

เอกสารวิชาการ

เรื่อง

การเพิ่มศักยภาพการผลิตพืช ด้วยการปรับปรุงบำรุงดินและระบบกระจายน้ำ
ในพื้นที่จัดระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ
กรณีศึกษา: ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองเขียว ตำบลเมืองนะ
อำเภอเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่

โดย

นาย อภินันท์ กาวีโล

ฝ่ายวิชาการเพื่อการพัฒนาที่ดิน ศูนย์ปฏิบัติการโครงการหลวงภาคเหนือ
สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 6 กรมพัฒนาที่ดิน
กุมภาพันธ์ 2565

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(3)
สารบัญภาพ	(4)
สารบัญตารางภาคผนวก	(5)
สารบัญภาพภาคผนวก	(6)
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 หลักการและเหตุผล	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ระยะเวลาและสถานที่ดำเนินงาน	2
1.4 ขั้นตอนและวิธีดำเนินงาน	3
บทที่ 2 ข้อมูลทั่วไป	6
2.1 ที่ตั้งและอาณาเขต	7
2.2 สภาพภูมิอากาศ	9
2.3 ลักษณะภูมิประเทศ	11
2.4 ทรัพยากรดิน	15
2.5 การถือครองที่ดิน	16
2.6 การใช้ประโยชน์ที่ดิน	16
บทที่ 3 การตรวจเอกสาร	17
3.1 การปลูกพืช	17
3.2 วิธีปรับปรุงบำรุงดิน	21
3.3 ปริมาณการใช้น้ำของพืช	23
3.4 ระบบการให้น้ำพืช	27
3.5 การออกแบบระบบการให้น้ำ	30
3.6 การไหลภายในท่อปิด	35
3.7 ชั้นบันไดดิน	40

	หน้า
บทที่ 4 ผลการศึกษา	41
4.1 ผลการศึกษาข้อมูลพื้นฐานและการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ดำเนินการ	41
4.2 ผลการศึกษาการประเมินการใช้น้ำของพืช ในพื้นที่ดำเนินการ	
ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองเขียว	42
4.3 การประเมินความเป็นประโยชน์ของน้ำในดินและรอบของการให้น้ำ	43
4.4 ผลการออกแบบระบบกระจายน้ำให้เหมาะสมกับพื้นที่	49
4.5 วิเคราะห์ระบบน้ำหยด	52
4.6 ผลการศึกษาการปรับปรุงบำรุงดิน	54
4.7 ผลการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินหลังมีระบบกระจายน้ำและ	
ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ	55
บทที่ 5 สรุป ข้อเสนอแนะ และประโยชน์ที่ได้รับ	61
5.1 สรุป	61
5.2 ข้อเสนอแนะ	63
5.3 ประโยชน์ที่ได้รับ	63
เอกสารอ้างอิง	64
ภาคผนวก	67
ตารางภาคผนวก	68
ภาพภาคผนวก	83

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1 แผนการส่งเสริมการปลูกพืชของศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองเขียว	7
2 สถิติภูมิอากาศ ณ สถานีตรวจอากาศอำเภอเมืองเชียงใหม่ ปี พ.ศ. 2532- 2561	9
3 ปริมาณน้ำฝน และค่าศักยภาพการคายระเหยของน้ำจากดินและพืช	10
4 การปลูกพืชในพื้นที่ศึกษาของศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองเขียว	42
5 อัตราการใช้น้ำของพืชในพื้นที่ดำเนินการ	43
6 การวิเคราะห์ปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์และรอบการให้น้ำของพืชแต่ละชนิด	44
7 จำนวนต้นพืชและความต้องการน้ำของพืชในแต่ละพื้นที่การปลูกในระบบอนุรักษ์ดินและน้ำแบบขั้นบันไดดินต่อเนื่อง ในรอบการปลูกเดือนกันยายน ถึงเดือนพฤศจิกายน	45
8 จำนวนต้นพืชและความต้องการน้ำของพืชในแต่ละพื้นที่การปลูกในระบบอนุรักษ์ดินและน้ำแบบขั้นบันไดดินต่อเนื่อง ในรอบการปลูกเดือนธันวาคม ถึงเดือนกุมภาพันธ์	46
9 อัตราการไหลของน้ำในท่อแต่ละขั้นบันได	50
10 เปรียบเทียบอัตราการให้น้ำของหัวน้ำหยดกับอัตราการไหลของน้ำในท่อแต่ละขั้นบันไดดินในแต่ละพืช	52
11 ระยะเวลาการเปิดน้ำของระบบน้ำหยด	53
12 ผลการวิเคราะห์ดินของพื้นที่ก่อน-หลังดำเนินการ	54
13 ผลผลิตพืชและรายได้ที่ได้รับต่อไร่ เมื่อมีการปรับเปลี่ยนการปลูกพืช	57
14 ต้นทุนการผลิตพืชในพื้นที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองเขียว	58

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1 แผนที่ขอบเขตพื้นที่ดำเนินการศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองเขียว	8
2 กราฟสภาพสมดุลน้ำเพื่อการเกษตร	11
3 แผนที่ภูมิประเทศพื้นที่ดำเนินการศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองเขียว	12
4 แผนที่ระดับความลาดชันของพื้นที่ดำเนินการศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองเขียว	13
5 แผนที่ระดับความลาดชันของพื้นที่ศึกษาศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองเขียว	14
6 ภาพชั้นบันไดดินแบบต่อเนื่องและวิธีการคำนวณขนาดชั้นบันไดดิน	40
7 การแบ่งพื้นที่ปลูกตามระบบอนุรักษ์ดินและน้ำแบบชั้นบันไดดินต่อเนื่อง	48
8 แบบแปลนระบบกระจายน้ำของพื้นที่ดำเนินการศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองเขียว	51

สารบัญตารางภาคผนวก

ตารางภาคผนวกที่		หน้า
1	ค่าสัมประสิทธิ์ของพืช	68
2	ค่าศักย์การคายระเหย โดยสมการ Hargreaves	69
3	ความสัมพันธ์ของปริมาณความชื้นที่เป็นประโยชน์กับเนื้อดิน	75
4	ขั้นตอนการหาปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ในดินต่อต้นพืช	76
5	วิธีการคำนวณอัตราการไหลของน้ำในท่อ	78
6	ระดับอินทรีย์วัตถุในดิน	81
7	ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืช	81
8	ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่อพืช	82
9	ระดับความเป็นกรดเป็นด่างของดิน (pH)	82

สารบัญญากาศผนวก

ภาพภาคผนวกที่		หน้า
1	การสำรวจพื้นที่เป้าหมายที่จะดำเนินการ อ่างเก็บน้ำขนาด 25,000 ลูกบาศก์เมตร (ก) และการใช้ประโยชน์พื้นที่หลังฤดูปลูก (ข-ค)	83
2	การสำรวจดินในพื้นที่ดำเนินการ (ก-ค)	84
3	ปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ในดินต่อต้นพืช	85
4	การวิเคราะห์ข้อมูลและคำนวณข้อมูลต่างๆ เพื่อออกแบบระบบกระจายน้ำในพื้นที่ดำเนินการ (ก-ค)	86
5	การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ดำเนินการ	87

บทที่ 1

บทนำ

1.1 หลักการและเหตุผล

ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองเขียว ตำบลเมืองนะ อำเภอเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่ เป็นศูนย์หนึ่งที่ประสบปัญหาเรื่องการชะล้างพังทลายของดิน ผลผลิตทางการเกษตรลดลง การบุกรุกพื้นที่ป่าเพื่อทำการเพาะปลูกพืช และปัญหาการขาดแคลนแหล่งน้ำเพื่อทำการเกษตร ซึ่งในพื้นที่ของศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองเขียว ไม่มีลำห้วยหรือลำธาร มีแต่น้ำซับปรากฏเป็นแห่ง ๆ เกษตรกรใช้ประโยชน์ที่ดินโดยการเพาะปลูกไม้ผล และพืชไร่ เช่น มะม่วง อะโวคาโด ข้าวไร่ ข้าวโพด และถั่วพุ่มดำ เป็นต้น โดยสามารถเพาะปลูกเฉพาะฤดูฝนที่มีน้ำเพียงพอ ในช่วง 3 - 4 เดือนต่อปี เนื่องจากในฤดูอื่น ปริมาณน้ำไม่เพียงพอต่อการเพาะปลูก ในบางปี แม่น้ำเพื่ออุปโภคและบริโภคยังไม่เพียงพอ ดังนั้น ในช่วงแล้ง เกษตรกรจึงปล่อยพื้นที่ทิ้งร้างและไปรับจ้างในพื้นที่อื่น เพื่อหาเลี้ยงชีพและรอให้ถึงฤดูกาลเพาะปลูกครั้งต่อไปจึงกลับมาเตรียมพื้นที่ แต่การไปรับจ้างต่างพื้นที่ ก่อให้เกิดปัญหาการเดินทาง การกินอยู่ เนื่องจากเกษตรกรส่วนใหญ่เป็นผู้สูงอายุ และบางรายไม่สามารถสื่อสารภาษาไทยได้ จึงเป็นปัญหาในการออกไปรับจ้างเช่นกัน และปัจจุบันนี้ ด้วยสภาพเศรษฐกิจที่ตกต่ำทำให้ประชากรที่ไปทำงานต่างถิ่น กลับมายังบ้านเกิด เป็นผลให้ความต้องการน้ำในการอุปโภคและบริโภคเพิ่มขึ้น ปัญหาเรื่องการใช้น้ำยิ่งทวีความรุนแรงมากขึ้น เกษตรกรจึงแก้ปัญหาโดยการขุดสระเพื่อกักเก็บน้ำไว้ใช้เอง แต่ไม่ประสบความสำเร็จ เนื่องจากลักษณะดินในพื้นที่เป็นดินร่วนปนดินเหนียว สีน้ำตาลแดง ระบายน้ำดี ความสามารถในการกักเก็บน้ำต่ำหรือไม่สามารถกักเก็บน้ำได้ สาเหตุนี้ จึงทำให้ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองเขียว ไม่สามารถส่งเสริมการผลิตสินค้าทางการเกษตรตามแผนงานตลาดของโครงการหลวงได้ แม้จะมีบ่อบักน้ำขนาดใหญ่ของกรมชลประทานในพื้นที่ แต่ต้องสำรองน้ำเพื่อการอุปโภคและบริโภคก่อนเพื่อไม่ให้เกิดความขัดแย้งในพื้นที่

ศูนย์ปฏิบัติการโครงการหลวงภาคเหนือ เป็นหน่วยงานที่สนับสนุนงานด้านพัฒนาที่ดินแก่มูลนิธิโครงการหลวง มีการดำเนินงานที่สอดคล้องกับแผนยุทธศาสตร์โครงการหลวง ในด้านการพัฒนาอาชีพบนฐานความรู้ที่เหมาะสมต่อสภาพภูมิสังคม และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม การฟื้นฟูรักษาสีเขียวในชุมชนและป่าต้นน้ำลำธารให้มีความสมบูรณ์ เพื่อสอดคล้องกับการขับเคลื่อนงานของกรมพัฒนาที่ดิน ในด้านการบริหารจัดการทรัพยากรดินอย่างสมดุลและยั่งยืน ด้วยการฟื้นฟูปรับปรุงบำรุงดินและอนุรักษ์ดินและน้ำ ภายใต้ยุทธศาสตร์ชาติด้านการสร้างโอกาสและความเสมอภาคทางสังคม โดยการช่วยเพิ่มขีดความสามารถของชุมชนท้องถิ่นในการพัฒนา การพึ่งตนเอง การเพิ่มประสิทธิภาพและการจัดการฐานทรัพยากรทางการเกษตร ซึ่งศูนย์ปฏิบัติการโครงการหลวงภาคเหนือ ได้สนับสนุนการจัดระบบอนุรักษ์ดินและน้ำในพื้นที่โครงการหลวง โดยมีเป้าหมายเพื่อป้องกันการชะล้างพังทลายของดิน ให้มีการใช้ประโยชน์ที่ดินที่มีอย่างจำกัดให้เกิด

ประสิทธิภาพสูงสุด ซึ่งการก่อสร้างระบบอนุรักษ์ดินและน้ำมีต้นทุนค่อนข้างสูง การดำเนินการต้องให้ผลคุ้มค่าแก่การลงทุน เกษตรกรต้องสามารถใช้พื้นที่ให้เกิดประโยชน์และปลูกพืชได้อย่างมีประสิทธิภาพ

การเพิ่มศักยภาพการผลิตพืช ด้วยการปรับปรุงดินและระบบกระจายน้ำในพื้นที่ที่จัดระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ จะทำให้พื้นที่สามารถใช้ประโยชน์ได้เพิ่มขึ้นจากเดิม และการจัดระบบกระจายน้ำที่เหมาะสมกับพื้นที่จะสามารถช่วยให้พื้นที่ที่มีน้ำแบบจำกัดสำหรับการทำเกษตร สามารถปลูกพืชได้แม้นอกฤดูการผลิต ซึ่งวิธีนี้ช่วยให้เกษตรกรใช้พื้นที่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากจะปลูกพืชนอกฤดูได้แล้วยังเพิ่มระยะเวลาการทำการเกษตรเพื่อให้ได้ผลผลิตเพิ่มขึ้น ทำให้รายได้ของเกษตรกรเพิ่มขึ้น ลดปัญหาการไปรับจ้างนอกพื้นที่ของเกษตรกรผู้สูงอายุ เกษตรกรมีคุณภาพชีวิตและความเป็นอยู่ดีขึ้น และยังช่วยให้อนุสัญญาพัฒนาโครงการหลวงหนองเขียวสามารถวางแผนการส่งเสริมการผลิตสินค้าทางการเกษตรให้เป็นไปตามแผนงานการตลาดของโครงการหลวงได้ อีกทั้งยังช่วยลดปัญหาความขัดแย้งในเรื่องการใช้น้ำของประชากรในพื้นที่

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อวิเคราะห์ปริมาณน้ำต้นทุนและจัดระบบกระจายน้ำให้เหมาะกับการส่งเสริมการผลิตพืชกรณีศึกษาของศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองเขียว

1.2.2 เพื่อเพิ่มศักยภาพของการผลิตพืช ด้วยการปรับปรุงบำรุงดินและระบบกระจายน้ำในพื้นที่จัดระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ

1.2.3 เพื่อเพิ่มระยะเวลาในการทำการเกษตร และเพิ่มรายได้ให้แก่เกษตรกรในพื้นที่

1.3 ระยะเวลาและสถานที่ดำเนินงาน

1.3.1 ระยะเวลา

เดือน ตุลาคม 2562 ถึง เดือน กันยายน 2564

1.3.2 สถานที่ดำเนินการ

ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองเขียว ตำบลเมืองนะ อำเภอเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่

1.4 ขั้นตอนและวิธีดำเนินงาน

1.4.1 การสำรวจพื้นที่และรวบรวมข้อมูล

การสำรวจจะดำเนินการกำหนดพื้นที่ในปีงบประมาณ 2563 โดยประสานศูนย์พัฒนาโครงการหลวงเพื่อเข้าสำรวจพื้นที่ที่จะดำเนินการ ซึ่งพื้นที่เป็นของศูนย์พัฒนาโครงการหลวงที่จะจัดสรรให้สมาชิกมาใช้ประโยชน์ในการผลิตพืชให้โครงการหลวง ตามแผนการผลิตของฝ่ายการตลาดของโครงการหลวง สำรวจแหล่งน้ำต้นทุนที่มีอยู่ (ภาพภาคผนวกที่ 1) เก็บข้อมูลเชิงพื้นที่ เก็บข้อมูลขนาดวงรอบพื้นที่เป้าหมาย สำรวจลักษณะดิน (ภาพภาคผนวกที่ 2) ลักษณะภูมิประเทศ ภูมิอากาศ การใช้ประโยชน์ที่ดิน และชนิดของพืชที่จะส่งเสริม ซึ่งศูนย์พัฒนาโครงการหลวงต้องการส่งเสริมพืชในพื้นที่ดำเนินการ 2 พืชได้แก่ กะหล่ำปลีและผักกาดขาวปลี สาเหตุที่เลือกพืชทั้ง 2 ชนิดเพราะ ได้รับแผนการผลิตจากฝ่ายการตลาดของมูลนิธิโครงการหลวง เพื่อใช้ส่งเสริมให้เกษตรกรที่เป็นสมาชิกผลิต และรับซื้อผลผลิตที่ได้ ส่งให้ฝ่ายการตลาดนำไปจำหน่ายตามเป้าหมายต่อไป

1.4.2 การวิเคราะห์ความต้องการใช้น้ำ

การประเมินการใช้น้ำ โดยประเมินจากพืชที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวง ต้องการส่งเสริมให้ปลูกเมื่อมีระบบกระจายน้ำ ได้แก่ กะหล่ำปลี และผักกาดขาวปลี โดยหาค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำต่อวันของพืชทั้งสอง โดยจะคำนวณหาค่าศักยภาพการคายระเหยของพื้นที่ ในช่วงนอกฤดูปลูก (เดือนกันยายน ถึง กุมภาพันธ์) เท่านั้น เพราะในฤดูปลูกการใช้น้ำจะใช้จากน้ำฝนเป็นหลัก ซึ่งเพียงพอต่อการปลูก ส่วนในช่วงนอกฤดู การใช้น้ำมีจำกัด จึงต้องหาอัตราการใช้น้ำของพืช เพื่อคำนวณหาปริมาณน้ำที่ต้องการใช้ให้เพียงพอต่อการผลิตพืช 1 รอบการปลูก ซึ่งการประเมินการใช้น้ำของพืชจะแบ่งเป็น 2 ช่วงของรอบการปลูกรอบละ 3 เดือน คือ รอบที่ 1 เดือนกันยายนถึงเดือนพฤศจิกายน และรอบที่ 2 เดือนธันวาคมถึงเดือนกุมภาพันธ์ โดยใช้สมการ Hargreaves (สลิลรัตน์, 2552) ตามสมการ

$$E_{trg} = 0.0075T R_s$$

E_{trg} คือ อัตราการคายระเหยของพืชอ้างอิง (แกลเลต์ต่อวัน)

T คือ อุณหภูมิเฉลี่ย (องศาฟาเรนไฮต์)

R_s คือ พลังงานจากรังสีดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบบนพื้นโลก (แกลเลต์ต่อวัน) ซึ่ง R_s หา

ได้จากสมการ

$$R_s = C (T_{max} - T_{min})^{1/2} R_a \text{ โดย}$$

C คือ ค่าสัมประสิทธิ์ที่จะต้องปรับแก้

T_{max} คือ อุณหภูมิสูงสุด (องศาฟาเรนไฮต์)

T_{min} คือ อุณหภูมิต่ำสุด (องศาฟาเรนไฮต์)

R_a คือ รังสีดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบบนขอบชั้นบรรยากาศ (แกลเลต์)

จากนั้นคำนวณความเป็นประโยชน์ของน้ำในดิน โดยคำนวณจากลักษณะเนื้อดินในพื้นที่ดำเนินการ ซึ่งมีเนื้อดินเป็น ดินร่วนปนดินเหนียว จากความสัมพันธ์ของปริมาณความชื้นที่เป็นประโยชน์กับเนื้อดิน ดินลึก 1 เมตร จะมีความชื้นที่เป็นประโยชน์ 210 มิลลิเมตร ซึ่งการปลูกพืชผักความลึกของรากพืชจะอยู่ในช่วงความลึกประมาณ 15 เซนติเมตร จึงต้องหาปริมาณความชื้นที่เป็นประโยชน์ในช่วง 15 เซนติเมตร มาพิจารณา โดยในพืชผักการใช้น้ำจะยอมให้สูญเสียไปได้ไม่เกิน 20 เปอร์เซ็นต์ของน้ำที่เป็นประโยชน์ ดังนั้นต้องหาปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ต่อพืชหนึ่งต้น (ภาพภาคผนวกที่ 3) เพื่อหาปริมาณน้ำที่ต้องใช้ทั้งหมดสำหรับการปลูกในพื้นที่ และคำนวณรอบวันของการให้น้ำ เพื่อให้เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของพืช ข้อมูลที่คำนวณได้จะนำไปใช้ในการหาขนาดท่อส่งน้ำและท่อกระจายน้ำที่จะใช้ในการออกแบบ โดยจะเปรียบเทียบกับอัตราการให้น้ำของระบบน้ำที่จะใช้กับอัตราการไหลของน้ำในท่อที่ส่งให้กับระบบให้น้ำ เพื่อใช้กำหนดขนาดท่อส่งน้ำและท่อกระจายน้ำในพื้นที่ดำเนินการ

1.4.3 การเก็บตัวอย่างดิน

การเก็บตัวอย่างดินในพื้นที่ดำเนินการมาวิเคราะห์ โดยเจ้าหน้าที่ของศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองเขียวจะเก็บดินที่ความลึก 15 เซนติเมตร จากหลายๆ จุดในพื้นที่ที่จะดำเนินการ นำมารวมกันแล้วคลุกเคล้าผสมกัน จากนั้นนำดินที่ผสมกันส่วนหนึ่งบรรจุใส่ถุงขนาด 0.5 กิโลกรัม ส่งมาวิเคราะห์ที่กลุ่มวิเคราะห์ดิน สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 6 เพื่อวิเคราะห์สมบัติทางเคมี ได้แก่

1) การวิเคราะห์ค่าปฏิกิริยาดิน (pH) โดยใช้วิธี Electrometric หรือ Potentiometric method ใช้เครื่องมือ pH meter ให้สามารถอ่านค่า pH บนหน้าปัดของ pH meter ดิน:น้ำ อัตราส่วน 1:1 (Peech, 1965)

2) ค่าปริมาณอินทรีย์วัตถุ (Organic Matter, OM) โดยใช้วิธีของ Walkley และ black ซึ่งค่าที่ได้จะเป็น เปอร์เซ็นต์อินทรีย์วัตถุ (Walkley and Black, 1947)

3) ค่าปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (Available Phosphorus; avail. P) โดยใช้วิธีของ Bray II ซึ่งค่าที่ได้จะเป็นปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืชมีหน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (mg/kg) (Bray and Kurtz, 1945)

4) ค่าปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (Available Potassium; avail. K) โดยใช้วิธีการสกัดด้วยสายละลายแอมโมเนียมอะซิเตท (NH_4OAc) 1 N pH 7 ซึ่งค่าที่ได้จะเป็นปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่อพืช มีหน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (mg/kg) (Jackson, 1958)

ค่าวิเคราะห์ที่ได้จะใช้ในการพิจารณาในการปรับปรุงบำรุงดินในพื้นที่ดำเนินการ เพื่อนำมาใช้ปรับปรุงดินก่อนการปลูกพืช และเพื่อปรับสภาพของดินเหมาะสมกับการปลูกพืช

1.4.4 ออกแบบระบบกระจายน้ำ

การออกแบบจะใช้ข้อมูลจากกระบวนการวิเคราะห์สภาพพื้นที่ แหล่งน้ำต้นทุน ความต้องการน้ำของพืช อัตราการไหลของน้ำในท่อและอัตราการให้น้ำของระบบน้ำมาคำนวณ เพื่อพิจารณาออกแบบระบบการให้น้ำแก่พืชที่เหมาะสมกับพื้นที่ จากนั้นสร้างแบบแปลนโดยใช้โปรแกรม AutoCad เพื่อวางตำแหน่งบ่อบักน้ำ แนวท่อส่งน้ำเข้าบ่อบัก และแนวท่อกระจายน้ำ สำหรับใช้เป็นแบบในการก่อสร้างระบบกระจายน้ำในพื้นที่ดำเนินการ (ภาพภาคผนวกที่ 4)

1.4.5 การติดตามงาน

ศูนย์ปฏิบัติการโครงการหลวงภาคเหนือ ดำเนินการติดตามการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่จัดระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ หลังจากมีการจัดระบบกระจายน้ำเข้าสู่ในพื้นที่ดำเนินการ (ภาพภาคผนวกที่ 5) เพื่อดูระยะเวลาในการใช้พื้นที่และผลตอบแทนทางเศรษฐกิจที่เกิดขึ้น

บทที่ 2

ข้อมูลทั่วไป

ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองเขียว จัดตั้งเมื่อ พ.ศ. 2523 เพื่อช่วยเหลือชีวิตความเป็นอยู่ของชาวไทยภูเขา โดยมีหมู่บ้านที่รับผิดชอบ คือ บ้านหนองเขียว บ้านลี้วะ บ้านหนองแดง (หมู่ที่ 12) บ้านใหม่สามัคคี อาข่า และบ้านใหม่สามัคคีคะฉิ่น (หมู่ที่ 14) ตำบลเมืองนะ อำเภอเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่ เพื่อทำตามแนวพระราชดำริของพระบาทสมเด็จพระบรมชนกาธิเบศร มหาภูมิพลอดุลยเดชมหาราช บรมนาถบพิตร ที่ทรงห่วงใยราษฎรในพื้นที่ เนื่องจากชาวเขาเหล่านี้ต่างดำรงชีวิตอยู่อย่างแร้นแค้นและยากจน พื้นที่ทำการเกษตรแห้งแล้ง ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองเขียว จึงได้เริ่มต้นดำเนินงานการพัฒนาคุณภาพชีวิตของชาวเขาเหล่านี้ รวมถึงการเสริมสร้างความเข้มแข็งของชุมชน ตลอดจนการฟื้นฟูทรัพยากรธรรมชาติ และสิ่งแวดล้อม ด้วยความร่วมมือจากหน่วยงานต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง โดยบทบาทของโครงการหลวงหนองเขียว จะเป็นงาน 2 รูปแบบ ได้แก่

งานส่งเสริม

โดยส่งเสริมการปลูกไม้ผล ผัก ปศุสัตว์ พืชไร่ ไม้ดอก ภายใต้ระบบมาตรฐานอาหารปลอดภัย ได้แก่ ระบบการเพาะปลูกที่ดี (GAP) สร้างรายได้ที่มั่นคงและความเป็นอยู่ที่ดีแก่เกษตรกร นอกจากนี้ยังสนับสนุนกระบวนการมีส่วนร่วมของชุมชนในการเสริมสร้างความเข้มแข็งของคนและชุมชน การฟื้นฟูและอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม รวมทั้งส่งเสริมการปลูกป่าชาวบ้านตามแนวพระราชดำริป่า 3 อย่าง ประโยชน์ 4 อย่าง การอนุรักษ์ดินและน้ำด้วยการปลูกหญ้าแฝก การรณรงค์ลดการใช้สารเคมี และเฝ้าระวังการปนเปื้อนมลพิษในสิ่งแวดล้อม ตลอดจนเป็นศูนย์เรียนรู้ด้านการเกษตรที่สูง แก่นักเรียน นักศึกษา เกษตรกร และผู้สนใจทั่วไป

งานวิจัย

เป็นศูนย์พัฒนาโครงการหลวงสำหรับทดสอบงานวิจัยและพัฒนาสายพันธุ์พืช เช่น การพัฒนาพันธุ์ว่านสีทึบ โครงการผลิตต้นแม่พันธุ์กลอรีโอชาปลอดโรคที่ได้จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ เพื่อผลิตเมล็ด และหัวพันธุ์สำหรับตัดดอก เพื่อลดอาการโรคไวรัส โครงการวิจัยระบบอนุรักษ์ดินและน้ำสำหรับการเพาะปลูกพืชไร่บนพื้นที่สูง 3 ระดับ โครงการการศึกษารวบรวมและขยายพันธุ์บัวดิน เป็นต้น

ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงดำเนินงานในรูปแบบของสมาชิกที่เข้าร่วมในโครงการในแต่ละกลุ่มการผลิต โดยมีเจ้าหน้าที่ส่งเสริมเป็นที่ปรึกษาของแต่ละกลุ่มในการผลิตและรับซื้อผลผลิตจากสมาชิก ส่งเข้าฝ่ายการตลาดของโครงการหลวง ซึ่งการส่งเสริมพืชแก่เกษตรกรแต่ละกลุ่มจะขึ้นอยู่กับเป้าหมายการผลิตของฝ่ายการตลาดที่จะวางแผนการตลาดพืชชนิดไหน (ตารางที่ 1) จากนั้นให้ปริมาณการผลิตกับศูนย์พัฒนาโครงการหลวงนำไปจัดสรรให้สมาชิกผลิตตามปริมาณที่รับมาจากแผนการตลาด โดยศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองเขียวจะรับแผนการปลูกพืชหลายชนิด ซึ่งจะหาลำปลีและผักกาดขาวปลีจะเป็นพืชส่งเสริมหลักในพื้นที่

ตารางที่ 1 แผนการส่งเสริมการปลูกพืชของศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองเขียว

พืช	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
มะเขือม่วง												
ก้านเขียว												
ผักกาดขาว												
ปลี												
กะหล่ำปลี												
กะหล่ำปลี												
รูปหัวใจ												
ผักกาด												
กวาดต้งตัน												

ที่มา: ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองเขียว

2.1 ที่ตั้งและอาณาเขต

ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองเขียว ตั้งอยู่หมู่ที่ 14 ตำบลเมืองนะ อำเภอเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่ พิกัด 2180924 เหนือ 495447 ตะวันออก ระบบพิกัด UTM grid Zone 47 Q Datum WGS84 สูงจากระดับทะเลปานกลางประมาณ 750 เมตร พื้นที่รับผิดชอบ 30,113.51 ไร่ ครอบคลุม 2 หมู่บ้าน ได้แก่ หมู่ที่ 12 ได้แก่ หย่อมบ้านหนองเขียว หย่อมบ้านหนองเขียว (ลี้ะ) และหย่อมบ้านหนองวัวแดง และหมู่ที่ 14 ได้แก่ หย่อมบ้านใหม่สามัคคีอาข่า และหย่อมบ้านใหม่สามัคคีคะฉิ่น

มีอาณาเขตติดต่อกับ

ทิศเหนือ	ติดต่อกับ บ้านอรุโณทัย ตำบลเมืองนะ อำเภอเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่
ทิศใต้	ติดต่อกับ บ้านรินหลวง ตำบลเมืองนะ อำเภอเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่
ทิศตะวันออก	ติดต่อกับ บ้านอรุโณทัย ตำบลเมืองนะ อำเภอเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่
ทิศตะวันตก	ติดต่อกับ บ้านเมืองนะ ตำบลเมืองนะ อำเภอเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่

พื้นที่เป็นที่ราบหุบเขาและพื้นที่ลุ่ม-ดอน มีสัญญาณโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่ใช้ครบทุกหมู่บ้าน มีระบบประปาหมู่บ้าน โดยใช้น้ำจากแหล่งน้ำห้วยเย็นและผาแดง พื้นที่ทำการเกษตรเป็นพื้นที่ลุ่ม-ดอน มีการชะล้างพังทลายของดินปานกลาง

ประชากรในพื้นที่ของศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองเขียว มี 1,052 ครัวเรือน ประกอบด้วยชนเผ่า 4 ชนเผ่า ได้แก่ ลาหู่ คะฉิ่น ลีวะ และอาข่า ส่วนใหญ่ประกอบอาชีพทำการเกษตร และรับจ้างทั่วไป (ฝ่ายสถานีวิจัยและศูนย์พัฒนาโครงการหลวง, 2564)

พื้นที่ดำเนินการเป็นระบบอนุรักษ์ดินและน้ำแบบขั้นบันไดดินต่อเนื่อง พื้นที่ประมาณ 9 ไร่ ตั้งอยู่ หมู่บ้านหนองเขียว (ลีวะ) ตำบลเมืองนะ อำเภอเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่ พิกัด 2180399 เหนือ 495037 ตะวันออก ระบบพิกัด UTM grid Zone 47 Q Datum WGS84 (ภาพที่ 1)



ภาพที่ 1 แผนที่ขอบเขตพื้นที่ดำเนินการศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองเขียว

ที่มา: ฝ่ายวิชาการเพื่อการพัฒนาที่ดิน ศูนย์ปฏิบัติการโครงการหลวงภาคเหนือ สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 6

2.2 สภาพภูมิอากาศ

จังหวัดเชียงใหม่เป็นจังหวัดที่มีสภาพอากาศค่อนข้างเย็นเกือบตลอดทั้งปี อยู่ภายใต้อิทธิพลของลมมรสุม 2 ชนิด คือ ลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้และลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ แบ่งภูมิอากาศออกได้เป็น 3 ฤดู ได้แก่ ฤดูฝน เริ่มตั้งแต่กลางเดือนพฤษภาคมจนถึงเดือนตุลาคม ฤดูหนาว เริ่มตั้งแต่เดือนพฤศจิกายนไปจนถึงกลางเดือนกุมภาพันธ์ และฤดูร้อน เริ่มตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ถึงกลางเดือนพฤษภาคม ซึ่งจากสถิติภูมิอากาศ พ.ศ. 2532-2561 (ตารางที่ 2) มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยทั้งปี 1,152.3 มิลลิเมตร โดยมีปริมาณฝนตกเฉลี่ยเดือนละ 96.0 มิลลิเมตร มีฝนตกสูงสุดในเดือนสิงหาคม 216.6 มิลลิเมตร และฝนตกน้อยที่สุดในเดือนมกราคม 10.4 มิลลิเมตร อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยทั้งปี 32.4 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยทั้งปี 21.2 องศาเซลเซียส มีความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 71.6 เปอร์เซ็นต์ โดยเดือนสิงหาคม และกันยายนมีความชื้นสัมพัทธ์สูงสุด 82.0 เปอร์เซ็นต์ ส่วนเดือนมีนาคมมีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำที่สุด 54.0 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 2 สถิติภูมิอากาศ ณ สถานีตรวจอากาศอำเภอเมืองเชียงใหม่ ปี พ.ศ. 2532 - 2561

เดือน	ปริมาณ น้ำฝน (มม.)	ความชื้น สัมพัทธ์ (%)	อุณหภูมิสูงสุด (°C)	อุณหภูมิต่ำสุด (°C)	อุณหภูมิเฉลี่ย (°C)
มกราคม	10.4	69.0	29.9	15.4	21.8
กุมภาพันธ์	12.5	59.0	32.7	16.6	24.1
มีนาคม	23.0	54.0	35.2	20	27.2
เมษายน	53.2	58.0	36.6	23.2	29.4
พฤษภาคม	180.7	72.0	34.4	24	28.4
มิถุนายน	118.9	77.0	33	24.3	27.9
กรกฎาคม	150.6	79.0	31.9	24.1	27.3
สิงหาคม	216.6	82.0	31.6	23.9	26.9
กันยายน	203.6	82.0	31.9	23.6	26.9
ตุลาคม	124.5	79.0	31.6	22.5	26.3
พฤศจิกายน	44.0	75.0	30.7	19.8	24.5
ธันวาคม	14.3	73.0	29	16.7	22.1
รวม	1,152.3	-	-	-	-

เฉลี่ย	96.0	71.6	32.4	21.2	26.1
--------	------	------	------	------	------

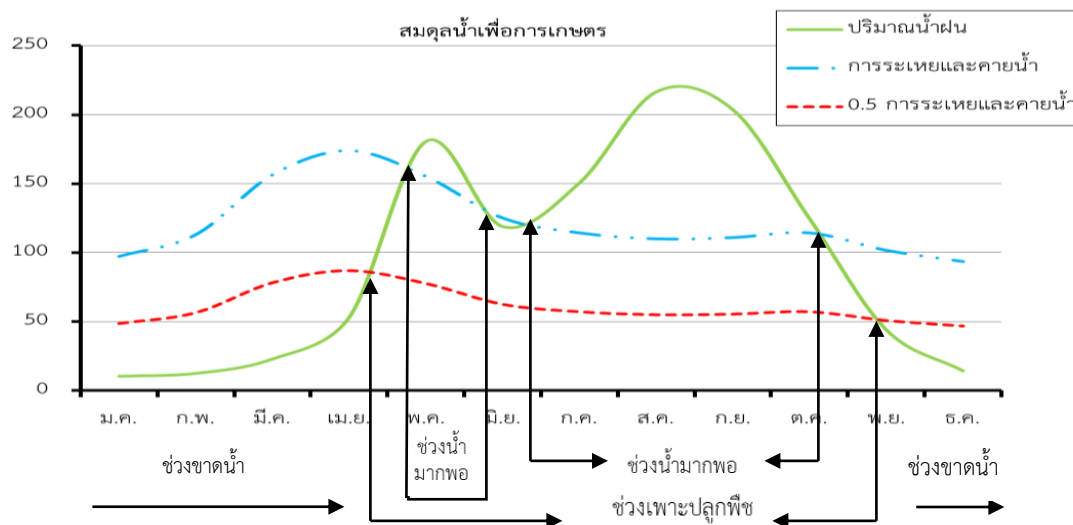
ที่มา: กรมอุตุนิยมวิทยา (2562)

จากการวิเคราะห์สมมูลน้ำเพื่อการเกษตร โดยพิจารณาระหว่างค่าปริมาณน้ำฝนรายเดือนเฉลี่ย กับค่าศักยภาพการคายระเหยน้ำของพืชรายเดือนเฉลี่ย (ตารางที่ 3) พบว่า ช่วงระยะเวลาที่เหมาะสมในการเพาะปลูกพืชอยู่ในช่วงตั้งแต่เดือนปลายเมษายน ถึงเดือนพฤศจิกายน (ภาพที่ 2)

ตารางที่ 3 ปริมาณน้ำฝน และค่าศักยภาพการคายระเหยของน้ำจากดินและพืช

เดือน	ปริมาณน้ำฝน (มม.)	ค่าศักยภาพการคายระเหยของน้ำ (PET)	ค่า 0.5 (PET)
มกราคม	10.4	97.3	48.7
กุมภาพันธ์	12.5	113.1	56.6
มีนาคม	23.0	156.5	78.3
เมษายน	53.2	174.0	87.0
พฤษภาคม	180.7	155.3	77.7
มิถุนายน	118.9	125.1	62.6
กรกฎาคม	150.6	114.4	57.2
สิงหาคม	216.6	110.0	55.0
กันยายน	203.6	111.0	55.5
ตุลาคม	124.5	114.3	57.2
พฤศจิกายน	44.0	101.7	50.9
ธันวาคม	14.3	93.6	46.8
รวมตลอดปี	1,152.3		

ที่มา: กรมอุตุนิยมวิทยา (2562)



ภาพที่ 2 กราฟสภาพสมดุลน้ำเพื่อการเกษตร

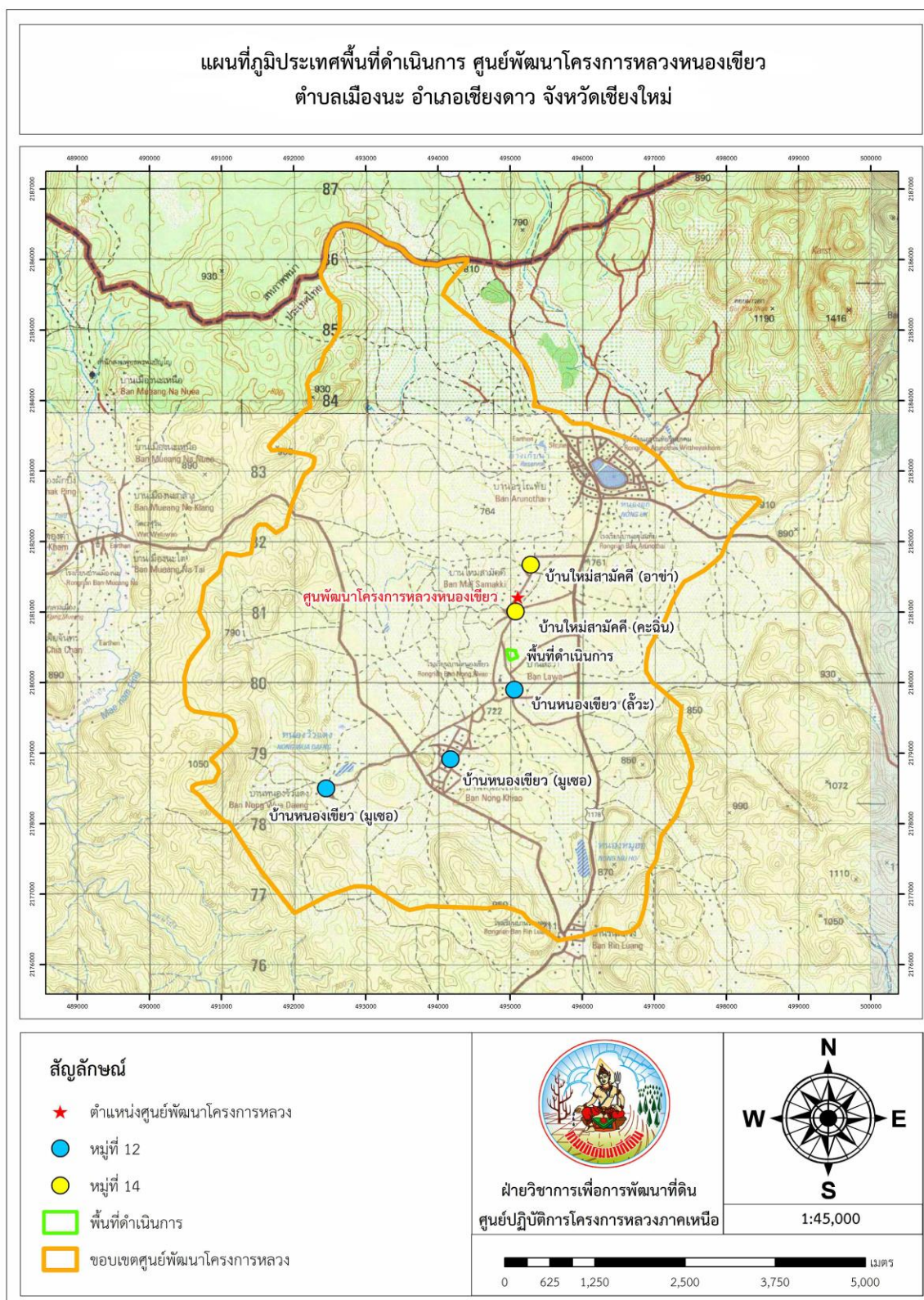
การวิเคราะห์ช่วงฤดูกาลที่เหมาะสมสำหรับปลูกพืช เป็นการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างค่าปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย ค่าศักยภาพการคายระเหย และค่า 0.5 ของค่าศักยภาพการคายระเหย สามารถวิเคราะห์ช่วงฤดูกาลปลูกพืชอายุสั้นได้ดังนี้

- 1) ช่วงระยะเวลาที่เหมาะสมต่อการปลูกพืช : อยู่ในช่วงปลายเดือนเมษายนถึงเดือนพฤศจิกายน ปริมาณน้ำฝนในช่วงดังกล่าวทำให้ดินมีความชื้นเพียงพอต่อการเจริญเติบโตของพืช
- 2) ช่วงที่มีน้ำมากเกินพอ ช่วงแรกอยู่ระหว่างเดือนพฤษภาคมถึงต้นเดือนมิถุนายน ช่วงสองอยู่ระหว่างเดือนกรกฎาคมถึงกลางเดือนตุลาคม ปริมาณน้ำฝนในช่วงดังกล่าวเป็นช่วงที่ความสมดุลของน้ำในดินมีมากเกินความต้องการของพืช
- 3) ช่วงระยะเวลาที่ไม่เหมาะสมต่อการปลูกพืชโดยอาศัยน้ำฝน : อยู่ในช่วงระหว่างกลางเดือนพฤศจิกายนถึงกลางเดือนเมษายน ปริมาณน้ำฝนในช่วงดังกล่าวมีไม่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของพืช

2.3 ลักษณะภูมิประเทศ

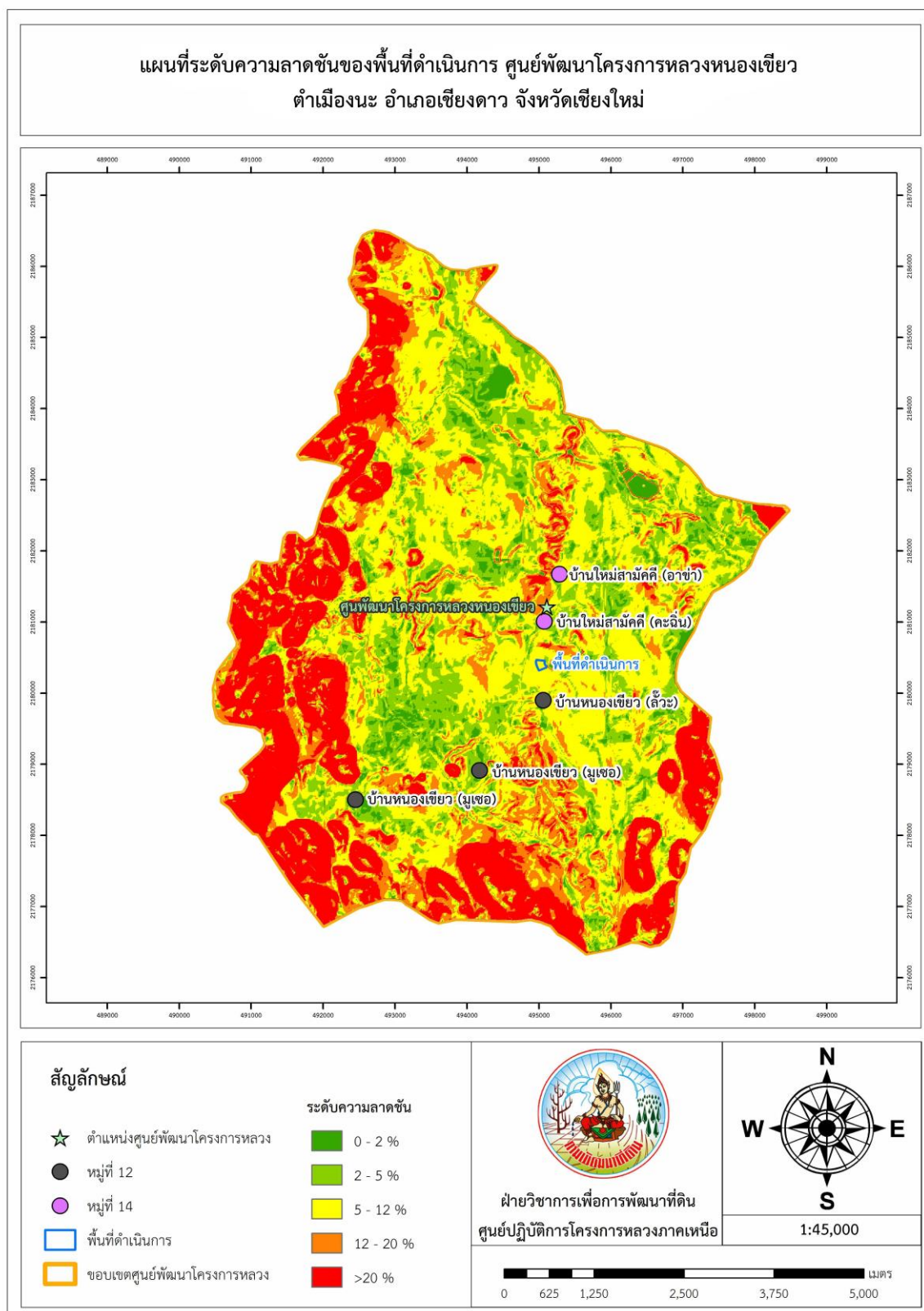
ลักษณะพื้นที่เป็นลูกคลื่นลอนลาดและลอนชัน มีความลาดชันประมาณ 2 – 8 เปอร์เซ็นต์ พื้นที่ทั่วไปมักพบหินปูนโผล่ขึ้นมา และมีหลุมยุบเป็นแห่งๆ ถูกโอบล้อมด้วยภูเขาหินปูน แหล่งน้ำให้อุปโภคบริโภคจะมีแต่น้ำที่ซับปรากฏเป็นหย่อมๆ ซึ่งมีปริมาณน้ำไม่มากพอ สำหรับใช้ทำการเกษตร จึงต้องจัดหาแหล่งน้ำเพิ่มเติมโดยการต่อท่อมาจากภูเขาที่อยู่ห่างไกลกว่า 20 กิโลเมตร (ฝ่ายสถานีวิจัยและศูนย์พัฒนาโครงการหลวง, 2564)

สำหรับลักษณะพื้นที่ภายในศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองเขียว อยู่สูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง ประมาณ 750 เมตร (ภาพที่ 3 และ 4) สำหรับพื้นที่ศึกษา มีลักษณะเป็นที่ลาดเนินเขา มีความลาดชัน 7 เปอร์เซ็นต์ (ภาพที่ 5) เป็นพื้นที่ที่เคยดำเนินการจัดรูปแบบอนุรักษ์ดินและน้ำแบบขั้นบันไดดินต่อเนื่อง



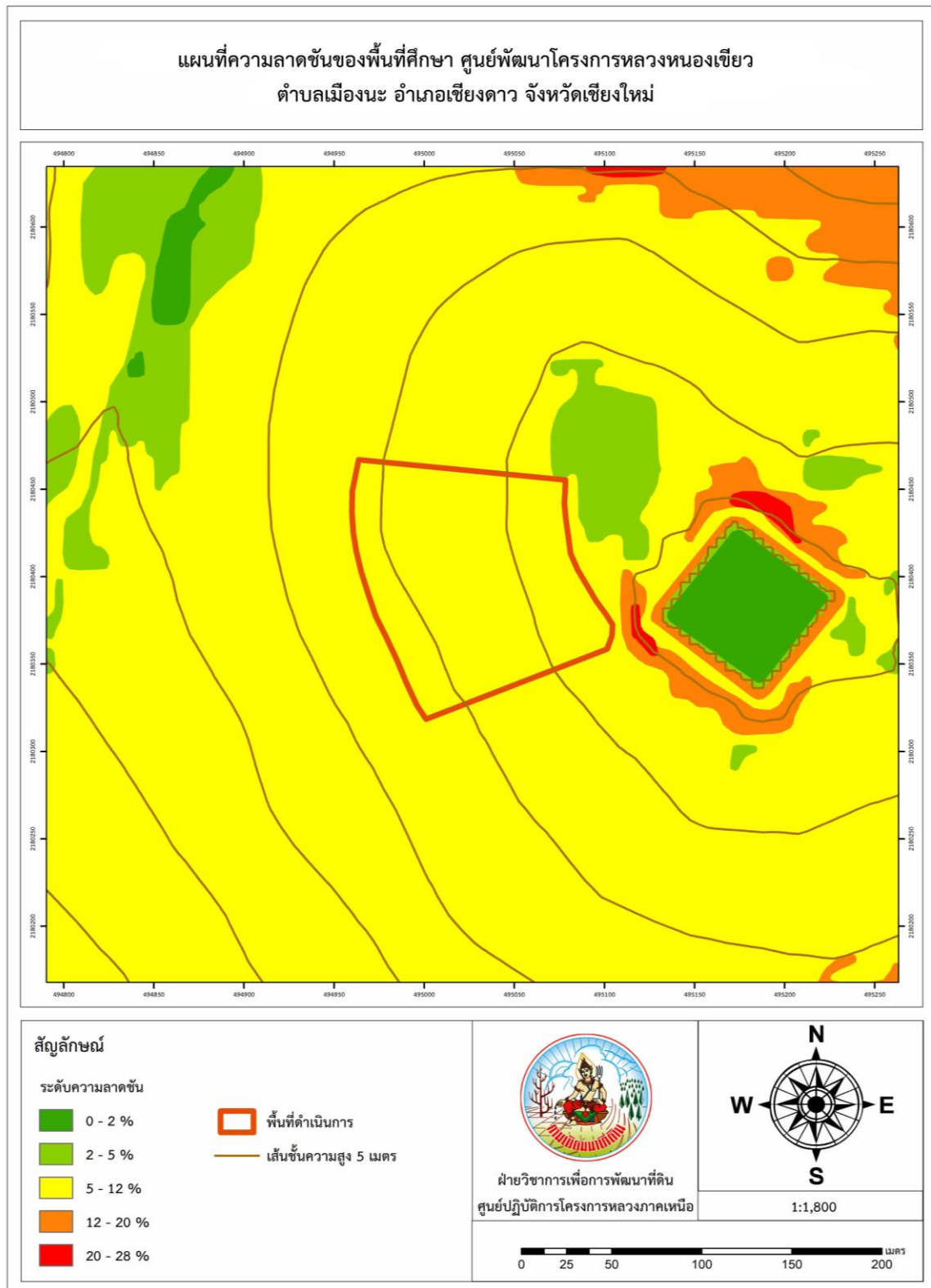
ภาพที่ 3 แผนที่ภูมิประเทศพื้นที่ดำเนินการศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองเขียว

ที่มา: ฝ่ายวิชาการเพื่อการพัฒนาที่ดิน ศูนย์ปฏิบัติการโครงการหลวงภาคเหนือ สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 6



ภาพที่ 4 แผนที่ระดับความลาดชันของพื้นที่ดำเนินการศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองเขียว

ที่มา: ฝ่ายวิชาการเพื่อการพัฒนาที่ดิน ศูนย์ปฏิบัติการโครงการหลวงภาคเหนือ สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 6



ภาพที่ 5 แผนที่ระดับความลาดชันของพื้นที่ศึกษา ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองเขี้ยว

ที่มา: ฝ่ายวิชาการเพื่อการพัฒนาที่ดิน ศูนย์ปฏิบัติการโครงการหลวงภาคเหนือ สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 6

2.4 ทรัพยากรดิน

กลุ่มชุดดินที่ 29

ชุดดิน ดินพบพระที่เป็นดินร่วนละเอียด

Series Ppr-fl

การจำแนกดิน (USDA) Fine loamy, kaolinitic,
Isohyperthermic Rhodic Kandistults

สภาพพื้นที่ ลูกคลื่นลอนลาดเล็กน้อยถึงเนินเขา
มีความลาดชัน 2 - 35 %

ภูมิสัณฐาน ลานตะพัก เขียงเขา เนินเขา หรือบริเวณพื้นที่
เหลือค้ำจากการกัดกร่อน

วัตถุต้นกำเนิดดิน การผุพังสลายตัวอยู่กับที่ และ/หรือ เคลื่อนย้าย
มาเป็นระยะทางไม่ไกลนักของหินตะกอน
เนื้อละเอียดหรือหินในกลุ่มร่วมกับหินปูน

การระบายน้ำ ดี

การซึมผ่านได้ของน้ำ ปานกลางถึงเร็ว การไหลบ่าของน้ำบนผิวดินช้าถึงเร็ว

ลักษณะสมบัติของดิน เป็นดินลึกมาก ดินบนเป็นดินร่วนถึงดินร่วนปนดินเหนียว สีน้ำตาลปนแดงเข้ม
ดินล่างเป็นดินร่วนปนดินเหนียวปนทรายแป้ง สีแดงเข้ม ปฏิกริยาดินเป็นกรด
เล็กน้อยปานกลาง (pH 6.0) ในดินบนและเป็นกรดเล็กน้อย (pH 6.5) ในดินล่าง

ข้อจำกัด ความอุดมสมบูรณ์ต่ำพื้นที่ที่มีความลาดชันสูงดินจะถูกชะล้างพังทลายได้ง่าย

ข้อเสนอแนะ เพิ่มความอุดมสมบูรณ์แก่ดินและเพิ่มผลผลิตพืช โดยใช้ปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกับปุ๋ยเคมี
ควรไถพรวนให้ลึกและปรับปรุงดินด้วยอินทรีย์วัตถุ การปลูกไม้ผลควรเตรียมหลุม
ดินให้ลึกและกว้าง เพื่อให้รากพืชไซซอนได้ง่ายขึ้น จัดทำระบบอนุรักษ์ดินและน้ำที่
เหมาะสมโดยใช้วิธีพืชหรือวิธีกล หรือทั้งสองวิธีร่วมกัน

สมบัติทางเคมี

ความลึก (เซนติเมตร)	อินทรีย์ วัตถุ	ความจุ แลกเปลี่ยน แคตไอออน	ความ อิ่มตัว เบส	ฟอสฟอรัส ที่เป็น ประโยชน์	โพแทสเซียม ที่เป็น ประโยชน์	ความอุดม สมบูรณ์ ของดิน
0 - 25	ต่ำ	ต่ำ	ต่ำ	ต่ำ	สูง	ต่ำ
25 - 50	ต่ำ	ต่ำ	ต่ำ	ต่ำ	สูง	ต่ำ
50 -100	ต่ำ	ต่ำ	ต่ำ	ต่ำ	ปานกลาง	ต่ำ

ที่มา: กลุ่มวางแผนการใช้ที่ดิน สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต6



2.5 การถือครองที่ดิน

ราษฎรส่วนใหญ่ในพื้นที่ไม่มีเอกสารสิทธิ์ในการถือครองที่ดิน แต่เป็นพื้นที่ที่ได้รับอนุญาตให้ใช้ในการทำการเกษตร โดยโครงการหลวงมีการขออนุญาตใช้พื้นที่จากกรมป่าไม้ มีการกำหนดวงรอบขอบเขตพื้นที่ดำเนินงานของโครงการหลวง มีหมู่บ้านที่อยู่ในพื้นที่รับผิดชอบ และมีเอกสารประกาศรับรองการขออนุญาตใช้พื้นที่ โดยพื้นที่ส่วนใหญ่ที่ขออนุญาตจะเป็นพื้นที่ป่าสงวนแห่งชาติ ซึ่งกรมพัฒนาที่ดิน โดยศูนย์ปฏิบัติการโครงการหลวงภาคเหนือ สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 6 ได้เข้ามาช่วยพัฒนาพื้นที่สำหรับให้ราษฎรทำการเพาะปลูกพืชโดยอาศัยน้ำฝน

2.6 การใช้ประโยชน์ที่ดิน

การใช้ประโยชน์ที่ดินในขอบเขตของศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองเขียว จำแนกเป็นพื้นที่อยู่อาศัยและสาธารณะ 724 ไร่ คิดเป็น 3.28 เปอร์เซ็นต์ พื้นที่ทำการเกษตร 18,975.95 ไร่ คิดเป็น 86.06 เปอร์เซ็นต์ พื้นที่ป่าไม้และภูเขา 2,349.05 ไร่ คิดเป็น 10.65 เปอร์เซ็นต์ (ฝ่ายสถานีวิจัยและศูนย์พัฒนาโครงการหลวง, 2564)

ส่วนการใช้ประโยชน์ในพื้นที่การเกษตร มีการปลูกพืชไร่ เช่น ข้าวไร่ ข้าวโพด และถั่วดำ เนื่องจากปลูกได้เฉพาะฤดูฝน ประมาณ 3-4 เดือน หลังจากนั้นพื้นที่จะถูกปล่อยร้าง ถึงแม้ในพื้นที่จะมีแหล่งน้ำต้นทุนอยู่ แต่ไม่สามารถนำมาใช้ได้ เพราะเป็นน้ำที่ใช้เพื่อการอุปโภคและบริโภค ต้องเหลือใช้ก่อน จึงจะสามารถนำมาใช้ทางการเกษตรได้ ซึ่งในช่วงฤดูฝนปริมาณน้ำมีเพียงพอก็สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ แต่หลังฤดูฝนจะไม่อนุญาตให้ใช้น้ำเพื่อการเกษตร เพราะต้องเก็บสำรองสำหรับการอุปโภคและบริโภคในช่วงฤดูร้อน ถึงแม้จะมีการไหลของน้ำเข้าสู่อ่างเก็บน้ำตลอด แต่ถ้ามีการนำไปใช้เพื่อการเกษตรจะต้องใช้น้ำเป็นจำนวนมาก จะทำให้น้ำที่เหลืออยู่ในอ่างเก็บน้ำไม่สามารถใช้ในการอุปโภคและบริโภคเพียงพอในช่วงฤดูร้อน ดังนั้นหากเกษตรกรมีพื้นที่สำหรับกักเก็บน้ำเพื่อใช้ร่วมกัน ก็สามารถนำน้ำไปกักเก็บ เพื่อให้ใช้ในการเกษตรได้ เมื่อน้ำในที่เกิดกักเก็บน้ำลดลง สามารถขอใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำ เพื่อเติมเข้าสู่ที่เกิดกักเก็บน้ำสำหรับการเกษตรได้

บทที่ 3

การตรวจเอกสาร

3.1 การปลูกพืช

การเข้าสำรวจพื้นที่ พบว่า การปลูกพืชในพื้นที่เป็นการปลูกข้าวโพด โดยจะปลูกเฉพาะในฤดูปลูกเท่านั้น โดยปลูกตามวิธีที่มีการแนะนำต่อๆ กันมาในพื้นที่ ซึ่งก่อนการปลูกไม่ได้มีการปรับปรุงดินเพื่อให้เหมาะสมกับการปลูกข้าวโพด ซึ่งเมื่อมีการเข้าสำรวจพื้นที่ เพื่อกำหนดเป้าหมายในการผลิตพืชของโครงการหลวงทางศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองเขียว จึงได้มีการเตรียมความพร้อมของพื้นที่ โดยการปรับปรุงดินตามคำแนะนำหลังจากได้ผลการวิเคราะห์ดิน ก่อนถึงฤดูปลูกถัดไป ซึ่งพืชที่โครงการหลวงต้องการส่งเสริมได้แก่ กะหล่ำปลีและผักกาดขาวปลี โดยแผนการปลูกพืชจะวางแผนการผลิตผักทั้งในฤดูปลูก และแผนการผลิตนอกฤดูปลูก เมื่อได้ระบบกระจายน้ำเข้ามาในพื้นที่ในปีถัดไป ซึ่งพื้นที่ดำเนินการจะถูกปรับเปลี่ยนการใช้ประโยชน์พื้นที่จากการปลูกข้าวโพดเป็นการปลูกพืชผักตามแผนที่โครงการหลวงรับแผนงานผลิตจากฝ่ายการตลาด

3.1.1 ข้าวโพด

การปลูกข้าวโพดส่วนใหญ่เป็นข้าวโพดไร่ปลูกแบบอาศัยน้ำฝน ซึ่งปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการปลูกและการให้ผลผลิตของข้าวโพดจึงขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำฝนและการกระจายของฝนที่ตกตลอดฤดูปลูก สำหรับเขตชลประทาน สามารถปลูกข้าวโพดได้ตลอดปี โดยทั่วไปการปลูกต้นฤดูฝน (เมษายน-พฤษภาคม) มักจะได้ผลผลิตดีกว่า เพราะไม่มีโรคราน้ำค้างระบาด และปัญหาด้านวัชพืชน้อยกว่าการปลูกปลายฤดูฝน (กรกฎาคม-สิงหาคม) แต่มีข้อเสียคือ ในระยะเก็บเกี่ยวจะมีฝนชุก ทำให้ข้าวโพดขึ้น ทำให้เกิดปัญหาเกี่ยวกับสารอะฟลาทอกซิน เพราะตากข้าวโพดไม่แห้ง แต่ปลูกปลายฤดูฝน จะมีปัญหาเตรียมดินไม่สะดวก เพราะฝนชุกและโรคต้นกล้าเน่า (สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน, 2563)

1) พันธุ์

สามารถแยกได้เป็น 2 กลุ่ม คือ

(1) พันธุ์ลูกผสม เป็นพันธุ์ที่มีลักษณะทางการเกษตรสม่ำเสมอ ให้ผลผลิตและคุณภาพสูง ตอบสนองต่อการใช้ปุ๋ยได้ดี ไม่สามารถเก็บเมล็ดไว้ทำพันธุ์ได้

(2) ลักษณะทางการเกษตรไม่สม่ำเสมอ และผลผลิตต่ำกว่าเมื่อเทียบกับพันธุ์ลูกผสม เมล็ดพันธุ์ราคาสูงกว่าพันธุ์ลูกผสม สามารถเก็บเมล็ดไว้ทำพันธุ์ในฤดูถัดไปได้อีกประมาณ 3 ครั้ง

2) การปลูก

การปลูกข้าวโพดที่ปฏิบัติกันสามารถทำได้ 3 วิธี

(1) การขุดหลุมปลูก เป็นวิธีการปฏิบัติแบบเก่า โดยใช้จอบ เสียม หรือไม้ปลายแหลม ขุดเป็นหลุม การปลูกวิธีนี้ทำให้ระยะระหว่างต้น ระหว่างหลุม และความลึกของเมล็ดที่ปลูกไม่สม่ำเสมอ ปัจจุบันได้มีเครื่องมือปลูกที่สามารถกำหนดระยะปลูกและความลึกในการปลูกได้

(2) การปลูกแบบชักร่อง ใช้ไถหัวหมูติรรถแทรกเตอร์หรือรถไถเดินตาม หรือใช้แรงงาน สัตว์ทำร่อง ปลูกเป็นแถว ใช้แรงงานคนในการหยอดเมล็ดปลูกในร่องแล้วใช้เท้าปาดผิวดินกลบ การปลูกวิธีนี้ จะได้ระยะระหว่างแถวสม่ำเสมอ แต่ระยะระหว่างหลุมและความลึกในการปลูกไม่สม่ำเสมอ

(3) การปลูกโดยใช้เครื่องปลูก (planter) โดยใช้เครื่องปลูกติดท้ายรถแทรกเตอร์ ปลูกเป็นแถว สามารถกำหนดระยะระหว่างแถว ระหว่างหลุม และความลึกในการปลูกได้ค่อนข้างสม่ำเสมอ

3) การจัดการ

(1) การใส่ปุ๋ย ควรมีการใส่ปุ๋ยให้ต้นข้าวโพด เพื่อให้มีธาตุอาหารใช้ในการสร้างผลผลิต ให้เพิ่มขึ้น ซึ่งการใส่ปุ๋ยควรแบ่งใส่ 2 ครั้ง ครั้งแรกควรใส่รองกันหลุมหรือโรยเป็นแถวแล้วกลบพร้อมปลูก ถ้าใช้เครื่องปลูกจะมีถังสำหรับใส่ปุ๋ยพร้อมอยู่แล้ว ถ้าปลูกด้วยมือควรหยอดปุ๋ยที่กันหลุมแล้วกลบดินบาง ๆ ก่อนหยอดเมล็ด ไม่ควรให้ปุ๋ยสัมผัสกับเมล็ดโดยตรง เพราะอาจทำให้เมล็ดเน่าได้ ปุ๋ยรองพื้นที่ใช้ อาจใช้สูตร 16-20-0 15-15-15 หรือสูตรอื่นๆ ตามความเหมาะสมของพื้นที่ ควรใส่อัตราประมาณ 25-30 กิโลกรัมต่อไร่ ครั้งที่ 2 หลังจากปลูกประมาณ 25-30 วัน ควรมีการใส่ปุ๋ยอีกครั้งหนึ่ง โดยใช้ปุ๋ยยูเรีย (46-0-0) โรยข้างต้นในอัตรา 20-25 กิโลกรัมต่อไร่ ใส่ขณะดินมีความชื้นหรือใส่แล้วกลบ

(2) การป้องกันและกำจัดวัชพืช ก่อนข้าวโพดงอกให้พ่นสารควบคุมวัชพืช ขณะดินชื้น โดยใช้สารอาหารซิน อัตรา 500 กรัมต่อไร่ หรืออะลาคลอร์ อัตรา 600 มิลลิลิตรต่อไร่ หรือใช้ทั้งสองอย่างรวมกันโดยใช้อาหารซิน 350 กรัม และอะลาคลอร์ 500 มิลลิลิตรต่อไร่ ถ้ามีวัชพืชในแปลงข้าวโพดมากอาจใช้สารจำพวกพาราควอต (กรัมม็อกโซน) ฉีดพ่นเพื่อฆ่าหญ้า โดยใช้อัตรา 80 มิลลิลิตรต่อน้ำ 20 ลิตร ทั้งนี้การฉีดพ่นจะต้องใช้ด้วยความระมัดระวัง ไม่ให้สารโดนต้นข้าวโพดเพราะจะทำให้ข้าวโพดไหม้ตายได้

(3) การให้น้ำ การปลูกข้าวโพด หลังจากไถพรวนเตรียมแปลงเสร็จแล้ว ควรให้น้ำก่อนปลูกข้าวโพดโดยให้น้ำ 50-65 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ แล้วจึงหยอดข้าวโพดขณะดินมีความชื้นพอเหมาะ หลังจากข้าวโพดงอกแล้วควรให้น้ำ 65-80 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ต่อสัปดาห์ โดยให้อีก 11-12 ครั้ง (สัปดาห์) การให้น้ำแต่ละครั้งไม่ควรให้น้ำท่วมขัง หรือดินชื้นแฉะเป็นเวลานาน

4) การเก็บเกี่ยว

เก็บเกี่ยวเมื่อข้าวโพดแก่จัด หรือแห้งหมดทั้งแปลงแล้ว 7 วัน เมล็ดจะมีความชื้นประมาณร้อยละ 23 ไม่ควรเก็บเกี่ยวข้าวโพดหลังฝนตก เพราะเมล็ดจะมีความชื้นสูง ควรปล่อยให้ฝักและต้นข้าวโพดแห้งก่อน การเก็บเกี่ยวมีทั้งใช้แรงคนในการเก็บ โดยปอกเปลือกฝักแล้วหักฝักข้าวโพดใส่กระสอบนำไปเทกองรวมกัน หรือใช้เครื่องจักรเก็บเกี่ยวแบบปลิดฝักต่อฟางเก็บเกี่ยวแบบเกี่ยวนวดอัตโนมัติ

3.1.2 กะหล่ำปลี

เป็นพืชผักชนิดหนึ่งซึ่งแต่เดิมเป็นพืชที่ปลูกในเขตเมดิเตอร์เรเนียนแถบยุโรป ต่อมาได้แพร่กระจายเข้ามาในประเทศไทย โดยในปลูกได้ดีเฉพาะฤดูหนาวทางภาคเหนือ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ตอนบน ต่อมาเริ่มเป็นที่นิยมบริโภคกันทั่วไป จึงได้มีการพยายามปลูกกะหล่ำปลีนอกฤดูกันมากขึ้น และได้หาพันธุ์ที่ทนร้อนเหมาะสมกับสภาพอากาศของประเทศไทย จึงทำให้ในปัจจุบันสามารถปลูกกะหล่ำปลีได้ทุกฤดู มีอายุตั้งแต่ย้ายปลูกจนถึงเก็บเกี่ยวประมาณ 50-120 วัน ถ้าปลูกนอกเหนือจากนี้จะต้องเลือกพันธุ์ที่เหมาะสม (อัญชลี, 2548)

1) พันธุ์

สามารถแยกได้เป็น 3 กลุ่มใหญ่ๆ คือ

(1) กะหล่ำปลีธรรมดา มีลักษณะหัวหลายแบบ ตั้งแต่ หัวกลม หัวแหลมเป็นรูปหัวใจ จนถึงกลมแบนราบ มีสีเขียวจนถึงเขียวอ่อน เป็นพันธุ์ที่ทนร้อน อายุการเก็บเกี่ยวสั้นประมาณ 50-60 วัน พันธุ์ที่นิยมปลูกได้แก่ พันธุ์ลูกผสมต่างๆ

(2) กะหล่ำปลีแดง มีลักษณะหัวค่อนข้างกลม ใบสีแดงทับทิม ส่วนใหญ่มีอายุเก็บเกี่ยวประมาณ 90 วัน ต้องการอากาศหนาวเย็นพอสมควร พันธุ์ที่นิยมปลูกได้แก่ พันธุ์รูบี้บอล รูบี้เพอเฟกชัน

(3) กะหล่ำปลีใบย่น มีลักษณะผิวใบหยาบย่นและเป็นคลื่นมาก ต้องการอากาศหนาวเย็นในการปลูก

2) การปลูก

เมื่อกล้ามีอายุได้ประมาณ 25-30 วัน จึงย้ายปลูกในแปลงปลูกที่เตรียมไว้ โดยให้มีระยะปลูกระยะระหว่างต้น 30-40 เซนติเมตรและระหว่างแถว 30-40 เซนติเมตร อาจปลูกเป็นแบบแถวเดี่ยวหรือแถวคู่ก็ได้ขึ้นอยู่กับขนาดของพื้นที่

3) การจัดการ

(1) การใส่ปุ๋ย เป็นพืชที่ต้องการธาตุไนโตรเจนและโพแทสเซียมสูง เพื่อใช้ในการสร้างความเจริญเติบโต ปุ๋ยที่แนะนำให้ใช้คือ ปุ๋ยสูตร 13-13-21 หรือ 14-14-21 โดยแบ่งใส่ 2 ครั้งคือครั้งที่ 1 ใส่รองพื้นขณะปลูกแล้วพรวนกลบลงในดินครั้งที่ 2 ใส่หลังจากกะหล่ำปลีมีอายุได้ 7-14 วันและควรใส่ปุ๋ยไนโตรเจน เช่น ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต หรือยูเรียควบคู่ไปด้วย ซึ่งการใส่ปุ๋ยนี้ก็แบ่งใส่ 2 ครั้งเช่นกันคือ ใส่เมื่อกะหล่ำปลีมีอายุได้ 20 วัน และเมื่ออายุได้ 40 วันโดยการโรยข้างๆ ต้น

(2) การให้น้ำควรให้อย่างสม่ำเสมอ ในเขตร้อนและแห้งแล้งจำเป็นต้องให้น้ำมากขึ้น และเมื่อกะหล่ำปลีเข้าปลีเต็มที่แล้ว ควรลดปริมาณน้ำให้น้อยลง เพราะหากกะหล่ำปลีได้รับน้ำมากเกินไปจะทำให้ปลีแตก

(3) การพรวนดินและกำจัดวัชพืชในระยะแรกๆ ควรปฏิบัติอยู่ เพราะวัชพืชจะเป็นตัวแย่งอาหารในดิน รวมทั้งเป็นที่อาศัยของโรคและแมลงอีกด้วย

4) การเก็บเกี่ยว

อายุการเก็บเกี่ยวของกะหล่ำปลี ตั้งแต่ปลูกจนถึงวันเก็บเกี่ยว ขึ้นอยู่กับลักษณะของแต่ละพันธุ์ สำหรับพันธุ์เบาที่นิยมปลูกจะมีอายุประมาณ 50-60 วัน แต่พันธุ์หนักมีอายุถึง 120 วัน การเก็บควรเลือกหัวที่ห่อหัวแน่น และมีขนาดพอเหมาะ กะหล่ำปลี 1 หัวมีน้ำหนักประมาณ 2-3 กิโลกรัม หากปล่อยไว้นานหัวจะหลวมลง ทำให้คุณภาพของหัวกะหล่ำปลีลดลง การเก็บควรใช้มีดตัดและขนออกนอกแปลง จากนั้นตัดแต่งใบให้เหลือเพียงใบนอกที่หุ้มหัวกะหล่ำปลีติดมาเพียง 2-3 ใบ เพื่อป้องกันความเสียหายเนื่องจากการบรรจุและขนส่ง จากนั้นคัดแยกขนาดแล้วบรรจุใส่ถุงสำหรับส่งจำหน่าย

3.1.3 ผักกาดขาวปลี

ผักกาดขาวปลี เป็นผักที่ปลูกกันมากในประเทศจีนตอนใต้ ในไต้หวัน และในประเทศไทย ผักกาดขาวปลี เป็นผักที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจชนิดหนึ่งของประเทศไทย เนื่องจากมีผู้นิยมบริโภคกันอย่างแพร่หลาย ส่วนที่ใช้บริโภค ได้แก่ ส่วนใบสำหรับรับประทานเป็นผักสด หรือใช้ประกอบอาหารอื่นๆ (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2544)

1) พันธุ์

พันธุ์ผักกาดขาวปลีแบ่งตามลักษณะของปลีได้เป็น 3 พวกใหญ่ๆ คือ

(1) พันธุ์ปลียาว มีลักษณะทรงสูงรูปไข่ ได้แก่ พันธุ์มิซึชิ หรือผักกาดหางหงส์ ผักกาดโสมณ ผักกาดขาวปลีฝรั่ง

(2) พันธุ์ปลีกลม ลักษณะทรงสั้นกว่า อ้วนกลมกว่า ได้แก่ พันธุ์ซาลาเดียไฮบริด พันธุ์ทรงบิกคอลลีไฮบริด ฯลฯ เป็นพันธุ์เบาอายุสั้น

(3) พันธุ์ปลีหลวม หรือไม่ห่อปลี ส่วนใหญ่เป็นผักพื้นเมืองของเอเชีย พวกนี้มักไม่ห่อปลี ปลูกได้แม้อากาศไม่หนาวฝนตกชุก ได้แก่ พันธุ์ผักกาดขาวใหญ่ (อายุ 45 วัน) ผักกาดขาวธรรมดา (อายุ 40 วัน) สำหรับความอร่อยความน่ารับประทาน และการเก็บรักษาได้นาน ผู้ผักกาดขาวพวกเข้าปลีไม่ได้ ทำให้ปริมาณในปัจจุบันลดลง

2) การปลูก

การปลูกผักกาดขาวปลี มีวิธีการปลูกได้ 2 วิธี โดยจะเลือกใช้วิธีใดก็ได้ ขึ้นกับความสะดวกและความเหมาะสม ได้แก่

(1) ปลูกแบบหว่านโดยตรง โดยหว่านเมล็ดพันธุ์ให้กระจายทั้งแปลง ซึ่งการปลูกวิธีนี้เหมาะสำหรับเมล็ดพันธุ์ที่มีราคาไม่แพง โดยเฉพาะในท้องที่ภาคกลางที่ยกแปลงกว้างมีร่องน้ำ การหว่านควรหว่านให้เมล็ดกระจายสม่ำเสมอ โดยทั่วไปจะผสมทราย หรือเมล็ดผักที่เสื่อมคุณภาพแล้ว มีขนาดพอๆ กันลงไปด้วย เพื่อช่วยให้กระจายสม่ำเสมอยิ่งขึ้น หลังจากต้นกล้าออก และมีใบจริง 1-2 ใบ เริ่มถอนแยกเพื่อจัดระยะปลูกให้ได้ระยะระหว่างต้น 50 เซนติเมตร และระหว่างแถว 50 เซนติเมตร

(2) การปลูกแบบเป็นแถวหรือหยอดเป็นหลุม โดยหยอดให้เมล็ดเป็นแถวบนแปลง ปลูกโดยให้ระยะระหว่างแถวห่างกัน 50 เซนติเมตร ลึกประมาณ 0.5-10.0 เซนติเมตร หรือทำเป็นหลุมตื้นๆ หยอดเมล็ดลงประมาณ 3-5 เมล็ด กลบดินหนา 0.5 เซนติเมตร เมื่อต้นกล้าเริ่มมีใบจริง 2 ใบ ให้ทำการถอนแยกให้เหลือหลุมละ 1 ต้น และถอนแยกครั้งสุดท้ายอายุไม่ควรเกิน 30 วัน

3) การจัดการ

(1) การใส่ปุ๋ย เนื่องจากผักกาดขาวปลีเป็นผักกินใบ ควรให้ปุ๋ยที่มีสัดส่วนเป็น 2:1:1 เช่น ปุ๋ยสูตร 20-10-10 หรือสูตรใกล้เคียงนี้ในอัตราประมาณ 80-150 กิโลกรัมต่อไร่ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความอุดมสมบูรณ์ของดิน โดยการแบ่งใส่ 2 ครั้ง คือ ครั้งแรกใส่เป็นปุ๋ยรองพื้นจำนวนครึ่งหนึ่ง ส่วนครั้งที่ 2 ใส่ตอนผักกาดอายุ 20 วันโดยโรยข้างต้นแล้วรดน้ำ สำหรับพันธุ์ปลียาวและปลีกลมแน่น ควรให้ปุ๋ยไนโตรเจน เช่น ยูเรียหรือแอมโมเนียไนเตรท ในอัตรา 20-30 กิโลกรัมต่อไร่ เมื่อต้นกล้าอายุได้ 30-40 วัน โดยการหว่านหรือโรยข้างต้นก็ได้แล้วรดน้ำตามทันที ระมัดระวังอย่าให้ปุ๋ยค้ำที่ใบ เพราะจะทำให้ใบไหม้

(2) การให้น้ำ ผักกาดขาวปลีต้องการมาก และสม่ำเสมอ เพื่อใช้ในการเจริญเติบโตตลอดฤดูปลูก ดังนั้นควรให้น้ำอย่างเพียงพอ โดยเฉพาะในระยะเข้าปลี

(3) การพรวนดินและกำจัดวัชพืช ควรปฏิบัติหลังการย้ายกล้าได้ 2 สัปดาห์ พร้อมกับใส่ปุ๋ย และทำการพรวนประมาณ 2-3 ครั้ง

4) การเก็บเกี่ยว

อายุการเก็บเกี่ยวผักกาดขาวปลีไม่แน่นอน ขึ้นอยู่กับลักษณะพันธุ์ พันธุ์ที่เข้าปลีไม่แน่นอน อายุที่เก็บเกี่ยวได้ประมาณ 40-50 วันหลังจากหว่านเมล็ด โดยเลือกเก็บเกี่ยวต้นที่เริ่มแก่เต็มที่ได้น้ำหนัก ส่วนพันธุ์ที่เข้าปลียาวหรือปลีกลมแน่น อายุเก็บเกี่ยวประมาณ 50-80 วันหลังจากหยอดเมล็ด โดยเก็บขณะปลีห่อแน่นเต็มที่ การตัดใช้มีดคมตัดที่โคนต้น ตัดแต่งใบที่เป็นโรคหรือถูกแมลงทำลายออกบ้างบางส่วน และควรเหลือใบนอกไว้สัก 2-3 ใบ เพื่อป้องกันการกระทบกระแทกในระหว่างการขนส่ง

3.2 วิธีปรับปรุงบำรุงดิน

ดินเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการทำเกษตร เพราะมีความจำเป็นในการดำรงชีวิตของพืช โดยทั่วไปดินที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช จะต้องมีความอุดมสมบูรณ์และธาตุอาหารที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตของพืช อีกทั้งยังต้องมีสมบัติทางกายภาพที่เหมาะสมสำหรับปลูกพืช เพื่อให้รากของพืชสามารถยึดเกาะไม่ล้มเอียง และเป็นแหล่งให้น้ำแก่รากพืชในการเจริญเติบโต

การใช้ที่ดินทำการเกษตรติดต่อกันเป็นระยะเวลานาน โดยขาดการปรับปรุงบำรุงดิน ทำให้คุณภาพของดินเสื่อมลง เช่น การสูญเสียดิน การสูญเสียธาตุอาหาร การสูญเสียอินทรีย์วัตถุ ซึ่งในการปลูกพืชแต่ละครั้งจะมีการสูญเสียธาตุอาหารต่าง ๆ ออกไปจากดินเสมอ จึงต้องมีการปรับปรุงบำรุงดิน เพื่อให้เหมาะสมกับการเพาะปลูก และใช้พื้นที่ได้อย่างยั่งยืน เพื่อลดปัญหาการบุกรุกป่า เพื่อใช้เป็นพื้นที่ทำการเกษตรใหม่ อีกทั้ง

การใช้พื้นที่ที่ไม่ได้รับการปรับปรุงบำรุงดินเป็นเวลานานจะส่งผลต่อสมบัติของดินทั้งทางกายภาพ เคมี และชีวภาพ ทำให้ไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช โดยเฉพาะการทำการเกษตรบนพื้นที่สูง ซึ่งพื้นที่ส่วนใหญ่มีความลาดชัน ทำให้เกิดปัญหาการชะล้างพังทลายหน้าดิน โดยเฉพาะการทำการเกษตรแบบเปิดหน้าดินโล่งรับแรงปะทะกับเม็ดฝนโดยตรง ส่งผลให้หน้าดินถูกชะล้างไปทุกปีทำให้พื้นที่เกษตรเหลือแต่ดินชั้นล่างที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ และเป็นดินปนหิน ไม่สามารถทำการเกษตรได้อย่างมีประสิทธิภาพ

หลักการปรับปรุงบำรุงดิน คือ การรักษาคุณภาพดินเพื่อให้ดินคงความอุดมสมบูรณ์ ใช้เพาะปลูกพืชได้อย่างยั่งยืน ทำให้ดินอยู่ในสภาพที่เหมาะสมสำหรับพืชที่ต้องการปลูกอยู่เสมอ การปรับปรุงดิน ควรมีการตรวจสอบดินและวิเคราะห์ดิน เพื่อนำไปสู่วิธีการปรับปรุงบำรุงดินที่เหมาะสมสำหรับในแต่ละพื้นที่

วิธีการปรับปรุงดิน เป็นการช่วยให้ดินมีความอุดมสมบูรณ์ และช่วยเพิ่มความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารพืชด้วยวิธีการต่างๆ ดังนี้ (กรมพัฒนาที่ดิน, 2558)

3.2.1 การปรับปรุงด้วยปุ๋ยอินทรีย์

สารประกอบที่ได้จากสิ่งมีชีวิต ได้แก่ พืช สัตว์ และจุลินทรีย์ ผ่านกระบวนการผลิตทางธรรมชาติ ปุ๋ยอินทรีย์ส่วนใหญ่ใช้ในการปรับปรุงสมบัติทางกายภาพของดิน ทำให้ดินโปร่ง ร่วนซุย ระบายน้ำและถ่ายเทอากาศได้ดีได้แก่

1) ปุ๋ยหมัก

ปุ๋ยอินทรีย์ หรือปุ๋ยธรรมชาติชนิดหนึ่งที่ได้มาจากการนำเอาเศษซากพืช เช่น ฟางข้าว ช้างข้าวโพด ต้นถั่วต่างๆ หญ้าแห้ง และขยะมูลฝอยตามบ้านเรือนที่ย่อยสลายได้ มาหมักร่วมกับมูลสัตว์ ปุ๋ยเคมี หรือสารเร่งจุลินทรีย์ เมื่อหมักโดยใช้ระยะเวลาหนึ่งแล้ว เศษพืชจะเปลี่ยนสภาพเป็นผงเปื่อยยุ่ย สีสน้ำตาลปนดำ นำไปใส่ในไร่นาหรือพืชสวน เช่น ไม้ผล พืชผัก หรือไม้ดอกไม้ประดับได้

2) ปุ๋ยคอก

ปุ๋ยที่ได้จากการขับถ่ายของสัตว์ ไม่ว่าจะเป็น วัว ควาย เป็ด ไก่ รวมทั้งหมู โดยปกติปุ๋ยคอกจะเป็นปุ๋ยที่นิยมใช้สำหรับชาวไร่ ชาวนาสวนผักและผลไม้ ถึงแม้ว่าตัวปุ๋ยคอกเอง จะมีปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจนต่ำก็ตาม แต่ปุ๋ยคอกก็ยังมีประโยชน์ในด้านอื่นๆ คือ ช่วยปรับปรุงโครงสร้างของดินให้เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช ทำให้ดินโปร่งและร่วนซุยมากยิ่งขึ้น ทำให้ดินมีการระบายน้ำและอากาศดีขึ้น ช่วยเพิ่มความคงทนของการจับตัวเป็นเม็ดดิน และเป็นแหล่งอาหารให้แก่จุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ในดิน

3) ปุ๋ยพืชสด

ปุ๋ยพืชสด ได้จากการไถกลบพืชปุ๋ยสดในขณะที่ยังเขียวสดอยู่ลงดิน นิยมไถกลบในช่วงออกดอก เพื่อให้ได้ปริมาณน้ำหมักและธาตุอาหารสูง ปล่อยทิ้งไว้ให้ย่อยสลาย โดยใช้ระยะเวลาประมาณ 7-14 วัน จะให้ธาตุอาหารและอินทรีย์วัตถุแก่ดิน จึงทำการปลูกพืชหลักที่ต้องการ พืชปุ๋ยสดที่นิยมปลูก ได้แก่ พืชตระกูลถั่วชนิดต่างๆ เช่น ปอเทือง (*Crotalaria juncea*) ถั่วพริ้ว (*Canavalia ensiformis*) ถั่วพุ่ม (*Vigna*

unguiculata) ถั่วมะแฮะ (Cajanus cajan) และโสนอัฟริกัน (Sesbania rostrata Brem and Oberm) ควรเลือกพืชที่เหมาะสมกับสภาพพื้นที่

3.2.2 การปรับปรุงด้วยปุ๋ยชีวภาพ

เป็นปุ๋ยที่นำเอาจุลินทรีย์ที่ซึ่งยังมีชีวิตอยู่มาใช้เพิ่มปริมาณธาตุอาหารในดิน ซึ่งจุลินทรีย์เหล่านี้จะมีคุณสมบัติที่สามารถสังเคราะห์สารที่จะใช้ประกอบธาตุให้พืชได้เอง และขณะเดียวกันนั้นก็สามารถที่จะเปลี่ยนธาตุอาหารพืชที่ไม่สามารถสร้างประโยชน์ได้ให้กลายมาเป็นธาตุที่สามารถสร้างประโยชน์ได้ เช่น ไรโซเบียมที่อยู่ในปมรากพืชตระกูลถั่ว สามารถสังเคราะห์สารประกอบธาตุอาหารพืชในโตรเจนได้เอง ไมคอร์ไรซาช่วยทำให้ฟอสฟอรัสที่ถูกตรึงอยู่ในดิน ละลายออกมาอยู่ในรูปที่พืชดูดไปใช้ประโยชน์ได้ (กรมพัฒนาที่ดิน, 2558) แยกตามชนิดของจุลินทรีย์ ดังนี้

- 1) จุลินทรีย์ที่ให้ธาตุไนโตรเจน เป็นกลุ่มจุลินทรีย์ที่ตรึงไนโตรเจนจากอากาศ เพื่อให้พืชนำไปใช้ประโยชน์ได้ จุลินทรีย์ในกลุ่มนี้ เช่น *Azotobacter* sp. *Bacillus* sp. สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน เชื้อไรโซเบียม ฯลฯ
- 2) จุลินทรีย์ที่ให้ธาตุฟอสฟอรัส เป็นกลุ่มจุลินทรีย์ที่ละลายสารประกอบฟอสเฟตให้เป็นประโยชน์ และพืชสามารถนำไปใช้ได้ จุลินทรีย์ในกลุ่มนี้ เช่น *Flavobacterium* sp. *Pseudomonas* sp. ฯลฯ และกลุ่มจุลินทรีย์ที่ช่วยละลายและดูดซับธาตุฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ให้กับพืชมากขึ้น เช่น เชื้อราไมโคไรซา
- 3) จุลินทรีย์ที่ให้ธาตุโพแทสเซียม เป็นกลุ่มจุลินทรีย์ที่ปลดปล่อยกรดออกมา เพื่อละลายแร่ในกลุ่มไมก้า และแร่ในกลุ่มเฟลด์สปาร์ จุลินทรีย์ในกลุ่มนี้ เช่น *Bacillus* *biotite* และ *microcline* ช่วยเปลี่ยนธาตุโพแทสเซียมให้อยู่ในรูปที่พืชนำไปใช้ประโยชน์ได้
- 4) จุลินทรีย์ที่ผลิตฮอโมน เป็นกลุ่มจุลินทรีย์ที่ผลิตฮอโมนและวิตามิน ซึ่งเป็นสารช่วยกระตุ้นให้พืชเจริญเติบโตได้ดียิ่งขึ้น จุลินทรีย์ในกลุ่มนี้ เช่น *Azospirillum* *Azotobacter* และ *Bacillus*

3.3 ปริมาณการใช้น้ำของพืช

การเจริญเติบโตของพืชแต่ละชนิด สิ่งที่เป็นปัจจัยสำคัญที่เหมือนกันคือ ความต้องการน้ำของพืชที่ใช้ในการเจริญเติบโตในช่วงเวลาต่างๆ เพราะพืชจะเจริญเติบโตได้ดีก็ต่อเมื่อมีปริมาณน้ำที่เพียงพอ ดังนั้น การประเมินการใช้น้ำของพืช จึงเป็นข้อมูลที่มีความสำคัญต่อการวางแผนการใช้น้ำ และการปลูกพืชในช่วงที่มีปริมาณน้ำแตกต่างกันในแต่ละช่วงให้มีประสิทธิภาพดีที่สุด รวมถึงมีความสำคัญต่อโครงการชลประทาน เพราะปริมาณการใช้น้ำของพืชจะเข้ามาเกี่ยวข้องกับปริมาณและความถี่ในการให้น้ำ และการออกแบบขนาดของอาคารชลประทานเป็นต้น ซึ่งปริมาณการใช้น้ำของพืช จะเป็นปริมาณน้ำทั้งหมดที่สูญเสียจากพื้นที่สู่บรรยากาศในรูปของไอน้ำ ปริมาณดังกล่าวนี้ประกอบขึ้นด้วยสองส่วนหลัก (วิบูลย์, 2526) คือ

3.3.1 การคายน้ำ (transpiration) เป็นปริมาณน้ำที่พืชดูดไปจากดิน นำไปใช้สร้างเซลล์และเนื้อเยื่อ และคายออกทางใบสู่บรรยากาศ

3.3.2 การระเหย (evaporation) เป็นปริมาณน้ำที่ระเหยจากผิวดินบริเวณรอบๆ ต้นพืช จากผิวน้ำ ในขณะที่ให้น้ำหรือขณะที่มีน้ำขังอยู่ และจากน้ำที่เกาะอยู่ตามใบเนื่องจากฝนหรือการให้น้ำ

องค์ประกอบที่มีผลต่อการใช้น้ำของพืช ที่สำคัญจะมีอยู่ 4 อย่างด้วยกัน ได้แก่

1) สภาพอุณหภูมิอากาศรอบๆ ต้นพืช ซึ่งได้แก่ พลังงานความร้อนที่ได้รับจากดวงอาทิตย์ อุณหภูมิ ความชื้นในอากาศและความเร็วลม

2) พืช ซึ่งได้แก่ ชนิดและอายุของพืช

3) ดิน ได้แก่ ความชื้นในดิน เนื้อดิน ความสามารถในการอุ้มน้ำ

4) อื่นๆ เช่น วิธีการให้น้ำแก่พืช ฤดูกาลเพาะปลูก การไถพรวน การคลุมดิน

การหาปริมาณการใช้น้ำของพืชโดยตรงอาจทำได้หลายวิธี แต่ละวิธีการจะมีความยุ่งยาก ดังนั้น นักวิทยาศาสตร์จึงพยายามหาวิธีการที่ง่ายและวัดได้โดยตรง โดยอาศัยพืชพวกหญ้า มาเป็นตัวเลือก จึงได้วิธีการวัดปริมาณการใช้น้ำของพืช ซึ่งเรียกว่า การใช้น้ำของพืชอ้างอิง (Potential Evapotranspiration, ET_p) การใช้น้ำของพืชอ้างอิงขึ้นอยู่กับสภาพภูมิอากาศรอบๆ ต้นพืชเพียงอย่างเดียว ทำให้สามารถคิดสูตรสำหรับคำนวณ การใช้น้ำของพืชอ้างอิง โดยใช้ข้อมูลภูมิอากาศได้มากมาย และเมื่อต้องการทราบการใช้น้ำของพืชชนิดอื่นก็ใช้สูตร (วิบูลย์, 2526)

$$ET = K_c \times ET_p$$

ET คือ การใช้น้ำของพืชที่ต้องการทราบ

K_c คือ สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช เป็นค่าที่ขึ้นอยู่กับชนิดและอายุของพืชอย่างเดียว

ET_p คือ การใช้น้ำของพืชอ้างอิง

ดังนั้น การจะหาปริมาณการใช้น้ำของพืช สิ่งที่ต้องคำนึงคือการใช้น้ำของพืชอ้างอิง ซึ่งนักวิทยาศาสตร์และผู้เชี่ยวชาญทั่วโลก ได้สร้างวิธีการคำนวณหาอัตราการคายระเหย โดยนำตัวแปรทางอุตุนิยมวิทยามาใช้กับรูปแบบสมการเอมพิริคัล (empirical) ซึ่งต้องการข้อมูลเพียงอย่างเดียว หรือสองอย่าง จนกระทั่งถึงสูตรที่ต้องการข้อมูลหลายอย่างและมีการคำนวณยุ่งยาก เช่น วิธีของ Thornthwaite Blaney-Criddle Makkink Jensen-Haise และ Penman Monthieth เป็นต้น

FAO ได้ปรับมาตรฐานการคำนวณ โดยแนะนำให้ใช้วิธี FAO Penman Monthieth เป็นมาตรฐานเพียงวิธีเดียว เนื่องจากวิธีนี้สามารถทำนายค่าอัตราการคายระเหยของพืชอ้างอิงได้อย่างถูกต้องที่สุด ในสภาพแวดล้อมและภูมิอากาศต่างๆ (Allen et al., 1998) แต่เนื่องจากเป็นวิธีที่ต้องใช้ข้อมูลในการคำนวณมาก จึงไม่เหมาะกับพื้นที่ที่มีการเก็บข้อมูลเพียงบางส่วน ต่างจากวิธีของ Hargreaves ที่ใช้ข้อมูลอุณหภูมิต่ำสุดและสูงสุดเท่านั้น แต่ในการนำสมการ Hargreaves มาใช้นั้นต้องมีการปรับแก้ค่าสัมประสิทธิ์ในสมการ

ก่อน โดยปรับแก้ค่าสัมประสิทธิ์ เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ของการคำนวณใกล้เคียงกับการคำนวณจากสมการ Penman Monthieth ซึ่งรายละเอียดของสมการ Penman Monthieth และ สมการ Hargreaves มีดังนี้

3.3.3 วิธีการของ Penman Monthieth เป็นวิธีที่ต้องการข้อมูลที่จะนำมาคำนวณอัตราการใช้น้ำของพืชค่อนข้างมาก ซึ่งการจะได้ข้อมูลที่ต้องการจำเป็นต้องเป็นสถานีอุตุนิยมวิทยาที่ได้มาตรฐาน มีการเก็บข้อมูลที่ละเอียด ซึ่งมีการทดลองหาการใช้น้ำของพืชอ้างอิงในพืชหลายชนิดในสถานที่ต่างๆ โดยผลที่ออกมาก็เป็นที่ยอมรับว่า วิธีการของ Penman Monthieth มีค่าใกล้เคียงกับความจริง แต่เนื่องจากเป็นวิธีที่ยุ่งยาก ข้อมูลมีจำนวนมาก จึงไม่เหมาะกับพื้นที่ที่มีข้อมูลไม่เพียงพอสำหรับการใช้คำนวณ จึงมีนักวิจัยหลายท่านที่ประยุกต์ใช้วิธีการอื่นๆ เพื่อหาอัตราการใช้น้ำแทนวิธีของ Penman Monthieth เช่น ยุทธนา และเอกสิทธิ์ (2550) ได้ประยุกต์ทฤษฎีพืชเพื่อหาการใช้น้ำของอ้อยในโครงการชลประทานสองพี่น้อง จังหวัดสุพรรณบุรี ส่วน Ali (2007) ได้เปรียบเทียบวิธีหาอัตราการใช้น้ำของพืชอ้างอิงจาก 2 วิธี คือ Hargreaves และ Artificial Neural Network (ANN) โดยเทียบกับผลลัพธ์ที่ได้จากวิธีของ Penman Monthieth ซึ่งได้ทำการศึกษาที่เมืองชูเซสถาน (Khuzestan) อยู่ทางตะวันตกเฉียงใต้ของประเทศอิหร่าน และได้ทดลองใช้วิธีของ Hargreaves เพื่อหาอัตราการใช้น้ำของพืชเทียบกับวิธีของ Penman Monthieth ในตอนใต้ของประเทศอิหร่าน จำนวน 14 แห่ง ซึ่งทั้งหมดนี้เป็นจุดเริ่มต้นในการปรับแก้สมการ เพื่อคำนวณอัตราการใช้น้ำของพืชแทนวิธีการของ Penman Monthieth โดยวิธีการของ Penman Monthieth มีสมการดังนี้

$$ET_0 = \frac{0.408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34u_2)}$$

ET_0	คือ อัตราการคายระเหยอ้างอิง (มิลลิเมตร/วัน)
R_n	คือ พลังงานสุทธิของแสงอาทิตย์วัดที่ผิวทรงพุ่มพืช (เมกกะจูล/ตารางเมตร/วัน)
G	คือ ความร้อนจำเพาะของดิน (เมกกะจูล/ตารางเมตร/วัน)
T	คือ อุณหภูมิอากาศเฉลี่ยที่ความสูง 2 เมตรจากพื้นดิน (องศาเซลเซียส)
U_2	คือ ความเร็วลมเฉลี่ยที่ความสูง 2 เมตรจากพื้นดิน (เมตร/วินาที)
e_s	คือ ความดันไออิ่มตัว (กิโลปาสกาล)
e_a	คือ ความดันไอของบรรยากาศ (กิโลปาสกาล)
$e_s - e_a$	คือ ความแตกต่างของความดันไอ (กิโลปาสกาล)
Δ	คือ ความลาดเทของกราฟความดันไอ (กิโลปาสกาล/องศาเซลเซียส)
γ	คือ ค่าคงที่ไซโครเมตริก (กิโลปาสกาล/องศาเซลเซียส)

ซึ่งการทดลองใช้สูตรนี้ในประเทศไทย เป็นที่ยอมรับว่าได้ผลใกล้เคียงความจริง เนื่องจากองค์ประกอบของสูตรนี้จะรวบรวมข้อมูลพลังงานที่มีผลต่อการใช้น้ำทุกอย่างของพืช เข้ามาประกอบการพิจารณา ไม่ว่าจะเป็น รังสีดวงอาทิตย์ อุณหภูมิ ความชื้นของอากาศ และความเร็วลม ซึ่งการสร้างสูตรนี้ก็ตั้งอยู่บนพื้นฐานของทฤษฎีที่ทั่วโลกยอมรับ (Allen, 1998) ทำให้ผลการคำนวณที่ได้จึงเป็นที่ยอมรับโดยทั่วไป ดังนั้น วิธีการที่จะนำมาใช้ทดแทนวิธีการของ Penman Monthieth จะต้องปรับผลของสมการให้มีค่าใกล้เคียงกับผลการคำนวณของ Penman Monthieth จึงจะเป็นที่ยอมรับ (Robert, 1997)

3.3.4 วิธีการ Hargreaves เป็นวิธีการที่นำเสนอการใช้อุณหภูมิต่ำสุดและสูงสุด ในแต่ละสถานที่มาใช้ในการคำนวณอัตราการคายระเหยของพืชอ้างอิง โดยใช้หลักการของสมดุลพลังงานเป็นหลักในการคำนวณพลังงานที่พืชใช้ และสูญเสียในแต่ละวัน โดยวิธีการนี้จะอาศัยข้อมูลพลังงานของดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบกับพื้นโลกมาคำนวณร่วมกับอุณหภูมิในแต่ละวัน และค่าสัมประสิทธิ์ (C) ของแต่ละพื้นที่ ซึ่งค่า C ของแต่ละพื้นที่ได้จากการสมมติค่า โดยการสุ่มตัวเลข เพื่อให้ได้ค่าอัตราการคายระเหยอ้างอิงที่มีค่าใกล้เคียงกับวิธีของ Penman Monteith ซึ่งในยุโรปสมมติค่า C เริ่มต้นที่ 0.127

วิธีการนี้มีสูตรคือ

$$E_{trg} = 0.0075T R_s$$

E_{trg} คือ อัตราการคายระเหยของพืชอ้างอิง (แลงเลย์ต่อวัน)

T คือ อุณหภูมิเฉลี่ย (องศาฟาเรนไฮต์)

R_s คือ พลังงานจากรังสีดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบบนพื้นโลก (แลงเลย์ต่อวัน) ซึ่ง R_s

หาได้จากสมการ

$$R_s = C (T_{max} - T_{min})^{1/2} R_a$$

โดย C คือ ค่าสัมประสิทธิ์ที่จะต้องปรับแก้

T_{max} คือ อุณหภูมิสูงสุด (องศาฟาเรนไฮต์)

T_{min} คือ อุณหภูมิต่ำสุด (องศาฟาเรนไฮต์)

R_a คือ รังสีดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบขอบชั้นบรรยากาศ (แลงเลย์)

ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์ดังกล่าวได้จากการคาดคะเน โดยอาศัยการเปรียบเทียบค่าการคายระเหยของพืชอ้างอิงกับค่าการใช้น้ำของพืชอ้างอิงของวิธีการ Penman Monthieth ที่ทั่วโลกยอมรับ (Robert, 1997) เป็นการปรับค่าสัมประสิทธิ์ในสมการ การคำนวณการคายระเหยของพืชอ้างอิงด้วยวิธีนี้สามารถที่จะนำไปใช้ได้ง่าย เนื่องจากการเก็บข้อมูลไม่ยุ่งยากอาศัยเพียงข้อมูลอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุด แต่ที่ยาก คือ การหาค่าสัมประสิทธิ์ที่ใช้เป็นค่าปรับสมการ เพื่อให้ค่าที่คำนวณได้มีค่าใกล้เคียงกับวิธีการของ Penman Monthieth ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์ที่ต้องการจะต้องเป็นของแต่ละพื้นที่ เพราะถ้าพื้นที่ที่มีสภาพแวดล้อมแตกต่างกัน ทำให้อัตราการใช้น้ำของพืชก็จะแตกต่างกัน แม้จะเป็นพืชชนิดเดียวกัน (สลิลรัตน์, 2552)

3.4 ระบบการให้น้ำพืช

ระบบการให้น้ำพืช เป็นเทคโนโลยีวิศวกรรมเกษตร ที่พัฒนาขึ้นเพื่อช่วยให้ใช้น้ำในการทำการเกษตรได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยให้น้ำเท่าที่พืชต้องการ ลดภาระด้านแรงงาน และช่วยลดความเสียหายของพืชอันเนื่องมาจากการขาดน้ำ ปัจจุบันนิยมใช้ระบบการให้น้ำพืชกับพืชประเภท ผลไม้ ผัก และพืชเศรษฐกิจต่างๆ ซึ่งพืชทุกชนิดมีความต้องการน้ำ โดยน้ำเป็นปัจจัยอย่างหนึ่งของขบวนการสังเคราะห์แสงของพืช เป็นตัวละลายธาตุอาหารในดิน เพื่อให้รากดูดขึ้นไปสร้างการเจริญเติบโต และคายน้ำเพื่อระบายความร้อน นอกจากนี้ยังเป็นปัจจัยสำคัญในการกำหนดปริมาณผลผลิตของพืชด้วย ซึ่งพืชแต่ละชนิดมีความต้องการปริมาณน้ำแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับชนิด พันธุ์ และอายุของพืช ดังนั้นจึงจำเป็นต้องให้น้ำอย่างเหมาะสมกับความต้องการน้ำของพืช (สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา (สอศ.) และทอเอสซีจี, 2554)

ระบบการให้น้ำที่ดีจะต้องสนองความต้องการน้ำของพืชได้อย่างเพียงพอ อีกทั้งยังต้องเป็นระบบที่เหมาะสมกับสภาพพื้นที่ เช่น ปริมาณของแหล่งน้ำ ข้อจำกัดของพื้นที่ และระยะเวลาในการให้น้ำ เป็นต้น ระบบการให้น้ำที่ใช้ปัจจุบันแบ่งได้เป็นประเภทต่างๆ ได้แก่

3.4.1 การให้น้ำแบบฉีดฝอย (Sprinkler Irrigation) เป็นการให้น้ำแบบวงกว้างโดยฉีดน้ำขึ้นไปบนอากาศเหนือต้นพืช กระจายเป็นฝอยแล้วให้เม็ดน้ำตกลงมาบนพื้นที่เพาะปลูก โดยเครื่องสูบน้ำเป็นอุปกรณ์ส่งน้ำผ่านระบบท่อด้วยแรงดันที่สูง เพื่อให้น้ำฉีดเป็นฝอยออกทางหัวปล่อยน้ำได้แก่ สปริงเกลอร์ (Sprinkler)

ข้อดีของการให้น้ำแบบฉีดฝอย คือ

- 1) ลดการเสียพื้นที่จากการจัดทำระบบชลประทาน เช่น การขุดคูร่องน้ำลงได้
- 2) มีประสิทธิภาพในการให้น้ำสูง
- 3) ใช้น้ำเพื่อประโยชน์ทางการเกษตรหรืออื่นๆ ร่วมกันได้ เช่น ใช้น้ำบ้าน ใช้น้ำเลี้ยงสัตว์
- 4) การให้น้ำแบบให้น้อย ๆ แต่บ่อยครั้ง เช่น การให้น้ำแก่พืชรากตื้น หรือพืชที่เริ่มงอกจะมีประโยชน์มาก

มีประโยชน์มาก

- 5) สามารถพ่วงการให้ปุ๋ยและสารเคมีอื่นๆ ร่วมไปกับระบบการให้น้ำแบบนี้ได้

ข้อเสียของการให้น้ำแบบฉีดฝอย คือ

- 1) ค่าลงทุนครั้งแรกสูงมาก และอาจต้องเสียค่าใช้จ่ายในการดูแลรักษาและดำเนินการสูง
- 2) การเคลื่อนย้ายทำได้แต่ไม่สะดวก
- 3) มีผลทำให้การแพร่กระจายและแข่งขันของวัชพืชเกิดขึ้นได้มาก
- 4) การสูญเสียน้ำไปโดยการระเหยจะเกิดขึ้นได้มาก

3.4.2 การให้น้ำแบบเฉพาะจุด (Localize Irrigation) เป็นการให้น้ำบริเวณรากพืชโดยตรง น้ำจะถูกปล่อยจากหัวปล่อยน้ำสู่ดิน ให้น้ำชุ่มไปในดินบริเวณเขตรากพืช ระบบนี้เป็นระบบที่ประหยัดได้อย่างแท้จริง เนื่องจากจะเกิดการสูญเสียจากปัจจัยอื่นน้อยมาก และแรงดันที่ใช้กับระบบจะให้แรงดันต่ำประมาณ 0.5–2 บาร์ ทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายในด้านต้นทุนกำลังสูบน้ำ การให้น้ำประเภทนี้ ได้แก่

1) มินิสปริงเกอร์ (Mini Sprinkler) เป็นสปริงเกอร์ที่มีขนาดเล็กที่สุด เป็นระบบการให้น้ำที่มีประสิทธิภาพ โดยการให้น้ำผ่านทางท่อ และจ่ายน้ำผ่านทางมินิสปริงเกอร์ น้ำจะถูกพ่นออกจากหัวฉีดฝอยที่ติดตั้งอยู่บนท่อแขน ซึ่งจะรับน้ำมาจากท่อกระจายน้ำที่ต่อมาจากเครื่องสูบน้ำ โดยให้น้ำแบบกระจายแบบวงหรือฉีดฝอยเหมือนสปริงเกอร์แต่มีขนาดเล็กกว่า รูปแบบสามารถเลือกใช้ตามความเหมาะสมของพืชที่ปลูก หัวสปริงเกอร์แต่ละรุ่น จะสามารถกำหนดปริมาณน้ำและรัศมีของน้ำได้ ส่วนใหญ่มินิสปริงเกอร์จะมีแรงดันใช้งานอยู่ 1.5-2.5 บาร์ และรัศมีการกระจายน้ำอยู่ที่ 0.5-5.0 เมตร เหมาะสำหรับใช้กับพืชสวน แปลงผัก และไม้ผล

ข้อดีของระบบน้ำมินิสปริงเกอร์

- (1) สำหรับพื้นที่ที่ปริมาณน้ำจำกัด เพราะใช้ปริมาณน้ำค่อนข้างน้อยกว่าประเภทอื่น
- (2) ใช้แรงดันน้ำระดับปานกลาง ทำให้ใช้เครื่องสูบน้ำ และค่าใช้จ่ายด้านพลังงานน้อยกว่าระบบสปริงเกอร์
- (3) เหมาะสำหรับไม้ยืนต้น ที่มีระยะปลูกตั้งแต่ 5 เมตรขึ้นไป
- (4) สามารถใส่ปุ๋ย หรือสารเคมีลงไปในระบบน้ำระหว่างการจ่ายน้ำได้
- (5) การสูญเสียน้ำที่ไหลเขตราก หรือไหลตามผิวดินมีน้อย ทำให้ไม่สูญเสียน้ำระหว่างส่งน้ำ

ข้อเสียของระบบน้ำมินิสปริงเกอร์

- (1) รูปลอยน้ำมินิสปริงเกอร์มีขนาดเล็ก คุณภาพน้ำที่ใช้ต้องค่อนข้างดี และมีระบบกรองน้ำ เพื่อไม่ให้เกิดการอุดตัน และต้องล้างกรองอย่างสม่ำเสมอ

(2) ถ้าใบพัดชำรุดจะใช้งานไม่ได้

2) ระบบไมโครสเปรย์และเจ็ท (Micro Spray & Jet) เป็นระบบที่ใช้แรงดัน 1-1.5 บาร์ และอัตราการไหลของหัวปล่อยน้ำ 10-200 ลิตรต่อชั่วโมง ระบบนี้เหมาะกับสภาพแหล่งน้ำที่มีปริมาณน้ำจำกัด คุณภาพน้ำค่อนข้างดี รูปลอยน้ำมีขนาดเล็ก ต้องการระบบการกรองที่ดีเพื่อไม่ให้เกิดการอุดตัน ผู้ใช้ต้องมีการดูแลตรวจสอบและล้างกรองอย่างสม่ำเสมอทุกวัน แรงดันที่ต้องใช้ในระบบต้องลงทุนด้านเครื่องสูบน้ำด้วยและมีค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน แต่น้อยกว่าที่ใช้ในระบบสปริงเกอร์ เหมาะสำหรับไม้ผล ไม้ยืนต้นที่มีระยะปลูกไม่เกิน 5 เมตร เช่น ไม้ผล ไม้ยืนต้น ระยะปลูก 4 x 4 เมตร สามารถวางท่อย่อยตามแถวของไม้ผลทุกแถว และติดตั้งหัวสเปรย์และเจ็ทต้นละ 1-2 หัว

ข้อดีของระบบไมโครสเปรย์และเจ็ท เป็นอุปกรณ์ที่ไม่มีชิ้นส่วนเคลื่อนไหว ลดปัญหาการสึกหรอ และใช้งานได้นาน

ข้อเสียของระบบไมโครสเปรย์และเจ็ท

- (1) สูญเสียน้ำจากการกระจายไปตามแรงลม
- (2) ต้องใช้เครื่องกรองละเอียดค่อนข้างมาก และล้างไส้กรองทุกวัน

3) ระบบน้ำหยด (Drip) เป็นเทคโนโลยีการให้น้ำวิธีหนึ่งในหลายวิธี ซึ่งวิธีนี้จะมีลักษณะการให้น้ำเป็นน้ำหยดๆ จากหัวน้ำหยด หรือท่อน้ำหยดแก่พืช โดยส่งน้ำผ่านระบบท่อ และปล่อยน้ำออกทางหัวน้ำหยด ซึ่งติดตั้งไว้บริเวณโคนต้นพืช น้ำจะหยดซึมลงมาบริเวณรากช้าๆ สม่ำเสมอในอัตรา 1-20 ลิตรต่อชั่วโมง ที่แรงดัน 0.3-2 บาร์ ขึ้นอยู่กับระบบ ชนิดพืช ขนาดพื้นที่ และชนิดของดิน จุดประสงค์สำคัญของการให้น้ำแบบนี้ เพื่อการใช้น้ำที่มีประสิทธิภาพอย่างยิ่ง และเพื่อที่จะรักษาระดับความชื้นของดิน บริเวณรากพืชให้อยู่ในระดับที่รากพืชดูดไปใช้ได้อย่างง่าย สร้างการเจริญเติบโตได้อย่างสมบูรณ์พอเหมาะ และเป็นไปตามความต้องการของพืช ส่งผลให้พืชเจริญเติบโตอย่างมีประสิทธิภาพ (ไทยวอเตอร์ซิสเต็ม จำกัด, 2559)

คุณลักษณะที่สำคัญของระบบน้ำหยด ได้แก่

- (1) เป็นวิธีการให้น้ำด้วยอัตราที่ละน้อยๆ
- (2) เป็นวิธีการให้น้ำที่ใช้เวลานาน
- (3) เป็นวิธีการให้น้ำโดยตรงในบริเวณเขตรากพืชหรือเขตพุ่มใบ
- (4) เป็นวิธีการให้น้ำด้วยระบบท่อที่ใช้แรงดันต่ำ

ข้อดีของระบบการให้น้ำแบบน้ำหยด

- (1) ประสิทธิภาพการให้น้ำสูงมาก เพราะสามารถควบคุมน้ำได้ทุกขั้นตอน และมีการสูญเสียโดยการระเหยน้อย
- (2) ค่าใช้จ่ายในการให้น้ำน้อยเพราะไม่ต้องใช้แรงงานในการให้น้ำมาก
- (3) ลดปัญหาของการแพร่กระจายของวัชพืช เนื่องจากน้ำที่ให้แก่พืชจะเปียกผิวดินเป็นบริเวณแคบๆ เท่านั้น
- (4) ไม่มีปัญหาเรื่องลมแรงที่จะพัดพาไปตกที่อื่น
- (5) ไม่ต้องใช้ระบบส่งน้ำขนาดใหญ่ หรือเครื่องสูบน้ำที่มีแรงม้าสูง
- (6) ระบบการให้น้ำแบบนี้จะมีระยะเวลาการใช้งานที่ยาวนาน ยกเว้นเรื่องการอุดตันของหัวจ่ายน้ำ
- (7) สามารถทำการติดตั้งการให้น้ำแบบอัตโนมัติได้ไม่ยาก เช่น ให้น้ำตามกำหนดเวลาที่ตั้งไว้ หรือให้น้ำเมื่อความชื้นของดินในเขตรากลดลงถึงระดับหนึ่งเป็นต้น
- (8) ไม่มีปัญหาเรื่องอัตราการซึมของน้ำเข้าไปในดิน เพราะอัตราการให้น้ำจะไม่มากพอที่จะทำให้ดินเปียกชุ่มเป็นบริเวณกว้างอยู่แล้ว

ข้อเสียของระบบการให้น้ำแบบน้ำหยด

- (1) มีปัญหาเรื่องการอุดตันที่หัวจ่ายน้ำมาก เนื่องจากตะกอนทราย ตะไคร่น้ำ หรือเนื่องมาจากการสะสมตัวของสารเคมีในน้ำ
- (2) เนื่องจากบริเวณที่เปียกชื้นไม่กว้างขวางนัก ความเข้มข้นของเกลือ ซึ่งจะเกิดขึ้นในบริเวณนอกของส่วนที่เปียกชื้น มักจะมีความเข้มข้นสูงและอาจจะเป็นอันตรายต่อพืชได้

3.5 การออกแบบระบบการให้น้ำ

3.5.1 ความสัมพันธ์ที่ต้องใช้ในการออกแบบ

การออกแบบระบบการให้น้ำแก่พืช เพื่อให้พืชมีการเจริญเติบโตที่ดี ส่วนใหญ่มักเจอปัญหาว่า ควรให้น้ำแก่พืชเมื่อไรและปริมาณเท่าไร ดังนั้น การออกแบบระบบน้ำให้แก่พืช จำเป็นต้องทราบข้อมูล ดังนี้ (สราวุฒ, 2561)

1) ชนิดของดิน

จะเกี่ยวข้องในเรื่องของการซึมน้ำของดิน ซึ่งการซึมน้ำจะแตกต่างกันในแต่ละชนิดของดิน ชนิดของดินจะเป็นตัวกำหนดหัวจ่ายน้ำให้กระบบว่าควรจะมีจำนวนมากน้อยเท่าไร เช่น ดินประเภทเนื้อหยาบหรือดินทราย ลักษณะการซึมน้ำลึก ระบายน้ำดี การติดตั้งหัวจ่ายก็ควรอยู่ชิดหรือมีมากกว่า 1 จุดเพื่อให้วงเปียกของน้ำครอบคลุมเขตพื้นที่รากพืช ส่วนดินประเภทเนื้อละเอียดหรือดินเหนียว การซึมน้ำจะเป็นแบบแพร่กระจายออกด้านข้าง การซึมของน้ำจะยากกว่าดินเนื้อหยาบ ทำให้สามารถติดตั้งหัวจ่ายได้ห่างกันมากกว่าดินเนื้อหยาบ ดังนั้นชนิดของดินจะเป็นตัวพิจารณาระยะความถี่ห่างของหัวจ่ายน้ำ และระบบน้ำที่เหมาะสมกับพื้นที่

2) ชนิดของพืช

ระบบน้ำที่มีประสิทธิภาพต้องสามารถให้น้ำกับพืชในช่วงที่พืชต้องการ และยังคงเหมาะสมกับชนิดพืชด้วย จึงต้องทราบถึงปริมาณความต้องการน้ำของพืชในช่วงเวลาการเจริญเติบโตต่างๆ ตลอดอายุการปลูกพืช ซึ่งมีการศึกษาความต้องการน้ำหรือการใช้น้ำของพืช สามารถหาได้จากพืชเศรษฐกิจที่มีการศึกษาไว้ แต่ถ้าพืชที่ต้องการไม่มีการศึกษาไว้ ให้ใช้ค่าความต้องการน้ำของพืชที่มีความใกล้เคียงกันแทน ซึ่งค่าความต้องการน้ำหรือการใช้น้ำของพืช เป็นค่าแนะนำที่ง่ายต่อการนำไปใช้ โดยค่าจะแตกต่างกันไปตามสภาพภูมิอากาศในแต่ละพื้นที่ แต่ละฤดูกาล รูปแบบ และลักษณะการปลูกพืชของเกษตรกร

3) ปริมาณน้ำต้นทุนสำหรับการปลูกพืช

เป็นตัวกำหนดว่าระบบน้ำแบบไหนจะเหมาะสมกับพื้นที่ ซึ่งน้ำต้นทุนทางการเกษตรสามารถแบ่งได้ 2 ชนิด ได้แก่

(1) น้ำผิวดิน เป็นแหล่งน้ำประเภท ห้วย หนอง คลอง บึง หรือแหล่งน้ำที่อยู่บนผิวดิน ซึ่งต้นทุนน้ำประเภทนี้สามารถประเมินได้ ถ้าทราบขนาดที่ชัดเจนของแหล่งน้ำ

(2) น้ำใต้ดิน เป็นน้ำที่อยู่ลึกลงไปในดิน เช่น บ่อบาดาล ซึ่งการประเมินปริมาณน้ำต้องประเมินจากการสอบถาม หรือคำนวณจากการทดลองวัดปริมาณน้ำจากการสูบ ซึ่งแหล่งน้ำใต้ดินมีข้อควรระวังคือ การหมดของน้ำใต้ดิน หรือการซบซึมแทนที่กันของน้ำใต้ดินไม่ทันต่อการดูดใช้ เพราะน้ำใต้ดินแต่ละพื้นที่มีปริมาณไม่เท่ากัน

ข้อมูลเหล่านี้เป็นข้อมูลที่สำคัญที่จะช่วยในการออกแบบระบบน้ำให้เหมาะสมกับชนิดพืช ชนิดดินและปริมาณน้ำที่มีอยู่ อีกทั้งยังช่วยให้จัดรอบเวรการให้น้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ และสามารถจัดส่งน้ำได้ตามความต้องการของพืช

3.5.2 กำหนดการให้น้ำพืช

เป็นความถี่หรือรอบเวรของการให้น้ำในครั้งต่อไปหรือจากที่ให้ครั้งแล้ว โดยทั่วไปจะกำหนดเวลาที่ต้องให้น้ำแก่พืช โดยการพิจารณาจากจำนวนความชื้นที่พืชนำไปใช้ (Available Moisture) ที่ยังมีเหลืออยู่ในดิน เพราะจำนวนความชื้นดังกล่าวนี้เท่านั้นที่จะบอกว่าพืชขาดน้ำหรือไม่ การที่จะให้พืชมีการเจริญเติบโตที่ดี จะต้องควบคุมความชื้นในดินให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมอยู่เสมอ แต่ในการปลูกพืช การสูญเสีย น้ำ หรือความชื้นในดินเกิดได้หลายสาเหตุ เช่น การใช้น้ำของพืช การคายน้ำของพืช การระเหย เป็นต้น ทำให้ในการปลูกพืชต้องคอยสังเกต และเติมน้ำเข้าสู่ดิน เพื่อไปทดแทนในส่วนที่หายไป การเติมน้ำเข้าไปเรียกว่า กำหนดการให้น้ำของพืชหรือรอบของการให้น้ำ ซึ่งมีปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อดังนี้

1) ชนิดของพืชและความหนาแน่นของต้นพืช

พืชแต่ละชนิดมีความต้องการน้ำไม่เท่ากัน พืชรากสั้นต้องการน้ำและความชื้นในดินอยู่เสมอ ส่วนพืชรากยาวหรือรากลึกสามารถปล่อยให้ความชื้นในดินลดลงได้มากกว่า

2) ชนิดของดิน

สมบัติของดินแต่ละประเภท จะบอกถึงความหยابหรือละเอียดของดิน ที่มีผลต่อความสามารถในการดูดซับน้ำ การดูดซับธาตุอาหาร และปฏิกิริยาต่างๆ ที่เกิดขึ้นในดิน เนื้อดินเกิดจากการรวมตัวกันของชิ้นส่วนเล็กๆ ที่เรียกว่า อนุภาคของดิน โดยอนุภาคเหล่านี้มีขนาดที่ไม่เท่ากัน สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มดินทราย เป็นเนื้อดินที่มีอนุภาคขนาดทรายเป็นองค์ประกอบอยู่มากกว่าร้อยละ 85 โดยอนุภาคจะเกาะตัวกันหลวมๆ และมองเห็นเป็นเม็ดเดี่ยวๆ ได้ ความรู้สึกเมื่อสัมผัสดินที่แห้งจะรู้สึกสากมือ แต่เมื่อลองกำดินที่แห้งนี้ไว้ในอุ้งมือแล้วคลายมือออก ดินจะแตกออกจากกันได้ง่าย ถ้ากำดินที่อยู่ในสภาพชื้นจะสามารถทำให้เป็นก้อนหลวมๆ ได้ แต่พอสัมผัสจะแตกออกจากกันทันที ปกติเนื้อดินทรายเป็นดินที่มีการระบายน้ำและอากาศดีมาก แต่มีความสามารถในการอุ้มน้ำต่ำ น้ำซึมผ่านได้อย่างรวดเร็ว มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ได้แก่ ดินทราย และดินทรายปนดินร่วน กลุ่มเนื้อดินร่วน เป็นเนื้อดินที่ประกอบด้วยอนุภาคขนาดทราย ทรายแป้ง และดินเหนียวในปริมาณใกล้เคียงกัน เป็นดินที่มีเนื้อดินค่อนข้างละเอียดนุ่มมือ ในสภาพดินแห้งจะจับกันเป็นก้อนแข็งพอประมาณ ในสภาพดินชื้นดินจะยึดหยุ่นได้บ้าง เมื่อสัมผัสหรือคลึงดินจะรู้สึกนุ่มมือ แต่อาจรู้สึกสากมืออยู่บ้างเล็กน้อย แต่เมื่อกำดินให้แน่นในฝ่ามือแล้วคลายมือออก ดินจะจับกันเป็นก้อนไม่แตกออกจากกัน ดินร่วนเป็นดินที่มีความเหมาะสมสำหรับการเพาะปลูก เพราะไถพรวนง่าย มีการระบายน้ำและถ่ายเทอากาศดี และมักจะมีความอุดมสมบูรณ์ดี เนื้อดินที่อยู่ในกลุ่มนี้ ได้แก่ ดินร่วน ดินร่วนปนทราย ดินร่วนปนทรายแป้ง ดินร่วนเหนียว ดินร่วนเหนียวปนทราย ดินร่วนเหนียวปนทรายแป้ง และกลุ่มดินเหนียว เป็นเนื้อดินที่ประกอบด้วยอนุภาคขนาดดินเหนียวตั้งแต่ร้อยละ 40 ขึ้นไป เป็นดินที่มีเนื้อ

ละเอียด ในสภาพดินแห้งจะเกาะตัวกันเป็นก้อนแข็ง เมื่อเปียกน้ำแล้วจะมีความยืดหยุ่น สามารถปั้นเป็นก้อนหรือคลึงเป็นเส้นยาวได้ ลักษณะเหนียวติดมือ มีทั้งที่ระบายน้ำและอากาศดีและไม่ดี สามารถอุ้มน้ำ ดูดซับและแลกเปลี่ยนธาตุอาหารพืชได้ดี เมื่อดินแห้งจะแข็งมาก แต่เมื่อเปียกน้ำดินจะเหนียวติดเครื่องมือการเกษตรได้ เนื้อดินที่อยู่ในกลุ่มนี้ ได้แก่ ดินเหนียว ดินเหนียวปนทราย ดินเหนียวปนทรายแป้ง (กรมพัฒนาที่ดิน, 2558)

3) ภูมิอากาศ

ความร้อนหรืออุณหภูมิที่สูงขึ้นจะส่งผลต่อการระเหยของน้ำ และความชื้นในดินสูงขึ้น การคายน้ำของพืชก็สูงขึ้น ทำให้น้ำและความชื้นที่เป็นประโยชน์ต่อพืชลดลงอย่างรวดเร็ว

4) การคลุมหน้าดิน

เป็นการลดการสัมผัสของแสงแดดทำให้ลดความร้อนที่จะเกิดขึ้น ทำให้ลดอัตราการระเหยของน้ำในดิน ทั้งนี้ ถ้าความชื้นในดินลดลงเรื่อยๆ เกินกว่าที่พืชจะนำไปใช้ได้นั้น พืชจะแสดงอาการขาดน้ำ ยิ่งถ้าเกิดขึ้นในช่วงที่สำคัญต่อการเจริญเติบโต จะส่งผลกระทบต่อผลผลิตที่จะได้เป็นอย่างมาก ถ้ายังปล่อยให้ความชื้นในดินลดลงอย่างต่อเนื่องติดต่อกันนานจนถึงจุดหนึ่งที่เรียกว่า จุดเหี่ยวเฉา พืชจะไม่สามารถฟื้นสภาพได้แม้จะมีการให้น้ำหลังจากฟื้นจุดนี้ พืชก็จะตาย ดังนั้น การที่จะปลูกพืชให้ได้ผลผลิตที่ดี ควรต้องมีการให้น้ำแก่พืชให้เหมาะสม ไม่ให้ขาดน้ำในช่วงวิกฤตของการเจริญเติบโต

3.5.3 ปริมาณความต้องการน้ำของพืช

พืชแต่ละชนิดมีอัตราการใช้น้ำที่แตกต่างกัน อัตราการใช้น้ำจะบอกถึงปริมาณของน้ำที่พืชต้องการในแต่ละวัน ซึ่งบางตำราจะใช้หน่วยเป็นลูกบาศก์เมตรต่อไร่ เพื่อสะดวกในการนำไปคำนวณหาน้ำต้นทุน ซึ่งทำให้เกิดการสับสนกับค่าที่มีหน่วยเป็น มิลลิเมตรต่อวัน ดังนั้น ค่ามิลลิเมตรต่อวัน เป็นค่าของปริมาณน้ำที่ต้องเติมลงไปในเขตรากพืช เพื่อให้ดินมีความชื้นเพียงพอที่พืชจะนำไปใช้ได้ในแต่ละวัน การคิดอัตราการใช้น้ำของพืชจะใช้วิธีการคำนวณแบบง่ายๆ (สราวุฒ, 2561)

ความต้องการน้ำของพืชต่อวัน = พื้นที่เขตรากพืช (ขนาดของทรงพุ่ม) × อัตราการใช้น้ำของพืช

ตัวอย่างเช่น ต้องการปลูกพืชผัก ที่มีขนาดทรงพุ่ม 0.15 เมตร

อัตราการใช้น้ำของพืชผัก = 2.02 มิลลิเมตรต่อวัน

= 0.00202 มิลลิเมตรต่อวัน

(1 เมตร = 1000 มิลลิเมตร)

พื้นที่เขตรากพืชหรือพื้นที่ทรงพุ่ม = $\pi \times (\text{รัศมีของพื้นที่ทรงพุ่ม, } r)^2$

= $\pi \times r^2$

= $3.14 \times (0.075)^2$

= 0.0176 ตารางเมตร

$$\begin{aligned}
 \text{ปริมาณน้ำที่ต้องให้แก่พืช} &= 0.0176 \times 0.00202 \\
 &= 0.0000355 \text{ ลูกบาศก์เมตรต่อวัน} \\
 &\text{หรือ } 0.0355 \text{ ลิตรต่อวันต่อต้น}
 \end{aligned}$$

แสดงว่า ผัก 1 ต้นต้องการน้ำ 0.0355 ลิตรต่อวัน

สิ่งสำคัญสำหรับการออกแบบระบบน้ำ จะต้องเข้าใจว่า ปริมาณน้ำที่ต้องให้แก่พืชจะแตกต่างกันไปในแต่ละพื้นที่ และตามปัจจัยของการกำหนดการให้น้ำ ดังนั้น ปริมาณน้ำที่ต้องให้แก่พืชจะต้องพิจารณาจากสภาพพื้นที่การปลูกพืชจริง ซึ่งต้องเป็นไปตามเงื่อนไขของพื้นที่นั้นๆ ลักษณะดินเป็นปัจจัยร่วมในการพิจารณาเพื่อให้ระบบน้ำที่ออกแบบสามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

3.5.4 การออกแบบระบบน้ำหยด

การใช้ระบบน้ำหยด เป็นการใช้น้ำให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด เพราะเป็นการให้น้ำเฉพาะจุด ซึ่งได้รับความนิยมในพื้นที่ที่มีปริมาณน้ำต้นทุนน้อย หรือในพื้นที่ที่มีปัญหาเรื่องน้ำ ระบบน้ำหยดจะช่วยในเรื่องการขาดแคลนน้ำในการทำการเกษตรได้ เพราะใช้น้ำน้อย แต่พืชเจริญเติบโตได้ดี การออกแบบระบบน้ำหยดมีขั้นตอนดังนี้ (สราวุฒ, 2561)

1) การวางแผน เป็นขั้นตอนแรกของการออกแบบ โดยจะต้องทำการเตรียมข้อมูลจากแปลงที่ต้องการออกแบบ โดยเตรียมข้อมูล เช่น ข้อมูลพื้นที่ ข้อมูลน้ำต้นทุน ข้อมูลความลาดเอียงของพื้นที่ ขนาดของพื้นที่ ชนิดพืชที่ต้องการปลูก ระยะปลูกของพืช เป็นต้น

2) การวางแผนผัง จะเป็นตัวช่วยในการกำหนดตำแหน่งประตูน้ำ ตำแหน่งหัวจ่ายน้ำ การวางแนวท่อส่งน้ำ และแนวท่อกระจายน้ำ เพื่อให้เหมาะสมกับพื้นที่

3) การวางระบบท่อส่งน้ำ เป็นการจัดวางท่อส่งน้ำไปตามแนวท่อวางผังไว้แล้วเชื่อมเข้ากับหัวจ่ายน้ำ โดยจะมีการวางแนวท่อหลัก (Main line pipe) แล้วแยกเป็นท่อรอง เพื่อเชื่อมกับประตูน้ำสำหรับหัวจ่ายน้ำ

4) การเลือกขนาดท่อ (การหาอัตราการไหลเพื่อนำไปหาขนาดท่อและหัวจ่ายน้ำ) สามารถหาได้จากปริมาณน้ำไหลผ่านเทปน้ำหยดแต่ละแถว โดยคิดปริมาณน้ำไหลผ่านเทปน้ำหยดแต่ละเส้น คือ การหาปริมาณน้ำที่หยดจากรูหยด หรือหัวน้ำหยดทุกตัว ตลอดความยาวของเทปน้ำหยดที่ต้องการติดตั้งในเวลา 1 ชั่วโมง ตัวอย่างเช่น พื้นที่ 1 ไร่ มีจำนวนเทปน้ำหยด 80 แถว เทปน้ำหยดยาว 40 เมตร ระยะรูหยดหรือหัวหยด 0.3 เมตร อัตราการไหลที่ผู้ผลิตระบุ คือ 2 ลิตรต่อชั่วโมง จะได้ผลการคำนวณดังนี้

$$\begin{aligned}
 \text{จำนวนรูหยดหรือหัวหยดต่อเทปน้ำหยด 1 แถว} &= 40/0.3 &= 133.33 \text{ รูต่อหัวหยด} \\
 \text{ปริมาณน้ำไหลผ่านในเทปแต่ละเส้น} &= 133 \text{ รูต่อหัวหยด} \times 2 \text{ ลิตรต่อชั่วโมง} \\
 &= 266 \text{ ลิตรต่อชั่วโมง} \\
 \text{ปริมาณน้ำไหลผ่านในเทปน้ำหยดต่อเมน} &= 266 \text{ ลิตรต่อชั่วโมง} \times 80 \text{ แถว} \\
 &= 21,280 \text{ ลิตรต่อชั่วโมง}
 \end{aligned}$$

แสดงว่า ปริมาณน้ำที่ไหลผ่านท่อหลักจะได้ 21,280 ลิตรต่อชั่วโมง หรือ 21.28 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง การเลือกท่อจะใช้อัตราการไหลของท่อที่ผู้ผลิตระบุมาเปรียบเทียบ เพื่อหาปริมาณน้ำไหลผ่านที่ใกล้เคียงกับค่าที่คำนวณได้ ข้อพิจารณาควรเลือกท่อที่มีปริมาณน้ำไหลผ่านมีสูงกว่าค่าที่คำนวณได้ เพื่อการขยายพื้นที่ในอนาคต

5) การหาอัตราการตกของน้ำ (Precipitation Rates, PR) คือ อัตราการตกของน้ำที่ได้จากการให้น้ำ หรือการตกของน้ำที่ได้จากการเปิดให้น้ำต่อช่วงเวลาหนึ่งต่อพื้นที่รับน้ำ หน่วยเป็นมิลลิเมตรต่อชั่วโมง (mm/hr) และค่าที่ได้นำมาใช้ในการคิดเวลาเปิดให้น้ำในแต่ละวัน ซึ่งทำได้โดยการนำไปเปรียบเทียบกับปริมาณความต้องการน้ำของพืชในแต่ละวัน

ตัวอย่างเช่น พื้นที่ที่ใช้วางเทปน้ำหยดเป็นดินชนิดดินร่วนปนทราย มีอัตราการซึมน้ำปานกลาง จะมีอัตราการตกของน้ำที่มีลิเมตรต่อชั่วโมง โดยระยะระหว่างเทปน้ำหยดเท่ากับ 0.3 เมตร ระยะระหว่างแถว 0.75 เมตร อัตราการไหลของรูน้ำหยดของเทปน้ำเท่ากับ 2 ลิตรต่อชั่วโมง หรือ 0.002 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง โดยให้ค่าประสิทธิภาพของแบบน้ำหยดเท่ากับ 95 เปอร์เซ็นต์ จะได้ค่าอัตราการตกของน้ำ (PR) จากสมการ

$$\begin{aligned}\text{อัตราการตกของน้ำ (PR)} &= \frac{\text{อัตราการไหลใน 1 รู (ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง)} \times \text{ประสิทธิภาพน้ำหยด} \times 1000}{\text{ระยะระหว่างแถวเทปน้ำหยด} \times \text{ระยะระหว่างรูน้ำหยด (ตารางเมตร)}} \\ &= \frac{0.002 \times 0.95 \times 1000}{0.75 \times 0.3} \\ &= \frac{1.9 \text{ ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง}}{0.225 \text{ ตารางเมตร}} \\ &= 8.4 \text{ มิลลิเมตรต่อชั่วโมง}\end{aligned}$$

ดังนั้น อัตราการตกของน้ำมีค่าเท่ากับ 8.4 มิลลิเมตรต่อชั่วโมง

6) การหาเวลาในการให้น้ำ เป็นการหาเวลาสำหรับให้น้ำแก่พืช โดยนำอัตราการใช้น้ำของพืชมาเปรียบเทียบกับอัตราการตกของน้ำ (PR) ซึ่งเวลาในการเปิดให้น้ำจะแตกต่างกันตามชนิดของพืช ชนิดของระบบน้ำหยดและรูปแบบการวางระบบน้ำหยด การหาเวลาในการให้น้ำเมื่อทราบค่าอัตราการใช้น้ำของพืชและอัตราการตกของน้ำก็สามารถหาค่าเวลาในการให้น้ำได้จากสมการ

$$\text{เวลาในการเปิดน้ำ (ชั่วโมงต่อวัน)} = \frac{\text{อัตราการใช้น้ำของพืช (มิลลิเมตรต่อวัน) หรือ พืชใช้}}{\text{อัตราการตกของน้ำ (PR) (มิลลิเมตรต่อวัน) หรือ เราให้น้ำ}}$$

ตัวอย่างเช่น การหาเวลาในการให้น้ำในพืชผัก ที่อัตราการใช้น้ำ 2.02 มิลลิเมตรต่อวัน โดยแทนค่าในสมการ

$$\begin{aligned}\text{เวลาในการเปิดน้ำ (ชั่วโมงต่อวัน)} &= \frac{2.02 \text{ (มิลลิเมตรต่อวัน)}}{8.4 \text{ (มิลลิเมตรต่อชั่วโมง)}} \\ &= 0.24 \text{ ชั่วโมงต่อวัน หรือ } 14.4 \text{ นาทีต่อวัน}\end{aligned}$$

แสดงว่า เวลาในการให้น้ำในพืชผัก ที่อัตราการใช้น้ำ 2.02 มิลลิเมตรต่อวัน จะต้องเปิดน้ำให้พืชผักเป็นเวลาประมาณ 15 นาที ก็จะเพียงพอต่อการเจริญเติบโตของพืช

การออกแบบระบบน้ำให้เหมาะสมกับพืช จะต้องนำข้อมูลทั้งหมดมาประกอบการพิจารณา เพื่อเลือกรูปแบบที่เหมาะสมกับพื้นที่ และตอบสนองต่อการปลูกพืชให้เกิดประสิทธิภาพในการทำเกษตรกรรม

3.6 การไหลภายในท่อปิด

เป็นการไหลของของเหลวภายในท่อที่มีการปิดล้อมทุกด้านและการไหลเต็มพื้นที่หน้าตัดของท่อ ไม่มีผิวอิสระอยู่ด้านบนของหน้าตัดการไหล และไหลภายใต้ความดันตลอดช่วง ซึ่งการไหลในท่อปิดจะเป็นกลศาสตร์ของไหลที่ประกอบด้วย

3.6.1 พฤติกรรมการไหลภายในท่อ

การไหลจะมีพฤติกรรมการไหลภายในท่อได้ 3 ลักษณะ ได้แก่ การไหลแบบราบเรียบ การไหลแบบปั่นป่วน และการไหลในช่วงการแปรเปลี่ยน

1) การไหลแบบราบเรียบ (Laminar flow)

เป็นการไหลแบบราบเรียบ ที่เกิดกับการไหลของของเหลวที่มีความหนืดสูง ความเร็วในการไหลต่ำ

2) การไหลแบบปั่นป่วน (Turbulent flow)

เป็นการไหลแบบปั่นป่วน ที่เกิดกับการไหลของของเหลวที่ความหนืดต่ำ ความเร็วในการไหลสูง

3) การไหลในช่วงการแปรเปลี่ยน (Transition flow)

เป็นการไหลในช่วงการแปรเปลี่ยนจากการไหลแบบราบเรียบไปเป็นการไหลแบบปั่นป่วน ซึ่งเป็นช่วงที่ไม่สามารถคาดเดาพฤติกรรมของการไหลได้

พฤติกรรมการไหลทั้ง 3 ลักษณะยังสอดคล้องกับค่าของกลุ่มตัวแปรไร้มิติกลุ่มหนึ่ง ซึ่งเรียกว่า ตัวเลขเรย์โนลด์ หรือเรย์โนลด์ นัมเบอร์ (Reynolds Number, Re) โดยมีค่าแสดงดังนี้

$$\begin{aligned}\text{ถ้า } Re &< 2,100 && \text{แสดงว่าเป็นการไหลแบบราบเรียบ} \\ 2,100 &< Re < 4,000 && \text{แสดงว่าเป็นการไหลในช่วงแปรเปลี่ยน} \\ Re &> 4,000 && \text{แสดงว่าเป็นการไหลแบบปั่นป่วน}\end{aligned}$$

สำหรับการไหลของของเหลวในระบบท่อส่วนใหญ่จะเป็นการไหลแบบปั่นป่วน นั่นคือ $Re > 4,000$ ซึ่งเรย์โนลด์ นัมเบอร์ของการไหลในท่อกลมสามารถคำนวณได้จากสมการ

$$Re = \frac{\rho v D}{\mu}$$

โดย Re คือ เรย์โนลด์ นัมเบอร์

ρ คือ ความหนาแน่นของการไหล (กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)

v คือ ความเร็วเฉลี่ยของการไหล (เมตรต่อวินาที)

D คือ เส้นผ่านศูนย์กลางท่อ (เมตร)

μ คือ ความหนืดสมบูรณ์ (นิวตัน-วินาทีต่อตารางเมตร)

v คือ ความหนืดจลน์ (ตารางเมตรต่อวินาที)

3.6.2 การไหลบริเวณปากทางเข้าของท่อ

เมื่อของไหลเดินทางมาถึงจุดเชื่อมต่อระหว่างท่อกับบ่อพักหรืออ่างน้ำ ก่อนที่ของไหลจะเดินทางเข้าสู่ภายในท่อ อนุภาคของของไหลบนหน้าตัดใดๆ จะเคลื่อนตัวด้วยความเร็วเท่าๆ กัน เนื่องจากยังได้ถูกรบกวนจากผนังท่อ แต่เมื่อของไหลเดินทางเข้าสู่ภายในท่อ อนุภาคของไหลจะถูกรบกวนจากแรงเสียดทานจากผนังท่อทำให้อนุภาคที่อยู่ติดกับผนังมีความเร็วลดลงจนเป็นศูนย์ ส่วนอนุภาคที่อยู่ถัดๆ ไปความเร็วก็จะลดลงตามลำดับ ซึ่งในช่วงเริ่มต้นอนุภาคที่อยู่กึ่งกลางท่อจะไม่ได้รับผลกระทบ แต่เมื่อของไหลเดินทางต่อไปผลกระทบจากผนังจะขยายตัวเข้าสู่กึ่งกลาง จากนั้นอนุภาคของไหลจะมีการปรับตัวอย่างต่อเนื่อง จนสุดท้ายเข้าสู่สภาวะสมดุล โดยระยะทางในช่วงการปรับตัว เรียกว่า ช่วงทางเข้า โดยการไหลบริเวณปากทางเข้าท่อจะแบ่งได้ 2 ลักษณะ (สุนทร, 2563)

1) การไหลบริเวณปากทางเข้าของท่อในสภาวะการไหลแบบราบเรียบ

เป็นช่วงการไหลที่ได้รับผลกระทบจากปากทางเข้าท่อ ซึ่งจะเริ่มจากปากทางเข้าต่อเนื่องไปจนกระทั่งสิ้นสุดการปรับตัว เรียกว่าความยาวช่วงทางเข้า (Entrance length, L_e) ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการ

$$L_e = 0.06D Re$$

โดยที่ L_e คือ ความหนาแน่นของการไหล (เมตร)

Re คือ เรย์โนลด์ นัมเบอร์

D คือ เส้นผ่านศูนย์กลางท่อ (เมตร)

2) การไหลบริเวณปากทางเข้าของท่อในสภาวะการไหลแบบปั่นป่วน

เป็นการไหลเมื่อเริ่มถูกรบกวนจากผนัง ผลกระทบจากแรงเสียดทานจากผนังจะเริ่มขยายตัวไปพร้อมๆ กับการปรับความเร็ว และเมื่อการไหลถูกรบกวนทั่วทั้งหน้าตัด การปรับตัวจะดำเนินต่อไปอีกระยะหนึ่ง แต่เนื่องจากการไหลแบบปั่นป่วนมีความไม่แน่นอน ถึงการปรับตัวจะสิ้นสุดลงแต่สภาพการไหลยังคงเปลี่ยนแปลงต่อเนื่องไปอีกระยะหนึ่งจนเข้าสู่ระยะคงที่ ซึ่งความยาวช่วงทางเข้า (L_e) ของการไหลแบบปั่นป่วน สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$L_e = 4.4D (R_e^{1/6})$$

โดยที่ L_e คือ ความหนาแน่นของการไหล (เมตร)

R_e คือ เรย์โนลด์ นัมเบอร์

D คือ เส้นผ่านศูนย์กลางท่อ (เมตร)

3.6.3 การสูญเสียพลังงานหลัก

เป็นการสูญเสียพลังงานที่เกิดจากผลของแรงเสียดทานจากผลของความหนืดของการไหล และแรงเสียดทานระหว่างของไหลกับผนังท่อ โดยการสูญเสียเฮดนั้นขึ้นอยู่กับขนาดของท่อ ความยาวท่อ ลักษณะพื้นผิวของวัสดุที่ใช้ทำท่อ ความหนืดของของไหล และความเร็วในการไหล โดยการสูญเสียพลังงานหลักจะแบ่งได้ 2 ลักษณะ

1) การสูญเสียพลังงานหลักในสภาวะการไหลแบบราบเรียบ

เป็นการไหลแบบคงที่ราบเรียบในท่อกลมมีลักษณะการไหลแบบช้าๆ ไม่มีความเร่งต่ออนุภาคของของไหล โดยคำนวณจากตัวประกอบความเสียดทานของดาร์ซี-ไวส์บาค (Darcy-Weisbach friction factor) จะได้

$$f = \frac{64}{R_e}$$

โดย f คือ ความเสียดทาน

R_e คือ เรย์โนลด์ นัมเบอร์

2) การสูญเสียพลังงานหลักในสภาวะการไหลแบบปั่นป่วน

เป็นการไหลแบบคงที่ราบเรียบในท่อกลมเช่นกัน แต่การสูญเสียพลังงานจะเอาความขรุขระสัมพัทธ์ และตัวแปรอื่นๆ เช่น ความหนาแน่นของของไหล ความหนืด ความเร็วเฉลี่ยในการไหล และขนาดท่อ มาประกอบการหาการสูญเสียพลังงานหลักสภาวะการไหลแบบปั่นป่วน โดยคำนวณจากตัวประกอบความเสียดทาน

$$\frac{1}{\sqrt{f_D}} = 1.14 - 2 \log \left(\frac{\epsilon}{D} + \frac{9.35}{R_e \sqrt{f_D}} \right)$$

โดย f_D คือ ความเสียดทานแบบปั่นป่วน

ϵ/D คือ ความขรุขระสัมพัทธ์

R_e คือ เรย์โนลด์ นัมเบอร์

3.6.4 การสูญเสียพลังงานรอง

เป็นการสูญเสียพลังงานในจุดที่มีการเปลี่ยนแปลงขนาดหรือทิศทางของความเร็วอย่างฉับพลัน ซึ่งจะเกิดบริเวณที่มีของไหลไหลผ่านอุปกรณ์ประกอบท่อต่างๆ เช่น วาล์ว ข้อต่อ ข้อลด เป็นต้น การสูญเสีย

พลังงานรองจะขึ้นอยู่กับ การเปลี่ยนแปลงความเร็วของการไหลในอุปกรณ์นั้นๆ และเฮดความเร็ว ดังนั้นการคำนวณการสูญเสียพลังงานรอง สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$h_m = K \left(\frac{v^2}{2g} \right)$$

โดย h_m คือ การสูญเสียพลังงานรอง

K คือ ค่าคงที่ หาได้จากการทดลองหรือการวิเคราะห์ทางคณิตศาสตร์

v คือ เฮดความเร็ว

g คือ ความเร่งเนื่องจากความโน้มถ่วงของโลก

3.6.5 สมการเบอร์นูลลี (Bernoulli equation)

เป็นสมการของความต่อเนื่อง อัตราเร็วของการไหล สามารถเปลี่ยนแปลง ได้ตามเส้นทาง การไหล ความดันก็สามารถเปลี่ยนแปลงได้เช่นกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความสูง (หรือความลึก) เช่นเดียวกันกับในของไหลสถิต และความดันก็ขึ้นอยู่กับอัตราเร็วของการไหลด้วย เราจะหาความสัมพันธ์ระหว่างความดัน อัตราเร็วของการไหลและความสูง สำหรับของไหลอุดมคติที่บีบอัดไม่ได้ (ideal and incompressible fluid) และการไหลเป็นแบบคงที่เมื่อมีของไหลที่บีบอัดไม่ได้ไหลอยู่ภายในท่อ ซึ่งมีขนาดของพื้นที่หน้าตัดแต่ละบริเวณเปลี่ยนแปลงไป อัตราเร็วของการไหล ก็จะเปลี่ยนแปลงไปด้วย นั่นคือแต่ละส่วนของของไหลจะต้องมีความเร่ง หรือความหน่วง แล้วแต่กรณี ของไหลที่อยู่รอบ ๆ ออกแรงกระทำให้เกิดความเร่งนี้ นั่นหมายความว่า ความดันจะต้องมีค่าต่างกันที่ตำแหน่งต่าง ๆ กัน เพราะถ้าความดันเท่ากันหมดทุกที่ แรงสุทธิที่กระทำกับทุก ๆ ส่วนของของไหลจะเป็นศูนย์ ทำให้ไม่เกิดความเร่ง หรืออัตราเร็วจะคงที่ที่ทุกจุดซึ่งขัดแย้งกับข้างต้น เมื่อของไหลส่วนหนึ่งมีอัตราเร็วเพิ่มขึ้น คือไหลเร็วขึ้น มันจะต้องเคลื่อนที่ มาจากบริเวณที่มีความดันมากกว่ามายังบริเวณที่มีความดันน้อยกว่า เพื่อที่จะทำให้มีแรงสุทธิขนาดหนึ่งในการเร่งมัน สรุปได้ว่า เมื่อพื้นที่หน้าตัดของของไหลในท่อ มีการเปลี่ยนขนาด ความดันจะต้องมีค่าเปลี่ยนไปด้วยถึงแม้ว่าทั้งสองบริเวณจะอยู่ที่ระดับสูงเดียวกัน ถ้ามันอยู่คนละระดับก็จะยิ่งช่วยเพิ่มความแตกต่างระหว่างความดันที่สองบริเวณ ดังนั้นผลรวมของความดัน พลังงานจลน์ต่อหนึ่งหน่วยปริมาตร และพลังงานศักย์โน้มถ่วงต่อหนึ่งหน่วยปริมาตร ณ ตำแหน่งใดๆ ภายในท่อที่มีของไหลผ่าน มีค่าคงตัวเสมอ ถ้าระดับคงตัวเมื่อของไหลมีอัตราเร็วเพิ่ม ความดันของของไหลจะลด และเมื่อของไหลมีอัตราเร็วลดลง ความดันของของไหลจะเพิ่มขึ้น ซึ่งการคำนวณพลังงานการไหลของของไหลได้มีการพัฒนาจนสามารถคำนวณได้จากสมการเบอร์นูลลีประยุกต์ (สุนทร, 2563)

$$\frac{P_1}{\rho g} + \frac{v_1^2}{2g} + Z_1 = \frac{P_2}{\rho g} + \frac{v_2^2}{2g} + Z_2 + \sum \left(\frac{fL}{D} \frac{v^2}{2g} \right) + \sum K \left(\frac{v^2}{2g} \right)$$

โดย P คือ ความดัน (นิวตันต่อตารางเมตร)

ρ คือ ความหนาแน่นของการไหล (กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)

g คือ ความเร่งเนื่องจากความโน้มถ่วงของโลก

v คือ ความเร็วเฉลี่ยของการไหล (เมตรต่อวินาที)

Z คือ ความสูง (เมตร)

f คือ ความเสียดทาน

L คือ ความยาวของท่อ (เมตร)

D คือ เส้นผ่านศูนย์กลางท่อ (เมตร)

k คือ ค่าสัมประสิทธิ์การสูญเสียพลังงานรอง

3.6.6 อัตราการไหล (Volume flow rate, Q)

เป็นปริมาณของของไหล ซึ่งไหลผ่านท่อหรือช่องการไหลใดๆ ในหนึ่งหน่วยเวลา โดยปริมาณการไหลที่กำลังเคลื่อนที่อาจจะแสดงได้ 3 รูปแบบ (กิริติ, ม.ป.ป.) คือ

- 1) อัตราการไหลโดยปริมาตร (Volume flow rate, Q) ซึ่งเป็นการไหลโดยปริมาตรต่อหน่วยเวลา สามารถคำนวณได้จาก สมการ

$$Q = Av$$

โดย Q คือ อัตราการไหลโดยปริมาตร (ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที)

A คือ พื้นที่หน้าตัด ซึ่งตั้งฉากกับทิศทางการไหล (ตารางเมตร)

v คือ ความเร็วในการไหล (เมตรต่อวินาที)

- 2) อัตราการไหลโดยน้ำหนัก (Weight flow rate, W) ซึ่งเป็นการไหลของของไหลโดยน้ำหนักต่อหนึ่งหน่วยเวลา สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$W = \gamma A v = \gamma Q$$

โดย W คือ อัตราการไหลโดยน้ำหนัก (นิวตันต่อวินาที)

γ คือ น้ำหนักจำเพาะของของไหล (นิวตันต่อลูกบาศก์เมตร)

Q คือ อัตราการไหลโดยปริมาตร (ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที)

- 3) อัตราการไหลโดยมวล (Mass flow rate, M) ซึ่งเป็นการไหลของของไหลโดยมวลต่อหนึ่งหน่วยเวลา สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$M = \rho A v = \rho Q$$

โดย M คือ อัตราการไหลโดยมวล (กิโลกรัมต่อวินาที)

ρ คือ ความหนาแน่นของการไหล (กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)

Q คือ อัตราการไหลโดยปริมาตร (ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที)

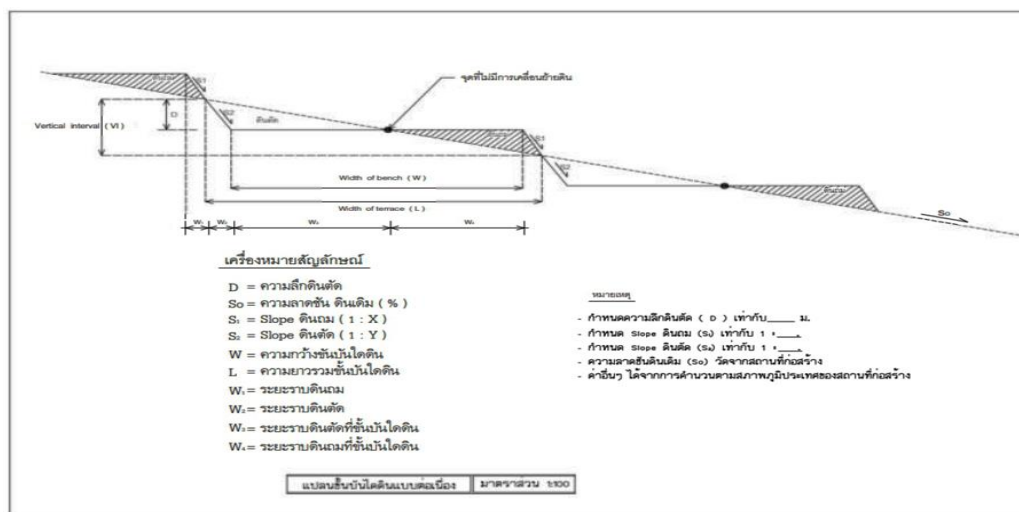
3.7 ขั้นบันไดดิน

ขั้นบันไดดินสำหรับปลูกพืช (Bench terrace) เป็นมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำที่ก่อสร้างขึ้นเพื่อต้องการตัดความยาวของความลาดเทให้มีส่วนสั้น ๆ โดยปรับพื้นที่ให้เป็นขั้น ๆ คล้ายขั้นบันไดเพื่อลดความรุนแรงของการชะล้างพังทลายของดินจากปริมาณน้ำไหลบ่า และใช้พื้นที่ราบขั้นบันไดเป็นพื้นที่เพาะปลูกพืช ดังนั้นขั้นบันไดดินสำหรับปลูกพืชจึงเป็นมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำที่มีความเหมาะสมที่จะดำเนินการก่อสร้างในทุกสภาพพื้นที่หรือพื้นที่ที่มีปัญหาน้ำไหลบ่าหน้าดินมากัดเซาะผิวดินจนเกิดการชะล้างพังทลายของดิน ทำให้ดินสูญเสียความอุดมสมบูรณ์ แนวขั้นบันไดสำหรับปลูกพืช มีอยู่ ๒ แบบ ได้แก่

ก. ขั้นบันไดดินสำหรับปลูกพืชแบบระดับ จะมีระดับเดียวกันตลอดแนวเพื่อเก็บกักน้ำและตะกอนดินไม่ให้ถูกพัดพาออกจากพื้นที่ ขั้นบันไดดินแบบนี้เหมาะสำหรับพื้นที่ที่มีฝนตกในปริมาณที่น้อยไปจนถึงปานกลาง เพราะจะช่วยรักษาระดับความชื้นและมีพื้นที่ที่จะดูดซับน้ำฝนได้มาก

ข. ขั้นบันไดดินสำหรับปลูกพืชแบบลดระดับ ลักษณะการก่อสร้างเหมือนกับแบบระดับ เพียงแต่แนวที่ขุดจะมีการลดระดับ ๓ ถึง ๕ เซนติเมตร ต่อระยะความยาว ๑๐ เมตร เพื่อลดการพังทลายของดินโดยการระบายน้ำออกจากพื้นที่ ทำให้อัตราการไหลของน้ำไหลบ่าหน้าดินช้าและน้ำจะค่อยไหลลงสู่ทางระบายน้ำตามธรรมชาติ (สุชาติ, 2554)

ในกรณีพื้นที่ที่มีความลาดเทไม่สูงมาก การก่อสร้างขั้นบันไดดินสำหรับปลูกพืช สามารถเลือกความกว้างของขั้นบันไดดินที่มีขนาดเหมาะสมต่อการปลูกพืช หรือทำแปลงขนาดความกว้างต่าง ๆ ได้ และพื้นที่เพาะปลูกบนขั้นบันไดดินสามารถใช้เครื่องจักรกลทำการไถพรวนพื้นที่ได้ ส่วนขนาดของขั้นบันไดดินจะใช้การคำนวณจากคู่มือมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำทางวิธีการของกรมพัฒนาที่ดิน (ภาพที่ 6) โดยใช้ค่าความลาดชันของพื้นที่มาคำนวณ (กรมพัฒนาที่ดิน, 2564)



ภาพที่ 6 ภาพขั้นบันไดดินแบบต่อเนื่องและวิธีการคำนวณขนาดของขั้นบันไดดิน

ที่มา: กรมพัฒนาที่ดิน (2564)

บทที่ 4

ผลการศึกษา

การเพิ่มศักยภาพการผลิตพืช จำเป็นต้องมีการศึกษาข้อมูลเบื้องต้นของพื้นที่ดำเนินการ ก่อนที่จะประเมินแนวทางในการปรับปรุงและการจัดการพื้นที่ เพื่อให้เหมาะสมกับการปลูกพืชและแนวทางการดำเนินงานของศูนย์พัฒนาโครงการหลวง ซึ่งการศึกษาได้ดำเนินการในพื้นที่ ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองเขียว ตำบลเมืองนะ อำเภอเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่ และเป็นพื้นที่ที่มีการจัดระบบอนุรักษ์ดินและน้ำแบบขั้นบันไดดินต่อเนื่อง ซึ่งในขณะนั้นการก่อสร้างได้ดำเนินการตามความต้องการของศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองเขียว โดยมีการกำหนดความกว้างของพื้นที่หน้าตัดกว้าง 10-12 เมตร เพื่อให้สามารถจัดวางโรงเรือนเพาะปลูกพืชในพื้นที่ได้

4.1 ผลการศึกษาข้อมูลพื้นฐานและการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ดำเนินการ

พื้นที่ดำเนินการตั้งอยู่หมู่บ้านหนองเขียวลี้ะ ตำบลเมืองนะ อำเภอเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่ มีพื้นที่ดำเนินการประมาณ 9 ไร่ เป็นพื้นที่การเกษตรของศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองเขียวที่ใช้เป็นแปลงให้สมาชิกมาใช้ประโยชน์ที่ดินร่วมกัน อยู่ในเขตพื้นที่รับผิดชอบของศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองเขียว ดังแสดงไว้ในภาพที่ 1 สภาพพื้นที่เป็นลูกคลื่นลอนลาดจนถึงลูกคลื่นลอนชัน พื้นที่ที่มีความลาดชันระหว่าง 2-8 เปอร์เซ็นต์ (ภาพที่ 5) พื้นที่ดำเนินการได้มีการจัดระบบอนุรักษ์ดินและน้ำแบบขั้นบันไดดินแบบต่อเนื่อง เพื่อป้องกันการชะล้างพังทลายของดินมาก่อน ในพื้นที่มีอ่างเก็บน้ำของกรมชลประทานขนาด 25,000 ลูกบาศก์เมตร (ภาพภาคผนวกที่ 1)

การใช้ประโยชน์ในพื้นที่ มีการปลูกพืชไร่ เช่น ข้าวไร่ ข้าวโพด และถั่วดำ เนื่องจากปลูกได้เฉพาะฤดูฝนประมาณ 3-4 เดือน หลังจากนั้นพื้นที่จะถูกปล่อยร้าง ส่วนการถือครองพื้นที่ เป็นการจัดสรรของศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองเขียว สามารถให้สมาชิกทำการเพาะปลูกพืช และส่งผลผลิตจำหน่ายให้โครงการหลวง

ทรัพยากรดิน จัดอยู่ในกลุ่มชุดดินที่ 29 เป็นชุดดินพบพระ การระบายน้ำดี การซึมผ่านได้ของน้ำปานกลางถึงเร็ว เป็นดินสีเทาเข้ม เนื้อดินบนเป็นดินร่วนปนดินเหนียว สีน้ำตาลแดงเข้ม ปฏิกิริยาดินเป็นกรดปานกลาง ดินมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ อินทรีย์วัตถุในดินต่ำ ถูกชะล้างพังทลายได้ง่าย

สำหรับพื้นที่ดำเนินการ ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองเขียว ต้องการระบบกระจายน้ำ เพื่อใช้ในการผลิตพืชส่งเสริมของศูนย์ที่ได้รับจัดสรรปริมาณการผลิตจากฝ่ายการตลาดของโครงการหลวง ซึ่งพื้นที่มีการใช้ประโยชน์เฉพาะฤดูปลูก จากนั้นก็ไม่ได้ใช้ประโยชน์พื้นที่ โดยพื้นที่ได้มีการจัดระบบอนุรักษ์ดินและน้ำแบบขั้นบันไดดินต่อเนื่องมานานแล้ว ซึ่งการจัดระบบดังกล่าวมีการลงทุนค่อนข้างสูง แต่กลับสามารถปลูกพืชได้แค่ครั้งเดียว ดังนั้นศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองเขียวจึงต้องการใช้พื้นที่ให้เกิดประโยชน์อย่างต่อเนื่อง โดย

ต้องการระบบกระจายน้ำสำหรับวางแผนผลิตพืชในช่วงนอกฤดูปลูก สำหรับพืชที่โครงการหลวงต้องการส่งเสริม ได้แก่ ผักกะหล่ำปลี และผักกาดขาวปลี

ตารางที่ 4 การปลูกพืชในพื้นที่ศึกษาของศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองเขียว

พืช	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
ข้าวโพด												
กะหล่ำปลี												
ผักกาดขาว												
ปลี												

ฤดูปลูก 2563
 ฤดูปลูก 2564

4.2 ผลการศึกษาการประเมินการใช้น้ำของพืช ในพื้นที่ดำเนินการศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองเขียว

พืชส่งเสริมของโครงการหลวงที่จะใช้ในการเปลี่ยนแปลงการปลูกพืชในพื้นที่ ได้แก่ กะหล่ำปลีและผักกาดขาวปลี โดยพืชทั้ง 2 ชนิดนี้ ไม่มีการวัดค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำ จึงต้องใช้พืชใกล้เคียงคือ กะหล่ำดอก เพราะกะหล่ำปลีและผักกาดขาวปลี เป็นพืชตระกูลเดียวกันกับกะหล่ำดอก จึงสามารถใช้ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของกะหล่ำดอกแทนได้ จึงทำให้พืชทั้ง 2 ชนิด มีค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำที่ 1.15 มิลลิเมตรต่อวัน ทั้ง 2 พืช (ตารางภาคผนวกที่ 1) โดยการประเมินการใช้น้ำของพืชจะประเมินเฉพาะนอกฤดูปลูกเท่านั้น เนื่องจากต้องการออกแบบระบบกระจายน้ำสำหรับใช้ในช่วงที่มีการขาดแคลนน้ำ โดยจะประเมินในช่วงที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองเขียวต้องการผลผลิตพืชเพิ่มเติมจากฤดูปลูกปกติ คือในช่วงระหว่างเดือนกันยายนถึงเดือนกุมภาพันธ์ ซึ่งจะประเมินอัตราการใช้น้ำ ตามรอบของการปลูกพืชแต่ละรอบ ได้แก่ รอบที่ 1 เดือนกันยายนถึงเดือนพฤศจิกายน ส่วนรอบที่ 2 เดือนธันวาคมถึงเดือนกุมภาพันธ์

การประเมินอัตราการใช้น้ำของพืช ในช่วงนอกฤดูปลูก

ประเมินค่าศักยภาพการคายระเหยของพื้นที่ โดยใช้สมการ Hargreaves สำหรับช่วงนอกฤดูปลูก (เดือนกันยายน ถึง กุมภาพันธ์) ใช้ข้อมูลอุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุด ของสถานีอุตุนิยมวิทยาอ่างาง มาคำนวณในสมการ Hargreaves จะได้ค่าศักยภาพการคายระเหยของพื้นที่ (ตารางภาคผนวกที่ 2) พบว่า ในรอบการปลูกเดือนกันยายน ถึงเดือนพฤศจิกายน ค่าศักยภาพการคายระเหยของพื้นที่จะมีค่า 1.77 1.24 และ 1.35 มิลลิเมตรต่อวันตามลำดับ เมื่อนำไปคูณกับค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช อัตราการใช้น้ำต่อวันจะมีค่า 2.04 1.43 และ 1.55 มิลลิเมตรต่อวัน โดยอัตราใช้น้ำสูงสุดในรอบการปลูกเท่ากับ 2.04 มิลลิเมตรต่อวัน ส่วนในรอบการปลูกเดือนธันวาคมถึงเดือนกุมภาพันธ์ ค่าศักยภาพการคายระเหยของพื้นที่จะมีค่า 1.28 1.36 และ 1.68 มิลลิเมตร

ต่อวันตามลำดับ เมื่อนำไปคูณกับค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช อัตราการใช้น้ำต่อวันจะมีค่า 1.47 1.56 และ 1.93 มิลลิเมตรต่อวัน โดยอัตราใช้น้ำสูงสุดในรอบการปลูกเท่ากับ 1.93 มิลลิเมตรต่อวัน ดังนั้นในการประเมินอัตราการใช้น้ำของพืชที่จะใช้ในการออกแบบระบบ จะใช้ค่าสูงสุดมาคำนวณในการออกแบบระบบ (ตารางที่ 5)

ตารางที่ 5 อัตราการใช้น้ำของพืชในพื้นที่ดำเนินการ

เดือน	ค่าศักยภาพการคายระเหย (มิลลิเมตรต่อวัน)	สัมประสิทธิ์การใช้น้ำ	อัตราการใช้น้ำ ของพืช (มิลลิเมตรต่อวัน)	อัตราการใช้น้ำของพืช สูงสุดต่อรอบการปลูก (มิลลิเมตรต่อวัน)
กันยายน	1.77	1.15	2.04	2.04
ตุลาคม	1.24	1.15	1.43	
พฤศจิกายน	1.35	1.15	1.55	
ธันวาคม	1.28	1.15	1.47	
มกราคม	1.36	1.15	1.56	
กุมภาพันธ์	1.68	1.15	1.93	1.93

4.3 การประเมินความเป็นประโยชน์ของน้ำในดินและรอบของการให้น้ำ

การประเมินความเป็นประโยชน์ของน้ำในดินจะใช้ลักษณะดินบนของพื้นที่ในการประเมิน ซึ่งพื้นที่ดำเนินการลักษณะดินเป็นดินร่วนปนดินเหนียว โดยปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ ตามประเภทของเนื้อดิน จะอยู่ที่ 0.210 เมตรต่อความลึกของดิน 1 เมตร (ตารางภาคผนวกที่ 3) แสดงว่า ในความลึกของการปลูกพืชผักที่ระบบรากลึกประมาณ 0.150 เมตร ความเป็นประโยชน์ของน้ำจะอยู่ที่ 0.0315 เมตร สำหรับการปลูกพืชผักนั้นจะยอมให้น้ำที่เป็นประโยชน์ในการเจริญเติบโตหายไปได้ 20 เปอร์เซ็นต์ของความเป็นประโยชน์ของน้ำใน ความลึกดินที่ปลูก (สมปอง, 2556) แสดงว่า ในเนื้อดินชนิดดินร่วนปนดินเหนียว ที่สามารถยอมให้น้ำที่เป็นประโยชน์ลดลงไปได้ 20 เปอร์เซ็นต์ของน้ำที่เป็นประโยชน์ทั้งหมดในการเจริญเติบโต (ภาพภาคผนวกที่ 3) ดังนั้นการคำนวณ 20 เปอร์เซ็นต์ของความลึกดินที่เป็นประโยชน์ 0.0315 เมตร จะมีค่าเท่ากับ 0.0063 เมตร (6.3 มิลลิเมตร) ซึ่งเท่ากับปริมาณน้ำ 0.1418 ลิตร (ตารางภาคผนวกที่ 4) ดังนั้นเมื่อพื้นที่มีอัตราการใช้น้ำของพืชอยู่ที่ 0.0020 เมตรต่อวัน (2.00 มิลลิเมตร) หนึ่งวัน น้ำที่เป็นประโยชน์ต่อพืชจะหายไป 0.0020 เมตร ซึ่งเท่ากับปริมาณน้ำ 0.0450 ลิตร ขณะที่น้ำที่เป็นประโยชน์จะยอมให้ลดลงได้ไม่เกิน 0.0063 เมตร ดังนั้นเมื่อน้ำหายไปมีค่าใกล้เคียงกับ 0.0063 เมตร จะต้องมีการเติมน้ำเพื่อชดเชยให้กับน้ำในดินที่สูญเสียไป ให้กลับมาเท่ากับ 0.0063 เมตร ซึ่งก็คือรอบของการให้น้ำของพืช (จำนวนวันของการให้น้ำแก่พืช) (ตารางที่ 6)

ตารางที่ 6 การวิเคราะห์ปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์และรอบการให้น้ำของพืชแต่ละชนิด

พืช	พื้นที่ ครอบคลุม ทรงพุ่ม	ความลึก ของราก	ความลึก ของน้ำที่ เป็น ประโยชน์	ปริมาณน้ำ ทั้งหมดที่ เป็น ประโยชน์	อัตราการใช้น้ำ ของพืช	ปริมาณน้ำ ที่ใช้ต่อวัน	รอบ การ ให้น้ำ
	ตารางเมตร	เมตร	เมตร	ลิตร	เมตรต่อวัน	ลิตรต่อวัน	วัน
กะหล่ำปลี	0.0225	0.15	0.0063	0.1418	0.0020	0.0450	3.15
ผักกาดขาวปลี	0.0225	0.15	0.0063	0.1418	0.0020	0.0450	3.15

จะเห็นได้ว่า รอบของการให้น้ำของพืชทั้งกะหล่ำปลี และผักกาดขาวปลี ในการคำนวณสำหรับการออกแบบ จะใช้อัตราการใช้น้ำที่สูงที่สุดในช่วงที่จะทำการเกษตรในการประเมินระยะรอบของการให้น้ำ จึงใช้อัตราการใช้น้ำของพืชที่ 0.0020 เมตรต่อวัน (2.00 มิลลิเมตร) ซึ่งมีค่าเท่ากัน คือ 3.15 วัน (ประมาณ 3 วัน) ดังนั้นทุก 3 วันของการปลูกกะหล่ำปลี และผักกาดขาวปลี จะต้องมีการให้น้ำแก่พืชหนึ่งครั้ง เพื่อให้พืชสามารถเจริญเติบโตได้ดี ดังนั้นการปลูกพืชนอกฤดูปลูกจะต้องมีการหาปริมาณน้ำที่ตอบสนองต่อความต้องการของพืชทั้ง 2 ชนิด ในแต่ละรอบของการปลูก เพื่อใช้พิจารณาออกแบบระบบให้น้ำแก่พืชให้มีปริมาณเหมาะสมกับความต้องการของพืชและพื้นที่

ความต้องการน้ำของพืชส่งเสริมในรอบการปลูกเดือนกันยายน ถึงเดือนพฤศจิกายน

พบว่า การปลูกกะหล่ำปลี และผักกาดขาวปลี มีอัตราการใช้น้ำ 0.0020 เมตรต่อวัน ซึ่งระดับความลึกของดิน 0.150 เมตร น้ำที่เป็นประโยชน์ต่อพืชจะอยู่ที่ความลึกดิน 0.0063 เมตร การประเมินการใช้น้ำต่อต้นคำนวณจาก พื้นที่ที่จะครอบคลุมขนาดทรงพุ่มของผักที่จะใช้เจริญเติบโตคูณกับความลึกของน้ำที่เป็นประโยชน์ (ภาพภาคผนวกที่ 3) โดยพื้นที่ครอบคลุมทรงพุ่มของพืชผักทั้ง 2 ชนิด จะใช้ขนาดพื้นที่กว้างประมาณ 0.150 เมตรและยาวประมาณ 0.150 เมตร เท่ากับพื้นที่ 0.0225 ตารางเมตร (ตารางที่ 5) เพื่อให้พื้นที่ครอบคลุมต้นพืช ตั้งแต่เริ่มปลูกจนถึงต้นกล้าเจริญเติบโตเต็มที่ ดังนั้นปริมาตรน้ำที่จะเป็นประโยชน์ในพื้นที่ของการปลูกกะหล่ำปลี และผักกาดขาวปลีหนึ่งต้น จะเท่ากับพื้นที่ครอบคลุมขนาดทรงพุ่มคูณกับความลึกของน้ำที่เป็นประโยชน์ จะได้ปริมาตรของพื้นที่เท่ากับ 1.418×10^{-4} ลูกบาศก์เมตร ซึ่งเท่ากับปริมาณน้ำ 0.1418 ลิตรต่อต้น ซึ่งรอบการปลูกนี้ปริมาณน้ำจะลดลงวันละ 0.0020 เมตรต่อวัน เท่ากับปริมาณน้ำ 0.0450 ลิตรต่อต้น ดังนั้นกะหล่ำปลี และผักกาดขาวปลีจะใช้น้ำใน 3 วัน เท่ากับปริมาณน้ำ 0.1350 ลิตรต่อต้น ก่อนที่น้ำจะลดระดับไปถึงจุดที่ยอมให้ลดลงได้จะต้องมีการให้น้ำแก่พืช ซึ่งความต้องการน้ำของกะหล่ำปลี และผักกาดขาวปลีที่ต้องการส่งเสริมให้ปลูกในพื้นที่จัดระบบอนุรักษ์ดินและน้ำแบบขั้นบันไดดินต่อเนื่อง จะขึ้นอยู่กับจำนวนต้นของกะหล่ำปลี และผักกาดขาวปลีที่จะปลูกได้ในแต่ละขั้น โดยจะใช้พื้นที่ปลูกพืชของขั้นบันไดดินแบบต่อเนื่องแต่ละขั้นบันไดมาคำนวณจำนวนต้นของพืชทั้ง 2 ชนิดในแต่ละขั้นบันไดดิน โดยสามารถแบ่งพื้นที่ออกได้เป็น 9 ขั้น

แต่ละชั้นมีพื้นที่การปลูกไม่เท่ากัน (ภาพที่ 7) ดังนั้นการคำนวณจำนวนต้นพืชแต่ละชนิด และปริมาณน้ำที่พืชต้องการในแต่ละชั้นนั้นจะไม่เท่ากัน (ตารางที่ 7)

ตารางที่ 7 จำนวนต้นพืชและความต้องการน้ำของพืชในแต่ละพื้นที่การปลูกในระบบอนุรักษ์ดินและน้ำแบบขั้นบันไดดินต่อเนื่อง ในรอบการปลูกเดือนกันยายน ถึงเดือนพฤศจิกายน

ลำดับ	พื้นที่ปลูกพืช	จำนวนต้นพืชในพื้นที่		ความต้องการน้ำของพืชต่อการให้น้ำ	
	แต่ละชั้นบันไดดิน	กะหล่ำปลี	ผักกาดขาวปลี	กะหล่ำปลี	ผักกาดขาวปลี
		ตารางเมตร	ต้น	ต้น	ลิตร/พื้นที่/รอบ
1	752	4,700	3,008	635	406
2	822	5,138	3,288	694	444
3	947	5,919	3,788	799	511
4	920	5,750	3,680	776	497
5	1,084	6,775	4,336	915	585
6	1,197	7,481	4,788	1,010	646
7	1,142	7,138	4,568	964	617
8	1,045	6,531	4,180	882	564
9	1,152	7,200	4,608	972	622
		56,631	36,244	7,645	4,893

การปลูกกะหล่ำปลีในขั้นบันไดดินต่อเนื่องทั้งหมด ใช้ระยะปลูกระหว่างต้น 40 เซนติเมตร และระหว่างแถว 40 เซนติเมตร จะได้จำนวนต้นของกะหล่ำปลีทั้งหมดเท่ากับ 56,631 ต้น จะใช้ปริมาณน้ำในแต่ละรอบของการให้น้ำประมาณ 7,645 ลิตรต่อการให้น้ำ และการปลูกผักกาดขาวปลี ที่ระยะปลูกระหว่างต้น 50 เซนติเมตร และระหว่างแถว 50 เซนติเมตร จะมีจำนวนต้นของผักกาดขาวปลีทั้งหมดเท่ากับ 36,244 ต้น จะใช้ปริมาณน้ำในแต่ละรอบของการให้น้ำประมาณ 4,893 ลิตรต่อการให้น้ำ

ความต้องการน้ำของพืชส่งเสริมในรอบการปลูกเดือนธันวาคม ถึงเดือนกุมภาพันธ์

พบว่า การปลูกกะหล่ำปลี และผักกาดขาวปลี มีอัตราการใช้ น้ำ 0.0020 เมตรต่อวัน ซึ่งระดับความลึกของดิน 0.150 เมตร น้ำที่เป็นประโยชน์ต่อพืชจะอยู่ที่ความลึกดิน 0.0063 เมตร การประเมินการใช้น้ำต่อต้นคำนวณจาก พื้นที่ที่จะครอบคลุมขนาดทรงพุ่มของผักที่จะใช้เจริญเติบโตคูณกับความลึกของน้ำที่เป็นประโยชน์ (ภาพภาคผนวกที่ 3) โดยพื้นที่ครอบคลุมทรงพุ่มของพืชผักทั้ง 2 ชนิด จะใช้ขนาดพื้นที่กว้างประมาณ 0.150 เมตรและยาวประมาณ 0.150 เมตร เท่ากับพื้นที่ 0.0225 ตารางเมตร (ตารางที่ 5) เพื่อให้พื้นที่ครอบคลุมต้นพืชตั้งแต่เริ่มปลูกจนถึงต้นกล้าเจริญเติบโตเต็มที่ ดังนั้นปริมาตรน้ำที่จะเป็นประโยชน์ในพื้นที่ของการปลูกกะหล่ำปลี และผักกาดขาวปลีหนึ่งต้น จะเท่ากับพื้นที่ครอบคลุมขนาดทรงพุ่มคูณกับความ

ลึกของน้ำที่เป็นประโยชน์ จะได้ปริมาตรของพื้นที่เท่ากับ 1.418×10^{-4} ลูกบาศก์เมตร ซึ่งเท่ากับปริมาณน้ำ 0.1418 ลิตรต่อตัน ซึ่งในรอบการปลูกนี้ปริมาณน้ำจะลดลงวันละ 0.0019 เมตรต่อวัน เท่ากับปริมาณน้ำ 0.0427 ลิตรต่อตัน ดังนั้นกะหล่ำปลี และผักกาดขาวปลีจะใช้น้ำใน 3 วัน เท่ากับปริมาณน้ำ 0.1281 ลิตรต่อตัน ก่อนที่น้ำจะลดระดับไปถึงจุดที่ยอมให้ลดลงได้ต้องมีการให้น้ำแก่พืช ซึ่งความต้องการน้ำของกะหล่ำปลี และผักกาดขาวปลีที่ต้องการส่งเสริมให้ปลูกในพื้นที่จัดระบบอนุรักษ์ดินและน้ำแบบขั้นบันไดดินต่อเนื่อง จะขึ้นอยู่กับจำนวนต้นของกะหล่ำปลี และผักกาดขาวปลีที่จะปลูกได้ในแต่ละขั้น โดยจะใช้พื้นที่ปลูกพืชของขั้นบันไดดินแบบต่อเนื่องแต่ละขั้นบันไดมาคำนวณจำนวนต้นของพืชทั้ง 2 ชนิดในแต่ละขั้นบันไดดิน โดยสามารถแบ่งพื้นที่ออกได้เป็น 9 ขั้น แต่ละขั้นมีพื้นที่การปลูกไม่เท่ากัน (ภาพที่ 7) ดังนั้นการคำนวณจำนวนต้นพืชแต่ละชนิด และปริมาณน้ำที่พืชต้องการในแต่ละขั้นบันไดจะไม่เท่ากันได้ (ตารางที่ 8)

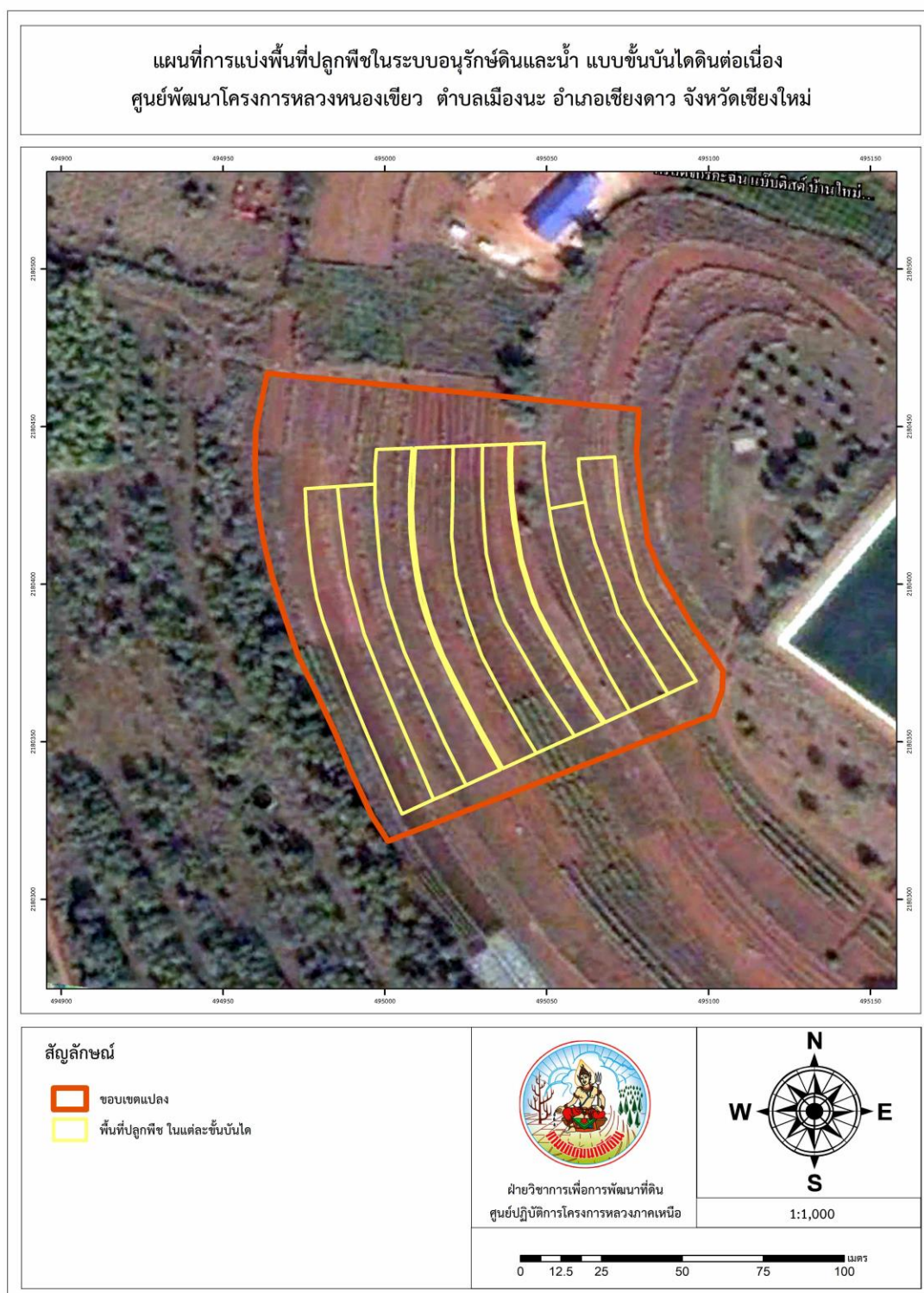
ตารางที่ 8 จำนวนต้นพืชและความต้องการน้ำของพืชในแต่ละพื้นที่การปลูกในระบบอนุรักษ์ดินและน้ำแบบขั้นบันไดดินต่อเนื่อง ในรอบการปลูกเดือนธันวาคม ถึงเดือนกุมภาพันธ์

ลำดับ	พื้นที่ปลูกพืชแต่ละขั้นบันไดดิน	จำนวนต้นพืชในพืชที่		ความต้องการน้ำของพืชต่อการอบการให้น้ำ	
		กะหล่ำปลี	ผักกาดขาวปลี	กะหล่ำปลี	ผักกาดขาวปลี
		ตารางเมตร	ต้น	ลิตร/พื้นที่/รอบ	ลิตร/พื้นที่/รอบ
1	752	4,700	3,008	602	385
2	822	5,138	3,288	658	421
3	947	5,919	3,788	758	485
4	920	5,750	3,680	737	471
5	1,084	6,775	4,336	868	555
6	1,197	7,481	4,788	958	613
7	1,142	7,138	4,568	914	585
8	1,045	6,531	4,180	837	535
9	1,152	7,200	4,608	922	590
		56,631	36,244	7,254	4,643

การปลูกกะหล่ำปลี ในขั้นบันไดดินต่อเนื่องทั้งหมด ใช้ระยะปลูกระหว่างต้น 40 เซนติเมตร และระหว่างแถว 40 เซนติเมตร จะได้จำนวนต้นของกะหล่ำปลีทั้งหมดเท่ากับ 56,631 ต้น จะใช้ปริมาณน้ำในแต่ละรอบของการให้น้ำประมาณ 7,254 ลิตรต่อการอบการให้น้ำ และการปลูกผักกาดขาวปลี ที่ระยะปลูกระหว่างต้น 50 เซนติเมตร และระหว่างแถว 50 เซนติเมตร จะมีจำนวนต้นของผักกาดขาวปลีทั้งหมดเท่ากับ 36,244 ต้น จะใช้ปริมาณน้ำในแต่ละรอบของการให้น้ำประมาณ 4,643 ลิตรต่อการอบการให้น้ำ

จะเห็นว่า การปลูกกะหล่ำปลี และผักกาดขาวปลีนอกฤดูปลูกทั้ง 2 ช่วงการปลูก อัตราการใช้น้ำต่อวันของพืชทั้ง 2 มีค่าใกล้เคียงกัน คือ 0.0020 เมตรต่อวัน กับ 0.0019 เมตรต่อวัน จึงทำให้ความต้องการใช้น้ำในรอบของการให้น้ำมีค่าไม่แตกต่างกันทั้ง 2 ช่วงการปลูก

ซึ่งการปลูกกะหล่ำปลีจะใช้ปริมาณน้ำทั้งหมดต่อการให้น้ำครั้งหนึ่ง มีค่าอยู่ระหว่าง 7,254 ลิตร ถึง 7,645 ลิตร ส่วนการปลูกผักกาดขาวปลีจะใช้ปริมาณน้ำทั้งหมดต่อการให้น้ำครั้งหนึ่ง มีค่าอยู่ระหว่าง 4,643 ลิตร ถึง 4,893 ลิตร ดังนั้นบ่อพักน้ำในพื้นที่ดำเนินการจะต้องมีปริมาตรความจุของบ่อพักมากกว่าความต้องการน้ำของพืชที่ปลูกนอกฤดูทั้ง 2 พืชส่งเสริม จึงจะเพียงพอต่อการให้น้ำพืชแต่ละครั้ง เพื่อให้สามารถใช้ในการปลูกพืชตลอดช่วงการปลูกแต่ละรอบได้อย่างเพียงพอ



ภาพที่ 7 การแบ่งพื้นที่ปลูกตามระบบอนุรักษ์ดินและน้ำแบบขั้นบันไดดินต่อเนื่อง

ที่มา: ฝ่ายวิชาการเพื่อการพัฒนาที่ดิน ศูนย์ปฏิบัติการโครงการหลวงภาคเหนือ สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 6

4.4 ผลการออกแบบระบบกระจายน้ำให้เหมาะสมกับพื้นที่

ในพื้นที่ดำเนินการมีอ่างเก็บน้ำขนาด 25,000 ลูกบาศก์เมตร แต่เนื่องจากปัญหาเรื่องน้ำอุปโภคบริโภค แหล่งน้ำที่มีอยู่จึงต้องเก็บไว้ใช้ยามขาดแคลนไม่สามารถนำมาใช้ในภาคการเกษตรได้ แต่ได้มีการยกเว้นในช่วงน้ำมากสามารถนำมาใช้ได้ หรือสามารถแบ่งน้ำมาเก็บในแหล่งพักน้ำที่แยกต่างหากจากอ่างเก็บน้ำ ก็จะสามารถนำน้ำไปใช้เพื่อการเกษตรได้

เมื่อน้ำต้นทุนมีไม่เพียงพอกับการทำการเกษตรแบบปกติ การใช้ระบบการให้น้ำแก่พืชที่มีประสิทธิภาพ และใช้น้ำน้อยที่สุด จึงจะเหมาะสมกับพื้นที่ ซึ่งระบบกระจายน้ำที่เหมาะสม ได้แก่ ระบบน้ำหยด ภายในแปลงปลูก ซึ่งการใช้ระบบน้ำหยดต้องมีแหล่งน้ำต้นทุน เพื่อส่งเข้าบ่อพักน้ำแล้วระบบส่งน้ำจากบ่อพักน้ำสู่ประตูน้ำ สำหรับจ่ายน้ำให้แก่ระบบน้ำหยดทั้งหมด จึงต้องมีการคำนวณปริมาณการส่งน้ำจากแหล่งต้นทุนถึงประตูน้ำ สำหรับกระจายน้ำให้เพียงพอต่อการจ่ายน้ำของระบบน้ำหยด ดังนั้นต้องมีการคำนวณปริมาณน้ำที่ไหลในขนาดท่อส่งน้ำและท่อกระจายน้ำถึงประตูน้ำ เพื่อให้ปริมาณน้ำสามารถจ่ายน้ำให้กับระบบน้ำหยดได้ ครอบคลุมพื้นที่ดำเนินการ จึงได้ผลการออกแบบระบบกระจายน้ำดังนี้ ในพื้นที่จะออกแบบบ่อพักน้ำเส้นผ่านศูนย์กลางบ่อ 6 เมตร มีความสูง 2 เมตร ปริมาตรความจุบ่อ 49 ลูกบาศก์เมตร (วัดเส้นผ่านศูนย์กลางจากขอบในบ่อพักสำหรับการคำนวณความจุบ่อ) โดยใช้ท่อส่งน้ำขนาดท่อ 2 นิ้ว ส่งน้ำจากแหล่งต้นทุนเข้าสู่บ่อพักน้ำ ซึ่งอัตราการไหลของน้ำผ่านท่อ สามารถคำนวณได้จากสมการเบอร์นูลลีประยุกต์ (สุนทร, 2563) โดยใช้ความสูงของแหล่งน้ำต้นทุนและระยะของการส่งน้ำ มาหาอัตราการไหลของน้ำในท่อขนาด 2 นิ้ว ได้อัตราการไหลของท่อเท่ากับ 0.005 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที (ตารางภาพผนวกที่ 9) ส่งน้ำจากประตูน้ำอ่างเก็บน้ำเข้าสู่บ่อพัก เพื่อคำนวณระยะเวลาเติมน้ำลงบ่อพักน้ำให้เต็ม คำนวณได้ดังนี้

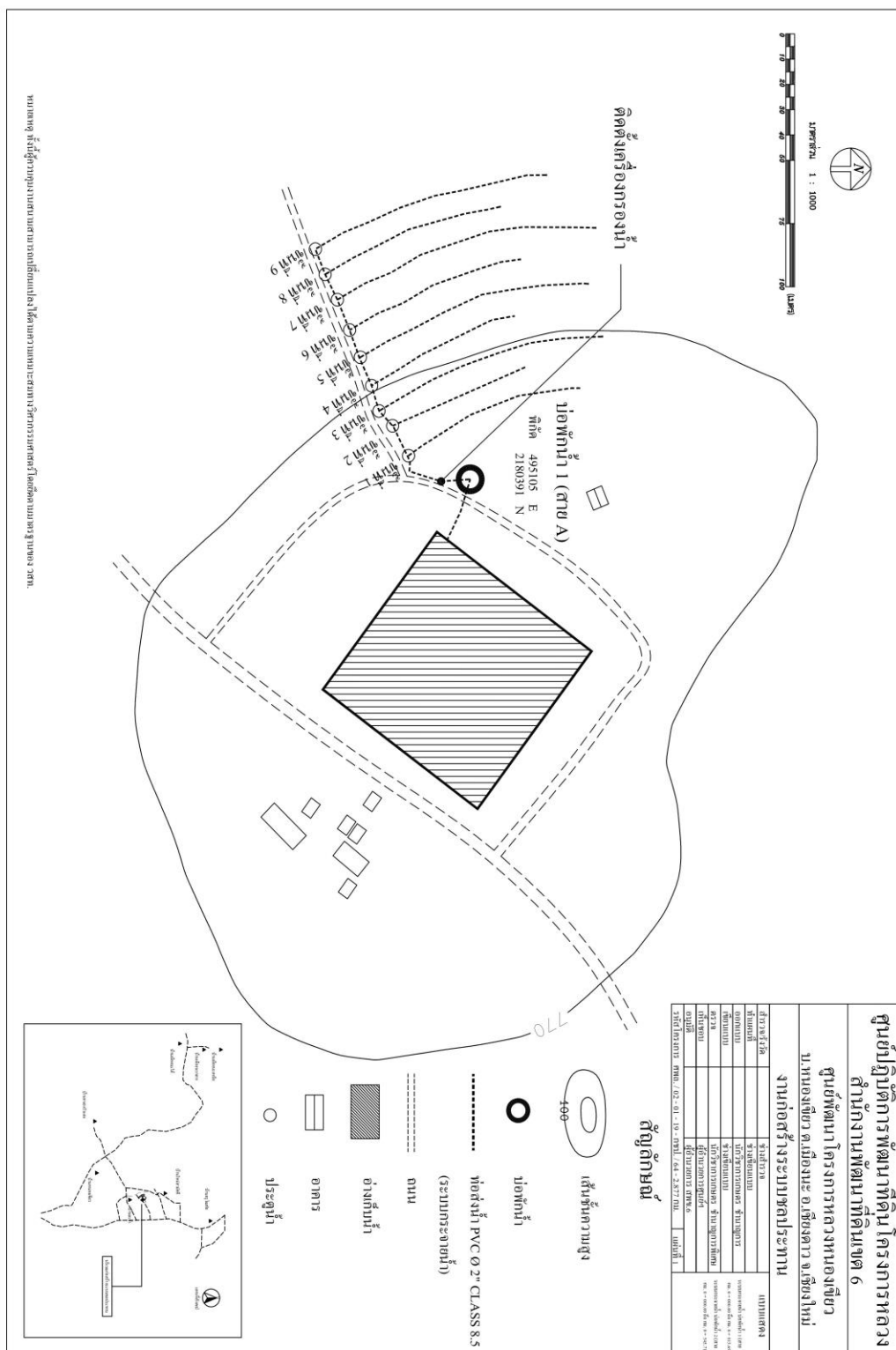
$$\begin{aligned}
 \text{ระยะเวลาเติมน้ำลงบ่อพักน้ำ} &= \frac{\text{ปริมาตรของบ่อพักน้ำ}}{\text{อัตราการไหลของท่อต่อชั่วโมง}} \\
 &= \frac{49 \text{ ลูกบาศก์เมตร หรือ } 49,000 \text{ ลิตร}}{18 \text{ ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง หรือ } 18000 \text{ ลิตรต่อชั่วโมง}} \\
 &= 2.72 \text{ ชั่วโมง หรือ } 2 \text{ ชั่วโมง } 43 \text{ นาที}
 \end{aligned}$$

ส่วนท่อหลักในการกระจายน้ำจากบ่อพักน้ำ สำหรับส่งน้ำไปยังประตูน้ำ เพื่อส่งน้ำเข้าสู่ระบบน้ำหยด ในพื้นที่ปลูกที่มีการจัดระบบอนุรักษ์ดินและน้ำแบบขั้นบันไดดินต่อเนื่องในแต่ละขั้นบันได ซึ่งจะใช้ท่อขนาด 2 นิ้ว ส่งน้ำจากบ่อพักน้ำไปยังประตูน้ำในแต่ละขั้นบันไดดิน โดยมีการคำนวณอัตราการไหลของน้ำในท่อถึงประตูจ่ายน้ำแต่ละขั้นบันไดดินต่อเนื่อง (ตารางที่ 9)

ตารางที่ 9 อัตราการไหลของน้ำในท่อแต่ละชั้นบันได

ลำดับ	ขนาดท่อ	ความสูง จากบ่อ ถึงประตู จ่ายน้ำ	ระยะท่อ ถึงประตู จ่ายน้ำ	อัตราการไหลของน้ำในท่อ			
	นิ้ว	เมตร	เมตร	ลูกบาศก์เมตร/วินาที	ลิตร/ วินาที	ลิตร/นาที	ลิตร/ชั่วโมง
1	2	3.4	31	0.0048	4.8	288	17,280
2	2	4.4	45	0.0046	4.6	276	16,560
3	2	5.4	53	0.0047	4.7	282	16,920
4	2	6.4	64	0.0047	4.7	282	16,920
5	2	7.4	75	0.0047	4.7	282	16,920
6	2	8.4	87	0.0046	4.6	276	16,560
7	2	9.4	101	0.0045	4.5	270	16,200
8	2	10.4	111	0.0046	4.6	276	16,560
9	2	11.4	121	0.0046	4.6	276	16,560

จะเห็นว่า อัตราการไหลของน้ำในท่อถึงประตูจ่ายน้ำในแต่ละชั้นบันไดดิน จะมีค่าอยู่ระหว่าง 16,200 ถึง 17,280 ลิตรต่อชั่วโมง ซึ่งสามารถออกแบบจุดกระจายน้ำเพื่อติดตั้งประตุน้ำได้ (ภาพที่ 8) จากนั้นต้องมีการวิเคราะห์ความต้องการน้ำของระบบน้ำหยดในแต่ละชั้นบันไดดิน เพื่อเปรียบเทียบกับอัตราการไหลของน้ำในท่อว่าสามารถจ่ายน้ำให้แก่ระบบน้ำหยดในแต่ละชั้นบันไดดินได้เพียงพอหรือไม่



ภาพที่ 8 แบบแปลนระบบกระจายน้ำของพื้นที่ดำเนินการศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองเขียว

ที่มา: ฝ่ายวิชาการเพื่อการพัฒนาที่ดิน ศูนย์ปฏิบัติการโครงการหลวงภาคเหนือ สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 6

4.5 วิเคราะห์ระบบน้ำหยด

ในพื้นที่ชั้นบันไดดินแบบต่อเนื่อง การให้น้ำแก่พืชใช้ระบบน้ำหยด ทั้ง 2 ช่วงฤดูปลูก โดยกำหนดให้พืช 1 ต้นใช้หัวน้ำหยด 1 หัว ดังนั้นต้องมีการประเมินการให้น้ำของหัวน้ำหยดทั้งหมดในพื้นที่แต่ละชั้นบันไดดิน เปรียบเทียบกับอัตราการไหลของน้ำในท่อที่ประตุน้ำแต่ละชั้นบันไดดิน ว่าสามารถจ่ายน้ำให้กับระบบน้ำหยดในแต่ละชั้นบันไดดินได้เพียงพอหรือไม่ (ตารางที่ 10)

ตารางที่ 10 เปรียบเทียบอัตราการให้น้ำของหัวน้ำหยดกับอัตราการไหลของน้ำในท่อแต่ละชั้นบันไดดินในแต่ละพืช

ลำดับ	พื้นที่ปลูกพืช แต่ละชั้น บันไดดิน	อัตราการให้น้ำของ				อัตราการไหล ของน้ำใน ท่อ 2 นิ้ว
		จำนวนหัวน้ำหยดที่ใช้		หัวน้ำหยด		
		กะหล่ำปลี	ผักกาด ขาวปลี	กะหล่ำปลี	ผักกาดขาวปลี	
		ตารางเมตร	หัว	หัว	ลิตร/ชั่วโมง	
1	752	4,700	3,008	9,400	6,016	17,280
2	822	5,138	3,288	10,276	6,576	16,560
3	947	5,919	3,788	11,838	7,576	16,920
4	920	5,750	3,680	11,500	7,360	16,920
5	1,084	6,775	4,336	13,550	8,672	16,920
6	1,197	7,481	4,788	14,962	9,576	16,560
7	1,142	7,138	4,568	14,276	9,136	16,200
8	1,045	6,531	4,180	13,062	8,360	16,560
9	1,152	7,200	4,608	14,400	9,216	16,560

จะเห็นว่า หัวน้ำหยดที่ใช้กับการปลูกกะหล่ำปลี ในแต่ละชั้นบันไดดินจะมีจำนวนอยู่ระหว่าง 4,700 ถึง 7,481 หัวน้ำหยด ส่วนหัวน้ำหยดที่ใช้การปลูกผักกาดขาวปลี ในแต่ละชั้นบันไดดินจะมีจำนวนอยู่ระหว่าง 3,008 ถึง 4,788 หัวน้ำหยด ซึ่งอัตราการให้น้ำของหัวน้ำหยด 1 หัวจะให้น้ำได้ 2 ลิตรต่อชั่วโมง ดังนั้นการปลูกกะหล่ำปลี จะมีอัตราการให้น้ำของหัวน้ำหยดในแต่ละชั้นบันไดดินมีค่าอยู่ระหว่าง 9,400 ถึง 14,962 ลิตรต่อชั่วโมง ส่วนการปลูกผักกาดขาวปลี จะมีอัตราการให้น้ำของหัวน้ำหยดในแต่ละชั้นบันไดดินมีค่าอยู่ระหว่าง 6,016 ถึง 9,576 ลิตรต่อชั่วโมง เมื่อเปรียบเทียบกับอัตราการไหลของน้ำในท่อที่ประตุน้ำในแต่ละชั้นบันไดดิน ที่มีอัตราการไหลของน้ำในท่อมมีค่าอยู่ระหว่าง 16,200 ถึง 17,280 ลิตรต่อชั่วโมง จึงเห็นว่า อัตราการให้น้ำของหัวน้ำหยดของกะหล่ำปลี และผักกาดขาวปลี มีค่าการให้น้ำของหัวน้ำหยดน้อยกว่าอัตรา

การไหลของน้ำในท่อขนาด 2 นิ้ว ในแต่ละชั้นบันไดดินแบบต่อเนื่อง แสดงว่า ระบบกระจายน้ำด้วยท่อขนาด 2 นิ้ว สามารถที่จะจ่ายน้ำให้กับระบบน้ำหยดในแต่ละชั้นบันไดดินต่อเนื่องได้อย่างเพียงพอ

ดังนั้น เมื่อระบบส่งน้ำสามารถส่งน้ำให้ระบบกระจายน้ำได้เพียงพอ การจะเติมน้ำลงไปบนเนื้อดิน เพื่อให้ปริมาณน้ำที่มีประโยชน์ในดินที่สูญเสียไปกับการใช้น้ำของพืชกลับมาอยู่ในระดับเต็มเท่าเดิม ถึงแม้ว่าปริมาณการใช้น้ำของพืชส่งเสริมจะเข้าไปไม่ถึงจุดที่ยอมให้สูญเสียได้ก็ตาม แต่การให้น้ำควรมีการให้น้ำให้เท่ากับปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ทั้งหมด คือ 0.1418 ลิตรต่อพื้นที่ต่อต้น ดังนั้นจึงต้องเอาปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ทั้งหมดมาคำนวณระยะเวลาในการเติมน้ำลงไปบนเนื้อดิน ซึ่งอัตราการให้น้ำของหัวน้ำหยดสามารถให้น้ำได้ 2 ลิตรต่อชั่วโมง ดังนั้นการเติมน้ำปริมาตร 0.1418 ลิตรต่อต้น จะใช้ระยะเวลาในการเติมน้ำเท่ากับ 4.254 นาที่หรือประมาณ 5 นาที่ต่อต้น (ตารางที่ 11)

ตารางที่ 11 ระยะเวลาการเปิดน้ำของระบบน้ำหยด

น้ำที่เป็นประโยชน์	อัตราการจ่ายน้ำของระบบ	ระยะเวลาในการให้น้ำ	
ลิตร/ต้น	ลิตร/ชั่วโมง	ชั่วโมง/ต้น	นาที่/ต้น
0.1418	2	0.0709	4.254

จะเห็นได้ว่า ระบบน้ำหยดจะใช้ระยะเวลา 4.254 นาที่หรือ 5 นาที่ต่อรอบการให้น้ำ เพื่อเติมน้ำที่สูญเสียไปให้กลับมาเท่าเดิม ซึ่งการปลูกกะหล่ำปลี และผักกาดขาวปลีในระบบบ่อนุรักษ์ดินและน้ำแบบชั้นบันไดดินต่อเนื่อง 9 ชั้น การให้น้ำจะใช้ระบบน้ำหยด และอาศัยการเปิดวาล์วของประตูจ่ายน้ำ เพื่อให้หัวน้ำหยดให้น้ำพร้อมกันในแต่ละชั้นบันไดดินแบบต่อเนื่อง โดยใช้เวลาในการเปิดระบบน้ำหยด เพื่อให้น้ำแก่ต้นพืชประมาณ 5 นาที่ต่อชั้นบันไดดิน ดังนั้นเมื่อให้น้ำที่แต่ละชั้นบันไดดินจะใช้เวลา 45 นาที่ในการให้น้ำในพื้นที่ศึกษา ซึ่งในการเปิดระบบเพื่อเติมน้ำให้แก่พืชทั้ง 9 ชั้น การปลูกกะหล่ำปลีจะใช้ปริมาณน้ำทั้งหมดอยู่ระหว่าง 7,254 ถึง 7,645 ลิตรต่อรอบการให้น้ำ ส่วนการปลูกผักกาดขาวปลีจะใช้ปริมาณน้ำทั้งหมด 4,643 ถึง 4,893 ลิตรต่อรอบการให้น้ำ (ตารางที่ 7 และ 8) แสดงว่า บ่อพักน้ำขนาด 49 ลูกบาศก์เมตร สามารถที่จะให้รอบของการให้น้ำของพืชทั้ง 2 ชนิด ได้ 6 ถึง 10 ครั้งต่อบ่อพักน้ำขึ้นอยู่กับชนิดพืชปลูก และเมื่อมีการใช้น้ำออกไปจากบ่อพักน้ำ จะมีช่วงที่ไม่ได้ให้น้ำแก่พืช ก็จะมีการเติมน้ำจากแหล่งต้นทุนเข้าบ่อพักให้เต็มความจุ เพื่อให้สามารถใช้ในการให้น้ำแก่พืชในรอบต่อไป

ดังนั้นการออกแบบระบบกระจายน้ำในพื้นที่ดำเนินการ จะมีบ่อพักน้ำ 1 บ่อพร้อมระบบส่งน้ำขนาดท่อ 2 นิ้ว และระบบกระจายน้ำขนาดท่อ 2 นิ้ว สามารถที่จะตอบสนองต่อการปลูกกะหล่ำปลี และผักกาดขาวปลีได้อย่างมีประสิทธิภาพ

4.6 ผลการศึกษาการปรับปรุงบำรุงดิน

จากการเข้าสำรวจพื้นที่ ในช่วงเริ่มดำเนินการพร้อมทั้งเก็บตัวอย่างดินไปวิเคราะห์ เพื่อประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดิน พบว่า พื้นที่ดำเนินการมีการปลูกข้าวโพด ข้าวไร่ และถั่วดำ มีการใส่ปุ๋ยเคมีและสารเคมีทางการเกษตรค่อนข้างสูง เพราะเกษตรกรต้องการผลผลิตที่สูง เพื่อให้ได้ผลผลิตที่สูง รายได้ก็มากเพียงพอต่อการดำรงชีพ หลังจากผลวิเคราะห์ดินในปีแรก พบว่า ดินมีความอุดมสมบูรณ์ค่อนข้างต่ำ มีค่าเปอร์เซ็นต์อินทรีย์วัตถุในดิน 1.3 อยู่ในระดับค่อนข้างต่ำ (ตารางภาคผนวกที่ 6) ส่วนค่าฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืช มีค่า 16.8 และค่าโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่อพืช มีค่า 132.8 อยู่ในระดับที่สูงมาก (ตารางภาคผนวกที่ 7 และ 8) ค่าความเป็นกรด-ด่าง มีค่า 4.7 เป็นกรดจัด (ตารางภาคผนวกที่ 9) จึงแนะนำให้ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองเขียวให้มีการปรับปรุงบำรุงดิน ในช่วงที่ไม่ได้ใช้ประโยชน์ที่ดินหลังฤดูปลูก โดยให้สมาชิกที่จะทำการเกษตรในพื้นที่ดำเนินการทำปุ๋ยหมัก เพื่อใช้ในการปรับโครงสร้างของดิน หรือใช้ปุ๋ยหมักที่หาได้ในพื้นที่มาใช้ก่อน โดยแนะนำให้ใช้ปุ๋ยหมักอัตรา 100 กิโลกรัม ปรับปรุงในพื้นที่แต่ละชั้นบันไดที่จะใช้ในการปลูกพืช และใส่โดโลไมท์ ในอัตรา 4 กระสอบ หรือ 100 กิโลกรัมต่อพื้นที่ปลูกแต่ละชั้นบันไดเช่นกัน เพื่อปรับสภาพความเป็นกรดเป็นด่าง ซึ่งศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองเขียวจะดำเนินการปรับปรุงดิน ก่อนที่จะมีระบบกระจายน้ำเข้าสู่พื้นที่ดำเนินการในปีงบประมาณต่อไป เพื่อเป็นการเตรียมความพร้อมของดินให้เหมาะกับการปลูกพืชส่งเสริมของศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองเขียว การดำเนินการปรับปรุงบำรุงดินจะทำหลังจากฤดูปลูกในปีงบประมาณ 2563 ที่สำรวจ และทำการปรับปรุงบำรุงดินอีกครั้ง โดยใช้อัตราที่แนะนำครั้งแรก จัดการเตรียมพื้นที่ก่อนถึงฤดูปลูกในปี 2564 จากนั้นหลังปลูกพืชในฤดูปลูก ก็เก็บตัวอย่างดินส่งวิเคราะห์อีกครั้ง ก่อนที่จะปลูกพืชส่งเสริมนอกฤดูเดียวกัน

ตารางที่ 12 ผลการวิเคราะห์ดินของพื้นที่ก่อน-หลังดำเนินการ

ปี	ความลึกดิน (เซนติเมตร)	OM (เปอร์เซ็นต์)	P (มิลลิกรัมต่อ กิโลกรัม)	K (มิลลิกรัมต่อ กิโลกรัม)	pH
2563	0-15	1.3	16.8	132.8	4.7
2564	0-15	3.8	16.0	140.0	5.1

จากการวิเคราะห์ดินทั้งก่อนและหลังดำเนินการปรับปรุงบำรุงดิน (ตารางที่ 12) จะเห็นว่า หลังจากแนะนำให้ปรับปรุงบำรุงดิน ก่อนถึงฤดูปลูกในปี 2564 ผลวิเคราะห์ดินหลังปลูกพืชในฤดูปลูกปี 2564 พบว่า ค่าเปอร์เซ็นต์อินทรีย์วัตถุในดินมีการเปลี่ยนแปลง โดยมีค่า 3.8 ซึ่งเป็นค่าที่สูง ส่วนค่าฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืช และค่าโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่อพืช ไม่แตกต่างจากเดิมมากนัก ยังคงมีค่าสูงมากสำหรับค่าความเป็นกรด-ด่าง มีค่าเพิ่มขึ้น 5.1 ซึ่งยังเป็นกรดจัด (กรมพัฒนาที่ดิน, 2558) การปรับสภาพพื้นที่เพื่อให้เหมาะกับการปลูกพืชที่ดีขึ้นอาจต้องใช้เวลา เพราะพื้นที่มีการใช้ประโยชน์มานาน แต่ขาดการปรับปรุง

บำรุงดิน อีกทั้งยังมีการปล่อยทิ้งร้างหลังจากหมดฤดูการทำเกษตร และมีการเผาพื้นที่เพื่อเตรียมแปลง ก่อนจะเข้าฤดูการทำเกษตร ทำให้ผลวิเคราะห์ที่ได้ก่อนการดำเนินงานมีค่าอินทรีย์วัตถุค่อนข้างต่ำ ดังนั้นเมื่อมีการปรับปรุงบำรุงดินด้วยปุ๋ยหมัก และโดโลไมท์ตามที่แนะนำให้โครงการหลวงหนองเขียวดำเนินการก่อนถึง ฤดูปลูกถัดไป อีกทั้งไม่มีการเผาก่อนการปลูก จึงทำให้ค่าอินทรีย์วัตถุเพิ่มขึ้น ส่วนค่าฟอสฟอรัสที่เป็น ประโยชน์ต่อพืช และค่าโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่อพืชที่มีค่าสูง ทั้งก่อนและหลังดำเนินการ เป็นเพราะยัง มีการใช้ปุ๋ยเคมีในการปลูกพืชอยู่ โดยมีการใช้ปุ๋ยเคมี สูตร 15-15-15 และ 13-13-21 ในอัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ จึงทำให้ค่าฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืช และค่าโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่อพืชที่ได้จากการ วิเคราะห์ไม่แตกต่างกับค่าที่ได้ก่อนการปรับปรุงบำรุงดิน

4.7 ผลการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินหลังมีระบบกระจายน้ำและผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ

การผลิตพืชตามแผนงานส่งเสริมของศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองเขียว ได้เปลี่ยนการใช้ประโยชน์ที่ดิน จากการปลูกพืชไร่เป็นพืชผัก โดยปลูกพืชในระบบอนุรักษ์ดินและน้ำแบบขั้นบันไดดินต่อเนื่องที่มีอยู่เดิม และเพิ่มระบบกระจายน้ำเข้ามาในพื้นที่สำหรับปลูกพืชนอกฤดู ซึ่งพื้นที่ดำเนินการได้มีการปรับปรุงบำรุงดินด้วย ปุ๋ยหมัก และโดโลไมท์ เพื่อให้ดินมีความเหมาะสมกับการปลูกพืช ทำให้สามารถเพิ่มศักยภาพการผลิตของพืช ได้ จะเห็นได้ว่าการเพิ่มระบบการกระจายน้ำเข้าสู่พื้นที่ศึกษา ทำให้พื้นที่สามารถใช้ประโยชน์ได้ต่อเนื่อง ดังนั้นการขยายรูปแบบการใช้น้ำอย่างมีประสิทธิภาพในพื้นที่ศึกษาสามารถที่จะทำได้ในพื้นที่ใกล้เคียง โดย พิจารณาจากแหล่งน้ำในพื้นที่ ขนาด 25,000 ลูกบาศก์เมตร มีอัตราการไหลของน้ำเข้าอ่างเก็บน้ำ ช่วงฤดูร้อน อยู่ที่ 32.4 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน ส่วนในช่วงฤดูฝน มีอัตราการไหลเข้าของน้ำสู่อ่างเก็บน้ำ อยู่ที่ 188 ลูกบาศก์ เมตรต่อวัน สำหรับอัตราการใช้ในการอุปโภคและบริโภคในพื้นที่ อยู่ที่ 181 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน (ฝ่ายสถานี วิจัยและศูนย์พัฒนาโครงการหลวง, 2564) ดังนั้นช่วงฤดูร้อน น้ำจึงไม่เพียงพอที่จะใช้อุปโภคและบริโภคในพื้นที่ เพราะมีอัตราการไหลเข้าอ่างเก็บน้ำที่น้อย ส่วนในฤดูฝน น้ำมีอัตราการไหลเข้าอ่างเก็บน้ำมาก จึงเหลือน้ำให้ สามารถนำไปใช้เพื่อการเกษตรได้ 7 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน คิดเป็น 4 เปอร์เซ็นต์ของน้ำไหลเข้า ถ้าอ่างเก็บน้ำ ความจุ 25,000 ลูกบาศก์เมตร จะสามารถนำน้ำไปใช้ได้ 4 เปอร์เซ็นต์ คิดเป็น 1,000 ลูกบาศก์เมตร ซึ่งบ่อพัก น้ำมีความจุ 49 ลูกบาศก์เมตร ดังนั้นการขยายพื้นที่ด้วยการเพิ่มระบบการกระจายน้ำสู่แปลงเกษตร สำหรับใช้ พื้นที่ในช่วงนอกฤดูปลูกสามารถที่จะขยายพื้นที่ออกไปได้เพิ่มเติม ซึ่งจะส่งผลต่อศูนย์พัฒนาโครงการหลวง หนองเขียวสามารถวางแผนการส่งเสริมการผลิตสินค้าทางการเกษตรให้เป็นไปตามแผนงานการตลาดของ โครงการหลวงได้ และเพิ่มศักยภาพการใช้พื้นที่สำหรับการผลิตสินค้าทางการเกษตร

สำหรับการปลูกพืชในพื้นที่ศึกษาการปลูกพืชรอบแรกในฤดูปลูก (ปี 2563-2564) เกษตรกรมีการปลูก กะหล่ำปลี หรือผักกาดขาวปลีขึ้นอยู่กับแผนการผลิตของศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองเขียว พร้อมทั้งมีการ ดูแลการผลิตของเจ้าหน้าที่ส่งเสริมของศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองเขียว โดยการผลิตมีคำแนะนำเรื่องการ ใช้ปุ๋ยและสารเคมีป้องกันโรคและแมลงศัตรูพืชในการผลิตพืชตามวิธีการของศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนอง

เขียว เพื่อควบคุมคุณภาพการผลิตพืช ซึ่งการปลูกกะหล่ำปลีจะได้ผลผลิต 2,500 กิโลกรัมต่อไร่ ราคาขายอยู่ระหว่าง 8-10 บาทต่อกิโลกรัม ทำให้มีรายได้ประมาณ 20,000-25,000 บาทต่อไร่ ส่วนการปลูกผักกาดขาวปลีจะได้ผลผลิต 2,200 กิโลกรัมต่อไร่ ราคาขายอยู่ระหว่าง 8-10 บาทต่อกิโลกรัม ทำให้มีรายได้ประมาณ 17,600-22,000 บาทต่อไร่ (ราคาซื้อผลผลิตของโครงการหลวง ปี 2563) เปรียบเทียบกับการปลูกข้าวโพดของเกษตรกรที่ไม่ได้เป็นสมาชิกของศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองเขียวในพื้นที่ใกล้เคียงกัน โดยปลูกตามวิธีแบบเกษตรกรทั่วไปที่ปลูกกันในพื้นที่ ซึ่งได้ผลผลิต 1,500 กิโลกรัมต่อไร่ ราคาขายอยู่ระหว่าง 5-7 บาทต่อกิโลกรัม (ราคา ณ จุดรับซื้อข้าวโพด บ้านหนองเขียว) มีรายได้ประมาณ 7,500-10,500 บาทต่อไร่ จะเห็นว่าในฤดูปลูก การปรับเปลี่ยนการปลูกพืชจากพืชไร่เป็นพืชผัก ทำให้เกษตรกรมีรายได้เพิ่มขึ้น ถ้ามีการเพิ่มระบบกระจายน้ำเข้ามาในพื้นที่ทำการเกษตรเดิม เกษตรกรก็จะสามารถปลูกพืชนอกฤดูปลูกได้

การปลูกพืชนอกฤดูปลูก (ปี 2564) พื้นที่เกษตรกรรมทั่วไปที่ไม่มีแหล่งน้ำต้นทุนเพื่อการเกษตร จะไม่มีการปลูกพืชใด เนื่องจากขาดน้ำในการผลิตพืช สำหรับในพื้นที่ศึกษาได้เพิ่มระบบกระจายน้ำเข้ามา ทำให้สามารถปลูกพืชได้อีก ซึ่งเป็นการเพิ่มรอบการปลูกกะหล่ำปลี หรือผักกาดขาวปลีได้อีกครั้ง จากเดิมที่ปลูกได้เพียงครั้งเดียว แสดงให้เห็นว่า เมื่อมีการจัดระบบการกระจายน้ำเพิ่มเติมในพื้นที่ ทำให้ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองเขียวสามารถวางแผนการส่งเสริมการผลิตพืชได้เพิ่มขึ้นจากเดิม ทำให้สามารถปลูกกะหล่ำปลี หรือผักกาดขาวปลีในพื้นที่เดิมได้อีก ทำให้มีรายได้จากการปลูกกะหล่ำปลี หรือผักกาดขาวปลีอีกครั้งหนึ่งประมาณ 17,600 ถึง 25,000 ดังนั้นระยะเวลาในการใช้พื้นที่เพื่อทำการเกษตรจากเดิมที่ใช้พื้นที่ได้ 2-3 เดือนต่อปี หากมีการเติมน้ำเข้าสู่บ่อพักน้ำอย่างต่อเนื่อง กลับทำให้ใช้พื้นที่ได้เพิ่มเป็น 8-9 เดือนต่อปี ทำให้เกษตรกรได้ผลผลิตพืชเพิ่มขึ้น รายได้เพิ่มขึ้น เมื่อคิดเป็นรายได้ทั้งปีของเกษตรกร พบว่า การปลูกข้าวโพดปลูกครั้งเดียวในฤดูปลูก ทำให้เกษตรกรมีรายได้ครั้งเดียวประมาณ 7,500-10,500 บาทต่อไร่ เท่านั้น ส่วนในพื้นที่ศึกษาที่มีการเพิ่มระบบกระจายน้ำเข้าไป สามารถใช้พื้นที่เดิมนั้นปลูกพืชนอกฤดูปลูกได้อีก โดยสามารถเลือกพืชปลูกตามแผนการผลิตของศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองเขียว จึงทำให้มีรายได้ทั้งปีจากการปลูกพืชผักทั้ง 2 ชนิดอยู่ระหว่าง 35,200-50,000 บาทต่อไร่ (ตารางที่ 13)

ตารางที่ 13 ผลผลิตพืชและรายได้ที่ได้รับต่อไร่ เมื่อมีการปรับเปลี่ยนการปลูกพืช

ฤดูปลูก/พืช	ข้าวโพด		กะหล่ำปลี		ผักกาดขาวปลี	
	ผลผลิต	รายได้	ผลผลิต	รายได้	ผลผลิต	รายได้
	กิโลกรัม	บาท	กิโลกรัม	บาท	กิโลกรัม	บาท
ฤดูปลูก (ม.ย.-ส.ค.)	1,500	7,500- 10,500	2,500	20,000- 25,000	2,200	17,600- 22,000
นอกฤดู (ก.ย.-พ.ย.)	-	-	2,500	20,000- 25,000	-	-
นอกฤดู (ธ.ค.-ก.พ.)	-	-	-	-	2,200	17,600- 22,000
รายได้ทั้งปี		7,500- 10,500		40,000- 50,000		35,200- 44,000

เมื่อพิจารณารายได้และต้นทุนที่เกิดขึ้นจากการผลิตพืชที่เปลี่ยนแปลงไป จะเห็นได้ว่า ในการปลูกข้าวโพดในฤดูปลูก (ปี 2563-2564) ปลูกตามวิธีของเกษตรกรในพื้นที่ พบว่า มีต้นทุนการผลิตตั้งแต่ขั้นตอนการเตรียมพื้นที่ ค่าแรงปลูก ค่าแรงจัดการข้าวโพด (ค่าแรงกำจัดวัชพืช ค่าแรงใส่ปุ๋ยเคมี) ค่าวัสดุทางการเกษตร (ค่าปุ๋ย ค่าสารเคมีคุมวัชพืช ค่าเมล็ดพันธุ์) ถึงขั้นตอนการเก็บเกี่ยว จะมีต้นทุนการผลิตเท่ากับ 8,786 บาทต่อไร่ ส่วนการปลูกกะหล่ำปลีและผักกาดขาวปลีในฤดูปลูก (ปี 2563-2564) มีต้นทุนการผลิตตั้งแต่ขั้นตอนการเตรียมพื้นที่ ค่าแรงปลูก ค่าแรงการจัดการพืช (ค่าแรงกำจัดวัชพืช ค่าแรงใส่ปุ๋ย ค่าแรงพ่นสารเคมีป้องกันโรคและแมลงกำจัดศัตรูพืช) ค่าวัสดุทางการเกษตร (ค่าปุ๋ย ค่าสารเคมีป้องกันโรคและแมลงกำจัดศัตรูพืช ค่าเมล็ดพันธุ์) ถึงขั้นตอนการเก็บเกี่ยว จะมีต้นทุนการผลิตกะหล่ำปลีเท่ากับ 10,325 บาทต่อไร่ และผักกาดขาวปลีเท่ากับ 10,235 บาทต่อไร่ เมื่อขายผลผลิต ข้าวโพดจะมีรายได้เท่ากับ 7,500-10,500 บาทต่อไร่ กะหล่ำปลีจะมีรายได้เท่ากับ 20,000-25,000 บาท และผักกาดขาวปลีจะมีรายได้เท่ากับ 17,600-22,000 บาท (ตารางที่ 14) เมื่อเปรียบเทียบรายได้อีกกับต้นทุนในฤดูปลูก พบว่า การปลูกข้าวโพดมีทั้งขาดทุนและกำไร ขึ้นอยู่กับราคาที่เกษตรกรขายได้ ทำให้รายได้ไม่เพียงพอสำหรับเกษตรกร จึงต้องการเพิ่มพื้นที่การปลูกเพื่อให้ได้ผลผลิตที่มากขึ้น ส่วนการปลูกกะหล่ำปลีและผักกาดขาวปลีเกษตรกรจะมีรายได้สุทธิอยู่ระหว่าง 7,365 ถึง 14,675 บาทต่อไร่ (ตารางที่ 14) ดังนั้นรายได้ที่สูงขึ้นขึ้นอยู่กับราคามูลผลิตในปีการผลิตที่จำหน่ายให้กับศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองเขียว

ส่วนนอกฤดูปลูก ในพื้นที่ดำเนินการที่เพิ่มระบบกระจายน้ำสามารถปลูกกะหล่ำปลีหรือผักกาดขาวปลีได้ ซึ่งเกษตรกรสามารถเลือกพืชปลูกได้ ขึ้นอยู่แผนการผลิตที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองเขียวได้รับจัดสรรมา โดยเกษตรกรจะมีต้นทุนการผลิตเพิ่มเติมจากในฤดูปลูก จากเดิมกะหล่ำปลีมีต้นทุนการผลิตเท่ากับ

10,325 บาทต่อไร่ เพิ่มขึ้นเป็น 23,025 บาทต่อไร่ ส่วนผักกาดขาวปลีมีต้นทุนการผลิตเท่ากับ 10,235 บาทต่อไร่ เพิ่มขึ้นเป็น 22,935 บาทต่อไร่ ซึ่งต้นทุนที่เพิ่มขึ้นเกิดจากเกษตรกรต้องลงทุนเกี่ยวกับระบบการให้น้ำกับพืช (ระบบน้ำหยด) ในพื้นที่ที่ตนเองได้รับจัดสรร จึงทำให้มีต้นทุนที่เพิ่มขึ้น แต่ในการปลูกครั้งต่อไป ต้นทุนด้านวัสดุจะไม่ถูกนำมาคิดรวมด้วย เพราะการลงทุนครั้งแรก วัสดุมีความคงทน ทำให้ใช้งานได้นานหลายปี เมื่อคิดเปรียบเทียบจากรายได้กับต้นทุนการผลิตทั้งปี พบว่า ต้นทุนในปีการผลิต ในการปลูกกะหล่ำปลีในพื้นที่ที่มีระบบการกระจายน้ำจะอยู่ที่ 33,350 บาทต่อไร่ต่อปี แต่มีรายได้ต่อปี เท่ากับ 40,000 ถึง 50,000 บาทต่อไร่ต่อปี ทำให้มีส่วนต่าง เท่ากับ 6,650 ถึง 16,650 บาทต่อไร่ต่อปี (ตารางที่ 14) ส่วนการปลูกผักกาดขาวปลีในพื้นที่ที่มีระบบการกระจายน้ำ ต้นทุนจะอยู่ที่ 33,170 บาทต่อไร่ต่อปี แต่มีรายได้ต่อปี เท่ากับ 35,200 ถึง 44,000 บาทต่อไร่ต่อปี ทำให้มีส่วนต่างเท่ากับ 2,130 ถึง 10,830 บาทต่อไร่ต่อปี เมื่อปลูกในปีต่อไป ต้นทุนการผลิตจะลดลงเท่ากับต้นทุนการปลูกในฤดูปลูกเท่านั้น ทำให้รายได้สุทธิก็จะเพิ่มขึ้น จึงเป็นรายได้ที่เพิ่มขึ้นของเกษตรกร ซึ่งเป็นผลมาจากการที่สามารถใช้พื้นที่เกษตรได้อย่างต่อเนื่อง หรือมากกว่าหนึ่งครั้งในรอบปีการผลิต

ตารางที่ 14 ต้นทุนการผลิตพืชในพื้นที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองเขียว (บาทต่อไร่)

กิจกรรม	ข้าวโพด	กะหล่ำปลี	ผักกาดขาวปลี	หมายเหตุ
1. การเตรียมดิน	800	800	800	
2. การปลูก				
2.1 ค่าแรงปลูก	900	600	600	
3. ค่าแรงงานในการดูแลรักษา				
3.1 ใส่ปุ๋ย	1,200	300	300	
3.2 กำจัดวัชพืช	1,200	300	300	
3.3 ค่าพ่นยา		2,000	2,000	4 ครั้งต่อรอบการปลูก
4. การเก็บเกี่ยว				
4.1 ค่าแรงเก็บเกี่ยวผลผลิต	1,800	600	600	
5. ค่าวัสดุการเกษตร				
5.1 ค่าเมล็ดพันธุ์				
- ค่าเมล็ดพันธุ์	636	540	450	
- ค่าถาดเพาะ		2,000	2,000	ใช้ 100 ถาดต่อไร่ ถาดละ 20 บาท

กิจกรรม	ข้าวโพด	กะหล่ำปลี	ผักกาดขาวปลี	หมายเหตุ
5.2 ค่าปุ๋ย (ใช้ 25 กิโลกรัมต่อไร่)				
- สูตร 46-0-0		650	650	
- สูตร 15-15-15	775	775	775	
- สูตร 13-13-21		900	900	
- สูตร 16-8-8	575			
- สูตร 8-24-24	700			
- ปุ๋ยหมัก		160	160	
5.3 ค่าสารเคมีในการเกษตร				
- สารเคมีป้องกันกำจัดเชื้อรา		150	150	ขนาด 0.5 กิโลกรัม
- สารเคมีป้องกันกำจัดแมลง		550	550	ขนาด 1 กิโลกรัม
- สารเคมีสำหรับคุมหญ้า	200			1 ชุด 1,600 บาทใช้ได้ 8 ไร่
5.4 ค่าวัสดุระบบน้ำ				
- เทปน้ำหยด		700	700	1 ม้วนยาว 1,000 เมตร
- หัวน้ำหยด		12,000	12,000	เฉลี่ย 4,000 ต้นต่อไร่ ราคาหัวน้ำหยด 3 บาทต่อหัว
(ไม่ผันแปรตามแรงดัน)				
6. ต้นทุนการผลิต (บาทต่อไร่)				
- ในฤดูปลูก (ปี 2563-2564)	8,786	10,325	10,235	
- นอกฤดูปลูก (ปี 2564)		23,025	22,935	เพิ่มระบบน้ำหยด (ปี 2564)
6. ราคาสินค้าเกษตร				
6.1 กิโลกรัม ละ	5-7	8-10	8-10	
6.2 จำนวนผลผลิต (กิโลกรัมต่อไร่)	1,500	2,500	2,200	

กิจกรรม	ข้าวโพด	กะหล่ำปลี	ผักกาดขาวปลี	หมายเหตุ
มูลค่าผลผลิต (บาทต่อไร่)	7,500-10,500	20,000-25,000	17,600-22,000	
7. กำไรสุทธิ				
- ในฤดูปลูก (ปี 2563-2564)	(-1,286)- 1,714	9,675-14,675	7,365-11,765	
- นอกฤดูปลูก (ปี 2564)		(-3,025)-1,975	(-5,335)-(-935)	
คิดกำไรสุทธิทั้งปี (ปี 2564)	(-1,286)- 1,714	6,650-16,650	2,030-10,830	

หมายเหตุ: ค่าแรงรายวันในพื้นที่ 300 บาทต่อคน ปุ๋ยเคมี สูตร 46-0-0 กระสอบละ 1,300 บาท (50 กิโลกรัม) ปุ๋ยเคมี สูตร 15-15-15 กระสอบละ 1,550 บาท (50 กิโลกรัม) ปุ๋ยเคมี สูตร 13-13-21 กระสอบละ 1,800 บาท (50 กิโลกรัม) ปุ๋ยเคมี สูตร 16-8-8 กระสอบละ 1,150 บาท (50 กิโลกรัม) ปุ๋ยเคมี สูตร 8-24-24 กระสอบละ 1,400 บาท (50 กิโลกรัม) ปุ๋ยหมัก กระสอบละ 40 บาท (25 กิโลกรัม) เมล็ดพันธุ์ข้าวโพด 888 ถุงละ 1,590 บาท (10 กิโลกรัม) เมล็ดพันธุ์กะหล่ำปลี กระป๋อง 50 กรัม กระป๋องละ 540 บาท เมล็ดพันธุ์ผักกาดขาวปลี กระป๋อง 100 กรัม กระป๋องละ 450 บาท

แสดงให้เห็นว่า การปรับเปลี่ยนการปลูกพืชจากพืชไร่ มาเป็นพืชผัก ในพื้นที่ที่มีการปรับปรุงดินและจัดระบบกระจายน้ำที่เหมาะสมกับการปลูกพืช สามารถทำให้ใช้ประโยชน์ที่ดินได้เพิ่มขึ้นจากเดิม ทำให้สามารถผลิตพืชส่งเสริมได้ต่อเนื่องทำการเกษตรได้หลายครั้ง ผลผลิตที่ได้ก็จะมากขึ้น ทำให้รายได้ของเกษตรกรเพิ่มขึ้น

บทที่ 5

สรุป ข้อเสนอแนะ และประโยชน์ที่ได้รับ

5.1 สรุป

5.1.1 การวิเคราะห์ปริมาณน้ำต้นทุนและจัดระบบกระจายน้ำให้เหมาะกับการส่งเสริมการผลิตพืช กล้วยไม้ของศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองเขียว

การวิเคราะห์น้ำต้นทุนสำหรับการผลิตพืชส่งเสริมของโครงการหลวงหนองเขียว ได้แก่ กะหล่ำปลีและ ผักกาดขาวปลี พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชทั้ง 2 ชนิด มีค่า 1.15 มิลลิเมตรต่อวัน เมื่อนำไปคูณกับ ค่าศักยภาพการคายระเหยของพื้นที่ที่ได้จากการคำนวณด้วยสมการ Hargreaves ในแต่ละช่วงของการปลูก ทำให้มีอัตราการใช้น้ำสูงสุดต่อรอบการปลูกอยู่ที่ 2.04 มิลลิเมตรต่อวัน โดยที่รอบของการให้น้ำอยู่ที่ 3 วันต่อ ครั้ง สำหรับปริมาณน้ำที่พืชทั้ง 2 ชนิดใช้ต่อวัน เท่ากับ 0.0450 ลิตรต่อวัน (ปริมาณน้ำ 0.1418 ลิตรต่อต้น) รวมปริมาณน้ำที่ต้องใช้จนถึงเก็บเกี่ยวผลผลิต 8.508 ลิตรต่อต้น (คิดที่อายุเก็บเกี่ยว 60 วัน) ในพื้นที่ ดำเนินการสำหรับพืช ทั้ง 2 ชนิด สำหรับช่วงการปลูกที่ 1 (เดือนกันยายนถึงเดือนพฤศจิกายน) ความต้องการ น้ำของพืชต่อรอบการให้น้ำของผักกาดขาวปลี เท่ากับ 4,893 ลิตรต่อรอบของการให้น้ำ และกะหล่ำปลี 7,645 ลิตรต่อรอบของการให้น้ำ สำหรับช่วงการปลูกที่ 2 (เดือนธันวาคมถึงเดือนกุมภาพันธ์) ความต้องการน้ำของ พืชต่อรอบการให้น้ำของผักกาดขาวปลี เท่ากับ 4,643 ลิตรต่อรอบของการให้น้ำ และกะหล่ำปลี เท่ากับ 7,254 ลิตรต่อรอบของการให้น้ำ ส่วนการออกแบบระบบกระจายน้ำให้เหมาะสมกับพื้นที่ใช้ระบบน้ำหยด ซึ่ง เป็นการใช้น้ำให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด โดยส่งน้ำจากแหล่งน้ำต้นทุนเข้าสู่ระบบการให้น้ำในพื้นที่ ซึ่งออกแบบ ให้มีบ่อพักน้ำขนาด 49 ลูกบาศก์เมตร(49,000ลิตร) เพื่อใช้เป็นน้ำต้นทุนของระบบน้ำหยด โดยใช้ท่อ 2 นิ้ว กระจายน้ำให้จากบ่อพักเข้าสู่ระบบน้ำหยด ซึ่งระบบน้ำหยดมีอัตราการการให้น้ำอยู่ระหว่าง 6,016 - 14,962 ลิตรต่อชั่วโมง ซึ่งอัตราการไหลของน้ำในท่อ 2 นิ้ว มีค่าอยู่ระหว่าง 16,200 - 17,280 ลิตรต่อชั่วโมง ซึ่ง เพียงพอต่อความต้องการของระบบน้ำหยดที่ออกแบบไว้ สำหรับการให้น้ำกับพืชส่งเสริม ระบบน้ำหยดจะให้น้ำได้ 2 ลิตรต่อชั่วโมงต่อหัวน้ำหยด โดยที่น้ำที่เป็นประโยชน์ในดินทั้งหมดเท่ากับ 0.1418 ลิตรต่อพื้นที่ต่อต้น ดังนั้นการให้น้ำด้วยระบบน้ำหยดจะใช้เวลาการเติมน้ำที่เป็นประโยชน์ในดินทั้งหมด 4.254 หรือ 5 นาทีต่อรอบการให้น้ำต่อครั้ง ดังนั้นบ่อพักน้ำขนาด 49 ลูกบาศก์เมตร สามารถที่จะจ่ายน้ำให้แก่ระบบให้น้ำแบบน้ำหยดในพื้นที่ และเพียงพอต่อความต้องการน้ำของกะหล่ำปลีและผักกาดขาวปลีนอกฤดูปลูก ตามที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงวางแผนส่งเสริม

5.1.2 การเพิ่มศักยภาพของการผลิตพืช ด้วยการปรับปรุงบำรุงดินและระบบกระจายน้ำในพื้นที่จัดระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ

ผลการวิเคราะห์สมบัติดินทางเคมี ในปี 2563 ปริมาณเปอร์เซ็นต์อินทรีย์วัตถุในดินมีการมีค่า 1.3 อยู่ในระดับค่อนข้างต่ำ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืช มีค่า 16.8 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม อยู่ในระดับค่อนข้างสูง ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่อพืช มีค่า 132.8 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม อยู่ในระดับสูงมาก และค่าความเป็นกรด-ด่าง 4.7 ดินเป็นกรดจัดมาก ได้มีการแนะนำให้ใช้ ปุ๋ยหมักและโดโลไมท์ ในอัตรา 100 กิโลกรัมต่อขั้นบันไดที่ปลูกพืช จากนั้นในปี 2564 ผลการวิเคราะห์สมบัติดินทางเคมี พบว่า ปริมาณเปอร์เซ็นต์อินทรีย์วัตถุในดินมีค่าเพิ่มขึ้น โดยมีค่า 3.8 อยู่ในระดับสูง ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืช มีค่า 16.0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม อยู่ในระดับค่อนข้างสูง ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่อพืช มีค่า 140.0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม อยู่ในระดับสูงมาก และดินมีค่าความเป็นกรด-ด่าง 5.1 ดินเป็นกรดจัด เมื่อเปรียบเทียบผลวิเคราะห์ที่ได้ พบว่า ค่าเปอร์เซ็นต์อินทรีย์วัตถุในดินมีการเปลี่ยนแปลง โดยมีค่าเพิ่มขึ้นจาก 1.3 เป็น 3.8 แสดงว่าในดินมีปริมาณอินทรีย์วัตถุเพิ่มขึ้น ส่วนค่าฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืช และค่าโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่อพืช มีค่าใกล้เคียงกันทั้งสองปี สำหรับค่าความเป็นกรด-ด่าง มีค่าเพิ่มขึ้นจาก 4.7 เป็น 5.1 ซึ่งยังเป็นกรดจัด จะเห็นได้ว่า เมื่อมีการปรับปรุงบำรุงดินด้วยปุ๋ยหมัก และโดโลไมท์ ตามที่แนะนำให้โครงการหลวงหนองหอยดำเนินการ ทำให้ดินมีการเปลี่ยนแปลงสภาพให้เหมาะสมกับการปลูกพืชเพิ่มขึ้น แต่ต้องมีการดำเนินการอย่างต่อเนื่อง แสดงให้เห็นว่า การปรับปรุงดินด้วยปุ๋ยหมัก และโดโลไมท์ พร้อมทั้งมีระบบกระจายน้ำ สามารถเพิ่มความสามารถในการผลิตของพื้นที่ ให้สามารถปลูกพืชได้หลากหลายชนิด หรือปลูกพืชที่แผนงานส่งเสริมโครงการหลวงต้องการได้อย่างต่อเนื่อง ทำให้ผลผลิตที่ได้จะมีปริมาณเพิ่มขึ้นจากเดิม

5.1.3 การเพิ่มศักยภาพการผลิตของพืช เพื่อเพิ่มรายได้ให้แก่เกษตรกรในพื้นที่

การเพิ่มศักยภาพการผลิตของพืช จากเดิมเป็นการปลูกพืชตามฤดูปลูก ซึ่งมักจะนิยมปลูกพืชไร่ แต่เมื่อจัดระบบกระจายน้ำที่สามารถตอบสนองต่อความต้องการน้ำของพืชในช่วงนอกฤดูปลูก เกษตรกรจึงสามารถปลูกพืชผักที่ต้องการน้ำในช่วงนอกฤดูปลูกได้ ทำให้สามารถใช้พื้นที่ทำการเกษตรได้ต่อเนื่อง จากเดิมที่เคยใช้พื้นที่ได้เพียง 2-3 เดือน ในฤดูปลูกครั้งเดียว สามารถใช้พื้นที่เพิ่มขึ้น 8 - 9 เดือน เมื่อรวมกับนอกฤดูปลูกที่สามารถใช้พื้นที่ทำการเกษตรได้ ส่งผลต่อรายได้ของเกษตรกร อีกทั้งจากการปรับเปลี่ยนการปลูกพืชจากปลูกข้าวโพดอย่างเดียวได้ผลผลิตเฉลี่ย 1,500 กิโลกรัมต่อไร่ (5-7 บาทต่อกิโลกรัม) เกษตรกรมีรายได้ 7,500 ถึง 10,500 บาทต่อปี มาปลูกพืชส่งเสริมของโครงการหลวง คือกะหล่ำปลีได้ผลผลิตเฉลี่ย 2,500 กิโลกรัมต่อไร่ (8-10 บาทต่อกิโลกรัม) เกษตรกรมีรายได้ 40,000 ถึง 50,000 บาทต่อปี (รวมรายได้จากการปลูกพืชนอกฤดูปลูกด้วย) และผักกาดขาวปลี ได้ผลผลิตเฉลี่ย 2,200 กิโลกรัมต่อไร่ (8-10 บาทต่อกิโลกรัม)

เกษตรกรมีรายได้ 35,200 ถึง 44,000 บาทต่อปี (รวมรายได้จากการปลูกพืชนอกฤดูปลูกด้วย) ในปีที1 มีต้นทุนในการทำระบบน้ำ (เทบน้ำหยดและหัวน้ำหยด) 12,000 บาท ต่อพื้นที่การศึกษาแปลงจัดระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ แบบขั้นบันไดดินแบบต่อเนื่อง จำนวน 9 แแถว เฉลี่ย 4,000 ต้น ต่อไร่ ราคาหัว น้ำหยด 3 บาท ต่อหัว แต่ในปีต่อไปต้นทุนเรื่องระบบน้ำหยดจะไม่ได้นำมาคิด

ดังนั้น การเพิ่มการปรับปรุงดินและระบบกระจายน้ำในพื้นที่เกษตรกรรมที่ได้จัดระบบอนุรักษ์ดินและน้ำแบบขั้นบันไดต่อเนื่อง จากเดิมที่เคยปล่อยพื้นที่ไม่ได้ทำประโยชน์ใดๆ สามารถที่จะเพิ่มระยะเวลาในการใช้ประโยชน์ที่ดินได้อย่างต่อเนื่อง ทำให้เกษตรกรสามารถเพิ่มผลผลิตทางการเกษตรได้ ส่งผลให้มีรายได้เพิ่มขึ้น ทำให้คุณภาพชีวิตดีขึ้น ซึ่งเป็นการเพิ่มศักยภาพการผลิตของพืชในพื้นที่ให้สูงขึ้น และสามารถใช้ประโยชน์ที่ดินได้คุ้มค่ากับการจัดระบบอนุรักษ์ดินและน้ำแบบขั้นบันไดดินต่อเนื่อง

5.2 ข้อเสนอแนะ

ในขั้นตอนการประเมินศักยภาพของพื้นที่ต่อระบบกระจายน้ำ พบว่า ระบบที่จัดสรรในพื้นที่จัดระบบอนุรักษ์ดินและน้ำแบบขั้นบันไดดินต่อเนื่อง บ่อพักน้ำ 1 บ่อ สามารถเพิ่มรอบการผลิตได้ ถ้ามีการบริหารจัดการน้ำที่ดี โดยสามารถนำน้ำจากแหล่งต้นทุนมาเติม เมื่อปริมาณน้ำในบ่อพักน้ำลดลง จะทำให้อรอบของการผลิตพืชเพิ่มขึ้นได้ หรือมีรอบของการใช้น้ำโดยหมุนเวียนกันใช้ และนำน้ำมาเติมในบ่อพักน้ำตลอดการเพาะปลูก ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองเขียวก็สามารถวางแผนการผลิตพืชได้ต่อเนื่องทั้งปี ส่วนในเรื่องของดิน ควรส่งดินตรวจวิเคราะห์สมบัติดินหลังการเก็บเกี่ยวทุกปี เพื่อตรวจสอบความอุดมสมบูรณ์ของดินในพื้นที่ให้เหมาะสมกับการปลูกพืชเสมอ และใช้ปุ๋ยหมักที่ส่งเสริมให้เกษตรกรทำในพื้นที่ นำมาใส่ในขั้นตอนการเตรียมแปลงปลูกเสมอ เพื่อปรับปรุงโครงสร้างของดินให้มีความเหมาะสมกับการปลูกพืช และช่วยเพิ่มศักยภาพในการผลิตที่ดีขึ้น

ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงควรจะมีการเก็บข้อมูลการใช้น้ำในพื้นที่ ปริมาณผลผลิตที่ได้ ข้อมูลของดินอย่างต่อเนื่อง เพื่อวางแผนในการทำงาน และเปรียบเทียบศักยภาพของระบบชลประทานที่จัดสรรให้ อีกทั้งข้อมูลที่ได้จะใช้เปรียบเทียบกับแปลงของเกษตรกรที่ไม่ได้ดำเนินการในพื้นที่รับผิดชอบ เพื่อใช้วางแผนช่วยเหลือและส่งเสริมเกษตรกรในพื้นที่รับผิดชอบให้มีคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้น

5.3 ประโยชน์ที่ได้รับ

1. เกษตรกรสามารถเพิ่มระยะเวลาในการเพาะปลูกพืชในพื้นที่ได้
2. ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงสามารถเพิ่มแผนการผลิต และส่งเสริมให้เกษตรกรปลูกพืชเพิ่มขึ้นได้
3. เกษตรกรสามารถเพิ่มรายได้จากการผลิตพืชที่ใช้พื้นที่เพาะปลูกน้อยแต่สามารถปลูกได้ทั้งปี และให้ผลตอบแทนสูง ทำให้ผลผลิตพืชมีปริมาณเพิ่มขึ้น ลดปัญหาการบุกรุกป่าเพื่อเพิ่มพื้นที่เพาะปลูก ส่งผลให้เกษตรกรมีรายได้และมีคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้น

เอกสารอ้างอิง

- กรมชลประทาน. ม.ป.ป. **ค่าสัมประสิทธิ์พีช (Kc) ของพืช 40 ชนิด**. กลุ่มงานวิจัยการใช้น้ำชลประทาน ส่วนการใช้น้ำชลประทาน สำนักอุทกวิทยาและบริหารน้ำ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, {Online}. เข้าถึงได้จาก : http://water.rid.go.th/hwm/cropwater/CWRdata/Kc/kc_th.pdf. 15 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2565.
- กรมพัฒนาที่ดิน. 2558. **คู่มือการพัฒนาที่ดินสำหรับหมอดินอาสาและเกษตรกร**. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.
- _____. 2564. **คู่มือมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำทางวิธีกล**. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.
- กรมส่งเสริมการเกษตร. 2544. **การปลูกผักกาดขาวปลี**. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, {Online}. เข้าถึงได้จาก : http://eto.ku.ac.th/neweto/e-book/plant/herb_gar/pak_kad2.pdf. 15 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2565.
- กิริติ สิวจันกุล.ม.ป.ป. **ชลศาสตร์**. ปทุมธานี : ภาควิชาวิศวกรรมโยธา วิทยาลัยวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต. ปทุมธานี.
- คณะกรรมการการอาชีวศึกษา (สอศ.) และทอเอสซีจี. 2554. **คู่มือหลักสูตรการเรียนการสอน วิชาการระบบการให้น้ำและการจัดการ**. {Online}. เข้าถึงได้จาก : https://www.npi-pipe.com/PDF/คู่มือระบบการให้น้ำและการจัดการ_20200128.pdf. 15 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2565.
- ไทยวอเตอร์ซิสเต็ม จำกัด. 2559. **ระบบน้ำหยดในการเกษตร**. {Online}. เข้าถึงได้จาก : <https://www.thaiwatersystem.com/article/59/ระบบน้ำหยดในการเกษตร>. 15 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2565.
- ฝ่ายสถานีวิจัยและศูนย์พัฒนาโครงการหลวง. 2564. **ข้อมูลพื้นฐาน ศูนย์พัฒนาโครงการหลวง 39 ศูนย์**. มุลนิธิโครงการหลวง, เชียงใหม่.

- ยุทธนา พันธุ์กมลศิลป์ และ เอกสิทธิ์ โสมิตสกุลชัย. 2550. การหาปริมาณการใช้น้ำของพืชโดยใช้ ฟิชซี
ลอจิก. {Online}. เข้าได้ถึงจาก : <https://pindex.ku.ac.th/name.php?major=56&SelPage=1>.
15 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2565.
- วิบูลย์ บุญยธโรกุล. 2526. **หลักการชลประทาน**. ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ศูนย์อุทกนิยามวิทยาภาคเหนือ. 2562. **สถิติภูมิอากาศปี 2532 – 2561**. กระทรวงดิจิทัลเศรษฐกิจและสังคม,
กรุงเทพฯ.
- สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน. 2563. **เทคโนโลยีการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์**. กรมส่งเสริม
การเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. {Online}. เข้าได้ถึงจาก :
<https://www.doa.go.th/fcri/wp-content/uploads/2020/tachno/E-Book-4.pdf>. 15 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2565.
- สมปอง นิลพันธ์. 2556. **การศึกษาปริมาณน้ำที่พืชใช้ประโยชน์ได้ในชุดดินต่างๆ เพื่อกำหนดระยะเวลา
และปริมาณการให้น้ำแก่พืชในประเทศไทย**. กรุงเทพฯ : สำนักสำรวจดินและวางแผนการใช้ที่ดิน
กรมพัฒนาที่ดิน.
- สราวุธ ไก่แก้ว. 2561. **คู่มือการออกแบบระบบน้ำฉบับประชาชน**. กรุงเทพฯ : บริษัท นิเวศธรรมดาการพิมพ์
(ประเทศไทย) จำกัด.
- สลิลรัตน์ วิชัยพานิช. 2552. **ศึกษาค่าสัมประสิทธิ์ที่เหมาะสมในสมการ Hargreaves เพื่อหาอัตราการใช้น้ำ
ของพืชแทนวิธีของ Penman Monteith**. เชียงใหม่ : ศูนย์ปฏิบัติการโครงการหลวงภาคเหนือ
สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 6 กรมพัฒนาที่ดิน.
- สุชาติ วรรณรัตน์. 2554. **การก่อสร้างคูรับน้ำขอบเขาบนพื้นที่ลาดชันในเขตพื้นที่โครงการหลวง**.
เชียงใหม่ : ศูนย์ปฏิบัติการโครงการหลวงภาคเหนือ สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 6 กรมพัฒนาที่ดิน.
- สุนทร สุทธิบาก. 2563. **กลศาสตร์ของไหล**. อุดรธานี : คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี.

- อัญชลี พัดมีเทศ. 2548. **การปลูกกะหล่ำปลี**. {Online}. เข้าถึงได้จาก : http://eto.ku.ac.th/neweto/e-book/plant/herb_gar/pak_kad2.pdf. 15 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2565.
- Allen G. Richard, P.S. Luis, R. Dirk, S. Martin. 1998. **Crop evapotranspiration-Guidelines for computing crop water requirements-FAO Irrigation and drainage paper 56**. FAO-Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. {Online}. Available: <http://www.fao.org/docrep/X0490E/x0490e06.htm>. 17 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2565.
- Ali R. Khoob. 2007. **Comparative study of Hargreaves's and artificial neural network's methodologies in estimating reference evapotranspiration in a semiarid environment**. Department of Irrigation and Drainage Engineering, University college of Aboureyhan, University of Tehran, Tehran, Iran. {Online}. Available : <http://www.springerlink.com/content/j671708r03808h62/> 17 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2565.
- Bray, R.H. and L.T. Kurtz. 1945. Determination of total organic and available forms of phosphorus in soils. **Soil Sci.** 59:39-45.
- Jackson, M.L. 1958. **Soil Chemical Analysis**. Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, N.J. pp.219-221.
- Peech, M. 1965. Soil pH by glass electrode pH meter. **Methods of Soil Analysis. Amer. Soc. Agro.** No.9. Part 2. 60:914-925.
- Robert W. Hill. 1997. **CRPSM: Crop growth and irrigation scheduling model: Software users manual**. Biological and Irrigation Engineering Department, Utah State University, Logan, Utah.
- Walkley, A. and I.A. Black, 1947. Chromic acid titration method for determination of soil organic matter. **Soil Sci. Amer. Proc.** 63:257.

ภาคผนวก

ตารางภาคผนวกที่ 1 ค่าสัมประสิทธิ์ของพืช

แสดงค่าสัมประสิทธิ์พืชของกะหล่ำดอก

ลำดับที่	ค่าสัมประสิทธิ์พืช (Crop Coefficient ; Kc)						
	Modified Penman	Blaney-Criddle	Pan Method	Thornthwaite	Hargreaves	Radiation	Penman-Monteith
1	0.89	1.13	0.77	0.84	1.06	1.02	1.01
2	0.95	1.11	1.04	1.13	1.17	1.04	1.36
3	1.00	1.18	1.24	1.14	1.12	1.10	1.43
4	1.03	1.21	1.01	1.05	1.14	1.17	1.47
5	1.04	1.22	1.09	1.21	1.29	1.11	1.49
6	1.02	1.18	1.30	2.17	1.16	1.11	1.19
7	1.00	1.19	1.28	2.08	1.14	1.09	1.17
เฉลี่ย	0.99	1.18	1.09	1.27	1.15	1.09	1.30

ที่มา: กรมชลประทาน (ม.ป.ป.)

ตารางภาคผนวกที่ 2 ค่าศักยภาพการคายระเหย โดยสมการ Hargreaves

ค่าศักยภาพการคายระเหย โดยสมการ Hargreaves ของเดือน กันยายน

วันที่	อุณหภูมิสูงสุด	อุณหภูมิต่ำสุด	อุณหภูมิเฉลี่ย	แสงที่ตกกระทบบนพื้นโลก	ค่าศักยภาพการคายระเหย
	Tmax	Tmin	Tc	Rs	Etrg
1	22.5	18.8	20.4	202.22	1.77
2	26.4	18.0	20.3	265.61	2.47
3	25.3	18.6	22.5	232.41	2.15
4	23.4	19.3	22.3	179.58	1.63
5	25.5	19.8	21.6	236.98	2.19
6	25.0	19.2	22.4	234.49	2.15
7	25.6	18.8	21.9	241.30	2.23
8	19.6	19.0	22.3	106.81	0.91
9	20.0	18.3	19.0	128.77	1.09
10	24.8	18.1	19.1	239.33	2.17
11	25.1	18.2	21.5	231.31	2.12
12	25.8	18.9	22.0	192.07	1.75
13	21.6	19.5	21.7	170.28	1.48
14	23.5	18.2	19.9	199.60	1.79
15	22.0	18.8	21.2	181.26	1.58
16	23.0	18.1	20.1	185.26	1.66
17	25.6	18.9	21.0	241.30	2.22
18	22.0	18.6	22.1	170.07	1.49
19	21.2	18.5	20.3	156.93	1.36
20	22.3	18.2	19.7	178.32	1.57
21	23.1	18.4	20.4	197.14	1.75
22	24.6	18.3	20.7	226.84	2.05
23	26.6	18.2	21.4	246.32	2.31
24	22.0	19.0	22.8	184.61	1.60
25	21.0	17.7	19.9	156.17	1.34
26	23.7	17.9	19.5	212.82	1.89
27	23.7	17.9	20.8	206.46	1.85
28	22.7	18.2	21.0	168.69	1.50
29	22.0	19.0	20.9	153.81	1.36
30	22.3	18.9	20.5	186.62	1.63
ค่าศักยภาพการคายระเหยเฉลี่ย					1.77

ค่าศักยภาพการคายระเหย โดนสมการ Hargreaves ของเดือน ตุลาคม

วันที่	อุณหภูมิสูงสุด	อุณหภูมิต่ำสุด	อุณหภูมิเฉลี่ย	แสงที่ตกกระทบบนพื้นโลก	ค่าศักยภาพการคายระเหย
	Tmax	Tmin	Tc	Rs	Etrg
1	21.5	18.0	19.8	162.14	1.40
2	21.2	18.2	19.7	149.51	1.29
3	22.7	18.1	20.4	184.38	1.62
4	21.9	17.5	19.7	179.58	1.55
5	21.7	18.3	20.0	157.20	1.37
6	20.4	18.5	19.5	117.02	1.01
7	23.3	18.4	20.9	187.13	1.67
8	23.0	17.7	20.4	193.78	1.71
9	20.1	17.0	18.6	147.56	1.24
10	19.0	16.1	17.6	142.10	1.16
11	23.3	15.9	19.6	225.99	1.95
12	21.0	16.5	18.8	175.45	1.48
13	21.7	17.1	19.4	176.60	1.52
14	24.0	18.4	21.2	193.98	1.74
15	20.1	19.1	19.6	81.60	0.70
16	20.0	16.9	18.5	143.02	1.20
17	18.0	15.0	16.5	140.05	1.11
18	17.3	16.0	16.7	91.77	0.73
19	15.7	15.2	15.5	56.65	0.43
20	15.3	13.5	14.4	106.99	0.79
21	16.5	14.6	15.6	109.42	0.84
22	17.7	14.9	16.3	132.21	1.04
23	18.1	15.8	17.0	119.27	0.96
24	21.0	15.8	18.4	178.51	1.49
25	24.5	15.5	20.0	233.75	2.04
26	23.9	18.0	21.0	188.38	1.68
27	18.5	16.3	17.4	114.50	0.93
28	21.2	16.3	18.8	170.08	1.43
29	19.9	18.4	19.2	93.67	0.80
30	16.6	15.5	16.1	79.84	0.62
31	18.6	15.8	17.2	126.80	1.02
ค่าศักยภาพการคายระเหยเฉลี่ย					1.24

ค่าศักยภาพการคายระเหย โดนมสมการ Hargreaves ของเดือน พฤศจิกายน

วันที่	อุณหภูมิสูงสุด	อุณหภูมิต่ำสุด	อุณหภูมิเฉลี่ย	แสงที่ตกกระทบบนพื้นโลก	ค่าศักยภาพการคายระเหย
	Tmax	Tmin	Tc	Rs	Etrg
1	19.0	17.3	18.2	98.35	0.82
2	23.1	17.0	20.1	185.45	1.62
3	20.5	17.8	19.2	122.82	1.05
4	19.0	15.5	17.3	139.21	1.13
5	24.4	16.0	20.2	214.69	1.88
6	22.4	16.5	19.5	179.13	1.54
7	20.7	17.1	18.9	139.31	1.18
8	21.0	16.0	18.5	163.46	1.37
9	19.0	15.5	17.3	136.17	1.10
10	19.2	15.4	17.3	141.28	1.14
11	19.4	14.6	17.0	158.11	1.27
12	19.9	14.9	17.4	160.70	1.30
13	20.0	16.0	18.0	143.14	1.18
14	19.3	16.0	17.7	129.49	1.06
15	19.2	15.5	17.4	136.57	1.11
16	20.5	15.1	17.8	164.33	1.35
17	24.3	15.5	19.9	208.98	1.82
18	24.7	16.3	20.5	203.40	1.80
19	24.5	16.5	20.5	197.76	1.75
20	24.9	16.6	20.8	200.71	1.78
21	24.5	16.1	20.3	201.20	1.77
22	21.7	16.8	19.3	153.14	1.31
23	21.7	16.7	19.2	154.17	1.32
24	21.0	16.6	18.8	144.15	1.22
25	21.7	16.2	19.0	160.66	1.36
26	20.9	16.4	18.7	144.87	1.22
27	21.1	15.8	18.5	156.75	1.31
28	21.1	15.6	18.4	159.22	1.33
29	20.6	15.1	17.9	158.78	1.31
30	17.3	13.2	15.3	136.73	1.04
ค่าศักยภาพการคายระเหยเฉลี่ย					1.35

ค่าศักยภาพการคายระเหย โดนสมการ Hargreaves ของเดือน ธันวาคม

วันที่	อุณหภูมิสูงสุด	อุณหภูมิต่ำสุด	อุณหภูมิเฉลี่ย	แสงที่ตกกระทบบนพื้นโลก	ค่าศักยภาพการคายระเหย
	Tmax	Tmin	Tc	Rs	Etrg
1	18.0	12.2	15.1	162.21	1.23
2	18.0	13.0	15.5	150.24	1.15
3	19.3	13.8	16.6	157.21	1.25
4	17.6	14.3	16.0	121.51	0.95
5	17.7	13.2	15.5	141.59	1.09
6	16.3	11.7	14.0	142.88	1.05
7	17.8	13.4	15.6	139.48	1.07
8	18.5	13.1	15.8	154.26	1.20
9	19.0	13.5	16.3	155.44	1.22
10	17.8	13.0	15.4	145.00	1.11
11	22.3	13.0	17.7	201.56	1.65
12	23.4	13.6	18.5	206.67	1.73
13	23.6	14.5	19.1	198.94	1.69
14	21.5	14.6	18.1	173.08	1.43
15	22.1	15.9	19.0	163.94	1.39
16	22.1	16.2	19.2	159.82	1.36
17	21.5	16.8	19.2	142.57	1.21
18	19.0	16.1	17.6	111.95	0.91
19	19.0	14.7	16.9	137.87	1.10
20	14.9	10.7	12.8	134.69	0.95
21	9.7	8.2	9.0	80.50	0.50
22	14.2	6.4	10.3	183.60	1.19
23	16.0	8.4	12.2	181.29	1.25
24	16.9	10.0	13.5	172.82	1.25
25	22.4	9.8	16.1	233.68	1.83
26	22.4	14.7	18.6	182.82	1.53
27	24.0	15.7	19.9	189.98	1.65
28	23.8	15.0	19.4	195.82	1.68
29	23.0	13.9	18.5	199.36	1.67
30	21.0	15.0	18.0	162.09	1.34
31	16.8	13.0	14.9	129.18	0.97
ค่าศักยภาพการคายระเหยเฉลี่ย					1.28

ค่าศักยภาพการคายระเหย โดนสมการ Hargreaves ของเดือน มกราคม

วันที่	อุณหภูมิสูงสุด	อุณหภูมิต่ำสุด	อุณหภูมิเฉลี่ย	แสงที่ตกกระทบบนพื้นโลก	ค่าศักยภาพการคายระเหย
	Tmax	Tmin	Tc	Rs	Etrg
1	16.0	10.0	15.1	162.6	1.15
2	15.8	10.0	15.5	160.12	1.13
3	23.6	10.2	16.6	243.82	1.95
4	19.6	12.8	16.0	174.03	1.36
5	22.5	16.4	15.5	165.17	1.42
6	25.6	16.2	14.0	205.49	1.83
7	22.8	16.1	15.6	173.89	1.49
8	19.1	15.9	15.8	120.47	0.98
9	20.0	14.3	16.3	161.20	1.30
10	21.0	14.5	15.4	172.60	1.42
11	17.2	13.3	17.7	134.07	1.02
12	14.5	4.0	18.5	220.62	1.38
13	13.0	3.2	19.1	213.78	1.28
14	12.8	6.0	18.1	178.63	1.12
15	13.8	6.5	19.0	185.68	1.20
16	18.0	6.5	19.2	233.82	1.62
17	17.5	13.4	19.2	140.09	1.07
18	13.2	10.0	17.6	124.20	0.84
19	18.0	9.8	16.9	199.52	1.46
20	17.1	11.5	12.8	165.49	1.23
21	18.3	12.8	9.0	164.63	1.27
22	18.0	14.0	10.3	140.93	1.10
23	21.7	14.2	12.2	193.74	1.60
24	21.0	12.8	13.5	203.39	1.63
25	21.2	13.5	16.1	197.89	1.60
26	21.2	15.2	18.6	175.41	1.46
27	22.7	16.2	19.9	183.33	1.58
28	21.3	16.0	19.4	166.25	1.40
29	19.5	16.8	18.5	119.17	0.99
30	18.1	11.0	18.0	194.10	1.45
31	21.0	10.5	14.9	237.09	1.83
ค่าศักยภาพการคายระเหยเฉลี่ย					1.36

ค่าศักยภาพการคายระเหย โดนสมการ Hargreaves ของเดือน กุมภาพันธ์

วันที่	อุณหภูมิสูงสุด	อุณหภูมิต่ำสุด	อุณหภูมิเฉลี่ย	แสงที่ตกกระทบบนพื้นโลก	ค่าศักยภาพการคายระเหย
	Tmax	Tmin	Tc	Rs	Etrg
1	23.8	14.0	15.1	230.07	1.95
2	24.1	14.5	15.5	228.74	1.96
3	20.7	15.0	16.6	177.06	1.46
4	20.2	16.0	16.0	152.68	1.26
5	21.5	15.0	15.5	190.82	1.59
6	19.9	15.2	14.0	163.02	1.33
7	20.2	14.4	15.6	181.94	1.47
8	13.9	10.4	15.8	142.00	0.98
9	17.1	9.1	16.3	215.69	1.54
10	16.5	9.5	15.4	202.72	1.44
11	19.0	12.2	17.7	200.75	1.55
12	21.1	13.0	18.5	220.15	1.77
13	21.5	14.0	19.1	212.85	1.75
14	19.9	14.2	18.1	186.45	1.50
15	21.2	14.9	19.0	196.95	1.63
16	20.9	14.7	19.2	196.32	1.61
17	20.3	15.4	19.2	175.36	1.44
18	18.3	14.0	17.6	165.06	1.29
19	17.3	12.7	16.9	171.53	1.30
20	20.2	13.8	12.8	203.29	1.63
21	22.7	15.5	9.0	216.64	1.84
22	22.8	15.7	10.3	216.15	1.85
23	23.5	15.9	12.2	224.68	1.94
24	25.0	17.0	13.5	231.60	2.07
25	25.7	16.0	16.1	256.21	2.28
26	24.7	13.1	18.6	281.48	2.38
27	24.0	15.4	19.9	243.48	2.11
28	24.8	16.5	19.4	240.29	2.13
ค่าศักยภาพการคายระเหยเฉลี่ย					1.68

ตารางภาคผนวกที่ 3 ความสัมพันธ์ของปริมาณความชื้นที่เป็นประโยชน์กับเนื้อดิน

เนื้อดิน	ความสูงของน้ำ มิลลิเมตร / ความลึกของดิน เมตร
เนื้อดินหยาบมาก (Very coarse texture)	
ดินทรายหยาบมาก (Very coarse sands)	65 มิลลิเมตร/เมตร
เนื้อดินหยาบ (Coarse texture)	
ดินทรายหยาบ ดินทรายละเอียด และดินทรายปนดินร่วน (Coarse sands, Fine sands and Loamy sands)	105 มิลลิเมตร/เมตร
เนื้อดินหยาบปานกลาง (Moderate coarse texture)	
ดินร่วนปนทราย และดินร่วนปนทรายละเอียด (Sandy loams and Fine sandy loams)	150 มิลลิเมตร/เมตร
เนื้อดินขนาดปานกลาง (Medium texture)	
ดินร่วนปนทรายละเอียดมาก ดินร่วน และดินร่วนปนทรายแป้ง (Very fine sandy loams , Loams , Silt loams)	195 มิลลิเมตร/เมตร
เนื้อดินละเอียดปานกลาง (Moderate fine texture)	
ดินร่วนปนดินเหนียว ดินร่วนเหนียวปนทรายแป้ง และดินร่วน เหนียวปนทราย (Clay loams, Silty clay loams and Sandy clay loams)	210 มิลลิเมตร/เมตร
เนื้อดินละเอียด (Fine texture)	
ดินเหนียวปนทราย ดินเหนียวปนทรายแป้ง และดินเหนียว (Sandy clays, Silty clays, Clays)	210 มิลลิเมตร/เมตร
ดินพีท และดินม็อค (Peats and Mucks)	250 มิลลิเมตร/เมตร

ที่มา: ดัดแปลงจาก สมปอง (2556)

ตารางภาคผนวกที่ 4 ขั้นตอนการหาปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ในดินต่อต้นพืช

การคำนวณหาความลึกของดิน ที่ยอมให้สูญเสียได้ 20 % ณ ความลึกดิน 0.15 เมตร

“เนื้อดินร่วนปนดินเหนียว”					
ดินลึก	1	เมตร	มีความลึกของดินที่มีน้ำและเป็นประโยชน์ต่อพืช	0.2100	เมตร
ดินลึก	0.15	เมตร	มีความลึกของดินที่มีน้ำและเป็นประโยชน์ต่อพืช	0.0315	เมตร
ปริมาตรน้ำที่ยอมให้สูญเสียได้ 20 % ของความลึกของดินที่มีน้ำและเป็นประโยชน์ต่อพืช ณ ความลึกดิน 0.15 เมตร					
ดินลึก	0.15	เมตร	มีความลึกของดินที่มีน้ำและเป็นประโยชน์ต่อพืช	0.0315	เมตร
ปริมาตรน้ำที่ยอมให้สูญเสีย 20 % จากความลึก	0.0315	เมตร	มีความลึกของดินที่มีน้ำและเป็นประโยชน์ต่อพืช	0.0063	เมตร

“ปริมาตรของดินรอบทรงพุ่มพืชต่อต้น”			
พื้นที่ทรงพุ่มของพืช	กว้าง	0.15	เมตร
	ยาว	0.15	เมตร
ความลึกของราก	ลึก	0.15	เมตร
ปริมาตรของดินบริเวณรากพืชลึก 0.15 เมตร		0.003375	ลบ.ม.

“ปริมาตรของน้ำที่เป็นประโยชน์ ณ ความลึกดิน 0.15 เมตร”			
พื้นที่ทรงพุ่มของพืช	กว้าง	0.15	เมตร
	ยาว	0.15	เมตร
ความลึกของดินที่มีน้ำและเป็นประโยชน์ต่อพืช	ลึก	0.0315	เมตร
ปริมาตรของน้ำที่เป็นประโยชน์ต่อพืช		0.000709	ลบ.ม.
เท่ากับปริมาณน้ำทั้งหมด		0.709	ลิตร/ความลึก 0.0315 เมตร

ตารางภาคผนวกที่ 4 ขั้นตอนการหาปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ในดินต่อต้นพืช (ต่อ)

“ปริมาตรน้ำที่ยอมให้สูญเสียได้ 20 % ของความลึกของดินที่มีน้ำและเป็นประโยชน์ต่อพืช ณ ความลึกดิน 0.15 เมตร”			
พื้นที่ทรงพุ่มของพืช	กว้าง	0.15	เมตร
	ยาว	0.15	เมตร
ความลึกของดินที่มีน้ำและเป็นประโยชน์ต่อพืช ณ ความลึกดิน 0.15 เมตร	ลึก	0.0063	เมตร
ปริมาตรน้ำที่ยอมให้สูญเสียได้ 20 % ณ ความลึก 0.15 เมตร		0.000142	ลบม
เท่ากับปริมาณน้ำทั้งหมด		0.1418	ลิตร/ความลึก 0.0063 เมตร

ตารางภาคผนวกที่ 5 วิธีการคำนวณอัตราการไหลของน้ำในท่อ

กำหนดจุดเริ่มต้นของการไหลที่ความสูง 778 เมตร จุดสิ้นสุดการไหลที่ความสูง 775 เมตร ค่าความเร็วเริ่มต้น (v_1) และค่าความดันเริ่มต้น (P_1) เท่ากับ 0 ระยะส่งน้ำ 25 เมตร ขนาดท่อส่งน้ำ 2 นิ้ว ค่าความดันเริ่มต้น (P_2) เท่ากับ 0 หาอัตราการไหลในท่อ

สมการเบอร์นูลลีประยุกต์

$$\frac{P_1}{\rho g} + \frac{v_1^2}{2g} + Z_1 = \frac{P_2}{\rho g} + \frac{v_2^2}{2g} + Z_2 + \sum \frac{fL}{D} \frac{v^2}{2g} + \sum k \frac{v^2}{2g}$$

ซึ่งค่าความดันเริ่มต้นและค่าความดันสิ้นสุดเท่ากับ 0 ความเร็วเริ่มต้นเท่ากับ 0 ท่อมีการใช้ขนาดเดียว และค่าการสูญเสียพลังงานรอง $\sum k v^2 / 2g$ มีค่าน้อยมาก จึงไม่นำมาคำนวณ จึงสามารถจัดรูปแบบสมการใหม่ได้

$$Z_1 = \frac{v_2^2}{2g} + Z_2 + \frac{fL}{D} \frac{v^2}{2g}$$

$$Z_1 - Z_2 = \frac{v_2^2}{2g} * \left\{ 1 + \frac{fL}{D} \right\}$$

จากสมการ ต้องการหาค่า v_2^2 จัดสมการใหม่ ได้

$$v^2 = \frac{(Z_1 - Z_2) * 2g}{\left(1 + \frac{fL}{D} \right)}$$

$$\text{แทนค่า } v^2 = \frac{(778 - 775) * 19.62}{1 + \left(f * \frac{25}{0.0508} \right)}$$

$$V = \sqrt{\frac{58.86}{1 + (f * 492.12)}}$$

การคำนวณจะติดค่า f ซึ่งคือ ค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทาน สามารถหาค่า f จากสมการ

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = 1.14 - 2 \log \left[\frac{\epsilon}{D} + \frac{9.35}{Re \sqrt{f}} \right]$$

ค่าความขรุขระสัมพัทธ์ (ϵ/D) ของท่อ PVC มีค่าน้อยมาก จะได้สมการ

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = 1.14 - 2 \log \left[\frac{9.35}{Re \sqrt{f}} \right]$$

ตารางภาคผนวกที่ 5 วิธีการคำนวณอัตราการไหลของน้ำในท่อ (ต่อ)

จะได้สมการในการคำนวณ 2 สมการ คือ

$$V = \sqrt{\frac{58.86}{1 + (f * 492.12)}} \quad \text{สมการที่ 1}$$

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = 1.14 - 2 \log \left[\frac{9.35}{R_e \sqrt{f}} \right] \quad \text{สมการที่ 2 โดยที่ } R_e = \frac{\rho v D}{\mu}$$

สมมติค่า f จะได้ค่า v จากสมการที่ 1 นำค่า v ที่ได้ไปแทนค่าในสมการที่ 2 จะได้ค่า f โดยที่สังเกตค่า f ทั้ง 2 ด้าน ให้มีค่าแตกต่างกันไม่เกิน 0.005 แสดงว่าค่า f ที่ได้สามารถยอมรับได้ว่าเป็นค่าเดียวกัน

ตัวอย่าง เช่น แทนค่า f ครั้งที่ 1 ที่ 0.015 ในสมการที่ 1

$$\begin{aligned} v^2 &= \sqrt{\frac{58.86}{1 + (0.015 * 492.12)}} \\ &= 7.0224 \\ v &= 2.6499 \text{ เมตรต่อวินาที} \end{aligned}$$

นำค่า v ที่ได้ไปแทนค่าในสมการ $R_e = (\rho v D) / \mu$

$$\begin{aligned} &= (998.21 * 2.6499 * 0.0508) / 0.0010389 \\ &= 129,343 \end{aligned}$$

แทนค่า R_e ในสมการที่ 2

$$\begin{aligned} \frac{1}{\sqrt{0.015}} &= 1.14 - 2 \log \frac{9.35}{129,343 * \sqrt{0.015}} \\ 8.1633 &= 7.5981 \end{aligned}$$

ค่า $f = 0.015$ มีค่าแตกต่างกัน 0.5650 ซึ่งมีค่าเกิน 0.005 แสดงว่าค่า v ในสมการที่ 1 ไม่สามารถนำไปคำนวณอัตราการไหลของน้ำได้ จึงต้องทำการแทนค่า f ใหม่ เพื่อลดค่าความแตกต่าง จึงต้องเพิ่มค่า f ให้มากกว่าค่าที่ให้ในครั้งที่ 1 โดยใช้หลักการในการเพิ่มแล้วดูค่า f ทั้ง 2 ด้านให้แตกต่างกัน น้อยกว่า 0.005 เช่น กำหนดค่า $f = 0.016$ ได้ค่าแตกต่าง 0.3039, $f = 0.017$ ได้ค่าแตกต่าง 0.1077, $f = 0.018$ ได้ค่าแตกต่าง 0.1464 และ $f = 0.019$ ได้ค่าแตกต่าง 0.3543 จะเห็นได้ว่าแนวโน้มค่าที่แตกต่างกันน้อยจะอยู่ในช่วง 0.017 - 0.018 จึงต้องสมมติค่า f ให้อยู่ในช่วงนี้ โดยเพิ่มค่า f ในช่วงตั้งแต่ 0.0171 - 0.0180 แล้วสังเกตแนวโน้มค่าแตกต่างที่ทำคำนวณได้ คำนวณซ้ำจนค่าที่แตกต่างกัน ไม่เกิน 0.005 ก็สามารถนำไปใช้ได้

ตารางภาคผนวกที่ 5 วิธีการคำนวณอัตราการไหลของน้ำในท่อ (ต่อ)

เช่น แทนค่า f ที่ได้จากการคำนวณจนมีค่าแตกต่างกันไม่เกิน 0.005 เช่น $f = 0.01729$
ในสมการที่ 1

$$\begin{aligned} v^2 &= \frac{58.86}{1 + (0.01729 * 492.12)} \\ &= 6.1899 \\ v &= 2.4879 \text{ เมตรต่อวินาที} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{นำค่า } v \text{ ที่ได้ไปแทนค่าในสมการ } R_e &= (\rho v D) / \mu \\ &= (998.21 * 2.4879 * 0.0508) / 0.0010389 \\ &= 121,435 \end{aligned}$$

แทนค่า R_e ในสมการที่ 2

$$\begin{aligned} \frac{1}{\sqrt{0.01729}} &= 1.14 - 2 \log \frac{9.35}{121,435 * \sqrt{0.01729}} \\ 7.6050 &= 7.6049 \end{aligned}$$

จะเห็นว่า ค่า f ที่คำนวณครั้งที่ 2 มีค่าแตกต่างกัน 0.0001 ซึ่งไม่เกิน 0.005 สามารถยอมรับได้ว่าเป็นค่าเดียวกัน แสดงว่าค่า v ในสมการที่ 1 สามารถนำไปคำนวณอัตราการไหลของน้ำได้

การหาอัตราการไหลของน้ำในท่อ คำนวณจากสมการ

$$\begin{aligned} Q &= VA \\ &= 2.487 * 0.00203 \\ &= 0.00504 \text{ ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที} \end{aligned}$$

ดังนั้น ท่อขนาด 2 นิ้วจะมีอัตราการไหลของน้ำ 0.005 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที

ตารางภาคผนวกที่ 6 ระดับอินทรีย์วัตถุในดิน

ระดับ	ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน (ร้อยละ)
ต่ำมาก	< 0.5
ต่ำ	0.5 - 1.0
ค่อนข้างต่ำ	1.0 - 1.5
ปานกลาง	1.5 - 2.5
ค่อนข้างสูง	2.5 - 3.5
สูง	3.5 - 4.5
สูงมาก	> 4.5

ที่มา: กรมพัฒนาที่ดิน (2558)

ตารางภาคผนวกที่ 7 ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืช

ระดับ	ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)
ต่ำมาก	< 3
ต่ำ	3 - 6
ค่อนข้างต่ำ	6 - 10
ปานกลาง	10 - 15
ค่อนข้างสูง	15 - 25
สูง	25 - 45
สูงมาก	> 45

ที่มา: กรมพัฒนาที่ดิน (2558)

ตารางภาคผนวกที่ 8 ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่อพืช

ระดับ	ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)
ต่ำมาก	< 30
ต่ำ	30 – 60
ปานกลาง	60 - 90
สูง	90 - 120
สูงมาก	> 120

ที่มา: กรมพัฒนาที่ดิน (2558)

ตารางภาคผนวกที่ 9 ระดับความเป็นกรดเป็นด่างของดิน (pH)

ความเป็นกรดเป็นด่างของดิน (pH)	ระดับ
< 3.5	กรดรุนแรงมากที่สุด
3.5 – 4.5	กรดรุนแรงมาก
4.6 – 5.0	กรดจัดมาก
5.1 – 5.5	กรดจัด
5.6 – 6.0	กรดปานกลาง
6.1 – 6.5	กรดเล็กน้อย
6.6 – 7.3	กลาง
7.4 – 7.8	ด่างเล็กน้อย
7.9 – 8.4	ด่างปานกลาง
8.5 – 9.0	ด่างจัด
> 9.0	ด่างจัดมาก

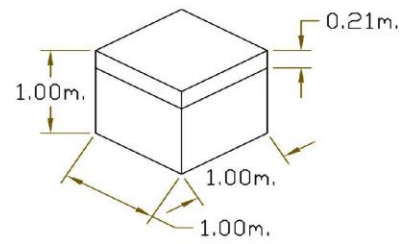
ที่มา: กรมพัฒนาที่ดิน (2558)

ภาพภาคผนวกที่ 1 การสำรวจพื้นที่เป้าหมายที่จะดำเนินการ อ่างเก็บน้ำขนาด 25,000 ลูกบาศก์เมตร (ก)
และการใช้ประโยชน์พื้นที่หลังฤดูปลูก (ข-ค)

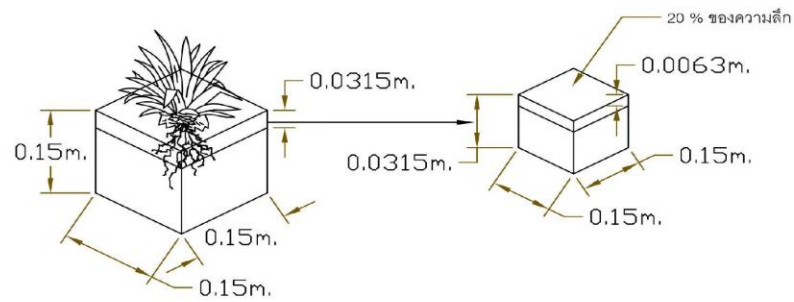
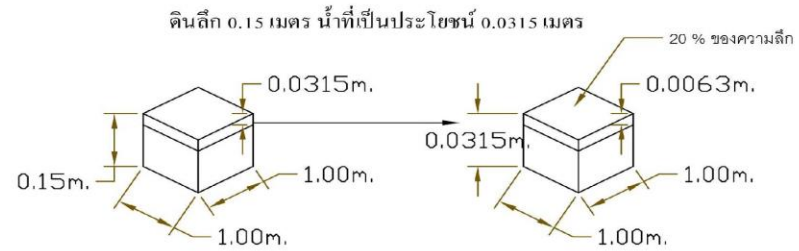


ภาพภาคผนวกที่ 2 การสำรวจดินในพื้นที่ดำเนินการ (ก-ค)





ดินลึก 1 เมตร น้ำที่เป็นประโยชน์ 0.21 เมตร



ปลูกพืชผัสดินลึก 0.15 เมตร น้ำที่เป็นประโยชน์ 0.0315 เมตร

ภาพภาคผนวกที่ 3 ปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ในดินต่อต้นพืช

ภาพภาคผนวกที่ 5 การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ดำเนินการ
ภาพการใช้พื้นที่ก่อนการดำเนินการ การปลูกพืชในฤดูปลูก (ก-ข) และพื้นที่หลังฤดูปลูก (ค-ง)



ภาพการเปลี่ยนแปลงพื้นที่หลังการดำเนินการ ระบบกระจายน้ำที่ดำเนินการในพื้นที่ (จ-ช)



การปลูกผักในฤดูปลูก (ซ) การปลูกผักนอกฤดูปลูก โดยการใช้ระบบน้ำหยด (ณ) ผลผลิตที่ได้ (ญ-ฎ)

