บทที่ 3
วิธีการวิจัย

3.1 ระเบียบและวิธีวิจัยของโครงการ

3.1.1 ศึกษาระบบการผลิตพืชผัก 6 ชนิด ในพื้นที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวง 4 ศูนย์

- รวมรวมแผนการผลิตพืชผัก 6 ชนิด
- รวบรวมข้อมูลระบบการผลิตพืชผักที่สำคัญ 6 ชนิด ประกอบด้วย ผักผล 3 ชนิด ได้แก่ แตงกวาญี่ปุ่น มะเขือเทศ และพริกหวาน และผักใบ 3 ชนิด ได้แก่ เบบี้ฮ่องเต้ คอส และเบบี้คอส บนพื้นที่การผลิตของศูนย์พัฒนาโครงการหลวง 4 พื้นที่ ได้แก่ ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่โถ ศูนย์พัฒนาโครงหลวงขุนวาง ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่ทาเหนือ และศูนย์พัฒนาโครงการหลวงทุ่งเรา
- นำข้อมูลที่รวบรวมมาวางแผน เพื่อการเก็บข้อมูลในพื้นที่

3.1.2 การศึกษาปริมาณความต้องการธาตุอาหารของพืชผัก 6 ชนิด

คัดเลือกโรงเรือนที่ปลูกผักในแต่ละพื้นที่ของศูนย์พัฒนาโครงการหลวง อย่างน้อย 3 โรงเรือน เพื่อทำการเก็บตัวอย่างพืชผักที่ได้คัดเลือกไว้ตาม 3.1.1 ตามระยะการเจริญเติบโตจนให้ผลผลิต ในแต่ละพื้นที่ของศูนย์พัฒนาโครงการหลวง เพื่อนำมาประเมินความต้องการธาตุอาหารหลัก ได้แก่ ไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) และ โพแทสเซียม (K) ที่พืชดูดใช้ตลอดระยะการเจริญเติบโต

การเก็บตัวอย่างผักใบ (เบบี้ฮ่องเต้ เบบี้คอส และคอส)

- ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างผัก (ส่วนเหนือดิน และราก) จากโรงเรือนปลูกผักของเกษตรกร ในแต่ละพื้นที่ของศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่โถ จำนวน 3 ครั้ง ดังนี้ ที่ระยะประมาณ 20 วัน 35 วัน และ ที่ระยะเก็บเกี่ยวผลผลิต (ประมาณ 45-50 วัน ขึ้นกับชนิดของผัก)
- บันทึก น้ำหนักสด น้ำหนักแห้งของผักแต่ละชนิด
- วิเคราะห์ธาตุอาหารที่พืชดูดใช้ (N P และ K) ในตัวอย่างพืชแต่ระยะการเจริญเติบโต

- ประเมินความต้องการธาตุอาหารของพืชผักแต่ละชนิด ในแต่ละฤดูการผลิต (ฤดูแล้ง และ ฤดูฝน)

การเก็บตัวอย่างผักผล (แตงกวาญี่ปุ่น มะเขือเทศโครงการหลวง และพริกหวาน)

สำหรับผักผล จะแบ่งการเก็บตัวอย่างออกเป็น 2 ระยะ คือ ระยะการเจริญเติบโตทางลำต้น (หลังปลูกจนถึงระยะออกดอก) และระยะที่ให้ผลผลิต

- *ระยะการเจริญเติบโตทางลำต้น:* ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างตัวอย่างพืช 2 ครั้ง (ประมาณ 20 วันหลังปลูก และที่ระยะออกดอก 50%) โดยสุ่มเก็บพืชทั้งต้น (ส่วนเหนือดิน และราก) ทำการบันทึกน้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง และวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารหลัก (N, P และ K) ที่สะสมที่พืชดูดใช้ในระยะการเจริญทางลำต้น
- *ระยะให้ผลผลิต*: ทำการบันทึกปริมาณผลผลิต (น้ำหนักสด) ทุกครั้งที่มีการเก็บผลผลิต ตลอดระยะเวลาการให้ผลผลิตของผักผลแต่ละชนิด และสุ่มเก็บผลผลิตที่ได้เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณธาตุอาหาร (N, P, และ K) ที่สะสมในผลผลิต
- ที่ระยะที่พืชให้ผลผลิตสูงสุด จะทำการสุ่มเก็บตัวอย่างพืชทั้งต้น เพื่อนำมาประเมินธาตุอาหารที่สะสมอยู่ในต้นและราก
- ประเมินความต้องการธาตุอาหารของพืชผักผลแต่ละชนิด

3.1.3 ศึกษาความต้องการปุ๋ยและน้ำในระบบการผลิตพืช

การศึกษาการให้ปุ๋ย:

- บันทึกปริมาณการใช้ปุ๋ยในพืชผักแต่ละชนิดจากคู่มือการปฏิบัติงาน/การสัมภาษณ์เกษตรกรที่เข้าร่วมโครงการ
- สำหรับพืชผักที่มีการให้ปุ๋ยและน้ำไปพร้อมๆ กัน (fertigation) จะทำการสุ่มเก็บตัวอย่างสารละลายธาตุอาหาร ในแต่ละครั้งที่มีการจ่ายสารละลายธาตุอาหารให้กับพืชเพื่อนำมาวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารที่จ่ายให้กับพืช

การศึกษาการให้น้ำแก่พืชของเกษตรกร/และการใช้น้ำของพืช

- ทำการติดตั้งมิเตอร์วัดน้ำที่หัวจ่ายน้ำเข้าโรงเรือน ในแต่ละโรงที่คัดเลือกไว้ในแต่ละศูนย์ฯ ที่ทำการเก็บข้อมูลพืช เพื่อเก็บข้อมูลปริมาณน้ำที่จ่ายให้กับพืชแต่ละชนิดที่ทำการศึกษาตลอดระยะเวลาการผลิต
- สำหรับการผลิตพืชผักใบที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่โถ ซึ่งมีการติดตั้งสถานีอุตุนิยมเบื้องต้น เช่น เครื่องวัดความเร็วลม อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ โดยทำการติดตั้ง data

logger เพื่อบันทึกอุณหภูมิ ความชื้นและชั่วโมงแสงในโรงเรือนที่ทำการผลิตพืช เพื่อนำข้อมูลมาประเมินค่าการใช้น้ำของพืช (crop evapotranspiration, ETc) ซึ่งคำนวณได้จากผลคูณระหว่างค่าการคายระเหยของพืชอ้างอิง (reference evapotranspiration, ETo) และค่าสัมประสิทธิการคายน้ำของพืชชนิดนั้นๆ (Kc) ทั้งนี้ค่า ETo สามารถคำนวณได้จากข้อมูลสภาพอากาศในแต่ละวันด้วยสมาการต่างๆ แต่การศึกษาครั้งนี้ใช้วิธี Reduce Penman–Monteith ซึ่งเป็นวิธีที่ใช้สมการของ Penman–Monteith (Allen *et al*., 1998) เป็นฐานดังแสดงไว้ในสมการที่ 1 แต่วิธี Reduce Penman–Monteith ที่ใช้ในที่นี้เป็นการใช้ข้อมูลอุณหภูมิ (Tmax และ Tmin) เท่านั้น ซึ่งได้รับการศึกษาแล้วว่าเมื่อนำมาใช้กับที่สูงในภาคเหนือแล้วให้ค่า ETo ใกล้เคียงกับค่า ETo มาตรฐานที่คำนวณจากการใช้ข้อมูลสภาพอากาศครบตามสมการของ Penman–Monteith (Kanita, *et al*., in press) โดยค่าของความดันไอ (e_s และ e_a) และพลังงานแสงอาทิตย์ประมาณการได้จากการคำนวณดังสมการ 2, 3 (Allen *et al*., 1998) ส่วนค่าอัตราเร็วลม (U_2) ใช้ค่า 1 m/s

$$ETo = \frac{0.408\,\Delta\,(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T+273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34\,u_2)} \qquad (1)$$

โดยที่

ETo	=	ปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (mm/d)
R_n	=	ปริมาณรังสีของดวงอาทิตย์ทั้งหมดที่พืชได้รับ (MJ/m^2/d)
G	=	ค่าการถ่ายเทความร้อนของดิน (MJ/m^2/d) เนื่องจากการถ่ายเทความร้อนของดินในแต่ละรอบวัน ทำให้อุณหภูมิดินเปลี่ยนแปลงน้อยมากเมื่อเทียบกับ Rn จึงแทนค่าเป็น 0
T	=	อุณหภูมิของอากาศเฉลี่ย (°C)
Δ	=	ค่าความลาดเทของเส้น curve แรงดันไอ (kPa/°C)
γ	=	ค่าคงที่ของ psychrometric (kPa/°C)
U_2	=	ค่าความเร็วลมที่ระดับความสูงจากพื้นดิน 2 ม. (m/s)
$(e_s - e_a)$	=	ค่าความต่างของแรงดันไอ (kPa)

Highland Research and Development Institute (Public Organization)

$$Rs = 0.16\sqrt{(Tmax - Tmin)}\ Ra \quad (2)$$

โดยที่

Rs = (solar radiation) รังสีจากดวงอาทิตย์ (MJ/m^2/d)

R_a = (extraterrestrial radiation) รังสีที่นอกโลก (MJ/m^2/d)

$$e_a \cong e^o{}_{Tmin} = 0.611\ exp\left[\frac{17.27\ Tmin}{Tmin+237.3}\right] \quad (3)$$

$$e_s = \left[\frac{e^oTmax+e^oTmin}{2}\right] \quad (4)$$

$$Rn = Rns - Rnl \quad (5)$$

$$Rns = 0.77\ Rs \quad (6)$$

$$Rnl = \sigma\left[\left[\frac{TmaxK+TminK}{2}\right]\left(0.34 - 0.14\sqrt{e_a}\right)\left[1.35\frac{Rs}{Rso} - 0.35\right]\right. \quad (7)$$

$$Rso = [0.75 + (2\times10^{-5})\ z\ ]\ Ra \quad (8)$$

Rns = รังสีคลื่นสั้นสุทธิ (MJ/m^2/d)

Rnl = รังสีคลื่นยาวสะท้อนสุทธิ (MJ/m^2/d)

σ = *ค่าคงที่ Stefan–Boltzmann (4.903×10^{-9}[(MJ/m^2/d)])*

T_{maxK} *and* T_{minK} = *อุณหภูมิสัมบูรณ์ในช่วง 24 ชม (°K)*

e_a = *ความดันไอจริง (kPa)*

e_s = *ความดันไออิ่มตัว (kPa)*

Rso =ค่ารังสีดวงอาทิตย์เมื่อท้องฟ้าปลอดโปร่ง (MJ m^{-2} day^{-1})

$$\Delta = 4098\left[\frac{0.6108\exp^{\left[\frac{17.27\ T}{T+237.3}\right]}}{(T+237.3)^2}\right] \quad (9)$$

$$\gamma = 0.665x10^{-3}\mathrm{P} \quad (10)$$

$$P = 101.3\left(\frac{293.3-0.0065\ z}{293}\right)^{5.26} \quad (11)$$

Z =ความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง (เมตร)

สถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน) Highland Research and Development Institute (Public Organization)

- ยกตัวอย่างการคำนวณหาค่า ETo ของเบบี้ฮ่องเต้ จากสมการที่ 1 โดยแทนค่าต่างๆดังนี้

$$ETo = \frac{0.408\,\Delta\,(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T+273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34\,u_2)}$$

สำหรับการประเมินค่าการใช้น้ำของพืช (crop evapotranspiration, ETc) สามารถประเมินได้จากสมการที่ 12

ETc = ETo x Kc (12)

ยกตัวอย่างเช่น การคำนวณหาค่า ETc ของเบบี้ฮ่องเต้ จะนำข้อมูลอุตุนิยมการเกษตร (ตารางภาคผนวก 1) มาแทนที่ในสมการ 2 และ 3 เพื่อหาค่า ETo ในแต่ละวัน แล้วแทนที่ ETo ที่ประเมินได้ในแต่ละวัน ลงในสมการ 4 เพื่อคำนวณหาค่า ETc ในแต่ละวัน สำหรับค่าสัมประสิทธิของการคายน้ำ (Kc) ของเบบี้ฮ่องเต้นั้น เท่ากับ 1.05 ซึ่งเทียบเท่ากับพืชผักขนาดเล็ก (small vegetable, FAO) ดังนั้น สมการที่ 4 จึงเปลี่ยนเป็น ETc = ETo x 1.05 หากในวันที่ต้องการทราบ ETc คำนวณค่า ETo ได้ 4.42 ค่า ETc = 4.42 x 1.05 = 4.64 mm/day

- สำหรับพืชผักที่ปลูกบนดิน จะทำการเก็บตัวอย่างดินก่อนปลูก เพื่อประเมินปริมาณธาตุอาหารที่อยู่ในดิน โดยวิเคราะห์ pH ดิน การนำไฟฟ้าของดิน อินทรียวัตถุในดิน ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ตามกรรมวิธีของ เนาวรัตน์ (2527)

3.1.4 การศึกษาต้นทุนการผลิต

- เก็บข้อมูลปริมาณผลผลิตและต้นทุนการผลิตในพืชผักแต่ละชนิด

3.1.5 วิเคราะห์และประเมินผล

จากข้อมูล 3.1.2, 3.1.3 และ 3.1.4 จะนำมาวิเคราะห์ประเมินผล ปริมาณการใช้ปุ๋ย ปริมาณน้ำที่ให้ และความต้องการใช้น้ำในพืช (ผักใบ) เพื่อหา Best practice การจัดการน้ำและปุ๋ยของเกษตรกรที่ประสบความสำเร็จในการผลิตพืชผัก 6 ชนิด ทั้งในด้านต้นทุน และปริมาณผลผลิต

3.2 สถานที่ดำเนินการวิจัย/เก็บข้อมูล

1. ห้องปฏิบัติการพิสิกส์ของดิน และห้องปฏิบัติการเคมีดิน ภาควิชาพืชศาสตร์และปฐพีศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
2. ศูนย์พัฒนาโครงการหลวง 4 ศูนย์ ได้แก่
   - ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่โถ อ.ฮอด จ.เชียงใหม่
   - ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงทุ่งเรา อ.สะเมิง จ.เชียงใหม่
   - ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่ทาเหนือ อ.แม่ออน จ.เชียงใหม่
   - ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงขุนวาง อ.แม่วาง จ.เชียงใหม่