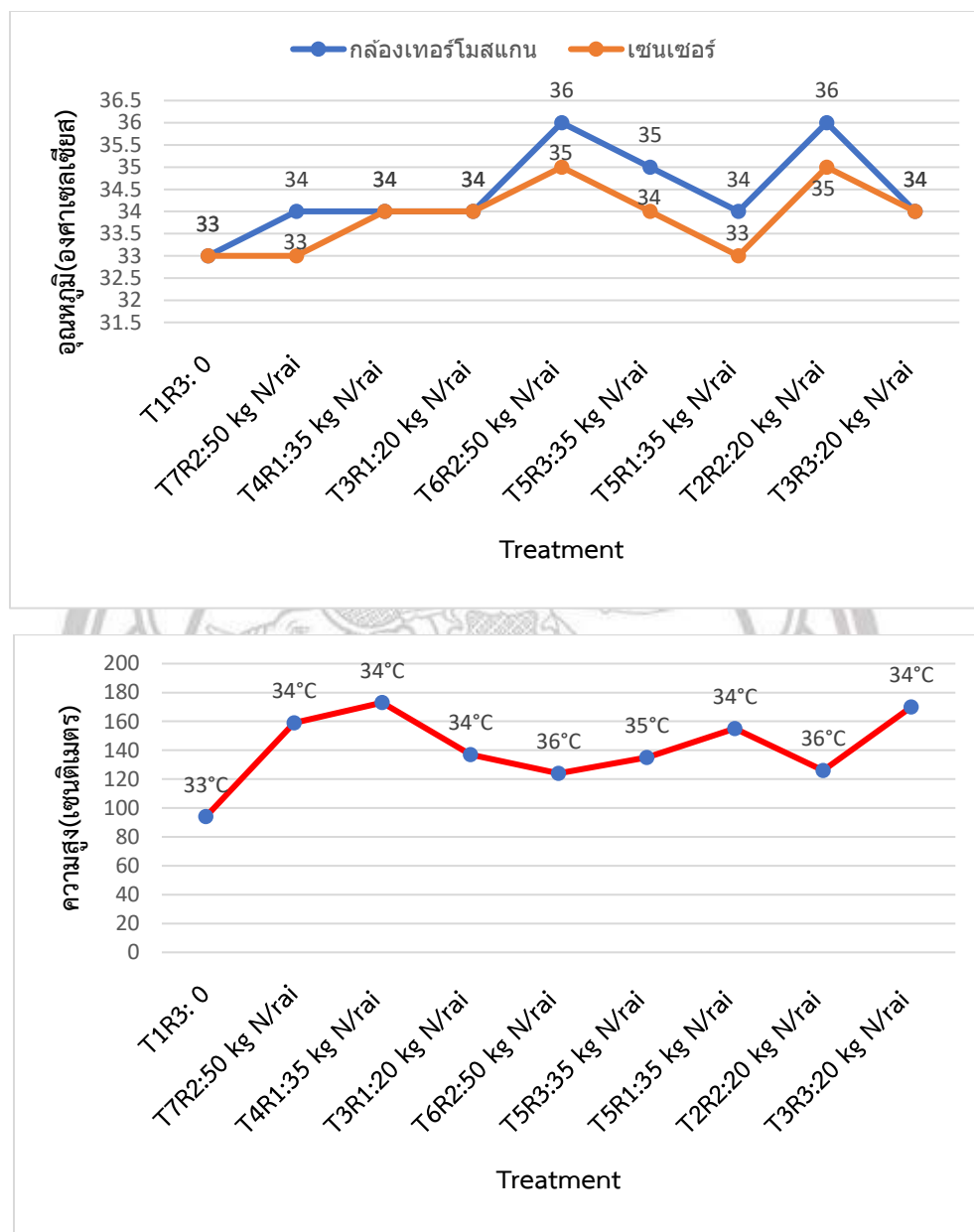


ภาพที่ 4.40. กราฟแสดงค่าอุณหภูมิของพื้นผิวดินเปรียบเทียบค่าความสูงข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ อายุข้าวโพด 71 วัน

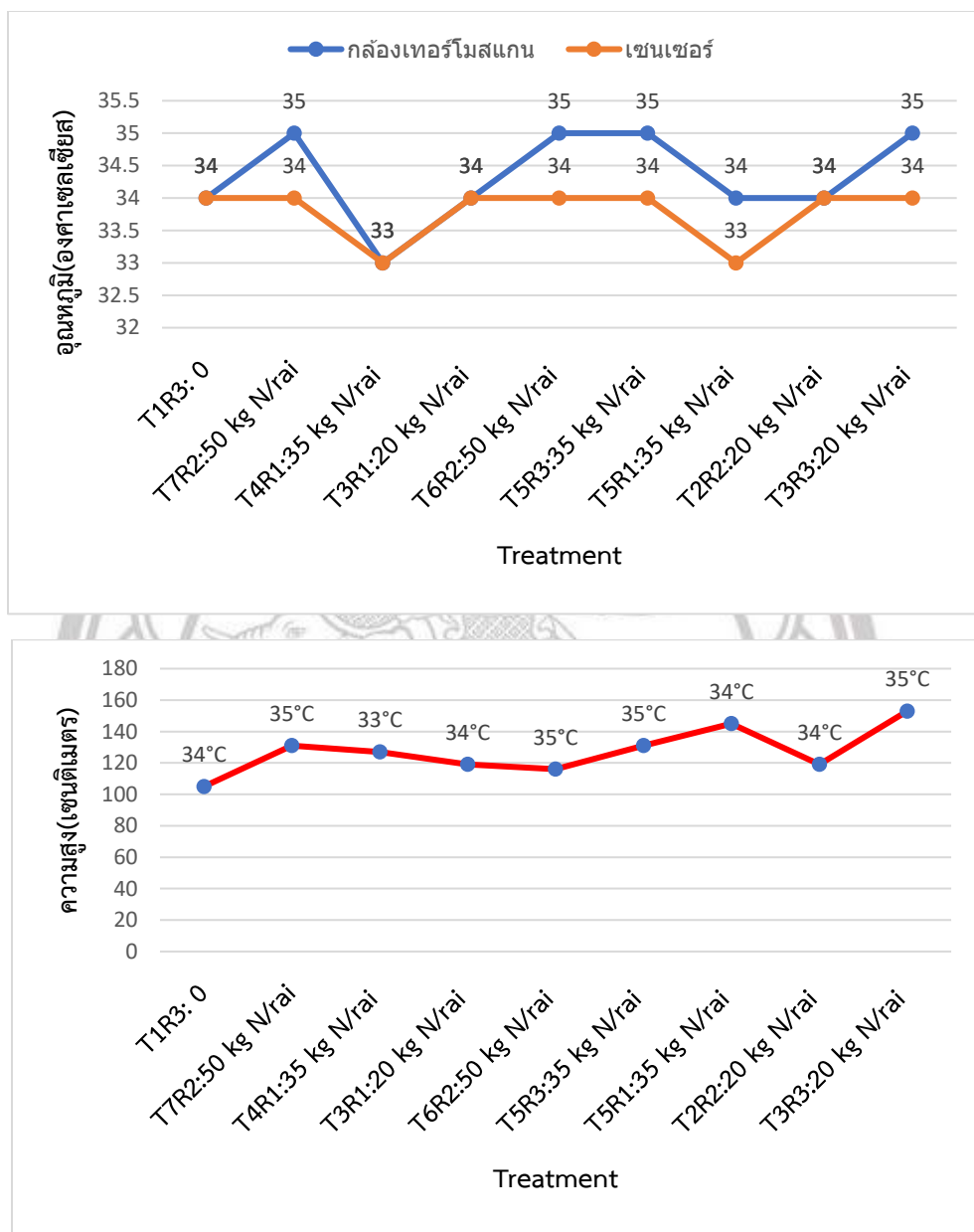
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

Copyright by Naresuan University

All rights reserved



ภาพที่ 4.41. กราฟแสดงค่าอุณหภูมิของพื้นผิวดินเปรียบเทียบค่าความสูงข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ อายุข้าวโพด 77 วัน



ภาพที่ 4.42. กราฟแสดงค่าอุณหภูมิของพื้นผิวดินเปรียบเทียบค่าความสูงข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ อายุข้าวโพด 83 วัน

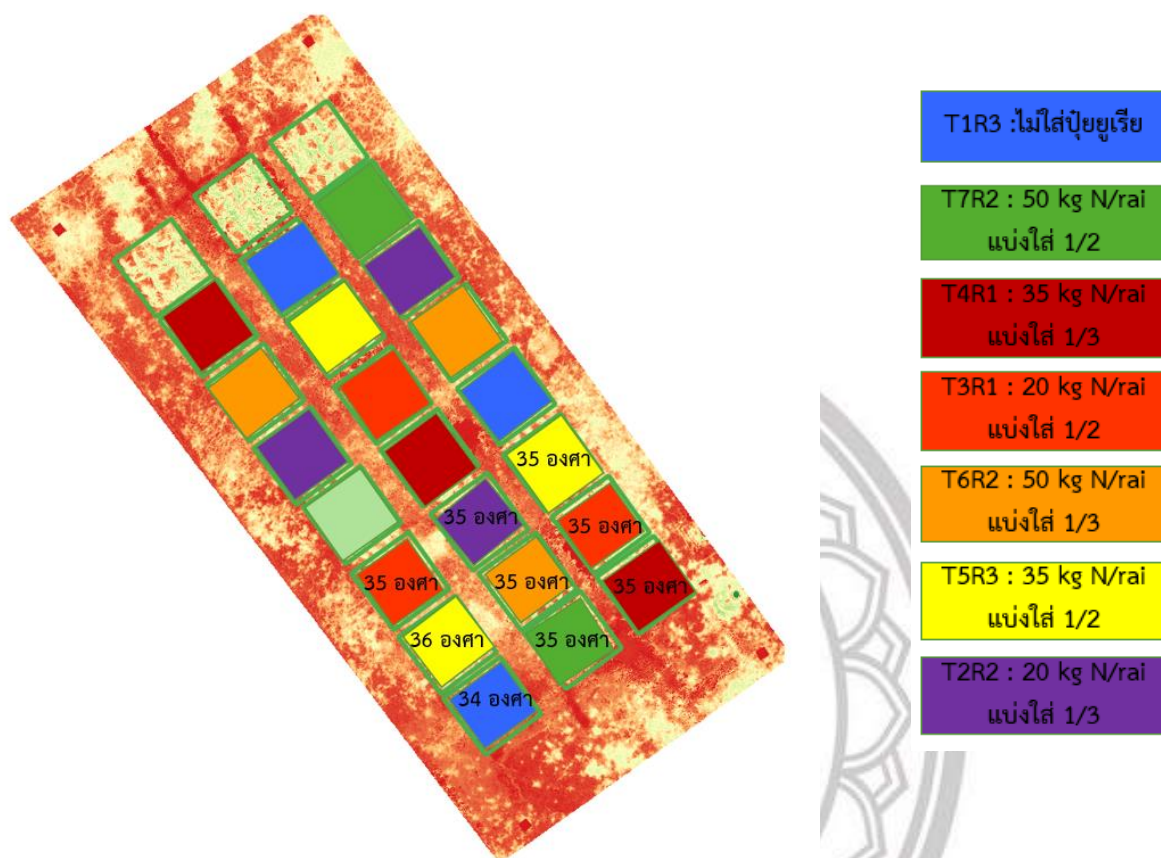
4.4. ผลการวิเคราะห์ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยกล้องเทอร์โมสแกนและเซนเซอร์เปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยดัชนีพืชพรรณ
ค่าเฉลี่ยความสูง

Treatment	กล้องเทอร์โมสแกน	เซนเซอร์	NDVI	ความสูง(เซนติเมตร)
T1R3	34	34	0.2726	73
T7R2	35	34	0.3277	110
T4R1	35	34	0.2938	112
T3R1	35	34	0.277	104
T6R2	35	35	0.3136	90
T5R3	36	34	0.3189	102
T5R1	35	34	0.3151	119
T2R2	35	35	0.2972	98
T3R3	35	34	0.315	127

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

Copyright by Naresuan University

All rights reserved

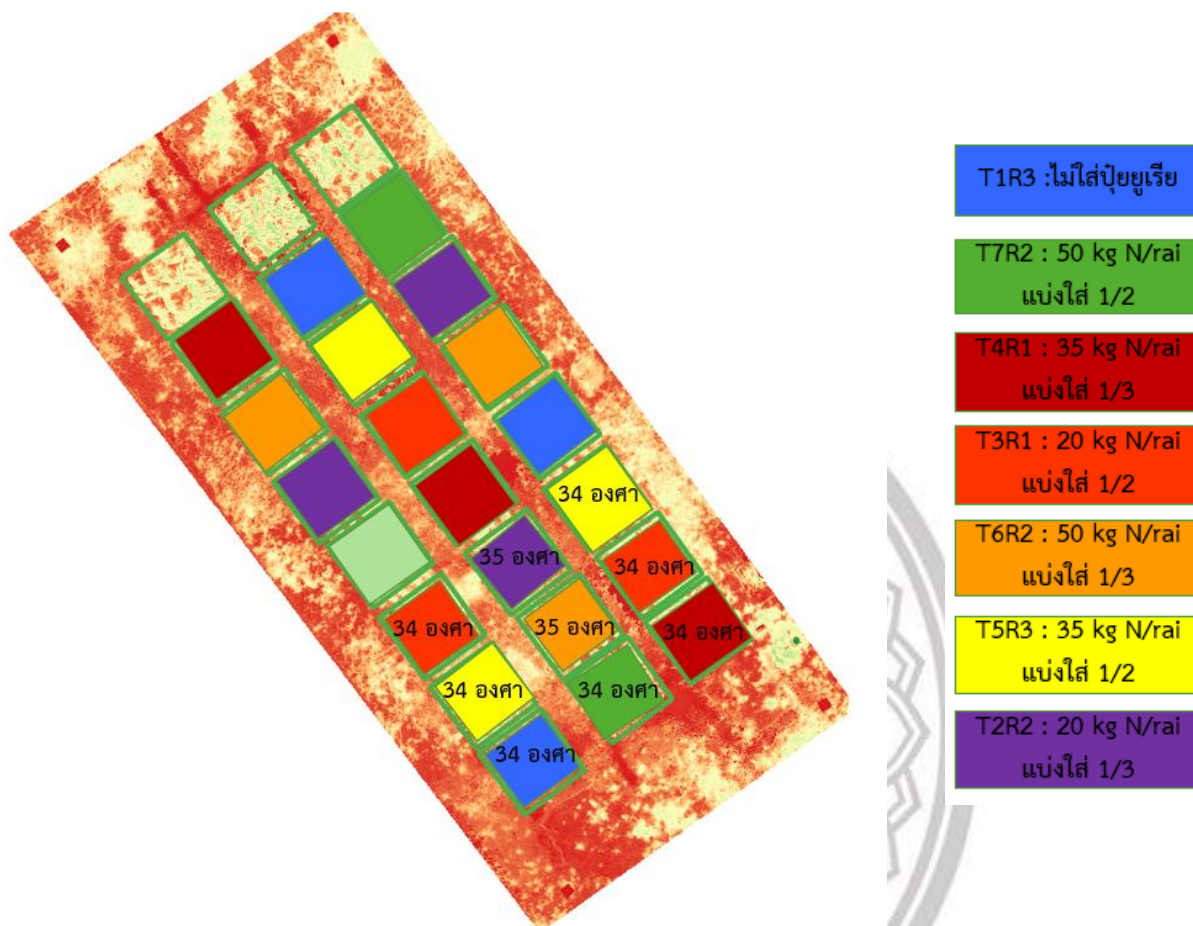


ภาพที่ 4.43. ภาพแผนผังแปลงการทดลองที่ได้ทดลองด้วยกล้องเทอร์โมสแกน

ลิขสิทธ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

Copyright by Naresuan University

All rights reserved



ภาพที่ 4.44. ภาพแผนผังแปลงการทดลองที่ได้ทดลองด้วยเซนเซอร์

ลิขสิทธ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

Copyright by Naresuan University

All rights reserved

บทที่ 5

สรุปผล อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

จากผลการศึกษางานวิจัยบทที่ 4 ผลการดำเนินงานวิจัย ในหัวข้อการวิเคราะห์หาอุณหภูมิและความชื้นพื้นผิวดินบริเวณที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ด้วยภาพถ่ายความร้อนและเซนเซอร์ สามารถสรุปผล อภิปรายผลและข้อเสนอแนะการศึกษาได้ ดังนี้

5.1. สรุปผล

5.1.1. กล้องเทอร์โมสแกนและเซนเซอร์

กล้องเทอร์โมสแกน ข้อดี มีภาพความร้อนที่ละเอียด , สามารถตรวจสอบได้ถึงความแตกต่างของอุณหภูมิได้และภาพในการวัดอุณหภูมิสูงสุดหรือต่ำสุด มีการเชื่อมต่อ WiFi ในตัวเพื่อง่ายต่อการแชร์รูปภาพ

ข้อเสีย กล้องเทอร์โมสแกนมีราคาที่สูง

เซนเซอร์ ข้อดี อ่านค่าได้เร็ว มีความแม่นยำของอุณหภูมิที่วัดได้ดีและใช้ต้นทุนที่ต่ำในการทำเซนเซอร์วัดอุณหภูมิดิน

ข้อเสีย ไม่มีภาพแสดงจุดอุณหภูมิที่มีความแตกต่างได้

5.1.2. การติดตามวัดค่าอุณหภูมิกิจกรรมกล้องเทอร์โมสแกนและเซนเซอร์พื้นผิวดินบริเวณที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

สรุปได้ว่าการติดตามวัดค่าอุณหภูมิกิจกรรมกล้องเทอร์โมสแกนและเซนเซอร์พื้นผิวดินบริเวณที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ตลอดระยะเวลา 1 สัปดาห์ ใช้ในการเก็บข้อมูล 2 ช่วงเวลา คือ ช่วงแรก 10.00 – 12.00 น.และ ช่วงที่สอง 12.00 – 14.00 น. พบว่าช่วงเวลา 12.00 – 14.00 น. มีอุณหภูมิสูงกว่าช่วงเวลา 10.00 – 12.00 น. ซึ่งค่าจากกล้องเทอร์โมสแกนมีค่าอุณหภูมิไปในทิศทางเดียวกันกับเซนเซอร์ ดังนั้น ช่วงเวลา 12.00 – 14.00 น. มีอุณหภูมิสูงขึ้นแสดงว่าความชื้นต่ำ จึงต้องให้น้ำกับแปลงข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เพื่อที่จะได้ดูดซึมธาตุอาหารไปใช้ในการให้ผลผลิตได้ดี

Copyright by Naresuan University

All rights reserved

5.1.3. ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยกล้องเทอร์โมสแกนและเซนเซอร์เปรียบเทียบกับค่าดัชนีพืชพรรณ

ค่าของ NDVI แต่ละช่วงทรีทमेंต์ (Treatment) มีค่าที่แตกต่างกัน ซึ่งนำมาใช้ในการหาอุณหภูมิพื้นผิวดินของบริเวณที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในการดูซึมธาตุอาหารไปใช้ในการให้ผลผลิต เพื่อที่จะใช้ในการคำนวณปริมาณผลผลิตและประมาณการพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในแต่ละฤดูกาล ค่าของ NDVI แต่ละช่วงทรีทमेंต์ (Treatment) สามารถนำมาเป็นฐานข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์พื้นที่ได้อย่างมีประสิทธิภาพและนักวิชาการทางการเกษตรสามารถวิเคราะห์พื้นที่ปลูกได้ เพื่อใช้ในการควบคุม วางแผน จัดการกับแปลงข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

ผลการทดลองหาอุณหภูมิจากแปลงทดลอง ตำบลท่าโพธิ์ อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก พบว่าข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ที่ทำการทดลองใช้ Drone และค่าดัชนีพืชพรรณ (NDVI) ในการตรวจสอบการเจริญเติบโต ร่วมกับการลงพื้นที่ตรวจสอบผลที่ออกมา พบว่า อุณหภูมิที่ 34 °C ในพื้นที่แปลงทดลองข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ มีการดูซึมธาตุอาหารได้ดีส่งผลให้มีการเจริญเติบโตที่สมบูรณ์

ดังนั้น อุณหภูมิมีผลต่อความสมบูรณ์ของการดูซึมธาตุอาหาร (NDVI) ที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

5.1.4. ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยกล้องเทอร์โมสแกนและเซนเซอร์เปรียบเทียบกับค่าความสูง

สรุปได้ว่าค่าอุณหภูมิเฉลี่ยกล้องเทอร์โมสแกนและเซนเซอร์ตลอดระยะเวลา 1 สัปดาห์ ที่ทำการทดลอง พบว่าการเจริญเติบโตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์แต่ละทรีทमेंต์ (Treatment) มีการเจริญเติบโตในแต่ละวันที่แตกต่างกัน ความสูงของแต่ละทรีทमेंต์ (Treatment) ไม่เท่ากัน ในบางทรีทमेंต์ (Treatment) จะมีความสูงที่มากกว่า เพราะเนื่องจากอุณหภูมิดินที่ไม่เหมาะสมและมีการให้อัตราปุ๋ย ไม่เท่ากัน

ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยกล้องเทอร์โมสแกนและเซนเซอร์ พบว่าอุณหภูมิที่ 34 °C มีความสัมพันธ์กับค่าความสูงที่วัดได้จากแปลงทดลองและผลผลิตมีความสัมพันธ์กัน สามารถคาดการณ์ผลผลิตได้ล่วงหน้าว่าจะมีผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในฤดูกาลได้

ดังนั้น อุณหภูมิมีผลต่ออัตราการเจริญเติบโต (DSM) ที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University

All rights reserved

5.2. อภิปรายผล

ในงานวิจัยได้ทำการวิเคราะห์หาอุณหภูมิและความชื้นพื้นผิวดินบริเวณที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ด้วยภาพถ่ายความร้อนและเซนเซอร์ โดยการใช้กล้องเทอร์โมสแกนถ่ายภาพความร้อนและเซนเซอร์ในการวัดอุณหภูมิเพื่อนำมาเปรียบเทียบกับอัตราการเจริญเติบโต (DSM) และความสมบูรณ์ของการดูดซึมธาตุอาหารด้วยเทคนิค (NDVI) ว่าอุณหภูมิมีผลต่อการเจริญเติบโตและการดูดซึมธาตุอาหารหรือไม่ ผู้จัดทำได้ใช้กล้องเทอร์โมสแกนถ่ายภาพความร้อนและเซนเซอร์วัดอุณหภูมิในแปลงทดลอง เมื่อได้ภาพถ่ายความร้อนก็ใช้โปรแกรม FLIR Tool ในการวิเคราะห์อุณหภูมิ นำค่าที่ได้จากการวิเคราะห์ไปเปรียบเทียบกับค่าเซนเซอร์แล้วนำค่าดัชนีความร้อนของพื้นผิวดินด้วยกล้องเทอร์โมสแกนและเซนเซอร์เปรียบเทียบกับอัตราการเจริญเติบโต (DSM) และความสมบูรณ์ของการดูดซึมธาตุอาหาร (NDVI) กล้องเทอร์โมสแกนมีภาพความร้อนที่ละเอียดและมีการวัดพื้นที่ที่แสดงจุดที่ร้อนที่สุด แต่มีราคาที่สูงมากและเซนเซอร์ในการวัดอุณหภูมิและการเจริญเติบโตของข้าวโพดแทนกล้องเทอร์โมสแกนได้ จากการวิเคราะห์หาอุณหภูมิและความชื้นพื้นผิวดินบริเวณที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ด้วยภาพถ่ายความร้อนและเซนเซอร์พบว่าอุณหภูมิจากกล้องเทอร์โมสแกนและเซนเซอร์เมื่อเปรียบเทียบกับค่า NDVI และ ความสูง มีค่าดัชนีไปในทิศทางเดียวกันเมื่อเทียบกับการใช้ปุ๋ยของแต่ละทรีทเมนต์ (Treatment) และอัตราการใส่ปุ๋ยที่เท่ากัน ดังนั้น อุณหภูมิมีผลต่อการดูดซึมธาตุอาหารที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตที่ดีต่อเกษตรกร โดยงานวิจัยนี้สอดคล้องกับงานของ Muro, J. Et al. (2018) ศึกษาเรื่องแนวโน้มอุณหภูมิพื้นผิวดิน (LST) เป็นตัวบ่งชี้การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในพื้นที่ชุ่มน้ำ ทำการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่าง NDVI (ดัชนีพืชพรรณที่แตกต่างจากปกติ) และ LST ($r = -0.56$) ผลลัพธ์ที่ได้จากโมเดลแนวโน้มฤดูกาลและค่าเฉลี่ยรายปีมีความคล้ายคลึงกัน ($r = 0.81$) พบแนวโน้มที่สำคัญน้อยลงเมื่อใช้เปอร์เซ็นต์ไทล์ 90 และสิ่งเหล่านี้มีขนาดใหญ่ขึ้น แนวโน้ม LST ในเชิงบวก (เช่นเพิ่มขึ้น) สอดคล้องกับการตัดไม้ทำลายป่าและการขยายพื้นที่เพาะปลูกในพื้นที่น้ำท่วมใน ขณะที่กระบวนการป่าไม้ส่งผลให้แนวโน้ม LST ตีกลับ LST ที่เพิ่มขึ้นปานกลางในพื้นที่ชุ่มน้ำตามธรรมชาติ แนะนำว่าผลกระทบของกิจกรรมของมนุษย์ขยายไปยังพื้นที่ที่ไม่ได้รับการเพาะปลูกเช่นกัน การให้หลักฐานว่าการวิเคราะห์อนุกรมเวลาของข้อมูล LST สามารถใช้ในการติดตามและศึกษาการเปลี่ยนแปลงได้

5.3. ข้อเสนอแนะ

1. ในการลงพื้นที่ถ่ายภาพความร้อนควรมีสภาพที่ดี มีแดด ไม่มีเมฆฝน
2. สามารถนำไปพัฒนาต่อยอดให้กับเกษตรกร เพื่อใช้ดูแลพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์และผลผลิตได้



ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

บรรณานุกรม

- กรณ์วิญญู. สื่อการสอนออนไลน์วิชาเทคนิคการอินเทอร์เน็ตเฟส[ออนไลน์]. แหล่งที่มา :
<https://sites.google.com/site/karanwinatkttech/unit1> [11 ตุลาคม 2562]
- กล้องเทอร์โมสแกน. ความเป็นมากล้องเทอร์โมสแกน [ออนไลน์]. 2019,แหล่งที่มา : <http://www.research-system.siam.edu/images/coop/> [10 ตุลาคม 2562]
- เทคโนโลยีชาวบ้าน. ข่าวโพเดเลียงสัตว์[ออนไลน์].2019,แหล่งที่มา :
https://www.technologychaoban.com/news-slide/article_5225 [11 ตุลาคม 2562]
- โปรแกรม QGIS. QGIS คืออะไร [ออนไลน์]. 2015,แหล่งที่มา : <http://qgis-up.blogspot.com/> [10 ตุลาคม 2562]
- มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์. เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย Wireless Sensor Networks (WSN) [ออนไลน์].2007,แหล่งที่มา : <http://rssidist.blogspot.com/2007/08/wireless-sensor-networks-wsn.html> [11 ตุลาคม 2562]
- ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร สำนักงานปลัดกระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. เซนเซอร์คืออะไร [ออนไลน์]. 2019,แหล่งที่มา : <https://www.ops.go.th/main/index.php/knowledge-base/article-pr/1520-sensor.html> [11 ตุลาคม 2562]
- อากาศยานไร้คนขับ.อากาศยานไร้คนขับคืออะไร[ออนไลน์]. แหล่งที่มา :
<https://sites.google.com/site/xakasyanrikhnhkhab/> [11 ตุลาคม 2562]
- อุณหภูมิพื้นผิวดิน (Land Surface Temperature).อุณหภูมิพื้นผิวดินคืออะไร [ออนไลน์].แหล่งที่มา :
http://etc.csrs.ku.ac.th/pluginfile.php/867/mod_resource/content/ [11 ตุลาคม 2562]
- Hoffmann, H., Jensen, R., Thomsen, A., Nieto, H., Rasmussen, J., & Friberg, T. (2016). Crop water stress maps for an entire growing season from visible and thermal UAV imagery. *Biogeosciences*, 13(24), 6545.

- Muro, J., Strauch, A., Heinemann, S., Steinbach, S., Thonfeld, F., Waske, B., & Diekkrüger, B. (2018). Land surface temperature trends as indicator of land use changes in wetlands. *International journal of applied earth observation and geoinformation*, 70, 62-71.
- Sobrino, J. A., Jimenez-Munoz, J. C., & Paolini, L. (2004). Land surface temperature retrieval from LANDSAT TM 5. *Remote Sensing of environment*, 90(4), 434-440.
- Wan, Z. (2014). New refinements and validation of the collection-6 MODIS land-surface temperature/emissivity product. *Remote sensing of Environment*, 140, 36-45.
- Zullo, F., Fazio, G., Romano, B., Marucci, A., & Fiorini, L. (2019). Effects of urban growth spatial pattern (UGSP) on the land surface temperature (LST): A study in the Po Valley (Italy). *Science of The Total Environment*, 650, 1740-1751.



ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

Copyright by Naresuan University

All rights reserved



ภาคผนวก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

Copyright by Naresuan University

All rights reserved

ภาคผนวก ก.

เรื่อง ลงพื้นที่สำรวจ

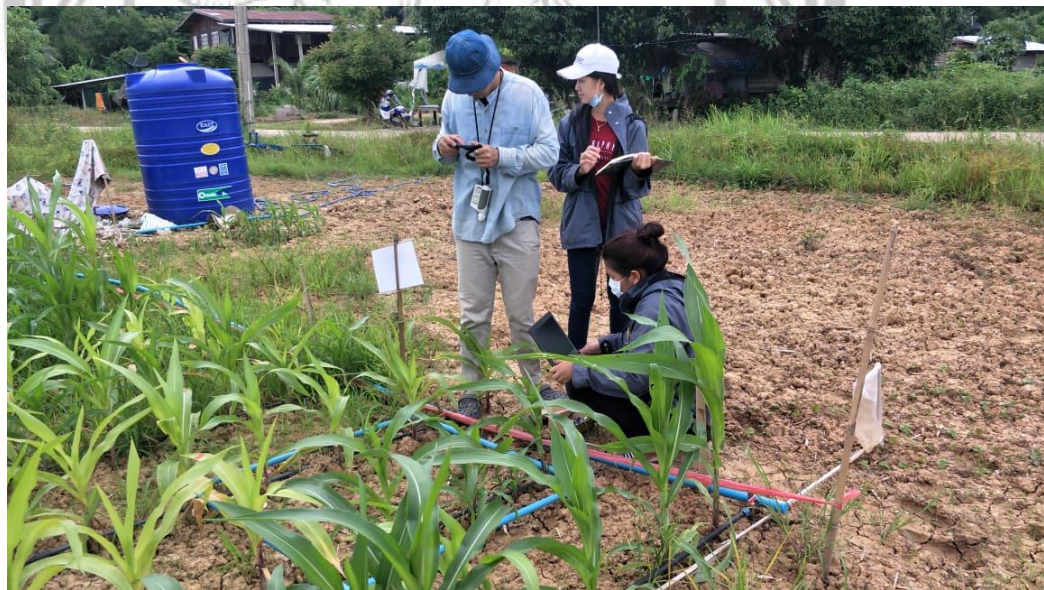
- ลงพื้นที่ถ่ายแปลงทดลองและเก็บข้อมูล





ลิขสิทธิ์
Copyright
All

sity



Copyright by Naresuan University
All rights reserved



ลิขสิทธิ มหาวิทยาลัยนเรศวร

Copyright by Naresuan University

All rights reserved



ลิขสิทธิ์
Copyright by
All rights reserved
University



ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

Copyright by Naresuan University

All rights reserved



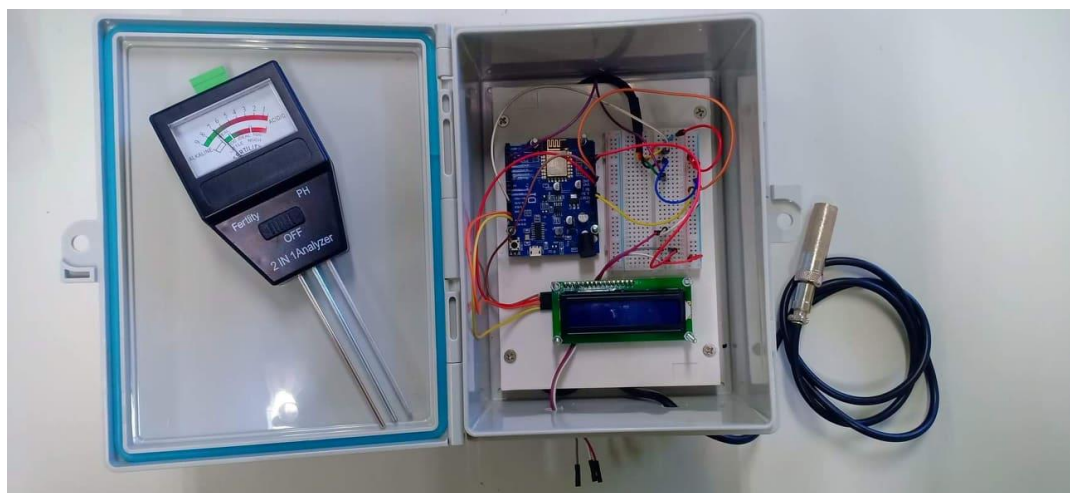
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

Copyright by Naresuan University

All rights reserved



กล้อง thermal scan สำหรับถ่ายภาพความร้อน



ชุดเซนเซอร์สำหรับตรวจวัดอุณหภูมิความชื้นดิน



ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

Copyright by Naresuan University

All rights reserved



ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ - สกุล	ฤทัยรัตน์ หะทัยทาระ
วัน เดือน ปีเกิด	26 พฤษภาคม 2540
ที่อยู่ปัจจุบัน	41-104-105 ซอยสะแกงาม21 ถนนพระราม2 แขวงสามตำ เขตบางขุนเทียน กรุงเทพมหานคร 10150
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ. 2559 – 2562	ระดับปริญญาตรี หลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต (ภูมิศาสตร์) มหาวิทยาลัยนเรศวร ตำบลท่าโพธิ์ อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก 65000 เกรดเฉลี่ย 2.55
พ.ศ. 2556 – 2558	ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย (วิทย์-คณิต) โรงเรียนรัตนโกสินทร์- สมโภชบางขุนเทียน แขวงสามตำ เขตบางขุนเทียน จังหวัดกรุงเทพมหานคร 10150 เกรดเฉลี่ย 2.59
พ.ศ. 2553 – 2555	ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนราชมุนตรี(ปลื้ม-นุกุล) แขวงสามตำ เขตบางขุนเทียน จังหวัดกรุงเทพมหานคร 10150

กิจกรรมที่เข้าร่วม

- 1.) เข้าร่วมอบรม Web GIS และ Mobile GIS Service วันที่ 18-19 กุมภาพันธ์ 2562 ที่อาคาร Citcom มหาวิทยาลัยนเรศวร โดย OSGeo TH
- 2.) เข้าร่วมอบรม OpenStreetMap Contribution by JOSM วันที่ 9 เมษายน 2562 ที่ชั้น 4 คณะเกษตรศาสตร์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม
- 3.) เข้าร่วมอบรม Python Processing using Open Sources GIS วันที่ 8 มิถุนายน 2562 ที่มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต
- 4.) เป็นอาสาสมัครและผู้ช่วยสอน (Volunteer and teaching assistant) ในงานประชุมสัมมนา Free and Open Source Software for Geospatial Thailand 2019 (FOSS4G Thailand 2019) ระหว่างวันที่ 3-5 พฤศจิกายน 2562 ที่ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย