อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. เครื่อง Plant Canopy Analyser รุ่น LAI-2000 เป็นเครื่องมือวัดค่าดัชนีพื้นที่ผิวใบ ดังแสดงในภาพที่ 1

ภาพที่ 1 เครื่องมือวัดค่าดัชนีพื้นที่ผิวใบพืช (LAI-2000 Plant Canopy Analyzer)

2. เครื่องมือวัดพลังงานแสงอาทิตย์ (ภาพที่ 2) สำหรับบันทึกข้อมูลพลังงานแสงอาทิตย์

ภาพที่ 2 เครื่องมือวัดพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดไพราโนมิเตอร์

3. ตู้อบตัวอย่างพืช

4. กล้องถ่ายรูป

5. เครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล

6. โปรแกรม microsoft office

7. เครื่องพิมพ์สีและขาวดำ

วิธีการ

1. การเลือกพื้นที่ศึกษา

การเลือกพื้นที่ศึกษาเพื่อเป็นตัวแทนแต่ละประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน ได้แก่ พื้นที่นาข้าว อำเภอเมือง จังหวัดสุโขทัย และพื้นที่ไร่มันสำปะหลัง อำเภอครบุรี จังหวัดนครราชสีมา ซึ่งถือได้ว่าพื้นที่ทั้ง 2 ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินนั้นถือเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของแต่ละภูมิภาคที่ทำรายได้เข้าสู่ประเทศไทยเป็นอย่างมาก และมีการปลูกกันอย่างแพร่หลายในแต่ละพื้นที่ นอกจากนี้พื้นที่ดังกล่าวมีการติดตั้งสถานีตรวจวัดอากาศแบบอัตโนมัติภายใต้โครงการ GEWEX Asian Monsoon Experiment Tropics (GAME-T) และ Coordinated Enhanced Observational Period (CEOP) ดังภาพที่ 3

(1) พื้นที่นาข้าว จังหวัดสุโขทัย

(2) พื้นที่ไร่มันสำปะหลัง จังหวัดนครราชสีมา

ภาพที่ 3 สถานีตรวจวัดอากาศอัตโนมัติของแต่ละรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดิน

2. เครื่องมือตรวจวัดค่าพลังงานแสงอาทิตย์แบบอัตโนมัติ

ในแต่ละพื้นที่ศึกษามีสถานีตรวจวัดอากาศแบบอัตโนมัติ (Automatic Weather Station, AWS) โดยมีเสาตรวจวัดอากาศสูง 10 เมตร ซึ่งมีการติดตั้งเครื่องมือ และเก็บข้อมูลแบบต่อเนื่องตลอดทั้งปี ประกอบด้วยเครื่องมือต่างๆ ดังภาพที่ 4 และ 6 อธิบายได้ดังนี้

2.1 เครื่องมือวัดความชื้น และอุณหภูมิของอากาศที่ 2 ระดับความสูง โดยทำการติดตั้งเครื่องมือที่ระดับความสูงที่แตกต่างกันในแต่ละพื้นที่ศึกษาตามช่วงอายุของการเจริญเติบโตในแต่ละชนิดพืช

2.1.1 พื้นที่นาข้าว ติดตั้งเครื่องมือวัดความชื้นและอุณหภูมิของอากาศ (ล่าง) ที่ระดับความสูง 2.0 m และเครื่องมือวัดความชื้นและอุณหภูมิของอากาศ (บน) ที่ระดับความสูง 10.0 m

2.1.2 พื้นที่ไร่มันสำปะหลัง ติดตั้งเครื่องมือวัดความชื้นและอุณหภูมิของอากาศ (ล่าง) ที่ระดับความสูง 0.5 m และเครื่องมือวัดความชื้นและอุณหภูมิของอากาศ (บน) ที่ระดับความสูง 9.5 m

2.2 เครื่องมือตรวจวัดรังสีดวงอาทิตย์ และรังสีสุทธิ (pyrheliometer และ net radiometer)

2.2.1 พื้นที่นาข้าว ติดตั้งเครื่องมือวัดรังสีดวงอาทิตย์และรังสีสุทธิ ที่ระดับความสูง 1.0 m

2.2.2 พื้นที่ไร่มันสำปะหลัง ติดตั้งเครื่องมือวัดรังสีดวงอาทิตย์และรังสีสุทธิ ที่ระดับความสูง 3.0 m

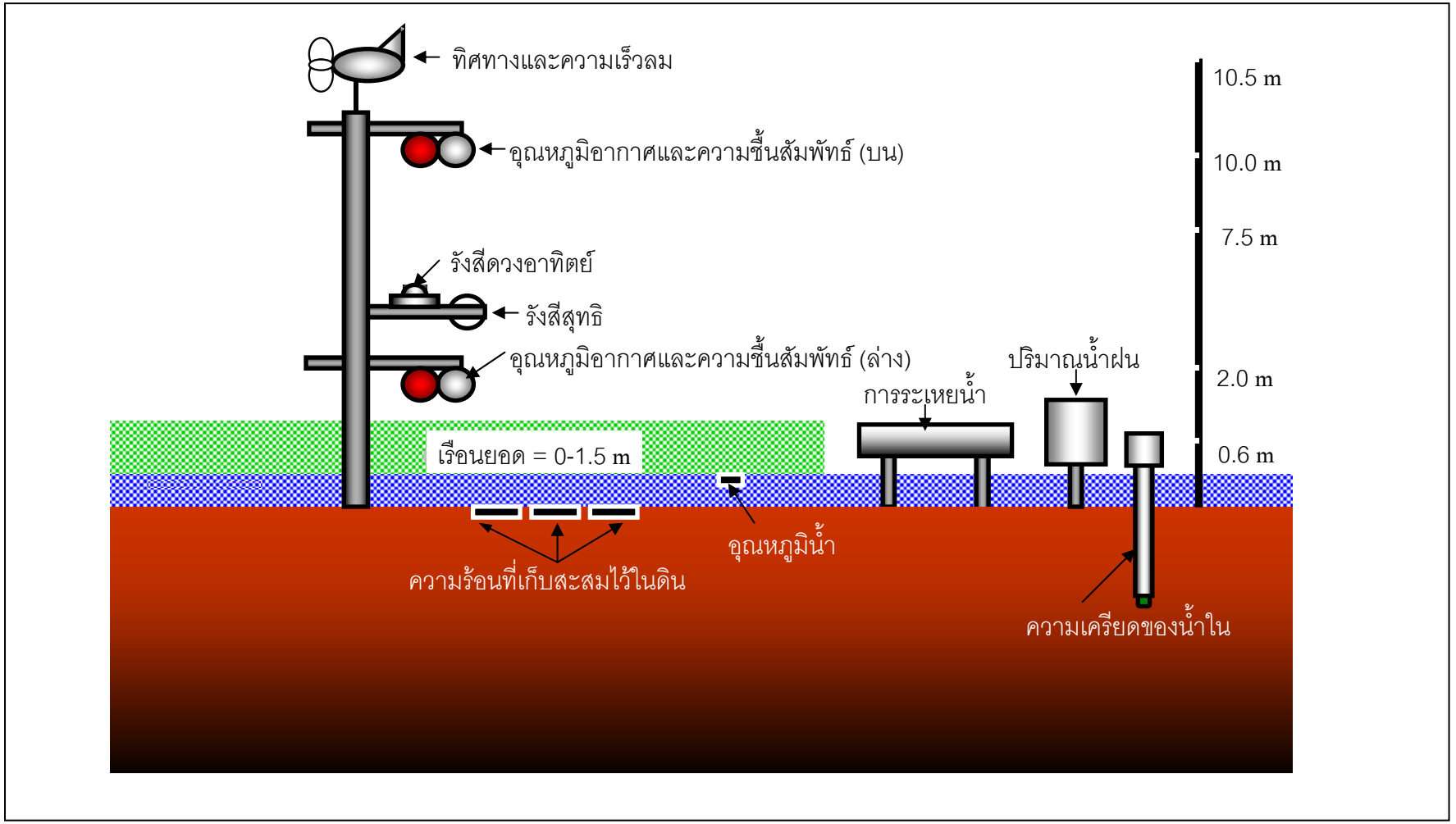
2.3 เครื่องมือวัดความเครียดของน้ำในดิน (tensiometer) ที่ระดับความลึก 15 cm จำนวน 3 เครื่อง โดยทำการติดตั้งบริเวณใกล้เสาตรวจวัดอากาศ

2.4 เครื่องมือวัดปริมาณความร้อนที่เก็บสะสมไว้ในดิน (soil heat flux plate) ที่ระดับความลึก 1 cm จำนวน 3 เครื่อง ทำการติดตั้งบริเวณใกล้เสาตรวจวัดอากาศ

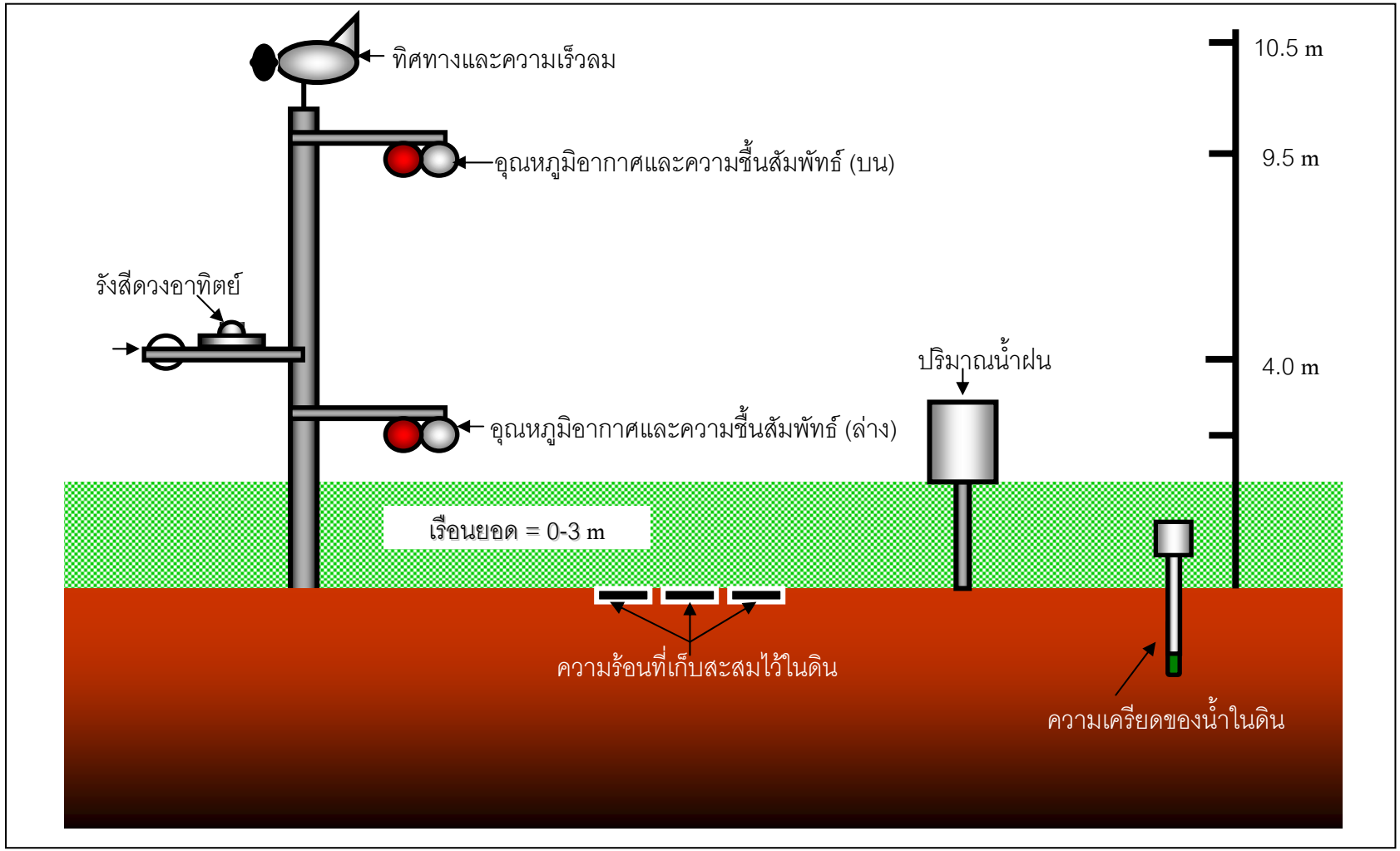
2.5 เครื่องมือวัดความเร็วและทิศทางลม (anemometer) โดยทำการติดตั้งให้อยู่ตำแหน่งสูงสุดของเสาตรวจวัดอากาศ (tower) จำนวน 1 เครื่อง

2.5.1 พื้นที่นาข้าว ติดตั้งเครื่องมือวัดความเร็วและทิศทางลม ที่ระดับความสูง 10.00 m

2.5.2 พื้นที่ไร่มันสำปะหลัง ติดตั้งเครื่องมือวัดความเร็วและทิศทางลม ที่ระดับความสูง 10.50 m



ภาพที่ 4 แผนผังการติดตั้งเครื่องมือตรวจวัดอากาศแบบอัตโนมัติ (Automatic Weather Station, AWS) ในพื้นที่นาข้าว จังหวัดสุโขทัย



ภาพที่ 5 แผนผังการติดตั้งเครื่องมือตรวจวัดอากาศแบบอัตโนมัติ (Automatic Weather Station, AWS) ในพื้นที่ไร่มันสำปะหลัง จังหวัดนครราชสีมา

3. การเก็บรวบรวมข้อมูล

3.1 รวบรวมข้อมูลปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ และความยาวนานแสงแดดรายวันของสถานีตรวจอากาศเกษตรแบบอัตโนมัติของพื้นที่นาข้าว จังหวัดสุโขทัย ตั้งแต่เดือน ธันวาคม พ.ศ. 2547 ถึง เดือน พฤศจิกายน พ.ศ. 2548 และพื้นที่ไร่มันสำปะหลัง ตั้งแต่เดือน พฤศจิกายน พ.ศ. 2547 ถึง เดือน มกราคม พ.ศ. 2549

3.2 การเก็บรวบรวมข้อมูลปฐมภูมิ

3.2.1 การเก็บตัวอย่างพืช

เก็บตัวอย่างพืช 2 ชนิด คือ ข้าว พันธุ์ กข.1 และมันสำปะหลัง พันธุ์เกษตรศาสตร์50 โดยแบ่งช่วงเวลาการเก็บข้อมูลเป็น 3 ช่วง คือ ช่วงเริ่มการเพาะปลูก ช่วงกำลังเจริญเติบโต และช่วงก่อนการเก็บเกี่ยวผลผลิต เพื่อนำมาหาค่าดัชนีพื้นผิวใบ (leaf area index; LAI) และมวลชีวภาพ มีขั้นตอนดังนี้

1) สอบถามข้อมูลที่เกี่ยวกับการปลูกพืชจากเกษตรกร เช่น ชนิดพันธุ์ของพืชที่ปลูก วิธีการปลูกพืช เป็นต้น เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการศึกษาครั้งนี้ พร้อมทั้งเป็นแนวทางในการสุ่มเก็บตัวอย่างพืช เนื่องจากพื้นที่ศึกษาเป็นพื้นที่เกษตรกร จึงไม่สามารถเก็บตัวอย่างพืชได้ตามรูปแบบการเก็บตัวอย่างได้ การสุ่มเก็บตัวอย่างจึงเป็นวิธีที่เหมาะที่สุด โดยสุ่มเก็บตัวอย่างพืชที่มีขนาดใกล้เคียงกัน

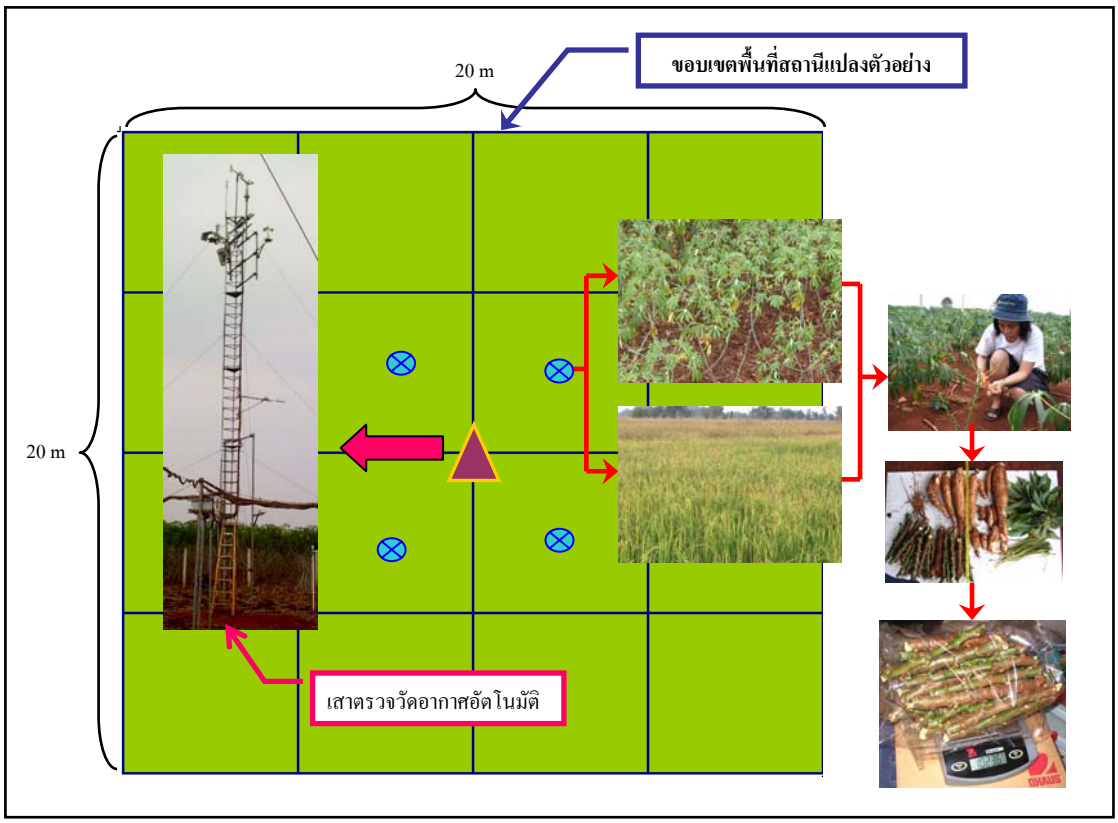
2) การสุ่มเลือกเก็บตัวอย่างพืช พื้นที่ศึกษามีการเก็บข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยาด้านอื่นๆ เช่น การเก็บข้อมูลการคายระเหยของน้ำ การวัดค่าความชื้นในดิน เป็นต้น ทำให้การเก็บตัวอย่างพืชไม่สามารถเก็บตัวอย่างพืชซ้ำในบริเวณที่เดิมได้ทุกครั้ง เนื่องจากการเก็บตัวอย่างพืชซ้ำบริเวณเดิมทุกๆ ครั้ง อาจส่งผลกระทบต่อข้อมูลอื่นๆ ที่ทำการเก็บในบริเวณพื้นที่ศึกษาได้ ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้จึงทำการสุ่มเก็บตัวอย่างพืช คือ ต้นข้าว และต้นมันสำปะหลัง บริเวณใกล้เสาตรวจวัดอากาศ โดยให้ห่างออกมาประมาณ 1.5 เมตร นับจำนวนต้นบริเวณรอบจุดที่เก็บตัวอย่างพืช

3) การเก็บตัวอย่างพืชแต่ละช่วงเวลาการเจริญเติบโต โดยขุดตัวอย่างพืชออกจากดินและไม่ให้ส่วนของรากต้องขาดหายไป เพื่อจะได้ตัวอย่างพืชพร้อมรากที่สมบูรณ์ที่สุด แล้วแยกส่วนต่างๆ ออกจากกัน (ส่วนราก ต้น ใบ และผลผลิต) เพื่อชั่งน้ำหนักสดของราก ต้น ใบ และผลผลิต การแยกมวลชีวภาพของรากออกจากดินใช้วิธีล้างด้วยน้ำ แล้วผึ่งรากให้แห้ง จากนั้นนำไปชั่งหาน้ำหนักสด ตัวอย่างมวลชีวภาพบนดิน และใต้ดินนี้จะต้องนำไปหาน้ำหนักแห้งในห้องปฏิบัติการต่อไป (ภาพที่ 6) การเก็บตัวอย่างพืชแต่ละชนิด ดังนี้

(1) ต้นข้าว ทำการเก็บข้อมูลมวลชีวภาพในแต่ละช่วงฤดูการเจริญเติบโต ซึ่งแบ่งเป็น ช่วงเริ่มการเพาะปลูกในเดือน สิงหาคม ช่วงกำลังเจริญเติบโตในเดือน ตุลาคม และช่วงก่อนการเก็บเกี่ยวผลผลิตในเดือน พฤศจิกายน เป็นระยะเวลา 3 เดือน การเก็บตัวอย่างต้นข้าวครั้งละ 1 กอ ในแต่ละช่วงฤดูการเจริญเติบโต โดยค่อยๆ ดึงกอของต้นข้าวขึ้นมา และพยายามให้มีการขาดหายของส่วนรากน้อยที่สุด นำกอข้าวไปล้างน้ำ แล้วผึ่งแดดให้แห้ง จากนั้นแยกกอต้นข้าวให้เป็นต้นข้าวแต่ละต้น ซึ่งใน 1 กอต้นข้าวมีต้นข้าวประมาณ 3-4 ต้น (เก็บตัวอย่างเพียง 3 ต้น) เมื่อแยกได้ต้นข้าวแล้วแยกส่วนต่างๆ ออกจากกัน ได้ส่วนลำต้น 3 ต้น รวงข้าว 3 รวง และรากข้าว 3 ราก และนำไปชั่งหาน้ำหนักสดของพืชตัวอย่าง

(2) ต้นมันสำปะหลัง ทำการเก็บข้อมูลมวลชีวภาพทุกเดือนในแต่ละช่วงฤดูการเจริญเติบโต ซึ่งแบ่งเป็น ช่วงเริ่มการเพาะปลูกในช่วงเดือน กรกฎาคม ถึง เดือน สิงหาคม เป็นระยะเวลา 2 เดือน ช่วงกำลังเจริญเติบโตในช่วงเดือน กันยายน ถึง เดือน พฤศจิกายน เป็นระยะเวลา 3 เดือน และช่วงก่อนการเก็บเกี่ยวผลผลิตในช่วงเดือน ธันวาคม ถึง เดือน มกราคม เป็นระยะเวลา 2 เดือน การเก็บตัวอย่างต้นมันสำปะหลังครั้งละ 3 ต้น โดยขุดต้นมันสำปะหลังขึ้นจากดิน ซึ่งต้องขุดอย่างระมัดระวัง เพื่อให้รากของต้นมันสำปะหลังที่สมบูรณ์ที่สุด แล้วนำส่วนที่มีดินติดไปล้างน้ำ ผึ่งให้แห้ง จากนั้นการแยกส่วนต่างๆ ของต้นมันสำปะหลังแยกได้ ใบ ก้านใบ ลำต้น ราก และหัวมัน แล้วนำไปชั่งหาน้ำหนักสดของพืช โดยทำการเก็บข้อมูลรวมทั้งสิ้น 7 ครั้ง

4) การหาน้ำหนักแห้งของมวลชีวภาพ นำตัวอย่างของต้นข้าว และมันสำปะหลังที่แยกส่วนต่างๆ ออกจากกัน นำมาอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 80°C เป็นเวลา 72 ชั่วโมง แล้วนำตัวอย่างพืชที่อบแห้งไปชั่งน้ำหนักแห้ง



ภาพที่ 6 แผนผังแสดงขั้นตอนการเก็บตัวอย่างมวลชีวภาพ

หมายเหตุ ⊗ คือ จุดเก็บตัวอย่างมวลชีวภาพในพื้นที่ศึกษา

3.2.2 การตรวจวัดดัชนีพื้นที่ผิวใบ (leaf area index, LAI)

ทำการวัดข้อมูลดัชนีพื้นที่ผิวใบด้วยเครื่อง LAI-2000 Plant Canopy Analyzer ซึ่งหลักการทำงานของเครื่องวัด LAI นั้นอาศัยหลักการวัดการลดลงของความเข้มแสงอย่างต่อเนื่องเมื่อแสงผ่านเข้าไปในทรงพุ่ม การวัดแสงวัดในลักษณะมุมต่างๆ กัน 5 มุมพร้อมกัน โดยปริมาณแสงจากการวัดมีความเข้มแสงลดน้อยลงเมื่อแสงทำมุมต่างๆ กันกับตำแหน่งใบ โดยการใช้เครื่องวัด LAI รุ่น LAI-2000 จะวัดค่า LAI ของพืชในรัศมีรอบเสาตรวจวัดอากาศ 5 เมตร (แบบสุ่ม) ซึ่งวัดเหนือเรือนยอดพืช 2 ครั้ง และใต้เรือนยอด 5 ครั้ง โดยทำการเก็บข้อมูล 3 ซ้ำ แล้วนำค่าที่ได้มาเฉลี่ยหาค่า LAI ในช่วงเวลาเดียวกับที่เก็บข้อมูลมวลชีวภาพ (ภาพที่ 7)

(1)

(2)

ภาพที่ 7 การตรวจวัดดัชนีพื้นผิวใบ (1) วัดใต้เรือนยอดพืช (2) วัดเหนือเรือนยอดพืช

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

4.1 วิเคราะห์สมดุลพลังงาน ศึกษาในแต่ละพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน คือ พื้นที่นาข้าว และพื้นที่ไร่มันสำปะหลัง ดังสมการที่ (15)

$$Rn = H + G_s + G_w + LE \quad \ldots(15)$$

เมื่อกำหนดให้ Rn = รังสีดวงอาทิตย์สุทธิ ($W\ m^{-2}$)

H = ความร้อนในการเผาผลาญอากาศ ($W\ m^{-2}$)

G_s = ความร้อนที่เก็บไว้ในดิน ($W\ m^{-2}$)

G_w = ความร้อนที่เก็บไว้ในน้ำ ($W\ m^{-2}$)

LE = ความร้อนในการเผาผลาญน้ำ ($W\ m^{-2}$)

4.2 วิเคราะห์ความผันแปรของค่าปริมาณรังสีดวงอาทิตย์เฉลี่ยรายเดือน ในแต่ละพื้นที่ศึกษา

ทำการสร้างกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณรังสีดวงอาทิตย์เฉลี่ยรายเดือน ตั้งแต่เดือน พฤศจิกายน พ.ศ. 2547 ถึงเดือน พฤศจิกายน พ.ศ. 2548 โดยใช้ข้อมูลจากเสาตรวจวัด

อากาศเกษตรแบบอัตโนมัติของพื้นที่นาข้าว จังหวัดสุโขทัย และพื้นที่ไร่มันสำปะหลัง จังหวัดนครราชสีมา

4.3 วิเคราะห์ประสิทธิภาพการใช้รังสีแสงสังเคราะห์ ในการทดลองครั้งนี้ได้นำเสนอสมการต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการประมาณค่ารังสีดวงอาทิตย์ ซึ่งเป็นที่ยอมรับ และได้พิสูจน์แล้วว่ามีความถูกต้องแม่นยำมาใช้ในการศึกษาพืชพรรณ ดังนี้

พลังงานแสงรังสีสังเคราะห์ที่พืชดูดกลืนไว้ขณะชั่วเวลาใดเวลาหนึ่ง ซึ่งเสนอโดย Goss *et al*. (1986); Varlet-Grancher *et al*. (1989) จากสมการที่ (16)

$$PARa = \varepsilon i PARi \qquad \ldots(16)$$

เมื่อกำหนดให้ PARa คือ ปริมาณรังสีสังเคราะห์ที่พืชดูดกลืน (MJ m^{-2})
PARi คือ ปริมาณรังสีสังเคราะห์เหนือแปลงพืช (MJ m^{-2})
εi คือ ประสิทธิภาพการดูดกลืนรังสีของพืชปริมาณรังสีแสงสังเคราะห์เหนือแปลงพืช ดังสมการที่ (16)

สำหรับค่าประสิทธิภาพการดูดกลืนรังสีแสงของพืช พบว่ามีความสัมพันธ์แบบเอกซ์โพแนนเชียลกับค่าดัชนีพื้นที่ใบ ซึ่งคำนวณได้ดังสมการที่ (17)

$$\varepsilon i = 0.95 (1-EXP(-KL)) \qquad \ldots(17)$$

เมื่อกำหนดให้ K คือ สัมประสิทธิ์การลดปริมาณรังสีในพุ่มใบพืช (extinction coefficient)
L คือ ดัชนีพื้นที่ใบ

4.4 เปรียบเทียบค่าปริมาณรังสีแสงสังเคราะห์กับค่ามวลชีวภาพ และดัชนีพื้นที่ผิวใบ (LAI) ที่วัดได้จากการเก็บตัวอย่างพืช

เปรียบเทียบค่าการใช้รังสีสังเคราะห์ของพืชตลอดระยะเวลาในการเจริญเติบโต และดัชนีพื้นที่ผิวใบ (LAI) กับปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ที่ลงมาสู่พื้นผิวโลกในแต่ละพื้นที่การใช้

ประโยชน์ที่ดิน ในแต่ละช่วงฤดูกาลเพาะปลูก คือ ช่วงระยะเริ่มการเพาะปลูก ช่วงระยะกำลังเจริญเติบโต และช่วงระยะก่อนการเก็บเกี่ยว

4.5 ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการสร้างมวลชีวภาพ ดัชนีพื้นผิวใบ (LAI) และการดูดกลืนรังสีแสงสังเคราะห์ (PARa)

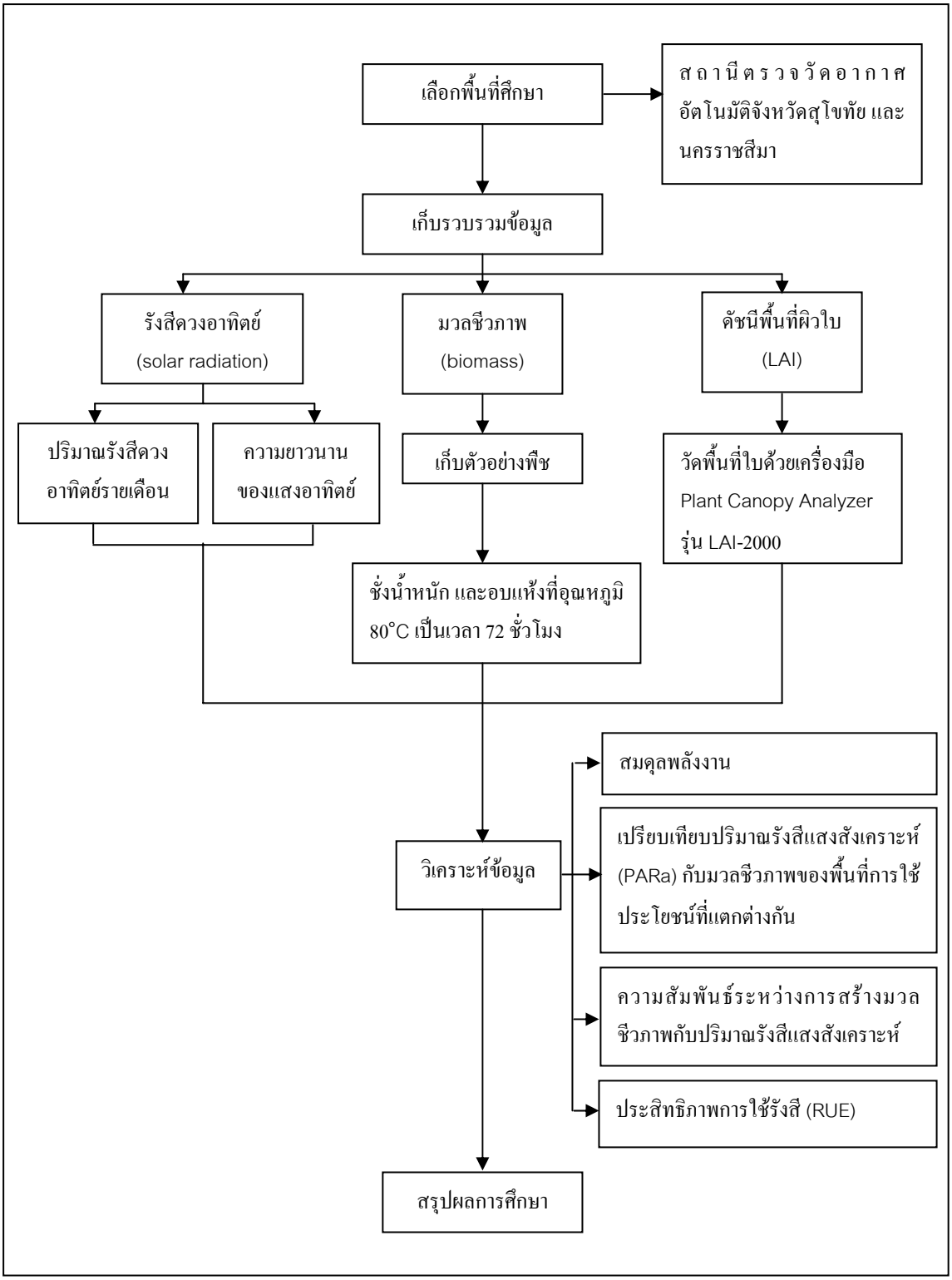
4.6 เปรียบเทียบประสิทธิภาพการใช้รังสีแสงสังเคราะห์ (RUE) ในแต่ละรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดิน โดยเปรียบเทียบการนำรังสีแสงสังเคราะห์มาช่วยในการเจริญเติบโตของพืชแต่ละชนิด

4.7 การคำนวณหาสัดส่วนของ economic yield และ biological yield หรือเรียกว่า harvest index, HI จากสมการที่ (18)

$$\text{harvest index} = (\text{economic yield} / \text{biological yield}) \quad \ldots(18)$$

เมื่อกำหนดให้ economic yield คือ น้ำหนักส่วนของพืชที่นำไปใช้ประโยชน์ทางเศรษฐกิจ
biological yield คือ น้ำหนักส่วนของพืชทั้งหมด

จากขั้นตอนการศึกษาการประเมินประสิทธิภาพการใช้รังสีดวงอาทิตย์ในพื้นที่ที่มีการใช้ประโยชน์ที่ดินที่แตกต่างกัน สามารถสรุปกรอบแนวคิดในการศึกษาได้ดังแสดงในภาพที่ 8



ภาพที่ 8 แผนภาพกรอบแนวคิดในการศึกษาการประเมินประสิทธิภาพการใช้รังสีดวงอาทิตย์ในพื้นที่ที่มีการใช้ประโยชน์ที่ดินที่แตกต่างกัน