

บทที่ 3

วิธีการวิจัย

3.1 ระเบียบและวิธีวิจัยของโครงการ

3.1.1 การศึกษาวิธีการให้น้ำแบบประหยัดในพืชผักที่ปลูกในโรงเรือน

โดยทำการทดลองเปรียบเทียบวิธีการให้น้ำแบบประหยัดตามระยะการเปลี่ยนแปลงของความชื้นดินที่สัมพันธ์กับการดูดใช้น้ำของพืชโดยควบคุมปริมาณ และช่วงเวลาการจ่ายน้ำแก่แปลงผักที่ปลูกบนดินในโรงเรือนของผัก 6 ชนิด ได้แก่ ผักใบ (เบบี้คอส เบบี้ฮ่องเต้ และคอส) และผักผล (พริกหวาน มะเขือเทศโครงการหลวง และแตงกวาญี่ปุ่น)

การวางแผนการทดลอง: วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ในบล็อก RCBD จำนวน 4 ซ้ำ ประกอบด้วยวิธีการให้น้ำที่แตกต่างกัน 4 กรรมวิธีดังนี้

- กรรมวิธีที่ 1 การให้น้ำตามกรรมวิธีที่เกษตรกรนิยมปฏิบัติ
- กรรมวิธีที่ 2 การให้น้ำทุกวันตามความต้องการพืช
- กรรมวิธีที่ 3 การให้น้ำตามความชื้นในดิน แบบที่ 1
- กรรมวิธีที่ 4 การให้น้ำตามความชื้นในดิน แบบที่ 2

วิธีการให้น้ำ: การให้น้ำตามกรรมวิธีที่ 1 เป็นวิธีการให้น้ำที่เกษตรกรนิยมปฏิบัติในแต่ละพื้นที่การผลิตพืช ส่วนการให้น้ำตามกรรมวิธีที่ 2 เป็นการให้น้ำโดยอาศัยข้อมูลจากการศึกษาของ ชูชาติ และคณะ (2559) ส่วนกรรมวิธีที่ 3 และกรรมวิธีที่ 4 เป็นวิธีการให้น้ำ ที่ต้องอาศัยข้อมูลความชื้นดินมาเกี่ยวข้อง ซึ่งต้องคำนึงถึงชนิดของดินในแปลงแต่ละพื้นที่ โดยมีรายละเอียดประกอบการทำการทดลอง ดังนี้

- ติดตั้ง data logger เพื่อบันทึกอุณหภูมิ และความชื้น ในโรงเรือนที่ผลิตพืชในแต่ละศูนย์ฯ ที่ทำการศึกษา
- เก็บตัวอย่างดินในแปลงทดลองเพื่อหาสมบัติทางกายภาพของดิน ได้แก่ เนื้อดิน ความหนาแน่นดิน ปริมาณอินทรีย์วัตถุ พร้อมทั้งประเมินความจุความชื้นในดิน และความชื้นเป็นประโยชน์ของน้ำในดิน ซึ่งจะนำมาคำนวณปริมาณสัมพันธ์กับการใช้น้ำของพืชผักแต่ละชนิดในแต่ละระยะการเจริญเติบโตเพื่อกำหนดปริมาณ และอัตราการให้น้ำ ในกรรมวิธีที่ 3 และ 4 (เช่น ให้น้ำเมื่อความชื้นในดินที่พืชนำไปใช้ประโยชน์ได้ ลดลง 30% และ 50%)
- ติดตั้งหัวจ่ายน้ำ และฝังอุปกรณ์วัดความชื้นดิน (tension meter) เพื่อติดตามระดับความชื้นดิน ในการควบคุมอัตราการให้น้ำตามดำรับการทดลองที่กำหนด

- ทดลองปลูกผักบนแปลงทดลอง ทำการสุ่มตรวจวัดการเจริญเติบโตของผัก และวัดน้ำหนักผลผลิตเก็บเกี่ยวได้

การจัดแปลงปลูก: แต่ละตำรับการทดลองให้ปุ๋ยทางระบบน้ำในอัตราที่เท่ากัน สำหรับการป้องกันกำจัดศัตรูพืช ดำเนินการตามที่เกษตรกรนิยมปฏิบัติ

การเก็บบันทึกข้อมูล: ประกอบด้วย

- การบันทึกความชื้นในดิน ปริมาณน้ำที่ให้
- การเจริญเติบโตของผัก (น้ำหนักสด / แห้ง ทุกสัปดาห์สำหรับผักใบ และที่ระยะก่อนออกดอก สำหรับผักผล)
- น้ำหนักผลผลิตก่อน และหลังการตัดแต่ง

3.1.2 ศึกษาปริมาณอัตราการให้ปุ๋ยที่เหมาะสมสำหรับพืชผักที่ปลูกในโรงเรือน

การศึกษาอัตราการให้ปุ๋ยที่เหมาะสมสำหรับการผลิตผักใบ จะทำการทดสอบในพื้นที่ปลูกผักของศูนย์พัฒนาโครงการหลวง 3 พื้นที่ พืชผักสำคัญที่ใช้ในการศึกษาได้แก่ ผักใบ 3 ชนิด (เบบี๋คอสมอส, เบบี้ฮ่องเต้ และคอสมอส) และผักผล 3 ชนิด (พริกหวาน มะเขือเทศโครงการหลวง และแตงกวาญี่ปุ่น)

การวางแผนการทดลอง: วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ในบล็อก (RCBD) จำนวน 4 ซ้ำ ประกอบด้วยวิธีการให้ปุ๋ยที่แตกต่างกัน 4 กรรมวิธี ได้แก่

- กรรมวิธีที่ 1 ใส่ปุ๋ยในอัตราที่เกษตรกรนิยมปฏิบัติในพื้นที่
- กรรมวิธีที่ 2 ใส่ปุ๋ยตามความต้องการธาตุอาหารพืช (crop removal)
- กรรมวิธีที่ 3 ใส่ปุ๋ยแบบเฉพาะพื้นที่ (site specific fertilizer application, SSFA)
- กรรมวิธีที่ 4 ไม่ใส่ปุ๋ยเป็นกรรมวิธีควบคุม

การจัดการปุ๋ย: สำหรับการใส่ปุ๋ยสำหรับพืชผักที่ทำการศึกษา จะแบ่งออกเป็น 4 กรรมวิธี กรรมวิธีที่ 1 เป็นการใส่ปุ๋ยให้กับพืชผักแต่ละชนิด ในอัตรา และระยะเวลาที่เกษตรกรในพื้นที่นิยมปฏิบัติ กรรมวิธีที่ 2 เป็นการใส่ปุ๋ยในระยะเวลาที่เกษตรกรนิยมปฏิบัติ แต่อัตราการใส่ปุ๋ยจะประเมินจากปริมาณธาตุอาหารที่ติดไปกับผลผลิต (crop removal) เมื่อพืชผักถูกเก็บเกี่ยวออกจากแปลง ในขณะที่การใส่ปุ๋ยตามกรรมวิธีที่ 3 เป็นการใส่ปุ๋ยในระยะเวลาที่เกษตรกรนิยมปฏิบัติ แต่อัตราการใส่ปุ๋ยจะประเมินจากปริมาณธาตุอาหารที่ติดไปกับผลผลิต และปริมาณธาตุอาหารที่มีอยู่ในดิน สำหรับกรรมวิธีที่ 4 เป็นกรรมวิธีควบคุม จะเป็นการปลูกพืชผักโดยไม่มีการใส่ปุ๋ย

การบันทึกข้อมูล :

การเก็บตัวอย่างดิน

- เก็บตัวอย่างดินก่อนปลูก วิเคราะห์สมบัติดินพื้นฐาน และปริมาณธาตุอาหารในดิน เช่น pH EC OM available P และ exchangeable K เพื่อนำมาใช้ในการวางแผนการจัดการดิน และกำหนดอัตราการใช้ปุ๋ย

- เก็บตัวอย่างดินหลังปลูก วิเคราะห์สมบัติดินพื้นฐาน และปริมาณธาตุอาหารในดิน
- การเก็บตัวอย่างผักใบ

- บันทึก น้ำหนักผลผลิตก่อน และหลังตัดแต่ง น้ำหนักแห้งของผัก ที่ระยะเก็บเกี่ยว
- วิเคราะห์ธาตุอาหารที่พืชดูดใช้ (N P และ K) ในตัวอย่างพืช
- ประเมินประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยของพืชผักแต่ละชนิด

การเก็บตัวอย่างผักผล

- ระยะเก็บเกี่ยวผลผลิต ทำการบันทึกปริมาณผลผลิตก่อน และหลังตัดแต่ง ทุกครั้ง ที่มีการเก็บผลผลิต ตลอดระยะเวลาการให้ผลผลิตของผักผลแต่ละชนิด และสุ่มเก็บผลผลิตที่ได้เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณธาตุอาหาร (N, P, และ K) ที่สะสมในผลผลิต
- เก็บใบ และลำต้น ที่ระยะออกดอก เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณธาตุอาหาร (N, P, และ K)

การวิเคราะห์ข้อมูล :

- วิเคราะห์ข้อมูลโดยอาศัยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance, ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของสิ่งทดลองโดยวิธี Least significant difference (LSD) ที่ค่าความเชื่อมั่น 95% ($P > 0.05$)
- ประเมินประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยของพืชผักแต่ละชนิด

3.1.3 ศึกษาวิธีการให้น้ำแบบอัตโนมัติ (automatic) โดยใช้เครื่องวัดความชื้นในดินควบคุมการปิด-เปิดระบบการให้น้ำแบบประหยัด

ทำการทดลองเปรียบเทียบวิธีการให้แบบน้ำหยด (drip irrigation) ตามระยะการเปลี่ยนแปลงของความชื้นดินที่สัมพันธ์กับการดูดใช้น้ำของพืชโดยควบคุมปริมาณ และช่วงเวลาการจ่ายน้ำแก่แปลงผักที่ปลูกบนดินในโรงเรือนของผัก 6 ชนิด ได้แก่ ผักใบ (เบบี้คอส เบบี้ฮ่องเต้ และคอส) และผักผล (พริกหวาน มะเขือเทศโครงการหลวง แตงกวาญี่ปุ่น)

การวางแผนการทดลอง: วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ในบล็อก RCBD จำนวน 4 ซ้ำ ประกอบด้วยวิธีการให้น้ำที่แตกต่างกัน 4 กรรมวิธีดังนี้

- กรรมวิธีที่ 1 การให้น้ำระบบอัตโนมัติ (อัตราการให้น้ำตามความต้องการน้ำของพืช)
 กรรมวิธีที่ 2 การให้น้ำระบบอัตโนมัติ (ตามความชื้นในดิน อัตราที่ 1)
 กรรมวิธีที่ 3 การให้น้ำระบบอัตโนมัติ (ตามความชื้นในดิน อัตราที่ 2)
 กรรมวิธีที่ 4 การให้น้ำตามกรรมวิธีที่เกษตรกรนิยมปฏิบัติ

วิธีการให้น้ำ: กรรมวิธีการให้น้ำตามกรรมวิธีที่ 1 เป็นระบบการให้น้ำอัตโนมัติแบบง่าย ที่มีจำหน่ายทางการค้าทั่วไป ซึ่งสามารถตั้งเวลา และระยะเวลาช่วงเวลากการให้น้ำได้ สำหรับอัตราการให้น้ำจะใช้ข้อมูลความต้องการน้ำของพืช จากการศึกษาในปีที่ผ่านมา (ชูชาติ และคณะ 2559) สำหรับวิธีการอัตโนมัติที่ควบคุมด้วยความชื้นดินตามกรรมวิธีที่ 2 และ 3 นั้น การควบคุมการให้น้ำใช้เครื่องควบคุมแบบอัตโนมัติ ต้องคำนึงถึงชนิดของดินในแปลงแต่ละพื้นที่โดยมีรายละเอียดประกอบการทำการทดลองดังนี้

- ติดตั้ง data logger เพื่อบันทึกอุณหภูมิ และความชื้นในโรงเรือนที่ผลิตพืชในแต่ละศูนย์ฯ ที่ทำการศึกษา
- เก็บตัวอย่างดินในแปลงทดลองเพื่อหาสมบัติทางกายภาพของดิน ได้แก่ เนื้อดิน ความหนาแน่นดิน ปริมาณอินทรีย์วัตถุ พร้อมทั้งประเมินความจุความชื้นในดิน และความชื้นเป็นประโยชน์ของน้ำในดิน เพื่อนำมาคำนวณปริมาณสัมพันธกับการใช้น้ำของพืชผักแต่ละชนิดในแต่ละระยะการเจริญเติบโตเพื่อกำหนดปริมาณ และอัตราการให้น้ำในตำรับการทดลอง
- ติดตั้งหัวจ่ายน้ำ เซนเซอร์ตรวจวัดความชื้นในดิน และตู้ควบคุมสำหรับควบคุมอัตราการให้น้ำตามกรรมวิธีที่ 3 และ 4

การจัดแปลงปลูก: แต่ละตำรับการทดลองให้ปุ๋ยทางระบบน้ำในอัตราที่เท่ากัน สำหรับการป้องกันกำจัดศัตรูพืช ดำเนินการตามที่เกษตรกรนิยมปฏิบัติ

การเก็บบันทึกข้อมูล: ประกอบด้วย

- การบันทึกความชื้นในดิน ปริมาณน้ำที่ให้
- การเจริญเติบโตของผัก (น้ำหนักสด/แห้ง ทุกสัปดาห์สำหรับผักใบ และที่ระยะก่อนออกดอก สำหรับผักผล)
- น้ำหนักผลผลิตก่อน และหลังการตัดแต่ง

การวิเคราะห์ข้อมูล :

- วิเคราะห์ข้อมูลโดยอาศัยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance, ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของสิ่งทดลองโดยวิธี Least significant difference (LSD) ที่ค่าความเชื่อมั่น 95% ($P > 0.05$)

3.1.4 ศึกษาประสิทธิภาพและต้นทุนการให้น้ำและปุ๋ยแบบประหยัด

การศึกษาใน 3.1.1 3.1.2 และ 3.1.3 จะทำการเก็บข้อมูลต้นทุนการผลิตด้านการจัดการน้ำ และปุ๋ย ตลอดจนการผลผลิตของพืชผักแต่ละชนิด เพื่อนำมาประเมินผล เพื่อหาวิธีการที่มีประสิทธิภาพ ประหยัดและคุ้มค่าในการผลิตพืชผักแต่ละชนิด

ต้นทุนค่าใช้จ่ายด้านปุ๋ย: เก็บบันทึกข้อมูล จากบันทึกการทำงานของเกษตรกร และการประเมินจากการสัมภาษณ์เกษตรกร และเจ้าหน้าที่ส่งเสริมประจำศูนย์พัฒนาโครงการหลวงในพื้นที่ โดยมีข้อมูลที่ทำให้การเก็บบันทึกดังนี้

- เก็บบันทึกปริมาณการใช้ปุ๋ย (ชนิด และปริมาณ)
- ค่าแรง/ชั่วโมงการทำงาน ในการเตรียมปุ๋ย/ใส่ปุ๋ย

ต้นทุนค่าใช้จ่ายด้านระบบน้ำ: เก็บบันทึกข้อมูลดังนี้

- เก็บบันทึกข้อมูลการใช้น้ำ โดยการติดตั้งมิเตอร์การให้น้ำ เข้ากับระบบการจ่ายน้ำ
- ต้นทุนค่าใช้จ่ายในการติดตั้งระบบน้ำ
- ค่าแรง/ชั่วโมงการทำงาน ในการให้น้ำ

3.2 สถานที่ดำเนินการวิจัย/เก็บข้อมูล

3.2.1 ห้องปฏิบัติการฟิสิกส์ของดิน และห้องปฏิบัติการเคมีดิน ภาควิชาพืชศาสตร์และปฐพีศาสตร์

คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

3.2.2 ศูนย์พัฒนาโครงการหลวง 3 ศูนย์ ได้แก่

- ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่เฒ่า อ.ฮอด จ.เชียงใหม่ ใช้ทำการทดลองสำหรับผักใบ 3 ชนิด ได้แก่ เบบี๋คอส เบบี๋ฮ่องเต้ และคอส
- ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่ทาเหนือ อ.แม่ออน จ.เชียงใหม่ ใช้ทำการทดลองสำหรับผัก 2 ชนิด ได้แก่ พริกหวาน และมะเขือเทศโครงการหลวง (Table Tomato)
- ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงขุนาวง อ.แม่วาง จ.เชียงใหม่ ใช้ทำการทดลองสำหรับผัก 1 ชนิด ได้แก่ แตงกวาญี่ปุ่น

ดังแสดงในรายชื่อพื้นที่ และแปลงที่ใช้ในการศึกษาดังนี้

(1) **ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่เฒ่า** ตั้งอยู่ในอำเภอสอด จังหวัดเชียงใหม่ พิกัดสถานที่ทดลองตั้งอยู่ที่ละติจูด $18^{\circ}14'36''$ N ลองจิจูดที่ $98^{\circ}11'59''$ E มีระดับความสูงจากระดับน้ำทะเล 1100 เมตร ใช้เป็นพื้นที่ใช้ศึกษาสำหรับพืชผัก เบบี๋คอส เบบี๋ฮ่องเต้ และคอส ลักษณะพื้นที่ศึกษาเป็นพื้นที่เนินเขาปรับระดับหน้าดินให้เป็นระนาบเดียวกันเพื่อติดตั้งโรงเรือนดังแสดงไว้ในรูปที่ 3.1



ภาพที่ 3.1 ลักษณะพื้นที่และแปลงทดลองที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่เฒ่า

(2) ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงขุนวาง ตั้งอยู่ในอำเภอแม่วาง จังหวัดเชียงใหม่ พิกัดสถานที่ทดลองตั้งอยู่ที่ละติจูด $18^{\circ}37'20''N$ ลองจิจูดที่ $98^{\circ}31'17''E$ มีระดับความสูงจากระดับน้ำทะเล 1278 เมตร ใช้เป็นพื้นที่ใช้ศึกษาสำหรับพริกหวาน และมะเขือเทศโครงการหลวง ลักษณะพื้นที่ศึกษาเป็นพื้นที่ลาดชัน และปรับระดับหน้าดินให้เป็นระนาบเดียวกันเพื่อติดตั้งโรงเรือน ดังแสดงไว้ในรูปที่ 3.2



ภาพที่ 3.2 ลักษณะพื้นที่และแปลงทดลองที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงขุนวาง

(3) ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่ทาเหนือ ตั้งอยู่ในอำเภอแม่ออน จังหวัดเชียงใหม่ พิกัดสถานที่ทดลองตั้งอยู่ที่ละติจูด $18^{\circ}41'42''$ N ลองจิจูดที่ $99^{\circ}18'10''$ E มีระดับความสูงจากระดับน้ำทะเล 514 เมตร ใช้เป็นพื้นที่ใช้ศึกษาสำหรับแตงกวาญี่ปุ่น ลักษณะพื้นที่ศึกษาเป็นพื้นราบ ลักษณะการปลูกเป็นการปลูกลงดินในโรงเรือนโดยใช้ระบบน้ำหยด ดังแสดงไว้ในรูปที่ 3.3



ภาพที่ 3.3 ลักษณะพื้นที่และแปลงทดลองที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่ทาเหนือ

3.3 ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา

3.3.1 ข้อมูลพืช

- ข้อมูลการใช้น้ำของพืช: ประกอบด้วย ชนิดพืช ระยะ และจำนวนวันในการเจริญเติบโต
- ค่าสัมประสิทธิ์การคายระเหย (Kc) แสดงไว้ในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ข้อมูลเกี่ยวกับการเจริญเติบโต และค่าสัมประสิทธิ์การคายระเหย (Kc) และระดับความลึกราก (Zr) หน่วยเซนติเมตรของพืชที่ใช้ในการทดลองที่ปลูกในช่วงฤดูร้อน

ชนิดพืช	ระยะการเจริญ ¹	จำนวนวัน	Kc	Zr (ซ.ม.)	Effective Zr
เบบี๋คอส (เดือนเมษายน)	ระยะเริ่มต้น	20	0.7	15	7.5
	ระยะพัฒนา	30	1.0	30	15
	ระยะกลาง	15	1.0	30	15
	ระยะสุดท้าย	10	0.95	30	15
เบบี๋ฮ่องเต้ (พฤษภาคม)	ระยะเริ่มต้น	20	0.7	15	7.5
	ระยะพัฒนา	30	1.05	90	15
	ระยะกลาง	20	1.05	90	15
	ระยะสุดท้าย	10	0.95	90	15
คอส (เดือนกรกฎาคม)	ระยะเริ่มต้น	20	0.7	15	7.5
	ระยะพัฒนา	30	1.0	90	15
	ระยะกลาง	20	1.0	90	15
	ระยะสุดท้าย	10	0.95	90	15
พริกหวาน (มีนาคม-พฤษภาคม)	ระยะเริ่มต้น	25	0.6	15	7.5
	ระยะพัฒนา	35	1.05	90	45
	ระยะกลาง	40	1.05	90	45
	ระยะสุดท้าย	20	0.9	90	45
มะเขือเทศ (มีนาคม-พฤษภาคม)	ระยะเริ่มต้น	35	0.6	20	10
	ระยะพัฒนา	40	1.15	100	50
	ระยะกลาง	50	1.15	122	61
	ระยะสุดท้าย	30	0.8	122	61
แตงกวาญี่ปุ่น	ระยะเริ่มต้น	20	0.6	15	7.5
	ระยะพัฒนา	30	1.0	90	45
	ระยะกลาง	40	1.0	90	45
	ระยะสุดท้าย	15	0.75	90	45

ระยะการเจริญ: ระยะเริ่มต้น หมายถึง ระยะเพาะกล้าจนถึงมีการปกคลุมพื้นที่ 10%, ระยะพัฒนา หมายถึง พืชมีการปกคลุมพื้นที่ 10 – 70%

ระยะกลาง หมายถึง ระยะที่พืชออกดอกและติดผล, ระยะสุดท้าย หมายถึง ระยะผลสุกและเก็บเกี่ยวผล

- **ข้อมูลการใช้ธาตุอาหารของพืช:** จากการศึกษาของ ชูชาติ และคณะ (2559) ข้อมูลการดูดใช้ธาตุอาหารของพืชแต่ละชนิดจะถูกใช้นำมาเป็นแนวทางในการกำหนดการใช้ปุ๋ยในแต่ละพื้นที่

ตารางที่ 3.2 การสะสมปริมาณธาตุอาหารหลัก (N, P และ K) ของเบบี๋คอส เบบี๋ฮ่องเต้ และคอส ที่ระยะการเจริญเติบโตต่างๆ

ชนิดพืช	DAT ^{1/}	การสะสมธาตุอาหารทั้งหมด (มิลลิกรัม/ต้น) ^{2/}		
		N	P	K
เบบี๋คอส	9	8.87	1.13	13.87
	15	40.48	4.90	58.38
	20	88.42	12.35	138.42
	27	99.06	18.87	181.04
เบบี๋ฮ่องเต้	9	6.81	0.71	7.53
	15	28.55	3.03	31.70
	20	60.33	7.06	83.88
	27	153.16	23.93	277.86
คอส	7	9.33	1.39	14.20
	15	60.86	10.27	108.89
	22	220.03	40.15	422.51
	29	554.35	114.16	1061.75

^{1/} DAT วันหลังย้ายกล้าปลูก (day after transplanting)

^{2/} ค่าเฉลี่ยจาก 4 ซ้ำๆ ละ 4 ต้น

3.3.2 ข้อมูลอากาศ

เนื่องจากสภาพอากาศเป็นตัวแปรสำคัญที่เกี่ยวข้องกับการคายระเหยของพืช และสามารถนำเอาค่าปัจจัยทางสภาพอากาศ เช่น อุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิต่ำสุด ความชื้น ลม และแสงแดด มาใช้ในประมาณการปริมาณการคายระเหยของพืชอ้างอิง (ET_o) ได้โดยการคำนวณด้วยแบบจำลองที่ได้มีการพัฒนาขึ้นซึ่งมีหลากหลายแบบ แต่ที่นิยม และเป็นค่าที่ใกล้เคียงความเป็นจริงมากที่สุดคือ สมการของ Penman-Monteith สำหรับการศึกษานี้ใช้วิธีการประยุกต์ของ Penman-Monteith ซึ่งใช้เฉพาะข้อมูลอุณหภูมิสูงสุด และอุณหภูมิต่ำสุด ทั้งนี้การคำนวณประมาณการใช้น้ำของพืชในครั้งนี้ใช้ข้อมูลอากาศที่บันทึกไว้จากปีที่ผ่านมาเพื่อวางแผนการใช้น้ำของพืช พร้อมกันนี้ได้ทำการตรวจวัดสภาพอากาศในโรงเรือนของปีที่ทำการทดลองไว้ด้วย สภาพอุณหภูมิในโรงเรือน และค่า ET_o ในปีที่ผ่านมาของแต่ละพื้นที่ศึกษาที่จะใช้ประกอบในการคำนวณการใช้น้ำของพืช แสดงไว้ในตารางที่ 4

ตารางที่ 3.3 ค่าเฉลี่ยรายเดือนอุณหภูมิสูงสุด (Tmax) ต่ำสุด (Tmin) และค่าอัตราการคายระเหย
อ้างอิง (Eto) ของพื้นที่แปลงทดลองใน เดือนเมษายน ถึง เดือนมิถุนายน พ.ศ. 2559

พื้นที่	เดือน	Tmax (°C)	Tmin (°C)	Tmean (°C)	Eto (mm/day)
ขุนวาง	เมษายน	33.5	19.4	26.5	4.2
	พฤษภาคม	26.4	17.9	22.1	2.9
	มิถุนายน	24.7	17.8	21.2	2.5
แม่ไถ	เมษายน	38.3	21.3	29.8	5.0
	พฤษภาคม	36.8	18.7	27.7	4.9
	มิถุนายน	30.6	19.3	25.0	3.7
แม่ทาเหนือ	เมษายน	-	-	-	-
	พฤษภาคม	36.8	22.7	29.7	4.4
	มิถุนายน	31.9	22.7	27.3	3.0

3.3.3 ข้อมูลดิน

สมบัติดินในแปลงศึกษาการประหยัdnน้ำ:

สมบัติดินทางกายภาพ ทางเคมี และปริมาณธาตุอาหารในแปลงทดลองการประหยัdnน้ำ
ที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงขุนวาง ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่ไถ และศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่
ทาเหนือ ซึ่งสุ่มเก็บตัวอย่างจากแปลงทดลองเป็นตัวอย่างรวมแปลงละ 1 ตัวอย่าง นำมาวิเคราะห์ก่อน
ทำการทดลองได้แสดงค่าโดยเฉลี่ยไว้ในตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4 สมบัติดินก่อนทำการทดลองในแปลงทดลองประหยัdnน้ำที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงขุนวาง
ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่ไถ และศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่ทาเหนือ

สถานที่	BD (g/cm ³)	Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)	Texture	FC (% by V)	PWP (% by V)	pH	Ec (μS/cm)	OM (%)	P (ppm)	K (ppm)
ขุนวาง	1.03	59.2	14.0	26.8	Sandy Clay Loam	39.0	27.0	6.4	63.3	7.3	213.5	250.3
แม่ไถ	0.98	40.0	14.0	46.0	Clay	29.0	17.0	6.8	234.8	8.3	771.0	1277.5
แม่ทา เหนือ	1.5	68.5	13.5	18.0	Sandy loam	20	10.3	5.5	69.4	2.8	111.8	318.7

- สมบัติดินในแปลงศึกษาการประหยัดยุ:

สมบัติดินทางเคมี และปริมาณธาตุอาหารในแปลงทดลองการประหยัดยุที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงขุนวาง ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่โถ และศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่ทาเหนือ ซึ่งเก็บตัวอย่างนำมาวิเคราะห์ก่อนทำการทดลองได้แสดงค่าโดยเฉลี่ยไว้ในตารางที่ 3.5

ตารางที่ 3.5 สมบัติดินก่อนปลูก เบบี๋คอส และเบบี๋ฮ่องเต้ ของเกษตรกร ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่โถ ดินก่อนปลูกพริกหวาน และมะเขือเทศโครงการหลวง ของเกษตรกรศูนย์พัฒนาโครงการหลวงขุนวาง ดินก่อนปลูกแตงกวาญี่ปุ่น ของเกษตรกรศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่ทาเหนือ

สถานที่	พืช	pH (1:2)	EC ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	OM (%)	avai. P (mg/kg)	exch. K (mg/kg)
แม่โถ	เบบี๋คอส	6.76	234.75	8.25	771.01	1,277.55
	เบบี๋ฮ่องเต้	7.02	288.60	7.96	816.10	959.58
ขุนวาง	พริกหวาน	5.83	33.10	8.58	155.64	164.57
	มะเขือเทศ	5.90	68.28	8.37	217.49	193.83
แม่ทาเหนือ	แตงกวาญี่ปุ่น	5.48	69.40	2.84	111.78	318.75

3.3.4 ข้อมูลระบบการให้น้ำ

การทดลองนี้เป็นการเปรียบเทียบการให้น้ำแบบหยดโดยกำหนดปริมาณการให้น้ำพืชในลักษณะที่ต่างกันโดยใช้การกำหนดช่วงระยะเวลาให้น้ำหยดเป็นหลัก ดังนั้นอัตราการไหลของน้ำหยดจึงเป็นข้อมูลสำคัญที่ใช้ในการคำนวณปริมาณ และกำหนดระยะเวลาการให้น้ำแก่พืช ดังแสดงข้อมูลระบบท่อ และอัตราการไหลของน้ำหยดแต่ละพื้นที่ในตารางที่ 3.6 ทั้งนี้ลักษณะการให้น้ำหยดในแต่ละพื้นที่จะมีความแตกต่างกันออกไปขึ้นกับลักษณะพื้นที่ ขนาดของแปลง และชนิดพืชที่ปลูกในโรงเรือน

ก่อนปลูกได้ให้น้ำแก่ดินในระดับความลึกรากสูงสุดจนมีค่าความชื้นเริ่มต้นอยู่ที่ระดับความชื้นสนามในทุกกรรมวิธี

โดยคำนวณ ปริมาณน้ำที่จ่ายให้ในช่วงแรกนี้ (มิลลิเมตร) = $[Zr * FC] / 1000$

เมื่อ Zr คือ ความลึกที่ส่งผลรากสูงสุด (เมตร)

FC คือ ความชื้นสนามของดินในแปลง (ลูกบาศก์เมตร/ตารางเมตร)

A คือ พื้นที่ของแปลงทดลอง (ตารางเมตร)

หลังจากปลูกแล้วดำเนินการให้น้ำตามที่กำหนดในแต่ละกรรมวิธี ดังแสดงที่มาจากการคำนวณดังนี้

กรรมวิธีที่ 1 การให้น้ำตามกรรมวิธีที่เกษตรกรนิยมปฏิบัติ เป็นการให้ตามปกติของเกษตรกรปฏิบัติอยู่เดิม

กรรมวิธีที่ 2 การให้น้ำทุกวันตามความต้องการพืช คำนวณจากอัตราการคายระเหยน้ำ (ETc) แต่ละวันของพืชในแต่ละระยะการเจริญเติบโต โดยการทดลองนี้กำหนดให้ความยาวรากพืชเปลี่ยนแปลงไป 5 เซนติเมตรทุก ๆ 10 วัน และค่า ETc ของพืชคำนวณจากพื้นฐานสภาพอากาศเฉลี่ยในช่วงระยะเวลาปลูก (ไม่ได้เปลี่ยนไปตามสภาพอากาศในแต่ละวัน) แล้วจ่ายน้ำให้แปลงพืชเปลี่ยนไปตามความลึกรากพืช ทั้งนี้การให้น้ำแก่แปลงทดลอง (IW) นี้จะให้ทุกวันตามอัตราการคายระเหยพืชที่คำนวณได้ ด้วยวิธีดังนี้

$$IW \text{ (มิลลิเมตร)} = ETc$$

เมื่อ IW คือ ปริมาณการจ่ายน้ำแต่ละครั้ง (มิลลิเมตร)

ETc คือ ปริมาณการคายระเหยของน้ำ (มิลลิเมตร/วัน)

กรรมวิธีที่ 3 การให้น้ำตามความชื้นในดิน แบบที่ 1 คือการให้น้ำเมื่อความชื้นดินลดลงจากความชื้นสนามร้อยละ 50 ของ AWC โดยการให้น้ำแต่ละครั้งจะให้ในปริมาณเท่ากับ $FC - 0.5AWC$ ซึ่งคิดเป็นระยะเวลาการให้น้ำ ดังนี้

$$IW \text{ (มิลลิเมตร)} = Zr * [FC - 0.5AWC] / 1000$$

เมื่อ IW คือ ปริมาณการจ่ายน้ำแต่ละครั้ง (มิลลิเมตร)

Zr คือ ความลึกรากสูงสุด (เมตร)

FC คือ ความชื้นสนามของดินในแปลง (ลูกบาศก์เมตร/ลูกบาศก์เมตร)

AWC คือ ความจุความชื้นในดินที่เป็นประโยชน์ทั้งหมด (ลูกบาศก์เมตร/ลูกบาศก์เมตร)

กรรมวิธีที่ 4 การให้น้ำตามความชื้นในดิน แบบที่ 2 คือ การให้น้ำเมื่อความชื้นดินลดลงจากความชื้นสนามร้อยละ 30 ของ TAW โดยการให้น้ำแต่ละครั้งจะให้ในปริมาณเท่ากับ $FC - 0.3AWC$ ซึ่งคิดเป็นระยะเวลาการให้น้ำ ดังนี้

$$IW \text{ (มิลลิเมตร)} = Zr * [FC - 0.3AWC] / 1000$$

ตารางที่ 3.6 ข้อมูลการจ่ายน้ำเฉลี่ยในแปลงทดลองในแต่ละพื้นที่การทดลองการประหยัdnน้ำ
ข้อมูลในแปลงทดลอง

ชนิดพืช	ขุนวาง		แม่เฒ	แม่ทาเหนือ
	มะเขือเทศ	พริกหวาน	คอส, เบบี่คอส, ฮองเต้	แตงกวาญี่ปุ่น
ระยะห่างระหว่างช่องจ่ายน้ำ, เซนติเมตร	30	30	10	40
ความยาวแปลง, เมตร	24	24	20	24
จำนวนร่นน้ำหยดต่อแปลง	80	160	1000	140
จำนวนสายน้ำหยดต่อแปลง	1	2	5	2
อัตราการใช้จากช่องจ่ายน้ำ, ลิตร/ชั่วโมง	1.2	1.2	0.9	1.2

สำหรับระบบน้ำหยดในแปลงทดลองการประหยัdnน้ำวิธีที่ 1 เป็นการให้น้ำแบบน้ำหยด
ซึ่งมีอัตราการให้น้ำเป็นไปตามแบบเกษตรกรปฏิบัติ

3.3.5 ข้อมูลระบบการให้น้ำ

การให้น้ำในแปลงทดลองการใช้น้ำหยดจะเป็นการให้น้ำให้กับระบบน้ำหยด (fertigation)
ซึ่งมีอัตราการให้น้ำตามกรรมวิธีที่เกษตรกรนิยมปฏิบัติในแต่ละพื้นที่ (กรรมวิธีที่ 1, CPR) ดังแสดงใน
ตารางที่ 3.7 และสำหรับการทดลองเพื่อหาอัตราการใช้น้ำที่เหมาะสม สำหรับการผลิตผักทั้ง 6 ชนิด
ภายใต้พื้นฐานความต้องการของธาตุอาหารต่าง ๆ ของพืช ปริมาณธาตุอาหารที่มีอยู่แล้วในดิน และ
การสูญเสียปุ๋ยเมื่อใส่ลงไปในดิน เพื่อสามารถจัดการปุ๋ยได้อย่างเหมาะสมโดยไม่ก่อให้เกิดการสะสม
และสูญเสียของปุ๋ยที่ใส่ให้แก่พืช ทั้งนี้มีการวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ในบล็อก (RCBD)
จำนวน 4 ซ้ำ และมีการทดลองการให้น้ำที่แตกต่างกัน 4 กรรมวิธีตามตาราง 3.7

ตารางที่ 3.7 อัตราการใช้ปุ๋ยของ พริกหวาน และมะเขือเทศโครงการหลวง ของแปลงทดลองศูนย์พัฒนาโครงการหลวงขุนวาง อัตราการใช้ปุ๋ย เบบี๋คอส เบบี๋ฮ่องเต้ และคอส ของแปลงทดลองศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่โจ้ อัตราการใช้ปุ๋ย แดงกวาญี่ปุ่น ของแปลงทดลองศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่ทาเหนือ

ชนิดพืช	กรรมวิธี	ไนโตรเจน (N)	ฟอสฟอรัส (P_2O_5)	โพแทสเซียม (K_2O)
พริกหวาน ช่วงเวลาที่ทดลอง พ.ค. – ก.ย. 60	1. CPR	75.41 กก./ไร่	65.63 กก./ไร่	65.63 กก./ไร่
	2. CNR	40.96 กก./ไร่	12.16 กก./ไร่	46.72 กก./ไร่
	3. SSFA	40.96 กก./ไร่	0	0
	4. Con (-Fer)	0	0	0
มะเขือเทศโครงการหลวง ช่วงเวลาที่ทดลอง เม.ย. – ก.ค. 60	1. CPR	75.41 กก./ไร่	65.63 กก./ไร่	65.63 กก./ไร่
	2. CNR	50.56 กก./ไร่	32.64 กก./ไร่	76.80 กก./ไร่
	3. SSFA	50.64 กก./ไร่	0	0
	4. Con (-Fer)	0	0	0
เบบี๋คอส ช่วงเวลาที่ทดลอง มี.ค. – เม.ย. 60	1. CPR	4.95 กก./180m ²	1.89 กก./180m ²	4.12 กก./180m ²
	2. CNR	0.66 กก./180m ²	0.50 กก./180m ²	1.28 กก./180m ²
	3. SSFA	0.66 กก./180m ²	0	0
	4. Con (-Fer)	0	0	0
เบบี๋ฮ่องเต้ ช่วงเวลาที่ทดลอง เม.ย. – พ.ค. 60	1. CPR	3.51 กก./180m ²	1.32 กก./180m ²	2.93 กก./180m ²
	2. CNR	1.53 กก./180m ²	0.83 กก./180m ²	2.86 กก./180m ²
	3. SSFA	1.53 กก./180m ²	0	0
	4. Con (-Fer)	0	0	0
คอส ช่วงเวลาที่ทดลอง พ.ค. – มี.ย. 60	1. CPR	4.94 กก./180m ²	1.86 กก./180m ²	4.12 กก./180m ²
	2. CNR	2.96 กก./180m ²	2.10 กก./180m ²	5.82 กก./180m ²
	3. SSFA	2.96 กก./180m ²	0	0
	4. Con (-Fer)	0	0	0
แดงกวาญี่ปุ่น^{2/} ช่วงเวลาที่ทดลอง มี.ย. – ส.ค. 60	1. CPR	80.0 กก./ไร่	48.00 กก./ไร่	48.00 กก./ไร่
	2. CNR	65.23 กก./ไร่	14.77 กก./ไร่	56.62 กก./ไร่
	3. SSFA	65.23 กก./ไร่	0	0
	4. Con (-Fer)	0	0	0

^{1/} การประเมินบนพื้นฐาน การสูญเสียปุ๋ย N 40% ปุ๋ย P 60% และปุ๋ย K 30%

^{2/} การประเมินบนพื้นฐาน การสูญเสียปุ๋ย N 40%