



รายงานผลการวิจัย

เรื่อง การประยุกต์ใช้ข้อมูลระยะไกลและข้อมูลภาคสนามเพื่อประเมินสถานะการขาดน้ำของลำไย

Application of Remote Sensing and Field study for Longan Water Deficit Evaluation

ได้รับการจัดสรรงบประมาณวิจัย

ประจำปี 2558

จำนวน 265,700 บาท

หัวหน้าโครงการ

นางสาววาสนา วิรุณรัตน์

ผู้ร่วมโครงการ

นายจักรพงษ์ ไชยวงศ์

นายวินัย วิริยะอลงกรณ์

Mr. Wolfram Spreer

งานวิจัยเสร็จสิ้นสมบูรณ์

30 กันยายน 2559

สารบัญ

	หน้า
สารบัญตาราง	ข
สารบัญภาพ	ค
บทคัดย่อ	1
Abstract	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
ขอบเขตของการวิจัย	3
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	9
ผลการศึกษา	13
สรุปและข้อเสนอแนะ	30
เอกสารอ้างอิง	32
ภาคผนวก	34

สารบัญตาราง

	หน้า	
ตารางที่ 1	รายละเอียดแปลงตัวอย่างศึกษาลำไยตัวแทนในพื้นที่ จ.เชียงใหม่	13
ตารางที่ 2	รายละเอียดแปลงตัวอย่างศึกษาลำไยในพื้นที่จังหวัดลำพูน	14
ตารางที่ 3	ผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีพืชพรรณ (NDVI) จากแหล่งภาพดาวเทียม THEOS และ Landsat 8	23
ตารางที่ 4	ผลการวิเคราะห์ค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นดินชั้นบนและดินชั้นล่าง	24
ตารางที่ 5	ผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีความเครียดลำไย และการชักนำปากใบแปลงตัวอย่าง 4 แปลง	25
ตารางที่ 6	แสดงค่าดัชนีพืชพรรณ ความชื้นดิน และค่าดัชนีความเครียดของลำไย	26
ตารางที่ 7	ผลการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ (correlation analysis) ระหว่างค่าดัชนีของพืชพรรณ จากแหล่งภาพดาว Landsat 8 และ THEOS ค่าดัชนีความเครียดของลำไย กับค่าความชื้นดินชั้นบนและดินชั้นล่าง	27

สารบัญภาพ

		หน้า
ภาพที่ 1	ขอบเขตพื้นที่ศึกษา จ.เชียงใหม่ และ จ.ลำพูน	9
ภาพที่ 2	ตำแหน่งของแปลงลำไยตัวอย่าง ใน อ.สันทราย	10
ภาพที่ 3	ตำแหน่งของแปลงลำไยตัวอย่าง ใน อ.เชียงดาว และ อ.พร้าว	10
ภาพที่ 4	ตำแหน่งของแปลงลำไยตัวอย่าง ใน อ.ป่าซาง และ อ.บ้านโฮ้ง จ.ลำพูน	11
ภาพที่ 5	ลักษณะของสวนลำไยในพื้นที่ อ.เชียงดาว และ อ.พร้าว จ.เชียงใหม่	14
ภาพที่ 6	ลักษณะของสวนลำไยในพื้นที่ อ. บ้านโฮ้ง และ อ. ป่าซาง จ.ลำพูน	15
ภาพที่ 7	การเก็บตัวอย่างดิน และบันทึกข้อมูลความชื้นในดิน	15
ภาพที่ 8	การเก็บข้อมูลความต้านทานของปากใบ และการถ่ายภาพความร้อนของทรงพุ่ม	16
ภาพที่ 9	ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม THEOS วันที่ 11 พฤษภาคม 2558	17
ภาพที่ 10	ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม THEOS วันที่ 23 พฤษภาคม 2558	19
ภาพที่ 11	ภาพถ่ายดาวเทียมทั้งหมดที่ใช้วิเคราะห์	21
ภาพที่ 12	ภาพถ่ายดาวเทียมทั้งหมดที่ใช้วิเคราะห์หลังจากผ่านขั้นตอนการหาค่าดัชนีพืชพรรณ	22
ภาพที่ 13	กราฟการกระจายแสดงความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีของพืชพรรณ (NDVI) จากแหล่งภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8 กับดัชนีความเครียดลำไย (CWSD)	28
ภาพที่ 14	กราฟการกระจายแสดงความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีของพืชพรรณ (NDVI) จากแหล่งภาพถ่ายดาวเทียม THEOS กับความชื้นดินชั้นบน	28
ภาพที่ 15	กราฟการกระจายแสดงความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีพืชพรรณ (NDVI) จากแหล่งภาพถ่ายดาวเทียม THEOS กับความชื้นดินชั้นล่าง	29

การประยุกต์ใช้ข้อมูลระยะไกลและข้อมูลภาคสนามเพื่อประเมินสถานะการขาดน้ำของลำไย

Application of Remote Sensing and Field study for Longan Water Deficit Evaluation

วาสนา วิรุณรัตน์¹, จักรพงษ์ ไชยวงศ์¹, วินัย วิริยะอลงกรณ์¹ และ Wolfram Spreer²

Vassana Viroonrat¹, Chackapong Chaiwong¹, Winai Wiriy-Alongkorn¹ and

Wolfram Spreer²

¹ คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จ.เชียงใหม่ 50290

² คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 50200

บทคัดย่อ

ประยุกต์ใช้ข้อมูลระยะไกลและข้อมูลภาคสนามเพื่อประเมินสถานะการขาดน้ำของลำไยในพื้นที่ปลูกลำไยบนกลุ่มชุดดินที่ตอนของจังหวัดเชียงใหม่และจังหวัดลำพูน โดยการใช้ค่าดัชนีของพืชพรรณ จากภาพถ่ายดาวเทียม THEOS และดาวเทียม Landsat 8 ร่วมกับการใช้กล้องถ่ายภาพความร้อน และการวัดความชื้นของดินในสนาม มาหาความสัมพันธ์กัน จากการศึกษพบว่า ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนีของพืชพรรณ (NDVI) ของดาวเทียม Landsat 8 กับค่าดัชนีความเครียดลำไย (CWSI) มีความสัมพันธ์กัน ($R^2 = 0.88$) ค่าดัชนีพืชพรรณ (NDVI) ของดาวเทียม THEOS กับค่าความชื้นดินของดินบนและดินล่างก็มีความสัมพันธ์เช่นเดียวกัน ($R^2 = 0.69$ และ $R^2 = 0.73$) ในช่วงเวลาเดียวกัน ซึ่งสามารถนำเอาวิธีการดังกล่าวไปประเมินสถานะขาดน้ำของลำไยในพื้นที่ดังกล่าวได้

คำสำคัญ: ข้อมูลระยะไกล และการประเมินขาดน้ำของลำไย

Abstract

Remote sensing and field study application for longan water deficit evaluation on upland soil in Chiang Mai and Lumphun Province. The normalized difference vegetation index (NDVI) from THEOS and Landsat 8, crop water stress index in longan (CWSI) from thermal imaging camera and soil moisture were use for longan water deficit evaluation. The result was shown that the high correlate between NDVI of Landsat 8 and CWSI ($R^2 = 0.88$) and NDVI of THEOS and soil moisture of top soil and subsoil ($R^2 = 0.69$ and $R^2 = 0.73$) in the same time. This techniques can be used for longan water deficit evaluation in this area.

Keyword : Remote sensing and Longan water deficit evaluation

คำนำ

ลำไย เป็น ไม้ผลเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศ จากข้อมูลของสำนักงานเศรษฐกิจพบว่า ในปี พ.ศ. 2557 ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกลำไยทั้งหมด ประมาณ 1,096,696 ไร่ โดยมีพื้นที่ปลูกในภาคเหนือถึงประมาณ 884,361 ไร่ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2557) และมีปริมาณพื้นที่เกินกว่าครึ่งอยู่ในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่ และลำพูน ลักษณะของการปลูกลำไยในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่ และลำพูน แบ่งตามลักษณะของภูมิประเทศได้ 2 ลักษณะ คือ พื้นที่ลุ่ม เป็นพื้นที่ราบใกล้กับแหล่ง (แม่น้ำ) มีการระบบการจัดการน้ำที่มีประสิทธิภาพเพียงพอตลอดทั้งปี อีกลักษณะเป็นพื้นที่ดอน ต้องอาศัยน้ำฝนและแหล่งกักเก็บน้ำที่สร้างขึ้น ทำให้เกิดข้อจำกัดในการจัดการน้ำที่มีประสิทธิภาพ ส่งผลกระทบต่อผลผลิตของลำไย จากเหตุผลดังกล่าวมีนักวิชาการหลายท่าน ได้พยายามหาวิธีการให้น้ำในพืชหลายชนิดและลำไยอย่างมีประสิทธิภาพ โดยมีวิธีการที่หลากหลาย (Abrisqueta *et al.*, 2008; Jones *et al.*, 2009, Ongprasert and Wiriya-Alongkorn, 2009; Spreer *et al.*, 2009; Alchanatis *et al.*, 2010 และ Wiriya-Alongkorn *et al.*, 2013) โดยส่วนใหญ่เป็นการศึกษาภาคสนาม และในโรงเรือนทดลอง ที่เป็นพื้นที่ขนาดเล็ก นอกจากนี้ได้มีการประยุกต์ การรับรู้ข้อมูลระยะไกล (Remote sensing) ที่ได้จากการสะท้อนของรังสีดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบวัตถุ ในรูปแบบของภาพถ่ายดาวเทียมที่ช่วงคลื่นต่างกันมาประยุกต์ใช้ในการศึกษาเพื่อประเมินการความแห้งแล้งและความต้องการน้ำของพืชทางการเกษตร (Jones and Schofield, 2008 ; Borzuchowski and Schulz, 2010) สามารถใช้ได้กับพื้นที่ขนาดใหญ่ ซึ่งในการศึกษาดังนี้ได้นำเอาวิธีการและหลักการดังกล่าว ผสมผสานกับการศึกษาภาคสนาม เพื่อให้ได้ข้อมูลที่มีความถูกต้อง นำไปใช้ในการจัดการน้ำของลำไยในพื้นที่ๆ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่รวดเร็ว และมีประสิทธิภาพในการจัดการสภาวะการขาดน้ำของลำไย ซึ่งสามารถนำไปใช้ในพื้นที่ขนาดใหญ่ได้

วัตถุประสงค์หลักของโครงการวิจัย

1. ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเครียดของลำไยและความชื้นในดิน
2. ประยุกต์ใช้ข้อมูลดาวเทียมเพื่อประเมินภาวะการขาดน้ำของลำไย
3. หาแนวทางในการจัดการน้ำที่เหมาะสมสำหรับลำไยได้ทันเวลาสำหรับลำไยในเขตอาศัยน้ำฝน

ขอบเขตของโครงการวิจัย

ขอบเขตของโครงการได้ศึกษาถึงการสภาวะการขาดน้ำในลำไย โดยมุ่งเน้นไปยังพื้นที่
ดอนที่อาศัยน้ำฝน ซึ่งประสบปัญหาการบริหารจัดการน้ำที่มีประสิทธิภาพ โดยประยุกต์นำการรับรู้
จากระยะไกล โดยภาพถ่ายดาวเทียม ร่วมกับการตรวจสอบภาคสนามโดยใช้ภาพความร้อน จาก
กล้องถ่ายภาพความร้อน (Thermal Imaging Camera) เครื่องวัดการปิด-เปิดปากใบพืช และการวัด
ความชื้นของดินในสนาม

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ได้วิธีการและแนวทางในการประยุกต์ใช้ภาพถ่ายดาวเทียมในการบริหารจัดการน้ำแก่
ลำไย และสามารถประยุกต์ใช้กับพืชชนิดอื่น ซึ่งหน่วยงานทางด้านการเกษตร และการจัดการน้ำ
กระทรวงเกษตรและสหกรณ์สามารถนำไปพัฒนาเพื่อใช้เป็นแผนพัฒนาและแผนการใช้น้ำเพื่อ
การเกษตรทั้งในและนอกเขตชลประทาน รวมถึงหน่วยการศึกษาที่นำผลการศึกษาไปเป็น
กรณีศึกษาหรือ ประยุกต์ใช้ในงานวิจัยหรือการปฏิบัติงานต่อไป

ตรวจเอกสาร

ความสำคัญของลำไยในประเทศไทย

ลำไยเป็นไม้ผลเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทยจากข้อมูลของ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร 2557) พบว่าประเทศไทยส่งออกผลิตภัณฑ์จากลำไย โดยมีมูลค่าการส่งออกถึง 14,025 ล้านบาท จากมูลค่าการส่งออกสินค้าทางการเกษตรทั้งหมด 719,536.64 ล้านบาท คิดเป็นร้อยละ 1 จากมูลค่าการส่งออกสินค้าทางการเกษตรทั้งหมด ซึ่งผลผลิตลำไยร้อยละ 42 จะออกสู่ตลาดในช่วงเดือนกรกฎาคม – สิงหาคม ซึ่งเป็นผลผลิตในฤดู ผลผลิตที่เหลือร้อยละ 58 ซึ่งเป็นผลผลิตนอกฤดู จะทยอยออกสู่ตลาดในช่วงเดือนที่เหลือ ในปี 2557 ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกลำไยกระจายตัวอยู่ในภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคกลาง โดยภาคเหนือมีพื้นที่ปลูกลำไย 890,757 ไร่ ภาคกลาง 164,276 ไร่ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 41,663 ไร่ และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่อพิจารณาจากพื้นที่ปลูกลำไยในประเทศไทย พบว่าภาคเหนือมีพื้นที่ปลูกลำไยมากเกินกว่าครึ่งของพื้นที่ปลูกลำไยทั้งหมดในประเทศไทย โดยร้อยละ 65 ของปริมาณพื้นที่ปลูกทั้งหมดในประเทศอยู่ในจังหวัดเชียงใหม่ เชียงราย และลำพูน

การจัดการน้ำและผลกระทบของการขาดน้ำของลำไย

พื้นที่ปลูกลำไยในประเทศไทยสามารถแบ่งตามลักษณะทางภูมิประเทศได้ 2 ลักษณะ คือ พื้นที่ลุ่มเป็นพื้นที่ราบใกล้กับแม่น้ำ หรือแหล่งน้ำใต้ดิน ซึ่งมีน้ำที่เพียงพอต่อความต้องการของลำไยตลอดทั้งปี จึงง่ายต่อการจัดการน้ำให้ลำไย อีกลักษณะหนึ่งคือพื้นที่ดอนเป็นพื้นที่ๆอยู่สูงกว่าพื้นที่ลุ่ม การจัดการน้ำให้ลำไยนั้นส่วนใหญ่จะอาศัยน้ำฝน ปัญหาที่พบ คือ ในบางปีปริมาณน้ำฝนน้อยหรือเกิดฝนทิ้งช่วงก็จะทำให้ปริมาณน้ำไม่เพียงพอต่อความต้องการของลำไย ในบางพื้นที่นั้นมีความลาดชันสูงจึงทำให้สร้างบ่อเก็บน้ำได้ยาก ซึ่งในพื้นที่ดอนนั้นมักจะพบปัญหาในการจัดการน้ำพอสมควร ซึ่งความต้องการน้ำของลำไยนั้นมีความสัมพันธ์กับขนาดของทรงพุ่มและฤดูกาลซึ่งลำไยจะใช้น้ำมากเมื่อทรงพุ่มมีขนาดใหญ่ขึ้น และใช้น้ำมากขึ้นในฤดูแล้ง เมื่อเกิดภัยแล้งหรือปริมาณน้ำที่ไม่เพียงพอต่อลำไย จะทำให้ผลผลิตต่อไร่ของลำไยลดลง และยังส่งผลกระทบต่อคุณภาพลำไยที่ได้ เช่น เนื้อน้อย ผลเล็ก (ศศิธร, 2555) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Menzel *et al.* (1993) ที่พบว่า การขาดน้ำของลำไยจะทำให้ผลผลิตลดลง เนื่องจากการขาดน้ำจะทำให้ต้นลำไยเกิดสภาวะความเครียด แล้วไปมีผลยับยั้งการพัฒนาของดอกเพศเมีย และกระตุ้นให้เกิดการร่วงของดอก

การประเมินการขาดน้ำของลำไย

การให้น้ำแก่ลำไยเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพ การวิเคราะห์การขาดน้ำของลำไยมีความจำเป็นอย่างยิ่ง ซึ่งการวิเคราะห์การหรือการประเมินสภาวะการขาดน้ำของพืชนั้น สามารถกระทำได้ทั้งทางตรงโดยการนำตัวอย่างพืชไปวิเคราะห์ และทางอ้อม โดยอาศัยความสัมพันธ์กันของสองข้อมูล ไม่ว่าจะข้อมูลจะมีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกัน หรือตรงกันข้ามก็ตาม ดังนั้นเมื่อเราวิเคราะห์ได้ค่าของข้อมูลหนึ่งก็จะทราบค่าของอีกข้อมูลหนึ่งเช่นกัน การวิเคราะห์การขาดน้ำของลำไยโดยการนำดินไปหาความชื้น การหาค่าดัชนีความเครียดน้ำ และการหาค่าดัชนีความหนาแน่นของพืชพรรณนั้น เป็นการวิเคราะห์การขาดน้ำของลำไยทางอ้อมซึ่งมีหลักการและวิธีการแตกต่างกันดังนี้

การวิเคราะห์ความชื้นดิน

วิธีการวิเคราะห์ความชื้นในดินสามารถวิเคราะห์ได้ทั้งทางตรงโดยการนำตัวอย่างดินไปหาปริมาณน้ำ และทางอ้อมโดยวัดสมบัติบางประการของดินที่สัมพันธ์กับปริมาณน้ำ เมื่อวัดด้วยเครื่องมือแล้วจึงนำมาเทียบหาปริมาณน้ำจากเส้นกราฟมาตรฐาน ซึ่งการหาปริมาณน้ำในดินโดยตรงนั้นมี 2 วิธี คือ การหาปริมาณความชื้นดินโดยปริมาตร เป็นปริมาณความชื้นดินที่เปรียบเทียบระหว่างปริมาตรของความชื้นดินกับปริมาตรดิน หน่วยวัดอาจแสดงเป็น เช่น มิลลิลิตร/มิลลิลิตร หรือ ร้อยละ โดยปริมาตร (% by volume) ก็ได้ แต่วิธีที่นิยมใช้กันมากในปัจจุบันอีกวิธีหนึ่งคือการหาปริมาณความชื้นดินโดยน้ำหนัก (soil water content by weight) เป็นค่าเปรียบเทียบระหว่างน้ำหนักของความชื้นดินกับน้ำหนักของดินอบแห้ง หน่วยวัดอาจแสดงสัดส่วนของน้ำหนักเป็นกรัมต่อกรัม หรือแสดงเป็นร้อยละ โดยน้ำหนัก (% by weight) ก็ได้ เป็นวิธีที่ง่ายที่สุดในการหาค่าความชื้นดิน โดยคำนวณจาก สมการดังต่อไปนี้

$$P_w = \frac{M_w}{M_s} \times 100 \quad (1)$$

โดยที่ P_w คือ ปริมาณความชื้นดินโดยน้ำหนัก
 M_w คือ น้ำหนักของน้ำในดิน (g)

M_s คือ น้ำหนักของดิน (g)

การวิเคราะห์ดัชนีความเครียดของพืชโดยการถ่ายภาพความร้อน

การถ่ายภาพความร้อนเป็นวิธีการตรวจหาความเครียดน้ำของพืชต้นพืชที่อยู่ในสภาวะความเครียดน้ำปากใบจะปิดเพื่อลดการคายน้ำ เมื่อพืชมีการคายน้ำน้อย อุณหภูมิใบจะสูงขึ้น ซึ่งสามารถมองเห็นได้ด้วยภาพถ่ายความร้อน โดยทั่วไปประโยชน์จากการใช้กล้องถ่ายภาพความร้อนเป็นการวิเคราะห์ความเครียดต้นไม้แบบกึ่งอัตโนมัติ ของพื้นที่ขนาดใหญ่ของทรงพุ่ม ในการศึกษาของนักวิชาการหลายๆ ท่าน ที่ผ่านมามีพบว่าภาพถ่ายความร้อนมีความสัมพันธ์โดยตรงกับความต้านทานปากใบ (Jones *et al.* 2002, Leinonen *et al.* 2006) และมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับศักย์น้ำในใบ (LWP) (Cohen *et al.* 2005) อย่างไรก็ตามสภาพอากาศในบางพื้นที่มีผลต่อการวัดพลังงานความร้อนภายในทรงพุ่ม การวิเคราะห์ภาพสามารถทำได้ทั้งในส่วนที่ได้รับแสงและไม่ได้รับแสงของทรงพุ่ม Leinonen and Jones (2004) พบว่าภาพโดยรวมที่ได้จากกล้องและที่ได้จากการมองเห็นด้วยตาเปล่าสามารถปรับปรุงความแม่นยำได้ด้วยสูตรคำนวณของค่า CWSI และให้ข้อมูลที่ชัดเจนเกี่ยวกับความเครียดของพืช และการชักนำการเปิดปิดของปากใบพืช (Möller *et al.* 2007) ซึ่งจะช่วยให้ทราบว่าพืชมีการขาดหรือต้องน้ำเมื่อใด

การสำรวจระยะไกล (Remote Sensing)

การรับรู้จากระยะไกล เป็นวิทยาศาสตร์และศิลปะของการได้มาซึ่งข้อมูลเกี่ยวกับวัตถุ พื้นที่ และปรากฏการณ์บนพื้นโลก จากเครื่องรับรู้ (Sensor) โดยปราศจากการเข้าไปสัมผัสวัตถุเป้าหมาย ทั้งนี้อาศัยพลังงานของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic energy) เป็นสื่อในการได้มาของข้อมูลซึ่งมีคุณสมบัติ 3 ประการ คือ ลักษณะการสะท้อนช่วงคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Spectral characteristics) ลักษณะเชิงพื้นที่ของวัตถุบนพื้นผิวโลก (Spatial characteristics) และลักษณะการเปลี่ยนแปลงของวัตถุตามช่วงเวลา (Temporal characteristics) พืช ดินและน้ำ เป็นวัตถุปกคลุมผิวโลกเป็นส่วนใหญ่ การสะท้อนพลังงานที่ความยาวช่วงคลื่นต่างกันของพืช ดินและน้ำ จะทำให้สามารถแยกประเภทของวัตถุชนิดต่างๆ ได้ โดยวัตถุทั้งสามชนิดหลักนี้ จะมีรูปแบบการตอบสนองต่อช่วงคลื่นต่างๆ เฉพาะตัว เรียกว่าลายเซ็นเชิงคลื่น (Spectral Signature) หรือ โดยที่ช่วงคลื่นเดียวกัน วัตถุต่างชนิด จะให้ค่าการสะท้อนพลังงานต่างกัน ในขณะที่วัตถุชนิดเดียวกัน จะให้ค่าการสะท้อนช่วงคลื่นที่ต่างกัน แตกต่างกันไป ทำให้สามารถแยกแยะชนิดของวัตถุได้ (สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ, 2552)

ซึ่งข้อมูลที่ได้จากการตรวจจับโดยตัวตัวสัญญาณ ได้จากทั้งภาพดาวเทียม เครื่องบิน บอลลูน อากาศยาน
ต่างๆ หรือโดยวิธีการใดก็ตามที่ไม่ได้สัมผัสวัตถุ

จากทฤษฎีและหลักการข้างต้น ได้มีการประยุกต์ใช้การรับรู้จากระยะไกลเพื่อติดตามสภาวะขาด
น้ำของพืชในการเกษตร เช่น Ghulam *et al.* (2008) ได้นำของข้อมูลระยะไกล Near Infrared (NIR) และ
shortwave infrared (SWIR) จากดาวเทียมร่วมกับการศึกษาภาคสนาม เพื่อศึกษาสภาวะขาดน้ำ ในข้าว
บาร์เลย์ ในจังหวัด Shunyi และ Ningxia ของประเทศจีน ซึ่งมีความสัมพันธ์กัน ($R^2 = 0.65$; $P < 0.0001$)
Jones *et al.* (2002) ได้ศึกษาเปรียบเทียบความเครียดน้ำโดยการใช้กล้องถ่ายภาพความร้อน เช่น กิจกรรม
ต่างๆ เช่น การใช้เกี่ยวกับการปรับปรุงพันธุ์เพื่อที่จะดูลักษณะภายนอก ของข้าวที่ปลูกในสภาพแปลง
ปลูก (Jones *et al.* 2009) การใช้กล้องถ่ายภาพความร้อน ยังใช้เป็นตัวกำหนดถึงความแม่นยำในการให้
น้ำได้ด้วยเพื่อจัดทำแผนที่ในการให้น้ำที่มีความแปรปรวน (Cohen *et al.* 2005) ดังนั้นแผนที่ที่มีความ
แปรปรวนมากๆ สามารถทำให้มีความละเอียดได้จากพื้นฐานจากการใช้กล้องถ่ายภาพความร้อน เช่น
ติดตั้งระบบการให้น้ำและให้มีความสัมพันธ์กับภาพถ่าย (Alchanatis *et al.* 2010, Bemil *et al.* 2009)
เนื่องจากค่าใช้จ่ายและขนส่งค่อนข้างสูง จึงถูกจำกัดการใช้เทคโนโลยีนี้ในประเทศอุตสาหกรรมเท่านั้น
ซึ่งในการกำหนดความเครียดน้ำจากภาพถ่ายความร้อน ของดัชนีความเครียดของพืช (Crop Water
Stress Index (CWSI) ที่ใช้มีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิของทรงพุ่ม (T_{canopy}) อุณหภูมิสูงและต่ำของแหล่ง
ที่อ้างอิงตามลำดับ (Idso *et al.* 1981) อุณหภูมิสูงที่อ้างอิงได้มาจากการใช้วาสลิทาเคลือบที่ผิวใบ
เพื่อให้มีการคายน้ำน้อยที่สุดหรือหยุดคายน้ำ ส่วนอุณหภูมิต่ำที่อ้างอิงใช้การพ่นน้ำที่ใบ 10 วินาที
หลังจากนั้นจึงทำการ ใช้กล้องถ่ายภาพ (Jones, 1999)

$$CWSI = \frac{T_{canopy} - T_{wet}}{T_{dry} - T_{wet}} \quad (2)$$

โดยที่ T_{canopy} คือ ค่าอุณหภูมิเรือนยอดพืชที่วัดได้
 T_{wet} คือ ค่าอุณหภูมิต่ำสุดของเรือนยอดที่เป็นไปได้เมื่อมี
 การพ่นน้ำเป็นละอองให้เปียกเรือนยอดทั้งหมด
 T_{dry} คือ ค่าอุณหภูมิสูงสุดของเรือนยอดเมื่อใบพืชไม่สามารถคายน้ำ
 โดยที่ใบพืชถูกเคลือบด้วยวาสลิทา ปิดกั้นการระเหยน้ำ

การกำหนดความเครียดน้ำจากภาพถ่ายความร้อน ของดัชนีความเครียดของพืช (Crop Water Stress Index (CWSI) ได้ถูกใช้กับลำไยแล้ว ซึ่งมีความแตกต่างระหว่างพืชที่เครียด และไม่เครียด (Wiriya-alongkom *et al.*, 2013)

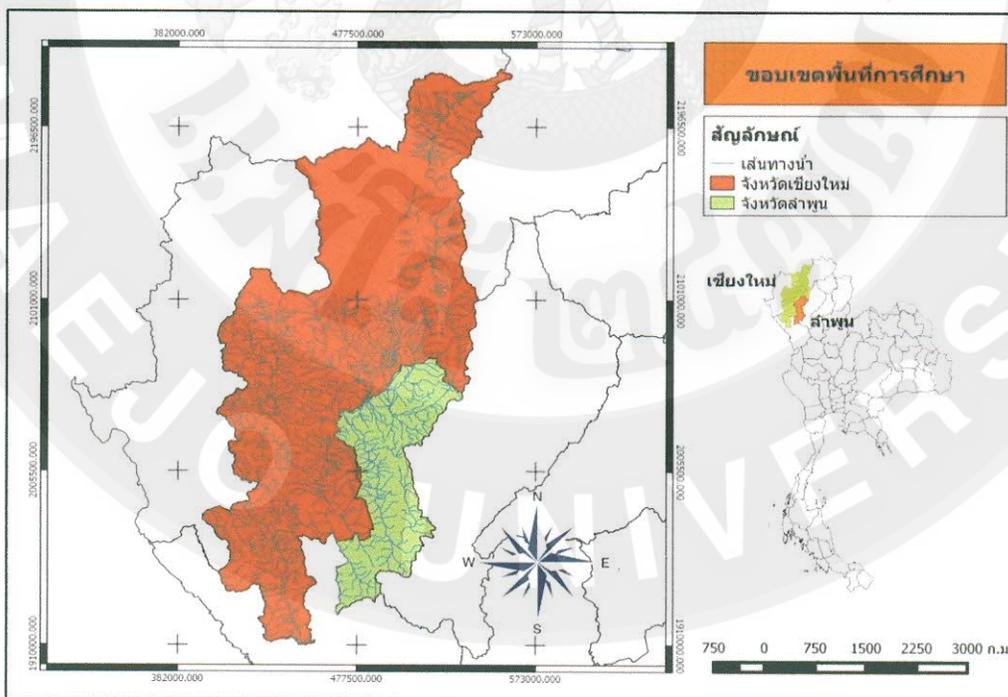
ในการศึกษาภาวะการขาดน้ำของลำไยครั้งนี้ได้ผสมผสานวิธีการ การรับรู้ระยะไกล (Remote sensing) โดยภาพถ่ายดาวเทียม และการศึกษาภาคสนาม โดย ใช้กล้องถ่ายภาพความร้อน Thermal imaging camera) การวัดค่าความต้านทานของปากใบ โดย เครื่องวัดการชักนำปากใบ (Porometer) และ ค่า CWSI จะนำไปใช้เฉพาะลำไย รวมถึงสภาพภูมิอากาศ และความชื้นในดิน ร่วมกันเพื่อให้ได้ข้อที่มีความแม่นยำ และนำไปในพื้นที่ปลูกลำไยอาศัยน้ำฝนและในเขตชลประทาน ในเขตภาคเหนือและภูมิภาคอื่นของประเทศไทยต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการศึกษา

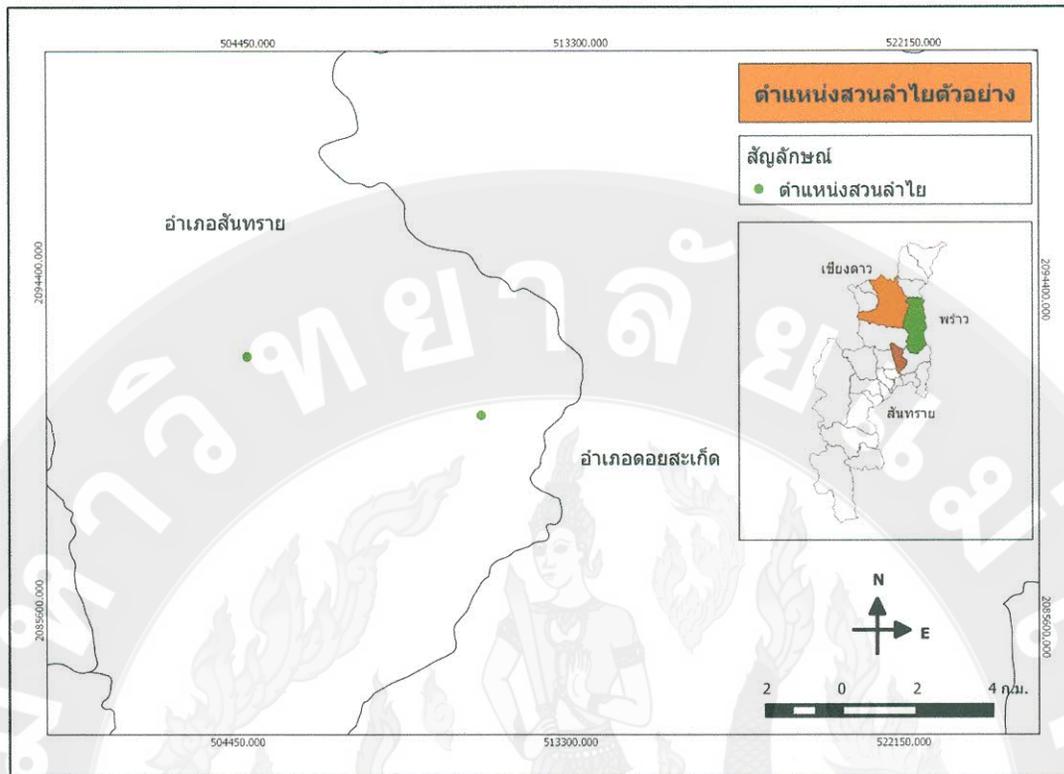
พื้นที่ศึกษา

1 พื้นที่ควบคุม โดยใช้แปลงปลูกลำไยในภายในฟาร์มมหาวิทยาลัยแม่โจ้ (สาขาไม้ผล) เพื่ออำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ ลักษณะเป็นพื้นที่ดอน ได้รับอิทธิพลจากตะกอยลำนํ้าเก่า และการผูกพันและเคลื่อนย้ายมาทับถมเป็นระยะทางใกล้ๆ ของหินทราย หาค่าดัชนีความเครียดของลำไยสูงสุด (Crop Water Stress Index : CWSI) จากการศึกษาของ Wiriya-Alongkorn *et al.* (2013) ซึ่งมีค่าดัชนีความเครียด (CWSI) โดยควบคุมปริมาณการให้น้ำเพื่อให้ได้ค่าดังกล่าว และปริมาณน้ำที่มากเพียงพอ เพื่อนำไปหาความสัมพันธ์กับค่าการสะท้อนวัตตบนพื้นผิวโลกจากภาพถ่ายดาวเทียมรายละเอียดสูงทั้งจากต้นลำไยและดินในช่วงเวลาเดียวกัน

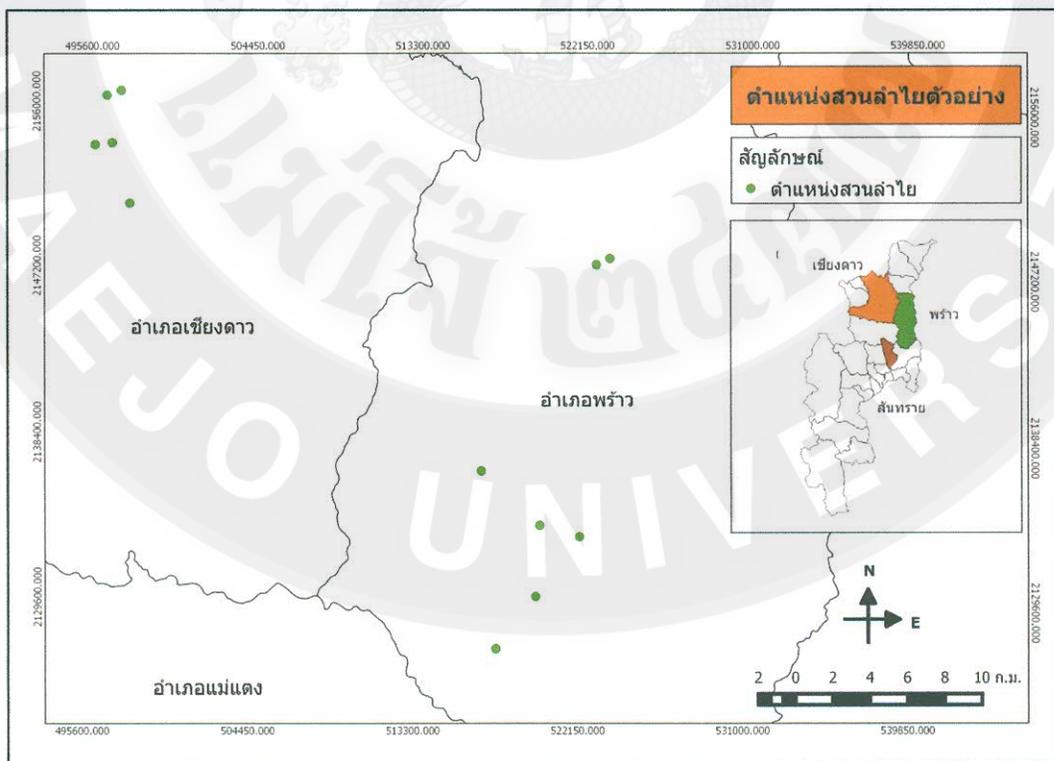
2 สวนลำไยของเกษตรกร 3 พื้นที่ โดยเลือกพื้นที่ลำไยตัวอย่างในจังหวัดเชียงใหม่ อำเภอเชียงดาว อำเภอพร้าว และจังหวัดลำพูน ในพื้นที่ จังหวัดลำพูน เลือกพื้นที่ในเขต อำเภอบ้านโฮ่ง และอำเภอป่าซาง ที่มีการจัดการน้ำอยู่นอกเขตชลประทาน ซึ่งเป็นพื้นที่ที่อยู่ในวงโคจรของดาวเทียม THEOS ในการบันทึกภาพเพื่อนำมาใช้ในการวิจัย และเป็นพื้นที่ปลูกลำไยที่เกษตรกรให้ความร่วมมือและเป็นอำเภอที่มีพื้นที่ส่วนใหญ่ ปลูกลำไยนอกเขตชลประทาน (ภาพที่ 1, 2 และ 3)



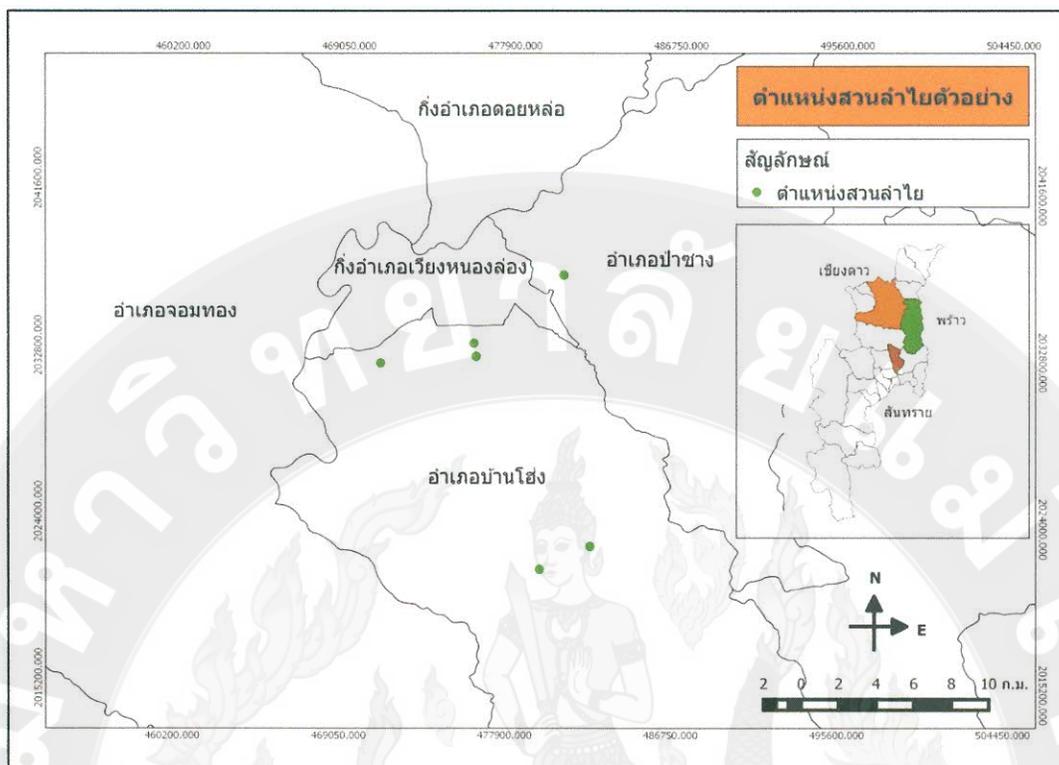
ภาพที่ 1 ขอบเขตพื้นที่ศึกษาจังหวัดเชียงใหม่ และลำพูน



ภาพที่ 2 ตำแหน่งของแปลงลำไยตัวอย่าง ใน อ.สันทราย



ภาพที่ 3 ตำแหน่งของแปลงลำไยตัวอย่าง ใน อ.เชียงดาว และ อ.พัว



ภาพที่ 4 ตำแหน่งของแปลงลำไยตัวอย่าง ใน อ.ป่าซาง และ อ.บ้านโฮ้ง จ.ลำพูน

รวบรวมข้อมูลพื้นฐาน

รวบรวมข้อมูลพื้นฐาน ได้แก่ อุดนียมวิทยา ลักษณะของดิน สภาพภูมิประเทศ การใช้ประโยชน์ที่ดิน แหล่งน้ำ ข้อมูลการจัดการลำไย ผลผลิตในพื้นที่ ฯลฯ และข้อมูลจากระยะไกล จากภาพถ่ายดาวเทียมรายละเอียดสูง 3 ช่วงเวลาที่ต่างกัน ในฤดูแล้ง จำนวน 4 พื้นที่ จากสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน) ปรับแก้ความถูกต้องเชิงพื้นที่ เพื่อนำมาวิเคราะห์ข้อมูล และดินในช่วงเวลาที่ต่างกัน โดยในพื้นที่ฟาร์มมหาวิทยาลัยฯ มีการควบคุมและกำหนดปริมาณการให้น้ำ ส่วนพื้นที่เกษตรกร ไม่มีการควบคุม เพื่อหาค่าความสัมพันธ์ ระหว่างข้อมูลดาวเทียม การศึกษาในภาคสนาม ใน 2 ช่วงเวลาแรก ส่วนช่วงเวลาดสุดท้าย จะทำการควบคุม โดยการให้น้ำอย่างมากเกินไป เพื่อหาค่าความสัมพันธ์ในสภาวะที่มีปริมาณน้ำที่เกินพอเช่นเดียวกัน ทั้ง 4 พื้นที่

การเก็บข้อมูลภาคสนาม

การเก็บข้อมูลแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ

1. การเก็บข้อมูล ของการปลูกและการจัดการการให้น้ำลำไย และข้อมูลสภาพแวดล้อมดิน แหล่งน้ำ ฯลฯ เช่น อายุ ขนาดลำต้นของลำไยรวมถึงระบบการจัดการน้ำ ลักษณะของดิน

2. ข้อมูลเพื่อนำไปหาความสัมพันธ์กับการจัดการน้ำของลำไย เช่น ความต้านทานของปากใบ โดยการใช้เครื่องวัดค่าการซักน้ำปากใบ (Porometer) ค่าพลังงานความร้อนของทรงพุ่มต้นลำไย โดยกล้องถ่ายภาพความร้อน (Thermal imaging camera) อุปกรณ์ทั้ง 2 ชิ้นนี้ได้รับการสนับสนุนจาก มหาวิทยาลัย Hohenheim University ประเทศสหพันธ์เยอรมันนี้ ตรวจสอบความชื้นในดินโดยการฝัง อุปกรณ์ตรวจวัดความชื้นในดิน(Tensiometer) ลงไปในระดับความลึก 30 และ 60 เซนติเมตร และการเก็บตัวอย่างดิน เพื่อนำไปหาความชื้น ในห้องปฏิบัติการที่ระดับความลึก 0-10, 10-20, 20-40 และ 40-60 ซม. ตามลำดับ โดยทำการเก็บข้อมูลในช่วงเวลาเดียวกันกับการบันทึกภาพถ่ายดาวเทียมรายละเอียดสูง และเก็บตัวอย่างดินตามระดับความลึก เพื่อหาความชื้นในดิน

การวิเคราะห์และประมวลผลข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูล ในส่วนของค่าความร้อน โดย กล้องถ่ายภาพความร้อน (Thermal imaging camera) ตามวิธีการของ Wiriya-Alongkom *et al.* (2013) และนำมาหาค่าความสัมพันธ์ กับข้อมูลดินภาคสนาม และข้อมูลจากภาพถ่ายดาวเทียมที่ช่วงเวลาที่ต่างกัน เพื่อประเมินสภาวะขาดน้ำของลำไย

ผลการศึกษา

พื้นที่ศึกษา

พื้นที่ศึกษาได้คัดเลือกพื้นที่ที่ปลูกกล้วยบนพื้นที่ดอน อยู่ในเขตพื้นที่อาศัยน้ำฝน หรือพื้นที่อยู่นอกเขตชลประทาน เป็นพื้นที่ต่อเนื่องกันในจังหวัดเชียงใหม่ และ จังหวัดลำพูน ได้เลือกพื้นที่ในเขต อำเภอเชียงดาว และอำเภอพร้าว ในพื้นที่ จังหวัดลำพูน เลือกพื้นที่ในเขต อำเภอบ้านโฮ่ง และอำเภอป่าซาง และแปลงปลูกกล้วย ของฟาร์มมหาวิทยาลัยแม่โจ้ อ.สันทราย และ ตำบลห้วยฮักพัฒนา อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ อยู่ในกลุ่มชุดดินที่ 29, 35, 40 และ 48 ซึ่งเป็นกลุ่มชุดดินที่ดอน

ตารางที่ 1 รายละเอียดแปลงตัวอย่างศึกษาลำไยตัวแทนในพื้นที่ จ.เชียงใหม่

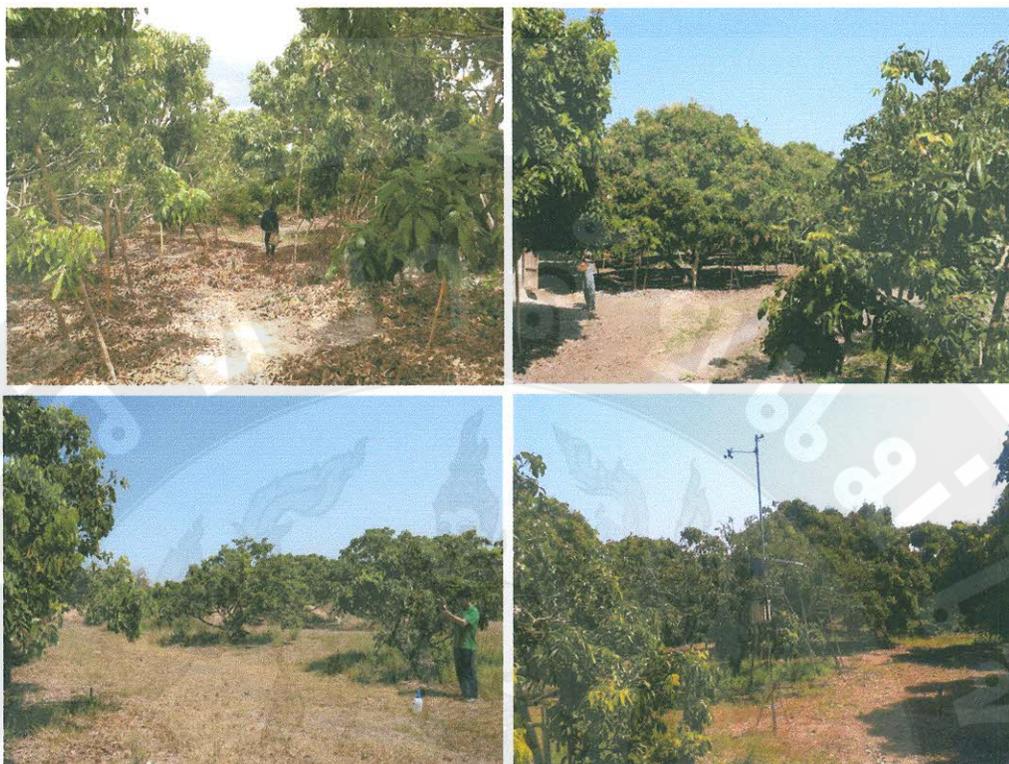
ลำดับ ที่	ชื่อสวน	พิกัด UTM		อำเภอ	กลุ่มชุดดิน	อายุ	การให้น้ำ
		E	N				
1	ก่องแก้ว	517680	2127249	พร้าว 1	29	10	อาศัยน้ำฝน
2	ทองโพธิ์	522092	2133319	พร้าว 2	29	15	อาศัยน้ำฝน
3	นายศรี อุดแก้ว	516759	2136745	พร้าว 3	29	30-40	บ่อพักน้ำ
4	นายก ต.แม่แวน	519945	2133888	พร้าว 4	29	15-20	บาดาล
5	ไร้เทพสมบูรณ์	519777	2130046	พร้าว 5	35	20	สระน้ำ
6	คณิต คำนวล	523492	2148072	พร้าว 6	29	20-30	อ่างเก็บน้ำพร้าว
7	อรรณพ คำนวล	522777	2147736	พร้าว 7	29	15-20	อ่างเก็บน้ำพร้าว
8	เพชร ดวงดา	496714	2153852	เชียงดาว 2	40	8	สระน้ำ
9	วิจิตร เกียงอำภา	496399	2156379	เชียงดาว 3	29	10-15	อาศัยน้ำฝน
10	สวนเกษตรพิเศษเมืองงาย	495806	2153733	เชียงดาว 1	29	10-15	สระน้ำ
11	บ้านสันพัฒนา	497706	2150622	เชียงดาว 4	35	15-20	อาศัยน้ำฝน
12	พ่อทวี	497154	2156651	เชียงดาว 5	29	15-17	อาศัยน้ำฝน
13	ห้วยฮัก	506017	2090887	สันทราย 1	35	20	สระน้ำ
14	ฟาร์มแม่โจ้	505187	2092116	สันทราย 2	48	15	สระน้ำ



ภาพที่ 5 ลักษณะของสวนลำไยในพื้นที่ อำเภอเชียงดาว และ อำเภอพร้าว จังหวัดเชียงใหม่

ตารางที่ 2 รายละเอียดแปลงตัวอย่างศึกษาลำไยในพื้นที่จังหวัดลำพูน

ที่	ชื่อสวน	พิกัด UTM		อำเภอ	กลุ่มชุดดิน	อายุ	การให้น้ำ
		E	N				
1	ศรีเตี้ย	471284	2032091	บ้านโฮ้ง 1	31	20-30	บาดาล
2	คำจันทร์ เมยศ	482620	2022611	บ้านโฮ้ง 2	40	30	บาดาล
3	สวนครูสุทัศน์ มณีทอง	479931	2021380	บ้านโฮ้ง 3	36	15-20	บาดาล
4	สะอึ่ง พลกลาง	476256	2033244	บ้านโฮ้ง 4	40	12-15	บาดาล
5	บ้านหลายแก้ว	476052	2032618	บ้านโฮ้ง 5	40	20	บาดาล
6	กรฤทธิ์ แสงคำนฤพล	481021	2036942	ป่าซาง	40	20	สระน้ำ



ภาพที่ 6 ลักษณะของสวนลำไยในพื้นที่ อำเภอบ้านไธสง และ อำเภอป่าซาง จังหวัดลำพูน



ภาพที่ 7 การเก็บตัวอย่างดิน และบันทึกข้อมูลความชื้นในดิน

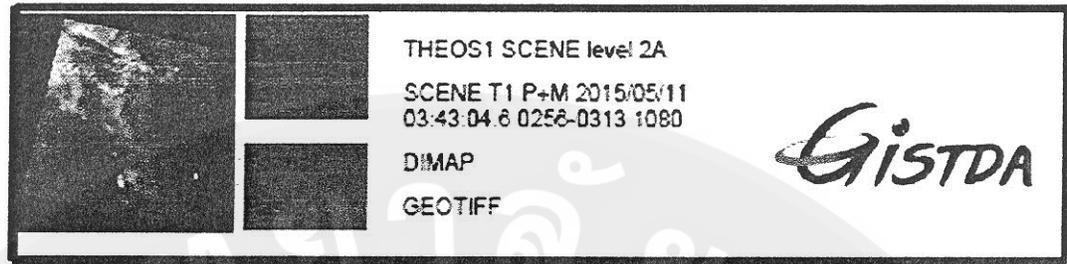


ภาพที่ 8 การเก็บข้อมูลความต้านทานของปากใบ และการถ่ายภาพความร้อนของทรงพุ่ม

การเลือกข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม

ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม ได้เลือกภาพถ่ายดาวเทียมจากดาวเทียม 2 ดวง ที่มีวงโคจรพาดผ่านพื้นที่ศึกษาดังต่อไปนี้คือ

1. ภาพถ่ายดาวเทียม จากดาวเทียม THEOS ที่เหมาะสมในการศึกษา จำนวน 2 ภาพ ภาพแรกเป็นบันทึกในวันที่ 11 พฤษภาคม 2558 และภาพที่สองเป็นบันทึกในวันที่ 23 พฤษภาคม 2558 (ภาพที่ 10 และ 11)



General Information	
Map Name	SCENE T1 P+M 2015/05/11 03:43:04.8 0256-0313 1080
Geometric Processing Level	CARTO
Radiometric Processing Level	SYSTEM

Image dimensions	
Number of pixels per line	14788
Number of lines	14100
Number of spectral bands	4

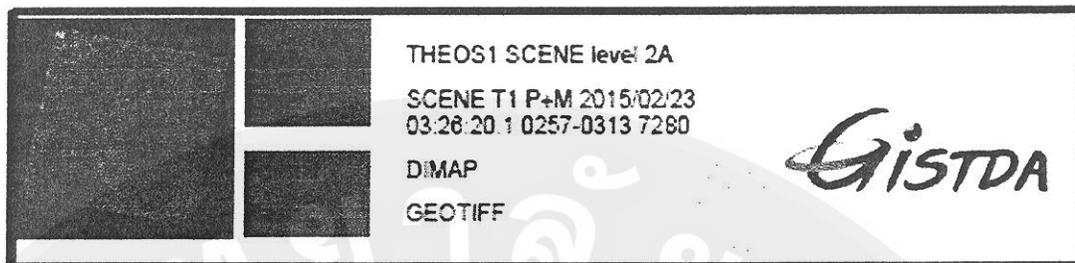
Dataset framing				
Corner	Longitude (DEG)	Latitude (DEG)	Line	Pixel
#1	E08°42' 45"	N18°27' 42"	1	2907
#2	E08°56' 15"	N18°25' 27"	2027	14788
#3	E08°39' 29"	N18°14' 40"	12014	1
#4	E08°52' 57"	N18°12' 25"	14100	11861
Center	E08°47' 50"	N18°20' 04"	7056	7371

Dataset sources	
SCENE T1 P 2015/05/11 03:43:04.8 0256-0313 1080	
Id	SCENE T1 P 2015/05/11 03:43:04.8 0256-0313 1080
K - J	0256-0313
Line shift	1080
Date	2015-05-11
Time	03:43:04.862181
Instrument	TOP1
Sensor	PAN
Satellite incidence angle	17.879819
Satellite azimuth angle	298.003285
Viewing angle along track	3.989223
Viewing angle across track	15.108592
Sun azimuth	88.402414
Sun elevation	68.874821

ภาพที่ 9 ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม THEOS วันที่ 11 พฤษภาคม 2558

Dataset Strip / Calibration	
Data strip id	TS1_2015131_34668_007_PAN
Filename	7
Revolution number	34668
Calibration type	NOMINAL
Calibration filename	THEOS_1_20150318_000000_20150319_000000.CPF
BAND DESCRIPTION	Band Panchromatic
	Gain number : 4
	Physical Gain : 1.5225299999999999e+00
	Physical Bias : 0.0000000000000000e+00
	Band BLUE
	Gain number : 5
	Physical Gain : 2.0768100000000000e+00
	Physical Bias : 0.0000000000000000e+00
	Band GREEN
	Gain number : 5
	Physical Gain : 2.1223200000000002e+00
	Physical Bias : 0.0000000000000000e+00
	Band RED
	Gain number : 5
	Physical Gain : 2.4185800000000000e+00
	Physical Bias : 0.0000000000000000e+00
	Band NIR
	Gain number : 4
	Physical Gain : 1.6711900000000000e+00
	Physical Bias : 0.0000000000000000e+00
Coordinate Reference System	
Horizontal Coordinate System	
Geocoding tables identification	EPSG(5.2)
Horizontal Coordinate System type	PROJECTED
Horizontal coordinate system identification name	WGS 84.UTM47N
Geographic Coordinate System	
Production	
Production Date	2015-05-14 08:40:19.000000
Job identification	TH_CAT_150514081418553_1
Product type identification	THEOS1 SCENE
Dataset Producer Identification	GISTDA
Producer link	http://www.gistda.or.th

ภาพที่ 9 (ต่อ) ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม THEOS วันที่ 11 พฤษภาคม 2558



General Information	
Map Name	SCENE T1 P+M 2015/02/23 03:28:20.1 0257-0313 7280
Geometric Processing Level	CARTO
Radiometric Processing Level	SYSTEM

Image dimensions	
Number of pixels per line	15580
Number of lines	14271
Number of spectral bands	4

Dataset framing				
Corner	Longitude (DEG)	Latitude (DEG)	Line	Pixel
#1	E98°44' 14"	N18°29' 39"	1	2600
#2	E98°58' 59"	N18°27' 20"	2158	15579
#3	E98°41' 18"	N18°16' 35"	12053	1
#4	E98°56' 04"	N18°14' 11"	14270	13013
Center	E98°50' 11"	N18°21' 56"	7120	7826

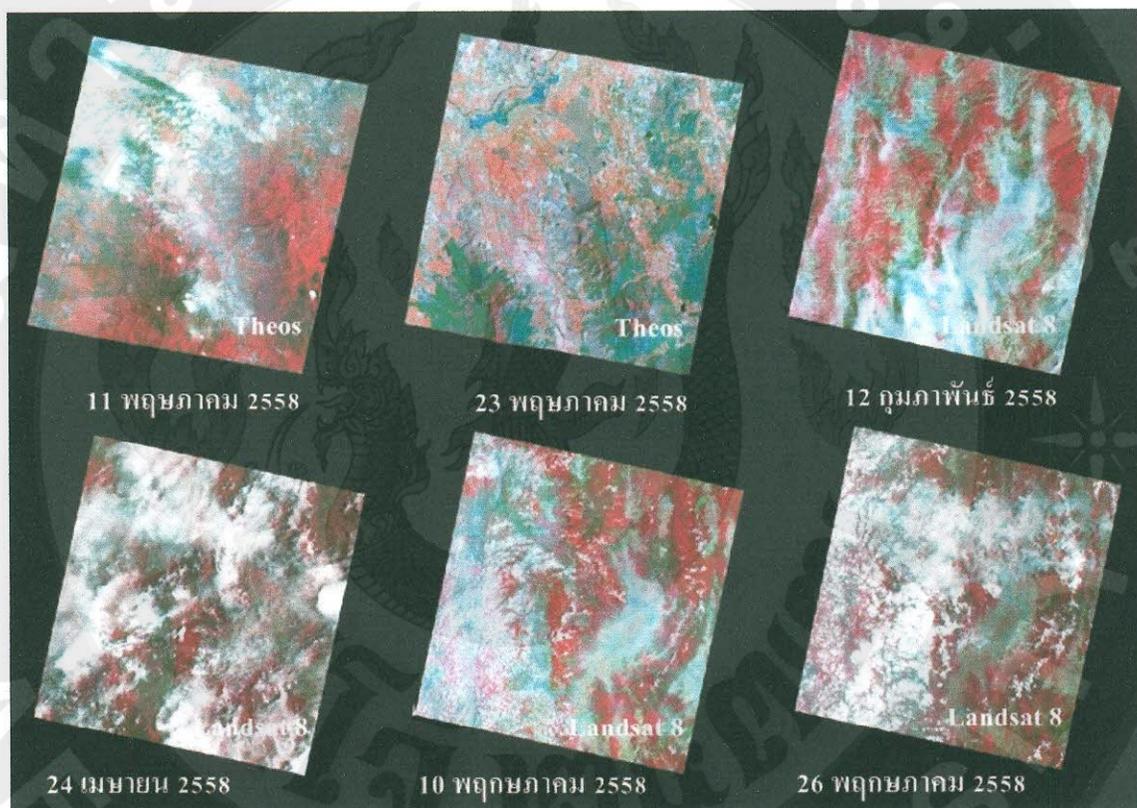
Dataset sources	
SCENE T1 P 2015/02/23 03:26:20.1 0257-0313 7280	
Id	SCENE T1 P 2015/02/23 03:26:20.1 0257-0313 7280
K - J	0257-0313
Line shift	7280
Date	2015-02-23
Time	03:26:20.198718
Instrument	TOP1
Sensor	PAN
Satellite incidence angle	22.064335
Satellite azimuth angle	148.348235
Viewing angle along track	-18.940047
Viewing angle across track	-18.248531
Sun azimuth	128.975568
Sun elevation	46.437775

ภาพที่ 10 ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม THEOS วันที่ 23 พฤษภาคม 2558

Dataset Strip / Calibration	
Data strip id	TS1_2015054_33575_000_PAN
Filename	0
Revolution number	33575
Calibration type	NOMINAL
Calibration filename	THEOS_1_20141222_000000_20141225_000000.CPF
BAND DESCRIPTION	
	Band Panchromatic
	Gain number : 4
	Physical Gain : 1.5225299999999999e+00
	Physical Bias : 0.0000000000000000e+00
	Band BLUE
	Gain number : 5
	Physical Gain : 2.0768100000000000e+00
	Physical Bias : 0.0000000000000000e+00
	Band GREEN
	Gain number : 5
	Physical Gain : 2.1223200000000002e+00
	Physical Bias : 0.0000000000000000e+00
	Band RED
	Gain number : 5
	Physical Gain : 2.4185800000000000e+00
	Physical Bias : 0.0000000000000000e+00
	Band NIR
	Gain number : 4
	Physical Gain : 1.6711900000000000e+00
	Physical Bias : 0.0000000000000000e+00
Coordinate Reference System	
Horizontal Coordinate System	
Geocoding tables identification	EPSG(5.2)
Horizontal Coordinate System type	PROJECTED
Horizontal coordinate system identification name	WGS 84/UTM47N
Geographic Coordinate System	
Production	
Production Date	2015-04-24 10:54:22.000000
Job identification	TH_CAT_150424103345390_1
Product type identification	THEOS1 SCENE
Dataset Producer Identification	GISTDA
Producer link	http://www.gistda.or.th

ภาพที่ 10 (ต่อ) ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม THEOS วันที่ 23 พฤษภาคม 2558

2. ภาพถ่ายดาวเทียม แหล่งที่สองเป็นภาพถ่ายดาวเทียมที่ถ่ายจากดาวเทียม Landsat 8 ซึ่งถ่ายภาพในช่วงความยาวคลื่นต่างๆ ได้แก่ น้ำเงิน เขียว แดง อินฟราเรดใกล้จำนวน 2 ช่วง และอินฟราเรดคลื่นสั้นจำนวน 2 ช่วงด้วยความละเอียดของจุดภาพ 30 เมตร ในช่วงคลื่นอินฟราเรดความร้อนจำนวน 2 ช่วงด้วยความละเอียด 60 เมตร และภาพขาวดำความละเอียด 15 เมตร (สำนักกิจการอวกาศแห่งชาติ, 2558) ในส่วนของดาวเทียม Landsat 8 ได้เลือกภาพถ่ายในวันที่ 19 กุมภาพันธ์, 24 เมษายน และ 10, 26 พฤษภาคม 2558 (ภาพที่ 12)

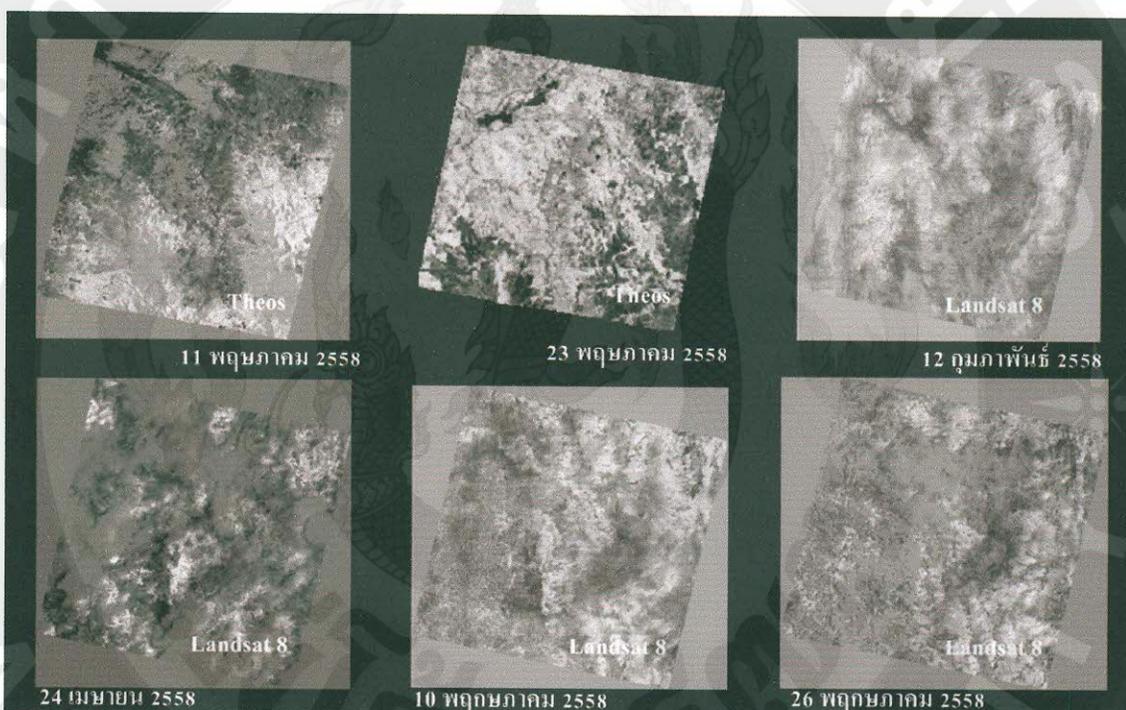


ภาพที่ 11 ภาพถ่ายดาวเทียมทั้งหมดที่ใช้วิเคราะห์

การหาค่าดัชนีพืชพรรณ (Normalized Differential Vegetation Index : NDVI)

การวิเคราะห์ค่าดัชนีความต่างพืชพรรณ เป็นการวิเคราะห์ข้อมูลภาพเชิงตัวเลข (Digital Image Processing) โดยการนำค่าการสะท้อนของช่วงคลื่นสีแดง และช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ มาคำนวณตามสมการ (ภาพที่ 13)

$$\text{ผลต่างดัชนีพืชพรรณ} = \frac{(\text{ค่าการสะท้อนคลื่นอินฟราเรดระยะใกล้} - \text{ค่าการสะท้อนช่วงคลื่นสีแดง})}{(\text{ค่าการสะท้อนคลื่นอินฟราเรดระยะใกล้} + \text{ค่าการสะท้อนช่วงคลื่นสีแดง})}$$



ภาพที่ 12 ภาพถ่ายดาวเทียมทั้งหมดที่ใช้วิเคราะห์หลังจากผ่านขั้นตอนการหาค่าดัชนีพืชพรรณ

ผลการวิเคราะห์ดัชนีพืชพรรณส่วนลำไยจากการสำรวจระยะไกล

ผลลัพธ์จากการวิเคราะห์ค่าดัชนีพืชพรรณจากแหล่งภาพถ่ายดาวเทียม THEOS จำนวน 2 ภาพ ในวันที่ 11 พฤษภาคม 2558 จำนวน 5 แปลง และวันที่ 23 พฤษภาคม 2558 จำนวน 1 แปลง รวมทั้งหมด 6 แปลง แหล่งภาพที่ 2 จากดาวเทียม Landsat 8 จำนวน 4 ภาพ ในวันที่วันที่ 19 กุมภาพันธ์ 2558 จำนวน 13 แปลง 24 เมษายน 2558 จำนวน 2 แปลง 10 พฤษภาคม 2558 จำนวน 1 แปลง 4 แปลง 26 พฤษภาคม 2558 จำนวน 4 แปลง รวมทั้งหมด 20 แปลง (ตารางที่ 3) พบว่าค่า ดัชนีพืช

พรรณ จากภาพถ่ายดาวเทียม THEOS มีค่าผันแปรอยู่ในช่วง 0.304-0.853 และของดาวเทียม Landsat 8 มีค่าผันแปรอยู่ในช่วง -0.623 - 0.445 โดยแปลงที่มีค่าดัชนีความหนาแน่นของพืชพรรณที่เข้าใกล้ 1 นั้น แสดงว่าแปลงนั้นปลูกต้นไม้ต่อหน่วยพื้นที่เยอะ หรือต้นไม้มีอายุมากทำให้จำนวนใบมากทรงพุ่มกว้าง ส่วนแปลงที่มีค่าดัชนีพืชพรรณต่ำ หมายถึงแปลงนั้นนั้นมีจำนวนต้น หรือจำนวนใบ และความกว้างของทรงพุ่มน้อย

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีพืชพรรณ (NDVI) จากแหล่งภาพถ่ายดาวเทียม THEOS และ Landsat 8

สถานที่เก็บ ตัวอย่าง	พิกัดแปลง UTM		ดัชนีพืชพรรณ (NDVI)			
	E	N	THEOS	วันที่ บันทึกภาพ	LANDSAT 8	วันที่ บันทึกภาพ
อำเภอเชียงดาว 1	495806	2153733	-	-	-0.623	19/2/2015
อำเภอเชียงดาว 2	496714	2153852	-	-	0.272	19/2/2015
อำเภอเชียงดาว 3	496399	2156379	-	-	0.096	19/2/2015
อำเภอเชียงดาว 4	497706	2150622	-	-	0.118	19/2/2015
อำเภอเชียงดาว 5	497154	2156651	-	-	0.039	19/2/2015
อำเภอพร้าว 1	517680	2127249	-	-	0.168	19/2/2015
อำเภอพร้าว 2	522092	2133319	-	-	0.061	19/2/2015
อำเภอพร้าว 3	516759	2136745	-	-	0.560	19/2/2015
อำเภอพร้าว 4	519945	2133888	-	-	-0.046	26/5/2015
อำเภอพร้าว 5	519777	2130046	-	-	-0.07	26/5/2015
อำเภอพร้าว 6	523492	2148072	-	-	0.156	26/5/2015
อำเภอพร้าว 7	522777	2147736	-	-	0.445	26/5/2015
อำเภอสันทราย 1	510781	2090869	-	-	0.208	24/4/2015
อำเภอสันทราย 2	504533	2092308	-	-	-0.072	24/4/2015
อำเภอบ้านโฮ้ง 1	471284	2032091	0.853	23/2/2015	0.133	19/2/2015
อำเภอบ้านโฮ้ง 2	482620	2022611	0.633	23/2/2015	0.079	19/2/2015
อำเภอบ้านโฮ้ง 3	479931	2021380	0.478	23/2/2015	-0.013	19/2/2015
อำเภอบ้านโฮ้ง 4	476256	2033244	0.563	23/2/2015	0.144	19/2/2015
อำเภอบ้านโฮ้ง 5	476052	2032618	0.306	11/5/2015	0.189	10/5/2015
อำเภอป่าซาง	481021	2036942	0.304	23/2/2015	0.223	19/2/2015

ผลการวิเคราะห์ค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นดิน

ผลการวิเคราะห์ค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นดินชั้นบน 0-30 ซม. และดินชั้นล่าง 30-60 ซม. จากการลงเก็บดินจากแปลงเกษตรกรตัวอย่างในวันที่ 17/02/2558 จำนวน 3 แปลง วันที่ 18/02/2558 จำนวน 2 แปลง วันที่ 22/02/2558 3 แปลง วันที่ 23/02/2558 จำนวน 3 แปลง วันที่ 24/02/2558 จำนวน 2 แปลง วันที่ 28/4/2558 2 แปลง วันที่ 11/05/2558 จำนวน 1 แปลง วันที่ 26/05/2558 จำนวน 4 แปลง รวมทั้งหมด 20 แปลง

จากผลการทดลอง แปลงลำไยตัวอย่างค่าความชื้นอยู่ในช่วง 2 – 23 % เมื่อพิจารณาในกลุ่มชุดดินประกอบกันพบว่า แปลงที่มีความชื้นในดินต่ำ ส่วนใหญ่จะอยู่ในกลุ่มชุดดินที่มีเนื้อดินหยาบ การระบายน้ำดี ส่วนแปลงที่มีความชื้นในดินสูง จะอยู่ในกลุ่มชุดดินที่มีมีเนื้อดินหยาบถึงละเอียด มีการระบายน้ำเลว และเมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างดินทั้งสองช่วงความลึก (0-30 ซม. และ 30-60 ซม.) ความชื้นดินชั้นบนจะต่ำกว่าดินชั้นล่าง เนื่องจากน้ำในดินจะระเหยไปในอากาศจากส่วนบนลงล่าง แต่มีบางแปลงที่มีความชื้นในดินชั้นบนสูงกว่าดินชั้นล่าง เมื่อพิจารณาความลาดชันของพื้นที่ พบว่า ส่วนส่วนใหญ่จะเป็นแปลงที่มีความลาดชัน 5-20 % เมื่อให้น้ำแก่ลำไย น้ำจะเกิดไหลบ่าไปตามผิวดินมากกว่าซึมลงใต้ดิน หรือในอีกกรณี คือ การให้น้ำแบบประหยัดโดยให้น้ำน้อยบริเวณดินชั้นบน จึงทำให้ความชื้นของดินชั้นล่างต่ำกว่าชั้นบน (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์ค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นดินชั้นบนและดินชั้นล่าง

พื้นที่	พิกัดแปลง UTM		ความชื้นดิน (%)		วันที่เก็บตัวอย่างดิน
	E	N	0-30 ซม.	30-60 ซม.	
อำเภอเชียงดาว 1	495806	2153733	6.64	6.53	17/02/2558
อำเภอเชียงดาว 2	496714	2153852	7.62	7.77	17/02/2558
อำเภอเชียงดาว 3	496399	2156379	7.40	8.71	17/02/2558
อำเภอเชียงดาว 4	497706	2150622	4.67	6.32	18/02/2558
อำเภอเชียงดาว 5	497154	2156651	4.70	7.32	18/02/2558
อำเภอพร้าว 1	517680	2127249	8.93	10.38	23/02/2558
อำเภอพร้าว 2	522092	2133319	2.83	5.58	23/02/2558
อำเภอพร้าว 3	516759	2136745	22.78	24.18	23/02/2558
อำเภอพร้าว 4	519945	2133888	11.65	7.86	26/05/2558
อำเภอพร้าว 5	519777	2130046	9.22	8.09	26/05/2558
อำเภอพร้าว 6	523492	2148072	23.07	18.3	26/05/2558

ตารางที่ 4 (ต่อ) ผลการวิเคราะห์ค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นดินชั้นบนและดินชั้นล่าง

พื้นที่	พิกัดแปลง UTM		ความชื้นดิน (%)		วันที่เก็บตัวอย่างดิน
	E	N	0-30 ซม.	30-60 ซม.	
อำเภอพร้าว 7	522777	2147736	19.37	11.6	26/05/2558
อำเภอต้นทราย 1	510781	2090869	10.13	7.15	28/4/2558
อำเภอต้นทราย 2	504533	2092308	9.0	9.3	28/4/2558
อำเภอบ้านโฮ้ง 1	471284	2032091	15.82	15.93	22/02/2558
อำเภอบ้านโฮ้ง 2	482620	2022611	6.46	6.58	22/02/2558
อำเภอบ้านโฮ้ง 3	479931	2021380	13.61	11.81	22/02/2558
อำเภอบ้านโฮ้ง 4	476256	2033244	3.78	4.56	24/02/2558
อำเภอบ้านโฮ้ง 5	476052	2032618	3.8	5.6	11/05/2558
อำเภอป่าซาง	481021	2036942	2.81	2.84	24/02/2558

ค่าดัชนีความเครียดลำไย (CWSI) จากการใช้กล้องถ่ายภาพความร้อนของทรงพุ่มลำไย

ผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีความเครียดลำไยจากการลงแปลงเกษตรกรตัวอย่างในวันที่ 17/02/2558 จำนวน 2 แปลง วันที่ 22/02/2558 จำนวน 1 แปลง วันที่ 24/02/2558 จำนวน 1 แปลง รวมทั้งหมดจำนวน 4 แปลง (ตารางที่ 4) ซึ่งค่าดัชนีความเครียดของ แปลงเชิงดาว 3 ที่มีค่าอยู่ในช่วงวิกฤต 0.71 ตามการศึกษาของ Wiriya-Alongkorn *et al.* (2013) ผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีความเครียดลำไย และการวัดค่าการชักนำการเปิด ปิดของปากใบลำไย พบว่า ค่าความเครียดน้ำของลำไย สอดคล้องกับค่าการชักนำของปากใบ ถ้าดัชนีความเครียดน้ำมากกว่า 0.7 และค่าการชักนำของปากใบต่ำ แสดงถึงลำไยเกิดการขาดแคลนน้ำ แต่ยังไม่แสดงถึงการเหี่ยวเกิดขึ้น

ตารางที่ 5 ผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีความเครียดลำไย และการชักนำปากใบแปลงตัวอย่าง 4 แปลง

แปลง	พิกัดแปลง UTM		ดัชนีความเครียด	การชักนำปากใบ (mmol/m ² s)	วันที่ถ่ายภาพความร้อน
	E	N			
อำเภอเชิงดาว 1	495806	2153733	0.60	199	17/02/2558
อำเภอเชิงดาว 3	496399	2156379	0.71	365	17/02/2558
อำเภอบ้านโฮ้ง 3	479931	2021380	0.65	120	22/02/2558
อำเภอบ้านโฮ้ง 4	476256	2033244	0.67	189	24/02/2558

ความสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนีพืชพรรณ (NDVI), ดัชนีความเครียดลำไย (CWSI) และความชื้นดินผลการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ (correlation analysis) ระหว่างค่าดัชนีความหนาแน่นของ

พืชพรรณ (NDVI) จากแหล่งภาพดาวเทียมแลนดแซท ซึ่ง เป็นค่าที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงตัวเลข กับค่าดัชนีความเครียดของลำไย (CWSI) ที่ได้จากการถ่ายภาพความร้อน แปรผลข้อมูลออกมาเป็นค่าตัวเลข และผลการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ (correlation analysis) ระหว่างค่าดัชนีความหนาแน่นของพืชพรรณ (NDVI) จากแหล่งภาพดาวเทียม THEOS กับค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นดินชั้นบน และดินชั้นล่าง พบว่าค่าดัชนีของพืชพรรณ (NDVI) จากแหล่งภาพดาวเทียม Landsat 8 มีความสัมพันธ์กับค่าดัชนีความเครียดของลำไย และค่าดัชนีของพืชพรรณ (NDVI) จากแหล่งภาพดาวเทียม THEOS มีความสัมพันธ์เชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติกับค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นดินชั้นบน และดินชั้นล่าง (ดังตารางที่ 6, 7) เช่นเดียวกัน

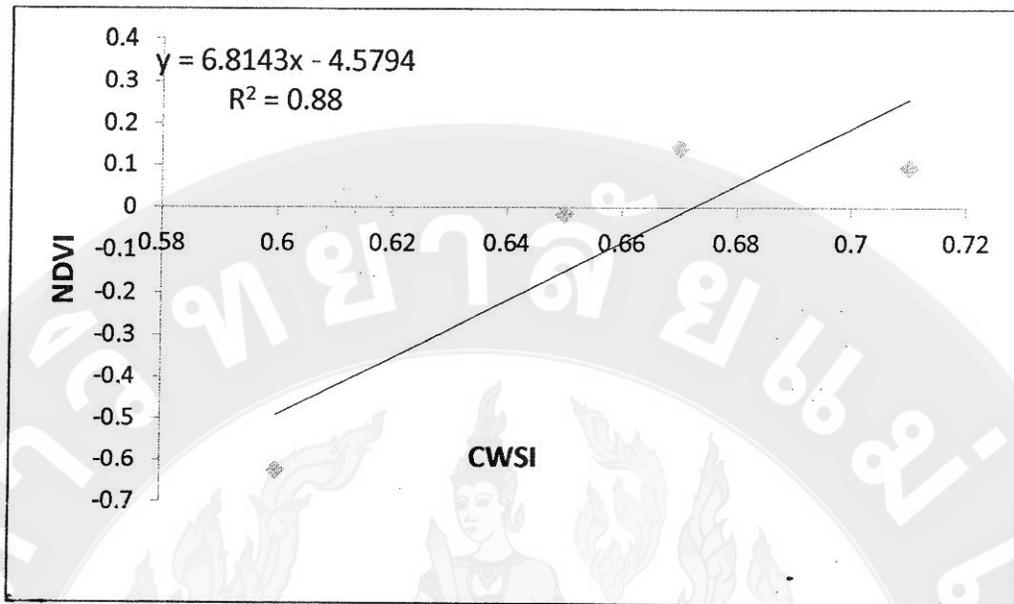
ตารางที่ 6 แสดงค่าดัชนีพืชพรรณ ความชื้นดิน และค่าดัชนีความเครียดของลำไย

ชื่อเกษตรกร	ดัชนีพืชพรรณ (NDVI)		ความชื้นดิน(%)		ค่าดัชนีความเครียด (CWSI)
	THEOS	Landsat 8	ดินชั้นบน	ดินชั้นล่าง	
อำเภอเชิงควา 1	-	-0.623	6.64	6.53	0.6
อำเภอเชิงควา 2	-	0.272	7.62	7.77	-
อำเภอเชิงควา 3	-	0.096	5.21	5.32	0.71
อำเภอเชิงควา 4	-	0.118	4.67	6.32	-
อำเภอเชิงควา 5	-	0.039	4.70	7.32	-
อำเภอพร้าว 1	-	0.168	8.93	10.38	-
อำเภอพร้าว 2	-	0.061	2.83	5.58	-
อำเภอพร้าว 3	-	0.560	22.78	24.18	-
อำเภอพร้าว 4	-	-0.046	11.65	7.86	-
อำเภอพร้าว 5	-	-0.07	9.22	8.09	-
อำเภอพร้าว 6	-	0.156	23.07	18.3	-
อำเภอพร้าว 7	-	0.445	19.37	11.6	-
อำเภอสันทราย 1	-	0.208	10.13	7.15	-
อำเภอสันทราย 2	-	-0.072	9.0	9.3	-
อำเภอบ้านโฮ้ง 1	0.853	0.133	15.82	15.93	-
อำเภอบ้านโฮ้ง 2	0.478	-0.013	13.61	11.81	0.65
อำเภอบ้านโฮ้ง 4	0.563	0.144	3.78	4.56	0.67
อำเภอบ้านโฮ้ง 5	0.306	0.189	3.8	5.6	-
อำเภอป่าซาง	0.304	0.223	2.81	2.84	-

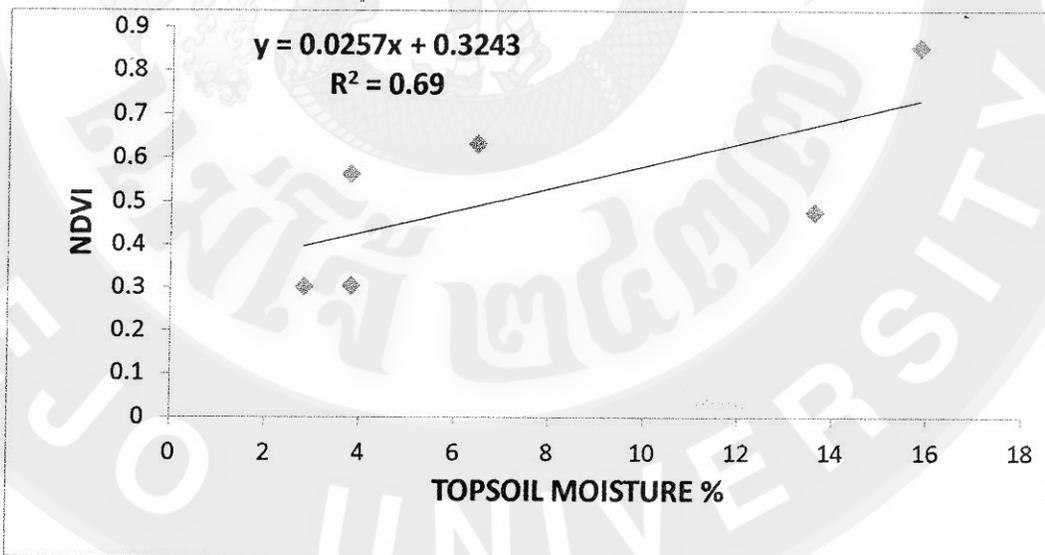
ตารางที่ 7 ผลการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ (correlation analysis) ระหว่างค่าดัชนีของพืชพรรณ จากแหล่งภาพถ่าย Landsat 8 และ THEOS ค่าดัชนีความเครียดของลำไย กับค่าความชื้นดินชั้นบนและดินชั้นล่าง

Correlation (Pearson) between NDVI MOISTURE and CWSI		
	THEOS	LANDSAT 8
TOPSOIL MOISTURE	0.69	
SUBSOIL MOISTURE	0.73	
CWSI		0.88

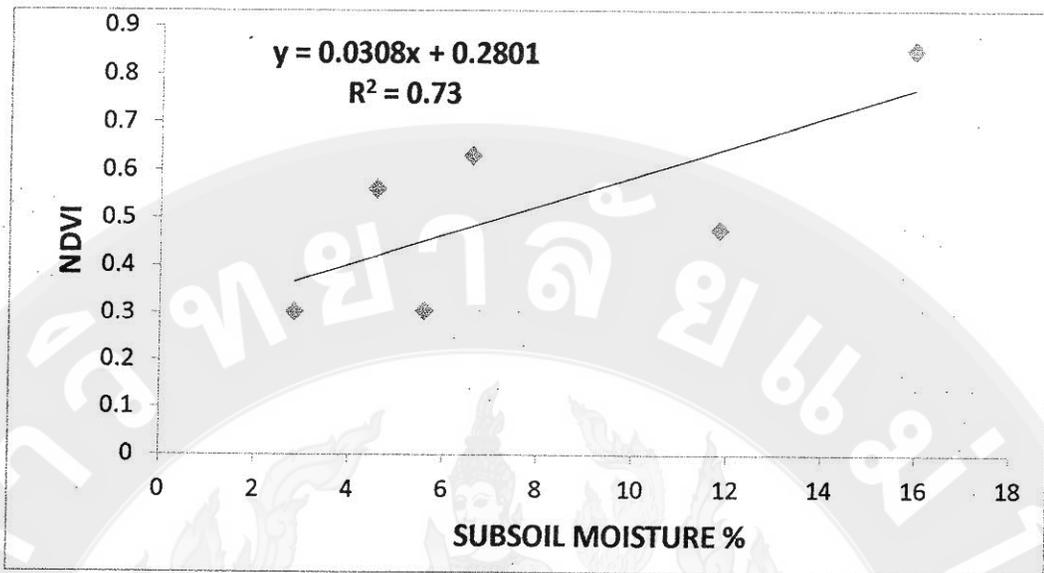
นำข้อมูลมาสร้างกราฟการกระจาย (scatter plot) และสมการเส้นตรงแสดงความสัมพันธ์ พบว่า ค่าดัชนีของพืชพรรณ (NDVI) จากแหล่งภาพถ่ายเทียม Landsat 8 มีความสัมพันธ์กับค่าดัชนีความเครียดของลำไย (CWSI) โดยมีความสัมพันธ์ในลักษณะของสมการเส้นตรงที่มีค่าสัมประสิทธิ์ของตัวกำหนด (R^2) เท่ากับ 0.88 แสดงให้เห็นว่าค่าดัชนีความแตกต่างของพืชพรรณ (NDVI) จากแหล่งภาพถ่ายเทียม Landsat 8 สามารถใช้ประมาณค่าดัชนีความเครียดของลำไย (CWSI) ได้ร้อยละ 88 (ภาพที่ 13) และค่าดัชนีของพืชพรรณ (NDVI) จากแหล่งภาพถ่ายเทียม THEOS มีความสัมพันธ์กับค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นของดินชั้นบน โดยมีความสัมพันธ์ในลักษณะของสมการเส้นตรงที่มีค่าสัมประสิทธิ์ของตัวกำหนด (R^2) เท่ากับ 0.69 (ภาพที่ 14) และความสัมพันธ์กับค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นดินชั้นล่าง โดยมีความสัมพันธ์ในลักษณะของสมการเส้นตรงที่มีค่าสัมประสิทธิ์ของตัวกำหนด (R^2) เท่ากับ 0.73 แสดงให้เห็นว่าค่าดัชนีความแตกต่างของ พืชพรรณ (NDVI) จากแหล่งภาพถ่ายเทียมนี้ออสสามารถใช้ประมาณค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นในดินชั้นล่างได้ร้อยละ 72 (ภาพที่ 15)



ภาพที่ 13 กราฟการกระจายแสดงความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีของพืชพรรณ (NDVI) จากแหล่งภาพถ่ายเทียม Landsat 8 กับดัชนีความเครียดลำไย (CWSI)



ภาพที่ 14 กราฟการกระจายแสดงความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีของพืชพรรณ (NDVI) จากแหล่งภาพถ่ายเทียม THEOS กับความชื้นดินชั้นบน



ภาพที่ 15 กราฟการกระจายแสดงความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีพืชพรรณ (NDVI) จากแหล่งภาพถ่ายเทียม THEOS กับความชื้นดินชั้นล่าง

สรุปและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาพบว่า การใช้ภาพถ่ายดาวเทียมร่วมกับการใช้ข้อมูลภาคสนามสามารถประเมินสถานะการขาดน้ำของลำไยได้ระดับหนึ่ง ซึ่งจากข้อมูลพบข้อสังเกตดังต่อไปนี้

1. ดัชนีความเครียดน้ำของลำไย ความชื้นในดินและค่าการชักนำของปากใบ พบว่า ถ้าดัชนีความเครียดน้ำ มากกว่า 0.7 และค่าการชักนำของปากใบต่ำ แสดงถึงลำไยเกิดการขาดแคลนน้ำ แต่ยังไม่แสดงถึงการเหี่ยวเกิดขึ้น ในแปลงตัวอย่างลำไยใน อำเภอเชียงดาว 1 อำเภอบ้านโฮ้ง 3 และลำไยอำเภอบ้านโฮ้ง 4 พบว่าค่าดัชนีความเครียดน้ำ ต่ำ กว่า 0.7 และค่าการชักนำของปากใบสูง แสดงถึงลำไยมีน้ำเพียงพอภายในต้นที่จะมีกิจกรรมต่าง ๆ ได้เป็นที่น่าสังเกตว่าดัชนีความเครียดของลำไย (CWSI) ขึ้นอยู่กับ พฤติกรรมของการจัดการสวนของเจ้าของสวนเป็นหลัก ถึงแม้ว่าจะมีแหล่งน้ำ เพียงพอเจ้าของสวนมีการใส่สารเคมี (โปรแตสเซียมคลอไรด์) แล้วลำไยเกิดการแตกใบอ่อน ลำไยจะไม่ออกดอกถ้ามีการให้น้ำมากเกินไป (ส่วนใหญ่เกษตรกรจะให้น้ำจนกว่าจะเห็นช่อดอกอย่างน้อย 80 เปอร์เซ็นต์) ขณะที่สวนลำไยตัวอย่าง อำเภอเชียงดาว 1 พบว่ามีการให้สารคลอไรด์เช่นเดียวกัน แต่มีการให้น้ำมาก ทำให้ลำไยไม่ได้เกิดความเครียด ค่า CWSI เฉลี่ย 0.6 และค่าการชักนำปากใบ สูงถึง $365 \text{ mmol/m}^2\text{s}$ ซึ่งลำไยไม่แสดงความเครียดน้ำมีผลให้ลำไยไม่ตอบสนองต่อสารเคมี (โปรแตสเซียมคลอไรด์) และไม่มีการออกดอกแต่อย่างใด ขณะที่แปลงลำไยอำเภอเชียงดาว 3 มีพฤติกรรมการให้น้ำ ดังกล่าวข้างต้นแต่ลำไยก็แสดงความเครียดเกิดขึ้นแต่ไม่มาก เนื่องจากอยู่ติดแม่น้ำปิง ส่งผลให้ความชื้นในอากาศสูงลำไยจึงสามารถออกดอกได้ 100 เปอร์เซ็นต์ ส่วนแปลงลำไย อำเภอบ้านโฮ้ง 3 มีการจัดการน้ำอย่างมีประสิทธิภาพ จึงไม่แสดงความเครียดเกิดขึ้น ขณะที่แปลง ลำไยอำเภอเชียงดาว 3 เป็นแปลงที่ขาดแคลนน้ำ ค่าดัชนีความเครียด(CWSI) สูงกว่า 0.7 เล็กน้อย และค่าชักนำ ปากใบต่ำ กว่า $200 \text{ mmol/m}^2\text{s}$ ขณะที่แปลงลำไยอำเภอบ้านโฮ้ง 4 เป็นลำ ไยที่อยู่ในระยะหลังเก็บเกี่ยว มีการให้น้ำเพื่อกระตุ้นการแตกใบอ่อน ค่าดัชนี ความเครียด (CWSI) เท่ากับ 0.67 และการชักนำปากใบเฉลี่ย เท่ากับ $189 \text{ mmol/m}^2\text{s}$ แสดงว่าลำไย ไม่แสดงอาการเครียด

2. ค่าดัชนีความเครียดของลำไยมีความสัมพันธ์กับค่าดัชนีความหนาแน่นของพืชพรรณ ในกรณีของความชื้นดินนั้นจะมีความสัมพันธ์กับค่าดัชนีความหนาแน่นของพืชพรรณที่ วิเคราะห์ได้จากแหล่งภาพดาวเทียมTHEOS สูงกว่าแหล่งภาพดาวเทียม Landsat 8 อาจเป็นเพราะว่า ความละเอียดของภาพที่บันทึกจากดาวเทียม THEOS มีสูงกว่าจึงทำให้วิเคราะห์ค่าดัชนีความหนาแน่นของพืชพรรณ ได้แม่นยำกว่าและอีกประการหนึ่งคือ ภาพที่บันทึกจากดาวเทียม Landsat 8 มีเมฆปกคลุมส่งผลให้ค่าดัชนีความหนาแน่นของพืชพรรณที่วิเคราะห์ได้มีความคลาดเคลื่อน

3. ความสัมพันธ์ของค่าดัชนีของพืชพรรณ (NDVI) กับค่าดัชนีความเครียดของลำไย (CWSI) มีค่าสหสัมพันธ์เท่ากับ 0.88 ส่วนค่าสหสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนีของพืชพรรณ (NDVI) กับค่าความชื้นดินชั้นบนมีค่าเท่ากับ 0.69 และค่าสหสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนีของพืชพรรณ (NDVI) กับค่าความชื้นดินชั้นล่างมีค่า 0.73 อยู่ในระดับที่สามารถนำข้อมูลไปใช้ได้ แต่เมื่อนำมาเปรียบเทียบกันพบว่าค่าดัชนีของพืชพรรณ (NDVI) มีความสัมพันธ์กับค่าความชื้นดินชั้นล่างมากกว่าดินชั้นบน

สรุปได้ว่าค่าดัชนีความหนาแน่น ของพืชพรรณสามารถนำมา มาหาค่าดัชนีความเครียดของลำไยได้ดีกว่า ปริมาณความชื้นในดินการวิเคราะห์ค่าดัชนีของพืชพรรณเน้นความละเอียดของภาพถ่ายดาวเทียม อายุของ ลำไย และการตัดแต่งทรงพุ่ม มีผลอย่างมากต่อการวิเคราะห์

เอกสารอ้างอิง

- ศศิธร อุ่นเมืองอินทร์. 2555. การจัดการน้ำของเกษตรกรผู้ปลูกลำไยในสภาวะแล้งในอำเภอแม่วาง จังหวัดเชียงใหม่. วิทยานิพนธ์ วท.ม. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 79หน้า.
- สำนักกิจการอวกาศแห่งชาติ. 2558. Landsat 8 : โครงการสานความต่อเนื่องข้อมูลภาพของพื้นโลก จากอดีตสู่อนาคต. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: <http://www.space.mict.go.th/> (23 October 2015)
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2557. ข้อมูลการผลิตสินค้าเกษตรลำไย. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: <http://www.oae.go.th> (30 มิถุนายน 2558)
- Alchanatis, V., Y. Cohen, S. Cohen, M. Moller, M. Sprinstin, M. Meron, J. Tsipris, Y. Saraga and E. Sela. 2010. Evaluation of different approaches for estimating and mapping crop water status in cotton with themal imaging. *Precision Agriculture*. 11: 27-41.
- Berni, J.A.J., P.J. Zarco-Tejada, G. Supulcre-Canto, E. Fereres and F. Villalobos. 2009. Mapping canopy conductance and CWSI in olive orchards using high resolution thermal remote sensing imagery. *Remote Sensing of Environment*. 113: 2380-2388.
- Cohen, Y., V. Alchanatis, M. Meron, Y. Saraga and J. Tsipris. 2005. Estimation of leaf water potential by thermal inagery and spatial analysis *J. Exp. Bot.* 56 (417): 1843-1852.
- Idso, S.B., R.D. Jackson, P.J. Pinter, R.J. Reginato and J.L. Hatfield. 1981. Normalizing the stress-degree-day parameter for environmental variability. *Agri. Meteorol.* 24, 44-45.
- Jones, H.G. 1999. Use of infrared thermometry for estimation of stomatal conductance as a possible aid to irrigation schedulling. *Agri. and Forest Meteorol.* 95, 139-149.
- Jones, H.G., M. Stoll, T. Santos, C. de Sousa, M.M. Chaves and O.M. Grant. 2002. Use of infrared thermography for monitoring stomatal closuer in the field : application to grapevine. *J. Exp. Bot.* 53 (378): 2249-2260.
- Jones. H.G., R. Serraj, B.R. Loveys, L. Xiong, A. Wheaton and A.H. Price. 2009. Thermal infrared imaging of crop canopies for the remote diagnosis and quantification of lant respondes to water stress in the field. *Func. Plant Biol.* 36, 978-989.
- Leinonen, I. and H.G. Jones. 2004. Combining thermal and visible imagery for estimating

- canopy temperature and identifying plant stress. *J. Exp. Bot.* 55 (401): 1423-1431.
- Leinonen, I., O.M. Grant, C.P.P. Tagliavia, M.M. Chaves and H.G. Jones. 2006. Estimating stomatal conductance with thermal imagery. *Plant, Cell and Envi.* 29, 1508-1518.
- Möller, M., V. Alchanatis, Y. Cohen, M. Meron, J. Tsipris, A. Naor, V. Ostrovsky, M. Sprinstin and S. Cohen. 2007. Use of thermal and visible imagery for estimating crop water status of irrigated grapevine. *J. Exp. Bot.* 58 (4): 827-838.
- Onprasert S. and W. Wiriya-Alongkorn, "Yield and vegetative growth of longan subjected to partial root-zone drying irrigation", *J. Agric. Res. Extension*, **2009**, 26, 8-17.
- Sepulcre-Canto, G., P.J. Zarco-Tejada, J.C. Jimenez-Munoz, J.A. Sobrino, E. de Miguel and F.J. Villalobos. 2006. Detection of water stress in an olive orchard with thermal remote sensing imagery. *Agricultural and Forest Meteorology* 136 (2006) 31-44.
- Spreer, W. S. Onprasert, M. Hegele, J. N. Wünsche and J. Müller, "Yield and fruit development in mango (*Mangifera indica* L. cv. Chok Anan) under different irrigation regimes", *Agric. Water Manage.*, **2009**, 96, 574-584.
- Wiriya-Alongkorn, W., W. Spreer, S. Onprasert, K. Spohrer, T. Pankasemsuk and J. Müller. 2013. Detecting drought stress in longan tree using thermal imaging. *Maejo Int. J. Sci. Technol.* 2013, 7(01), 166-180.



คุณสมบัติของกลุ่มชุดดิน

กลุ่มชุดดินที่ 29 เกิดจากวัตถุต้นกำเนิดที่ผุพังสลายตัวอยู่กับที่ หรือจากการสลายตัวผุพังแล้วเคลื่อนย้ายมาทับถมของวัสดุหลายชนิดที่มีเนื้อละเอียด ทั้งจากหินตะกอน หินภูเขาไฟ หรือตะกอนน้ำ พบบริเวณที่ดอน เป็นดินลึก มีการระบายน้ำดี เนื้อดินเป็นพวกดินเหนียว สีดินเป็นสีน้ำตาล เหลืองหรือแดง ความอุดมสมบูรณ์ค่อนข้างต่ำ pH 4.5-5.5

กลุ่มชุดดินที่ 35 เกิดจากตะกอนลำน้ำ หรือวัตถุต้นกำเนิดที่ผุพังสลายตัวอยู่กับที่ หรือจากการสลายตัวผุพังแล้วเคลื่อนย้ายมาทับถมของวัสดุเนื้อหยาบที่ส่วนใหญ่มาจากหินตะกอน พบบริเวณที่ดอน เป็นดินลึก มีการระบายน้ำดี-ดีปานกลาง เนื้อดินเป็นพวกดินร่วนละเอียดที่มีเนื้อดินบนเป็นดินร่วนปนทราย ส่วนดินล่างเป็นดินร่วนเหนียวปนทราย สีน้ำตาล เหลือง หรือแดง ดินล่างอาจพบจุดประสีต่างๆ มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ pH 4.5-5.5

กลุ่มชุดดินที่ 40 เกิดจากตะกอนลำน้ำ หรือวัตถุต้นกำเนิดที่ผุพังสลายตัวอยู่กับที่ หรือจากการสลายตัวผุพังแล้วเคลื่อนย้ายมาทับถมของวัสดุเนื้อหยาบ ลักษณะดินเป็นดินลึก มีการระบายน้ำดี เนื้อดินเป็นพวกดินร่วนหยาบ สีดินเป็นสีน้ำตาล เหลืองหรือแดง อาจพบจุดประสีต่างๆ ในชั้นดินล่าง ดินมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ pH ประมาณ 4.5-5.5

กลุ่มชุดดินที่ 48 กลุ่มชุดดินในพื้นที่ดอนที่เป็นดินร่วนปนกรวดหรือก้อนหินต้น พบชั้นกรวดหรือก้อนหินต้นเกินกว่า 50 เซนติเมตรจากผิวดิน มีการระบายน้ำดี ปฏิกิริยาดินเป็นกรดจัดถึงเป็นกรดเล็กน้อย ดินมีสีน้ำตาล สีเหลือง สภาพพื้นที่เป็นลูกคลื่นลอนลาดเล็กน้อย มีความลาดชัน 2-5 เปอร์เซ็นต์