

รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ

การวิจัยและพัฒนาระบบเกษตรเชิงอนุรักษ์และระบบบริหารจัดการน้ำเชิงบูรณาการ
(Research and Development of Conservative Agricultural System and
Integrated Water Management System)

คณะผู้วิจัย

จิรพรรณ กิจชัยเจริญ	คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
มัตติกา พนมธรนิจกุล	คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
สมชาย องค์กรประเสริฐ	คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้
ขนิษฐา เสถียรพิระกุล	คณะเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้
พัชรารัตน์ อินตารักษา	คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
เมธิณี พลอินทะ	คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
วุฒิพงษ์ นาชัยเวียง	คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้
วันวิสาข์ จันทิกา	คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้

เสนอต่อ

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

กันยายน 2553

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาจากเกษตรกรในพื้นที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่สาใหม่และหนองหอย รวมทั้งหน่วยงานราชการซึ่งเป็นคณะทำงานในพื้นที่โครงการหลวงแม่สาใหม่ ในการอำนวยความสะดวกในการเก็บข้อมูลและให้ความร่วมมือในการเก็บข้อมูลและการจัดเวทีประชุม ตลอดจนอำนวยความสะดวกในเรื่องที่พักอาศัยระหว่างการเก็บข้อมูลในพื้นที่และสถานที่สำหรับการจัดประชุมกลุ่มเกษตรกร

ขอขอบคุณเกษตรกรหมู่บ้านถวน ตำบลบ้านทับ อำเภอแม่แจ่ม ที่อนุญาตให้เข้าใช้พื้นที่เพื่อทำการวิจัยและอำนวยความสะดวกในเรื่องที่พักอาศัยระหว่างที่นักวิจัยเข้าไปทำงานในแปลงทดลองในพื้นที่

ขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ที่ได้ให้ทุนสนับสนุนในการทำวิจัยฉบับนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

คณะผู้วิจัย

ชื่อโครงการ (ภาษาไทย)	โครงการวิจัยและพัฒนาระบบเกษตรเชิงอนุรักษ์และระบบบริหารการจัดการน้ำเชิงบูรณาการ	
(ภาษาอังกฤษ)	Research and Development of Conservative Agricultural System and Integrated Water Management System	
ชื่อผู้วิจัย	อ.ดร.จิรพรรณ กิจชัยเจริญ	คณะเกษตรศาสตร์
	รศ.ดร.มัตติกา พนมธรนิจกุล	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
	นางสาว พัทธราภรณ์ อินตารักษ์	
	นางสาว เมธิณี พลอินทร์	
	รศ.สมชาย องค์กรประเสริฐ	คณะผลิตกรรมการเกษตร
	ผศ.ดร.ชนิษฐา เสถียรพิระกุล	มหาวิทยาลัยแม่โจ้
	นาย วุฒิพงษ์ นาชัยเวียง	
	นางสาว วันวิสาข์ จันทิก	
หมายเลขโทรศัพท์	053-944066 หรือ 089-7588001	
ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยประเภท	โครงการความร่วมมือกับต่างประเทศ (ไทย-เยอรมัน) ประจำปี 2552	
	จำนวนเงิน 600,000.00 บาท	
ระยะเวลาทำการวิจัย	1 ปี ตั้งแต่ 28 กันยายน 2552 ถึง 27 กันยายน 2553	

บทคัดย่อ

ปัญหาความเสื่อมโทรมของดินและการขาดแคลนน้ำในระบบเกษตรที่สูงอันเนื่องมาจากการขยายตัวของการผลิตทางการเกษตรโดยขาดหลักการอนุรักษ์ดินและน้ำที่เหมาะสม ส่งผลกระทบต่อความยั่งยืนของระบบเกษตรบนพื้นที่ลาดชันในที่สูงในขั้นวิกฤตในปัจจุบัน ปัญหาหลักคือการสูญเสียหน้าดินและธาตุอาหารพืชที่เป็นประโยชน์โดยน้ำไหลบ่าผิวดินและการชะกร่อนดิน โดยเฉพาะอย่างยิ่งการสูญเสียความเป็นประโยชน์ของธาตุฟอสฟอรัสและสังกะสีในสภาพดินที่เป็นกรดสูง และการขาดแคลนน้ำในระบบเกษตรน้ำฝนรวมถึงระบบเกษตรชลประทานในฤดูแล้ง ดังนั้นจึงจำเป็นต้องศึกษาหาวิธีการเพิ่มความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารพืชดังกล่าว ลดการชะกร่อนดินและการสูญเสียน้ำเพื่อเพิ่มศักยภาพการผลิตพืชให้สูงขึ้น วิธีการที่คาดว่าจะดีที่สุดในการอนุรักษ์ดินและน้ำ คือ การปลูกพืชในร่องตามแนวระดับและปลูกพืชตระกูลถั่วคลุมดินบนสันร่องเพื่อป้องกันการชะพังทลายของสันร่อง และศึกษาประสิทธิภาพการใช้น้ำและความชื้นของธาตุฟอสฟอรัสและสังกะสีในการปลูกพืชในร่อง รวมทั้งศึกษาแนวทางเพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำชลประทานด้วยการใช้ Tensionmeter Control Unit (TCU) และแนวทางปรับปรุงระบบบริหารจัดการน้ำชลประทานในฤดูแล้งอย่างมีส่วนร่วม

ผลการศึกษา พบว่า สันร่องที่ปลูกถั่วปิ่นโตคลุมดินมีเสถียรภาพสูงกว่าสันร่องที่ไม่ได้คลุมด้วยถั่วปิ่นโตอย่างมีนัยสำคัญ ถั่วปิ่นโตที่ปลูกบนสันร่องช่วยลดการชะกร่อนสูญเสียดินและปรับปรุงสมบัติทางฟิสิกส์ของดินบนสันร่องให้ดีขึ้นอย่างเด่นชัด อย่างไรก็ตามการปลูกถั่วปิ่นโตบนสันร่องไม่มีผลต่อการ

เจริญเติบโตและผลผลิตของถั่วแปยีและข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกในร่อง โดยทั่วไปพืชที่ปลูกในร่องปลูกมีการเจริญเติบโตและผลผลิตของพืชสูงกว่าพืชที่ปลูกแบบเกษตรกรรมปฏิบัติทั่วไปอย่างเด่นชัด โดยการปลูกพืชในร่องที่คลุมดินด้วยหญ้าไม้กวาดให้ผลผลิตที่ดีที่สุด รองลงมาคือการปลูกพืชในร่องปลูกที่ไม่คลุมดิน ส่วนผลของการศึกษาประสิทธิภาพการใช้น้ำและความเป็นประโยชน์ของธาตุฟอสฟอรัสและสังกะสีในการปลูกพืชในร่อง พบว่า การใส่ปุ๋ย ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยอินทรีย์ และการฉีดพ่นธาตุสังกะสีให้แก่ต้นถั่วแปยีที่ปลูกในช่วงปลายฤดูฝน - กลางฤดูแล้ง สามารถเพิ่มผลผลิตให้แก่ต้นพืชได้อย่างมีนัยสำคัญโดยเฉพาะเมื่อมีการใช้ร่วมกับวิธีการปลูกพืชในระบบร่องปลูก ซึ่งวิธีการปลูกพืชดังกล่าวข้างต้น จะช่วยเสริมสร้างระบบเกษตรน้ำฝนบนพื้นที่สูงให้ยั่งยืนได้อย่างดียิ่ง

ส่วนการศึกษาแนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำ พบว่า TCU ซึ่งเป็นเครื่องมือควบคุมการให้น้ำที่สามารถใช้ได้กับระบบน้ำที่มีแรงดันต่ำ ไม่ต้องใช้กระแสไฟฟ้า ราคาถูก สามารถควบคุมการให้น้ำจากด้วยระบบท่อที่น้ำมีแรงดันต่ำ คือ ไม่เกิน 0.5 บาร์ ได้ตามต้องการ สามารถประหยัดน้ำสำหรับการปลูกพืชในโรงเรือนได้ โดยมีการใช้น้ำน้อยกว่าการให้น้ำด้วยมือ 49.29 % โดยที่มีผลผลิตไม่ต่างกัน แต่การทดลองในแปลงยังพบว่าผลผลิตจะหล่นแปรตามปริมาณน้ำที่ให้

ส่วนการศึกษาแนวทางการปรับปรุงการบริหารจัดการน้ำในฤดูแล้งของชุมชนแม่สาใหม่อย่างมีส่วนร่วม พบว่า สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำบนพื้นที่สูงได้โดยการปรับปรุงระบบชลประทานแบบท่อให้มีการใช้ท่อที่มีคุณภาพดีสามารถปิดวาล์วน้ำเมื่อไม่ต้องการใช้น้ำได้ โดยเกษตรกรที่มีพื้นที่ปลูกใกล้เคียงกันควรใช้ท่อน้ำร่วมกันเพื่อประหยัดต้นทุน และควรมีการสร้างบ่อพักน้ำกระจายในพื้นที่เพาะปลูกเพื่อลดระยะทางของการต่อท่อน้ำสู่แปลงเพาะปลูก การจัดเวทีประชาคมได้ข้อสรุปว่า เกษตรกรที่ขาดแคลนน้ำใช้ต้องการให้มีข้อตกลงในการแบ่งน้ำกันใช้และต้องการให้ราชการช่วยสร้างบ่อพักน้ำให้กระจายอยู่ทั่วไป อย่างไรก็ตาม เกษตรกรที่ไม่มีปัญหาเรื่องน้ำไม่สนใจที่จะเข้าร่วมทำเวทีประชาคมเพื่อแก้ไขปัญหาการขาดแคลนน้ำแต่อย่างใด ปัจจุบันในบ้านแม่สาใหม่และแม่สาใหม่ ยังไม่มีการตั้งกลุ่มผู้ใช้น้ำ ไม่มีเวทีประชาคมให้จัดการแก้ปัญหาข้อขัดแย้งและความร่วมมือเพื่อการใช้น้ำอย่างมีประสิทธิภาพ จึงประสงค์จะเรียนรู้จากชุมชนที่บริหารกลุ่มผู้ใช้น้ำอย่างมีส่วนร่วม

Abstract

The problems of soil degradation and water shortage in highland agricultural system due to the expansion of commercial agriculture without appropriate soil and water conservation principles are severely affecting sustainability of sloping highland agricultural system nowadays. The main problems are losses of top soil and available plant nutrients through surface runoff and soil erosion, particularly, losses of available phosphorus and zinc in acid soil, including lack of water in rainfed and irrigation agricultural systems during dry season. Therefore, it is necessary to find out how to increase the availability of plant nutrients, decrease soil erosion and water loss in order to increase crop productivity. The expected most effective soil and water conservation methods are using contour furrow cultivation and leguminous crop covered ridge to prevent soil erosion of the contour ridges and to increase fertilizer use

efficiency and availability of Phosphorus and Zinc in cultivated furrow as well as to increase irrigation water use efficiency by using Tensionmeter Control Unit (TCU) and to improve irrigation water management system in dry season.

The results showed that the ridge covered with Brazil bean had higher stability than the uncovered ridge significantly. The ridge covered Brazil bean was able to reduce soil erosion and improved soil physical properties of the ridge significantly. However, it had no effect on growth and yields of furrow cultivated -Lablab bean and Maize. In general, growth and yields of contour furrow cultivated crops were higher than conventional contour planting crops obviously. The contour furrow mulched with Bamboo grass cultivation, gave the highest yield and contour furrow cultivation without mulching gave the second high yield. The results of the study on increasing fertilizer use efficiency and availability of Phosphorus and Zinc in furrow cultivation indicated that applications of lime, inorganic and organic fertilizer including zinc foliar spraying for Lablab bean during the late rainy - mid dry season could increase crop yields significantly, particularly when the applications were used with furrow cultivation. The above cultural practices will help to build up the best sustainable highland rainfed agricultural system.

The study on increasing irrigation water use efficiency showed that TCU, the low-price device designed for controlling irrigation schedule in pipe system with low water pressure and self operating without electricity, was able to operate with water pressure less than 0.5 bar. Irrigation using TCU can save water for growing crops in glass-house. It used 49.29 % less water than manual irrigation control by giving no significant yields. However, on the field experiment, the yields were still varied with the quantity of the irrigation.

The study of participatory improving the communal irrigation managing system in the dry season of Mae Sa Mai community was found that the efficiency of irrigation water use in highlands can be increased by improving the pipe irrigation system. The good quality of pipe should be used to be able to close the valve if water is not need. Farmers who have neighboring farm should cooperate in design common pipe system so they can save the pipe cost. Ponds should be built around the farming areas to reduce the distance of pipes transferring the water to fields. Some conclusions from organizing public forum are that farmers who are facing water shortage want to have a regulation or agreement on water sharing. They also want to get a help from government for building ponds around their farming areas. However, farmers who have no water shortage problem didn't join the public forum for solving water shortage problem. At present, there was no water user group and no formal forum for solving water shortage problem and better water use efficiency in Mae Sa Mai and Mae Sa Noi communities. Therefore, the farmers are eager to learn from communities who are successful in participatory managing the water user group.

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	iii
สารบัญรูป	viii
สารบัญตาราง	xi
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย.....	3
1.4 ทฤษฎี สมมุติฐาน และกรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย	3
1.5 การทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
บทที่ 2 วิธีการศึกษา.....	7
2.1 การปรับปรุงประสิทธิภาพของการอนุรักษ์ดินและน้ำโดยการปลูกพืชตามแนวระดับ ในร่องและบนสันร่องแบบบูรณาการสำหรับระบบเกษตรยั่งยืนบนพื้นที่สูง	7
2.2 การเพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำและความเป็นประโยชน์ของธาตุฟอสฟอรัสและสังกะสี ในการปลูกพืชในร่องสำหรับระบบเกษตรยั่งยืนบนพื้นที่ลาดชัน	11
2.3 แนวทางเพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำชลประทานด้วยการใช้ Tensiometer Control Unit (TCU)	19
2.4 แนวทางปรับปรุงระบบบริหารจัดการน้ำชลประทานในฤดูแล้งของชุมชนแม่สาใหม่ อย่างมีส่วนร่วม	23
บทที่ 3 ผลการศึกษาการปรับปรุงประสิทธิภาพของการอนุรักษ์ดินและน้ำ โดยการปลูกพืชตามแนว ระดับในร่องและบนสันร่องแบบบูรณาการ สำหรับการเกษตรยั่งยืนบนพื้นที่สูง.....	27
3.1 สถิติสภาพของสันร่อง	27
3.2 สมบัติทางฟิสิกส์และเคมีของดินบางประการ	30
3.3 การเจริญเติบโตและผลผลิตของพืช.....	33
3.4 การวิเคราะห์ข้อมูลทางด้านเศรษฐศาสตร์.....	36
3.5 สรุปและข้อเสนอแนะ.....	36

บทที่ 4	ผลการศึกษาประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยและความเป็นประโยชน์ของธาตุฟอสฟอรัสและสังกะสีในการปลูกพืชในร่องสำหรับระบบเกษตรยั่งยืนบนพื้นที่ลาดชัน	37
4.1	สมบัติทางฟิสิกส์และเคมีของดินก่อนเริ่มการทดลอง.....	37
4.2	สมบัติทางเคมีของดินหลังจากเริ่มการทดลอง	37
4.3	การเจริญเติบโตของพืช.....	46
4.4	ผลผลิตของถั่วเปยี	49
4.5	ปริมาณธาตุฟอสฟอรัสและสังกะสีในต้นพืช	50
4.6	การวิเคราะห์ข้อมูลทางด้านเศรษฐศาสตร์.....	51
4.7	สรุปและข้อเสนอแนะ.....	51
บทที่ 5	ผลการศึกษาแนวทางเพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำชลประทานด้วยการใช้ Tensiometer Control Unit (TCU).....	53
5.1	ผลการทดลองจากการปลูกกะหล่ำ	53
5.2	ผลการทดลองจากการปลูกผักบุ้งจีน.....	58
5.3	สรุปผลการทดลองในโรงเรือน.....	62
บทที่ 6	ผลการศึกษาแนวทางปรับปรุงระบบบริหารจัดการน้ำชลประทานในฤดูแล้งของชุมชนแม่ตาใหม่อย่างมีส่วนร่วม.....	63
6.1	ผลการปลูกกะหล่ำทดลองในแปลงศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองหอยและแม่ตาใหม่.....	63
6.2	การสำรวจระบบการให้น้ำของเกษตรกร	68
6.3	การวัดน้ำต้นทุนเพื่อการเกษตรในฤดูแล้งและความต้องการน้ำในฤดูแล้ง.....	75
6.4	การจัดเวทีคืบข้อมูลแก่ชุมชนเพื่อการแก้ไขปัญหาการขาดแคลนน้ำอย่างมีส่วนร่วม	80
บทที่ 7	บทสรุป.....	85
เอกสารอ้างอิง		88

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 2.1 ปริมาณฝนประจำเดือนและปริมาณฝนตกสะสมเป็นรายสัปดาห์ในพื้นที่ทดลอง หมู่บ้านถวน อำเภอแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่ ในช่วงระหว่างปี พ.ศ.2547 – 2552 (ค.ศ.2004-2009)	9
รูปที่ 2.2 (a) สันร่องที่มีการคลุมดินด้วยถั่วปิ่นโตทั้งที่มีการคลุมและไม่คลุมดินในร่องด้วยหญ้าไม้กวาดในช่วงฤดูฝน (b) สันร่องที่มีการคลุมดินด้วยถั่วปิ่นโตในช่วงฤดูแล้ง (c) การยึดเกาะผิวดินบนสันร่องของถั่วปิ่นโตช่วงฤดูแล้ง	10
รูปที่ 2.3 แสดงตำแหน่งและลักษณะแปลงที่ใช้ในการทดลอง	13
รูปที่ 2.4 การปลูกกะหล่ำทดลอง	20
รูปที่ 2.5 การออกแบบการทดลองระบบให้น้ำกระบะทดลอง	20
รูปที่ 2.6 องค์ประกอบหลักของ TCU	21
รูปที่ 2.7 การควบคุมการให้น้ำด้วย TCU	22
รูปที่ 2.8 การปลูกผักบุ้งจีนเป็นพืชทดลอง	22
รูปที่ 2.9 ผังแปลงทดลองศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองหอย	23
รูปที่ 2.10 ผังแปลงทดลองศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่สาใหม่	25
รูปที่ 3.1 การสูญเสียดินสะสมจากสันร่องปลูก (a) ความลึกของสันร่องที่ลดลงสะสมและ (b) ความกว้างของสันร่องที่ลดลงสะสมระหว่าง 22 กันยายน 2552 ถึง 20 กุมภาพันธ์ 2553	27
รูปที่ 3.2 การสูญเสียดินสะสมจากสันร่องปลูก (a) ความลึกของสันร่องที่ลดลงสะสมและ (b) ความกว้างของสันร่องที่ลดลงสะสม ระหว่าง 10 มิถุนายน 2553 ถึง 8 สิงหาคม 2553	28
รูปที่ 3.3 การเปลี่ยนแปลงของ (a) ความลึกของร่องปลูก และ (b) ความกว้างของสันร่อง ภายใต้วิธีการปลูกพืชตามแนวระดับเชิงอนุรักษ์แบบต่างๆ	30
รูปที่ 3.4 เปรียบเทียบน้ำหนักแห้งของดินถั่วแปยีส่วนที่อยู่เหนือดินทั้งหมดตลอดช่วงระยะการเจริญเติบโตของถั่วแปยีภายใต้วิธีการปลูกพืชตามแนวระดับเชิงอนุรักษ์แบบต่างๆ หลังปลูกถั่วแปยี 111 วัน	34
รูปที่ 3.5 เปรียบเทียบน้ำหนักฝักแห้งถั่วแปยี ภายใต้วิธีการปลูกพืชเชิงอนุรักษ์ตามแนวระดับแบบต่างๆ หลังปลูกถั่วแปยี 111 วัน	34
รูปที่ 3.6 เปรียบเทียบน้ำหนักแห้งของส่วนที่อยู่เหนือดินทั้งหมด ภายใต้วิธีการปลูกพืชเชิงอนุรักษ์ตามแนวระดับแบบต่างๆ	35

สารบัญรูป (ต่อ)

		หน้า
รูปที่ 3.7	การเจริญเติบโตของต้นข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในร่องปลูกที่มีและไม่มีถั่วปิ่นโตคลุมต้นร่อง รวมทั้งมีการคลุมดินและไม่คลุมดินในร่องปลูกด้วยหญ้าไม้กวาด (CF-AL+RC, CF-AL, CF-BgM-AL และ CF-BgM-AL+RC) ในช่วงการเจริญเติบโตระหว่างต้นฤดูฝน 2553	35
รูปที่ 4.1	การเปรียบเทียบระดับ pH ของดินในช่วงความลึก (a) 0-20 ซม. (b) 20-40 ซม. ภายใต้วิธีการใส่ปุ๋ย (L) ปุ๋ยอินทรีย์ (OF) และ ปุ๋ยเคมี (IF) ในแปลงที่มีการปลูกพืชตามแนวระดับแบบเกษตรกรรม (CP) และปลูกพืชในร่องตามแนวระดับระหว่างแถบอนุรักษ์ ไม้ผล (CF-AL)	39
รูปที่ 4.2	การเปรียบเทียบปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินในช่วงความลึก 0-20 และ 20-40 ซม. ภายใต้วิธีการต่างๆ	42
รูปที่ 4.3	การเปรียบเทียบปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินในช่วงความลึก (a) 0-20 และ (b) 20-40 ซม. ภายใต้วิธีการต่างๆ	43
รูปที่ 4.4	การเปรียบเทียบความสูงของถั่วแปปี ในแปลงที่ปลูกพืช แบบเกษตรกรรม (CP) และแบบปลูกในร่องตามแนวระดับระหว่างแถบอนุรักษ์ ไม้ผล (CF-AL) ที่มีการใส่ปุ๋ยขาว (L) ปุ๋ยอินทรีย์ (OF) ปุ๋ยเคมี (IF) ร่วมกับการฉีดพ่น (+Zn) และไม่ฉีดพ่นธาตุสังกะสี (-Zn)	46
รูปที่ 4.5	การเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของพืชในแปลงที่ปลูกพืชแบบต่างๆ	47
รูปที่ 4.6	การเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของพืชในแปลงที่ปลูกพืชแบบเกษตรกรรมปฏิบัติ (CP) ที่ใส่ปุ๋ยขาว ปุ๋ยอินทรีย์ ปุ๋ยเคมี ร่วมกับการฉีดพ่นและไม่ฉีดพ่นธาตุสังกะสี	47
รูปที่ 4.7	เปรียบเทียบการเจริญเติบโตของถั่วแปปีในแปลงปลูกพืช CP และ CF-AL	48
รูปที่ 4.8	การเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของพืชในแปลงที่ปลูกพืชแบบในร่องระหว่างแถบอนุรักษ์ ไม้ผลผสม (CF-AL) ที่ใส่ปุ๋ยขาว ปุ๋ยอินทรีย์ ปุ๋ยเคมี ร่วมกับการฉีดพ่นและไม่ฉีดพ่นธาตุสังกะสี	48
รูปที่ 4.9	การเปรียบเทียบผลผลิตเฉลี่ยของถั่วแปปี ในแปลงที่มีการปลูกพืชแบบต่างๆ	49
รูปที่ 5.1	ความเครียดของความชื้นดินและการปิดเปิดประตูน้ำของกระบะดินแม่สาใหม่ ระหว่าง 12 -17 มีนาคม 2553	54
รูปที่ 5.2	ความเครียดของความชื้นดินและการปิดเปิดประตูน้ำของกระบะดินแม่สาใหม่ ระหว่าง 17 -30 มีนาคม 2553	55

สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 5.3 ความเครียดของความชื้นดินและการปิดเปิดประตูน้ำของกระบะดินแม่สาใหม่ ระหว่าง 30 มีนาคม – 8 เมษายน 2553	55
รูปที่ 5.4 ความเครียดของความชื้นดินและการปิดเปิดประตูน้ำของกระบะดินแม่โจ้ ระหว่าง 17 -30 มีนาคม 2553	56
รูปที่ 5.5 ความเครียดของความชื้นดินและการปิดเปิดประตูน้ำของกระบะดินทราย่วนจากแม่โจ้ ระหว่าง 30 มีนาคม – 8 เมษายน 2553	56
รูปที่ 5.6 ความเครียดของความชื้นดิน จากการให้น้ำทั้ง 2 ระบบ	59
รูปที่ 5.7 ปริมาณการใช้น้ำสะสม ระหว่างวันที่ 13 กรกฎาคม – 4 สิงหาคม 2553	61
รูปที่ 6.1 ปริมาณการให้น้ำรวมแก่ block 1 และ 2	65
รูปที่ 6.2 ปริมาณการให้น้ำรวมแก่แปลงทดลองศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่สาใหม่	67
รูปที่ 6.3 ผลการสำรวจการต่อท่อน้ำจากระบบบ่อน้ำของชลประทานสายที่ 1 นายเจอะ	70
รูปที่ 6.4 ผลการสำรวจท่อน้ำจากระบบบ่อน้ำของชลประทานสายที่ 2 นายมนต์ชัย ถนอมกิจดี	71
รูปที่ 6.5 ผลการสำรวจท่อน้ำจากระบบน้ำชลประทาน (ปากล้วย) สายที่ 1 นายมนต์ชัย ถนอมกิจดี	72
รูปที่ 6.6 ผลการสำรวจท่อน้ำจากระบบน้ำชลประทาน (ปากล้วย) นายจิ่ง	73
รูปที่ 6.7 ผลการสำรวจท่อน้ำจากระบบน้ำชลประทาน (ปากล้วย) นายหยางลือ	74
รูปที่ 6.8 การวัดน้ำจากแหล่งน้ำตระกูลแซ่	76
รูปที่ 6.9 อ่างเก็บน้ำของกรมชลประทานความจุ 1,500 เมตร ที่ยังไม่ได้ใช้ประโยชน์	77
รูปที่ 6.10 การวัดน้ำจากแหล่งน้ำชลปากล้วย	78
รูปที่ 6.11 ระบบน้ำชลประทานของราชการ	80
รูปที่ 6.12 การเสนอผลงานในที่ประชุมคณะทำงานศูนย์วิจัยและพัฒนาโครงการหลวงแม่สาใหม่	82
รูปที่ 6.13 เวทีประชาคมการแก้ปัญหาการขาดแคลนน้ำในฤดูแล้ง ในพื้นที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวง แม่สาใหม่	83
รูปที่ 6.14 เวทีประชาคมการแก้ปัญหาการขาดแคลนน้ำในฤดูแล้งในพื้นที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวง หนองหอย เมื่อวันที่ 10 มีนาคม 2553	84

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.0	การกระจายของอนุภาคดิน ในช่วงความลึกต่างๆ ในแปลงทดลองที่หมู่บ้านถวน อำเภอแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่ 8
ตารางที่ 2.1	แผนผังการทดลองแบบ Split-Split Plot จำนวน 3 ซ้ำ 12
ตารางที่ 2.2	แสดงลำดับการเก็บตัวอย่างดินในช่วงเวลาต่างๆ ของการเจริญเติบโตของต้นถั่วเปย 14
ตารางที่ 2.3	สมบัติทางเคมีและฟิสิกส์ของดินที่ศึกษาและวิธีการวิเคราะห์ 16
ตารางที่ 2.4	การดำเนินงานตามแผนการทดลองที่ได้ดำเนินการระหว่างเริ่มต้นจนถึงสิ้นสุดการ ทดลองโดยสังเขป 18
ตารางที่ 2.5	ตารางเวลาการจัดการต่างๆ ในแปลงทดลองที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองหอย 24
ตารางที่ 3.1	ค่าเฉลี่ยของสมบัติดินบนสันร่องบางประการที่มีการปลูก (CF-RC และ CF-BgM-RC) 31 และไม่ปลูก(CF-AL และ CF-BgM) ถั่วปิ่นโตคลุมดินบนสันร่อง
ตารางที่ 3.2	ค่าเฉลี่ยของสมบัติดินบางประการบนสันร่องที่มีการปลูกถั่วปิ่นโตคลุมดินบนสันร่อง 32 และไม่มีการปลูกถั่วปิ่นโตคลุมดินบนสันร่อง
ตารางที่ 4.1	สมบัติทางฟิสิกส์และเคมีของดินภายใต้การปลูกแบบเกษตรกรรม (CP) และ การปลูกพืชในร่อง (CF-AL) ในช่วงความลึก 0-20 ซม.ก่อนการทดลอง 38
ตารางที่ 4.2	ค่าเฉลี่ย pH ดิน ในช่วงความลึก 0-20 และ 20 – 40 cm. ภายใต้วิธีการทดลองต่างๆ ในช่วงเวลาตั้งแต่หลังการใส่ปุ๋ยหรือปุ๋ยใดๆ จนถึงระยะเก็บเกี่ยวผลผลิตถั่วเปย (30 กันยายน 2552 ถึง 20 กุมภาพันธ์ 2553) 40
ตารางที่ 4.3	ค่าเฉลี่ยฟอสฟอรัสที่สกัดได้ในดิน ใน ช่วงความลึก 0-20 และ 20 - 40 ซม. ภายใต้วิธีการต่างๆ ในช่วงเวลาตั้งแต่หลังการใส่ปุ๋ยหรือปุ๋ยใดๆ จนถึงระยะเก็บเกี่ยว ผลผลิตถั่วเปย 44
ตารางที่ 4.4	ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ของแปลงแบบต่างๆ ในช่วงความลึก 0-20 ซม. 45
ตารางที่ 4.5	ปริมาณธาตุสังกะสีทั้งหมด และ ปริมาณธาตุฟอสฟอรัสทั้งหมดในต้นพืช ในระยะเก็บเกี่ยวผลผลิตในแปลงที่มีการปลูกพืชแบบต่างๆ 50
ตารางที่ 5.1	ปริมาณน้ำที่ให้ต่อกระบะทดลอง 57
ตารางที่ 5.2	น้ำหนักสดของกะหล่ำ 58
ตารางที่ 5.3	ปริมาณน้ำที่ให้ด้วยระบบให้น้ำ 2 ระบบ 60
ตารางที่ 5.4	น้ำหนักสดของผักบุ้งจีน 61
ตารางที่ 6.1	จำนวนใบเมื่อในระยะตั้งตัว 63

สารบัญตาราง (ต่อ)

		หน้า
ตารางที่ 6.2	ผลผลิตส่งตลาดของทุกเช้า	64
ตารางที่ 6.3	ผลการวิเคราะห์ analysis of variance ของผลผลิตส่งตลาด	64
ตารางที่ 6.4	ปริมาณการให้น้ำ และการระเหยน้ำจากถาด	66
ตารางที่ 6.5	ผลการวิเคราะห์ analysis of variance ของผลผลิตส่งตลาด	66
ตารางที่ 6.6	ปริมาณการให้น้ำแก่แต่ละตำรับการทดลอง	67
ตารางที่ 6.7	ข้อมูลบางประการของระบบท่อน้ำนายเจาะ	68
ตารางที่ 6.8	ข้อมูลบางประการของระบบท่อน้ำนายมนต์ชัย ถนนมกิจดี 1	69
ตารางที่ 6.9	ข้อมูลบางประการของระบบท่อน้ำนายมนต์ชัย ถนนมกิจดี 2	69
ตารางที่ 6.10	อัตราการไหลและความต้องการน้ำในฤดูแล้งของเกษตรกรที่ใช้น้ำจากบ่อน้ำตระกูลแซ่76	76
ตารางที่ 6.11	ปริมาณน้ำที่ไหลในฤดูแล้งจากแหล่งน้ำซับปากกล้วย	79

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันการทำการเกษตรบนพื้นที่สูงมีความเข้มข้นเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากจำนวนประชากรที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องขณะที่พื้นที่เพาะปลูกมีจำนวนจำกัด ตลอดจนการใช้ที่ดินเพื่อการผลิตที่มุ่งเน้นการตลาด การใช้ประโยชน์อย่างไม่ระมัดระวัง ทำให้ทรัพยากรธรรมชาติมีความเสื่อมโทรมมากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งทรัพยากรดินและน้ำอันเป็นทรัพยากรที่สำคัญในระบบการผลิตบนพื้นที่สูง การพัฒนาเพื่อให้เกิดการใช้ที่ดินบนพื้นที่สูงได้อย่างยั่งยืน จึงมีความเกี่ยวข้องกับการอนุรักษ์และการจัดการทรัพยากรดินและน้ำบนพื้นที่สูงเพื่อให้มีการใช้ประโยชน์ได้อย่างยั่งยืนอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ งานวิจัยของคณาจารย์และนักศึกษากายใต้โครงการ The Uplands Program ได้แสดงให้เห็นอย่างชัดเจนถึงประเด็นและสาเหตุของปัญหาเกี่ยวกับการจัดการดินและน้ำอย่างยั่งยืนบนพื้นที่สูง ในหลายกรณี จำแนกกว้างๆ ได้ดังนี้

1) ปัญหาการเสื่อมความอุดมสมบูรณ์ของดินบนพื้นที่สูง

ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับทรัพยากรดินบนพื้นที่สูงที่สำคัญ คือ การไหลบ่าของน้ำผิวดินและชะกร่อนของหน้าดิน จากการศึกษาของ Vlassak et al. (1993) พบว่าการสูญเสียดินในภาคเหนือตอนบนของประเทศไทยผันแปรระหว่าง $5-297 \text{ t ha}^{-1} \text{ y}^{-1}$ ภายใต้อัตราฝนเฉลี่ยต่อปีที่ผันแปรระหว่าง $1,132-1,723 \text{ mm yr}^{-1}$. ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับวิธีการปลูกพืช ลักษณะการใช้ที่ดิน ความเข้มของฝนและสภาพความลาดชันของภูมิประเทศประมาณร้อยละ 90 ของพื้นที่ที่มีปัญหาทั้งหมดเกิดขึ้นในภาคเหนือซึ่งเป็นพื้นที่สูงลาดชัน ทั้งนี้เกิดจากการทำการเกษตรบนพื้นที่ลาดชันโดยขาดการอนุรักษ์ดินและน้ำอย่างถูกวิธี อันส่งผลกระทบต่อความอุดมสมบูรณ์ของดิน แม้ว่าในปัจจุบันได้มีการศึกษาวิธีการอนุรักษ์ดินและน้ำบนพื้นที่ลาดชันเพื่อระบบเกษตรอย่างยั่งยืนบนพื้นที่สูงในภาคเหนือของประเทศไทยเป็นจำนวนมาก เช่น การทำคูรับน้ำรอบเขา (Contour ditch) การปลูกพืชแบบขั้นบันได (Terracing) การปลูกพืชหรือใช้วัสดุคลุมดิน (Mulching) การปลูกพืชตามแนวระดับ (Contour cultivation) และการปลูกพืชระหว่างแถบอนุรักษ์ (Alley cropping) (มัตติกา, 2549) เป็นต้น แต่วิธีการต่างๆ ดังกล่าวเกษตรกรไม่นิยมนำมาปฏิบัติอย่างจริงจังและยังไม่เป็นระบบที่ยั่งยืนอย่างแท้จริง มัตติกาและสิวพงษ์ (2547) กล่าวว่า ระบบเกษตรที่ยั่งยืนควรมีการเพิ่มผลผลิตให้หลากหลายสามารถใช้ที่ดินได้ตลอดปี เพื่อเพิ่มผลผลิตและรายได้ให้แก่เกษตรกรและมีการใช้ทรัพยากรดินและน้ำอย่างคุ้มค่า ลดการสูญเสียดิน น้ำและปุ๋ย จากการไหลบ่าบนผิวดินและไม่มีการชะกร่อนเกิดขึ้นบนพื้นที่ลาดชัน

นอกจากนี้ ปัญหาการใช้ปุ๋ยเคมีในปริมาณสูง แต่พบว่ามีประสิทธิภาพต่อการดูดกลืนไปใช้ของพืช เช่น ธาตุฟอสฟอรัสเป็นต้น และการขาดธาตุสังกะสีที่พบทั่วไปบนพื้นที่สูง ทำให้ผลผลิตต่ำ การศึกษา

การเพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำและความเป็นประโยชน์ของธาตุฟอสฟอรัสและสังกะสีในการปลูกพืชบนพื้นที่ลาดชันในที่สูงจึงเป็นแนวทางหนึ่งในการเพิ่มผลผลิตของพืชที่ปลูกบนพื้นที่ลาดชันในที่สูง

2) ปัญหาการการขาดแคลนทรัพยากรน้ำบนพื้นที่สูง

นอกจากปัญหาการชะกร่อนของดินแล้ว ปัญหาเรื่องทรัพยากรน้ำบนพื้นที่สูงซึ่งมีความเกี่ยวข้องกับการใช้ประโยชน์ในที่ดินเพื่อการเกษตรอย่างยั่งยืน ปัญหาที่สำคัญ คือ ปัญหาการขาดแคลนน้ำเพื่อการเพาะปลูกพืช โดยเฉพาะอย่างยิ่งในฤดูแล้ง แม้ว่าเกษตรกรจะเรียนรู้ที่จะพัฒนาระบบชลประทานบนพื้นที่สูงขึ้นใช้เองอย่างต่อเนื่อง โดยระบบชลประทานที่ได้รับความนิยมอย่างมาก คือ ระบบชลประทานที่ใช้การต่อท่อน้ำพีวีซี (PVC) จากแหล่งน้ำตามธรรมชาติมาใช้ในแปลงเกษตรโดยอาศัยแรงโน้มถ่วงของโลก ซึ่งพบได้ทั่วไปบนพื้นที่สูงที่มีการปลูกพืชเชิงพาณิชย์ แม้ว่าระบบชลประทานแบบต่อท่อนี้จะช่วยให้เกษตรกรบางรายสามารถเพาะปลูกพืชในฤดูแล้งและสร้างรายได้เพิ่มให้แก่ครอบครัวได้ แต่ระบบชลประทานในลักษณะนี้ยังมีปัญหาในเรื่องประสิทธิภาพในการใช้น้ำต่ำ และก่อให้เกิดปัญหาความขัดแย้งในการใช้น้ำทั้งระหว่างเกษตรกรบนพื้นที่สูงด้วยกันเองและระหว่างเกษตรกรบนพื้นที่สูงและพื้นที่ลุ่มซึ่งต้องใช้น้ำต่อจากพื้นที่สูง เหตุผลสำคัญ คือ ระบบชลประทานแบบต่อท่อนี้เกษตรกรไม่ได้ควบคุมการใช้น้ำให้มีประสิทธิภาพ ไม่มีระบบการปิดเปิดน้ำ เนื่องจากท่อน้ำมีความยาวมากและระบบท่อไม่มั่นคง การปิดท่อน้ำที่ปลายท่ออาจจะทำให้ท่อแตกได้ ขณะที่การปิดน้ำที่ต้นทางทำได้ยากเนื่องจากระยะห่างของแหล่งน้ำจากแปลงปลูกค่อนข้างไกล การใช้น้ำในระบบนี้จึงมีลักษณะการใช้น้ำเกินความจำเป็น อันจะนำไปสู่ปัญหาการชะกร่อนของดินได้เช่นกัน และการปล่อยน้ำทิ้งเป็นจำนวนมาก เป็นการใช้น้ำชลประทานอย่างไม่มีประสิทธิภาพและก่อให้เกิดความไม่ยั่งยืนในอนาคต

จากปัญหาทรัพยากรดินและน้ำบนพื้นที่สูงดังกล่าวข้างต้น จึงจำเป็นต้องมีการศึกษาเพื่อปรับปรุงวิธีการเพาะปลูกบนพื้นที่ลาดชันและวิธีการใช้น้ำให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ในลักษณะการวิจัยต่อยอดเพื่อนำไปสู่ระบบที่ยั่งยืนและเกษตรกรนำไปปฏิบัติได้จริง รวมทั้งการศึกษากฎการควบคุมการให้น้ำชลประทานอย่างประหยัดและการบริหารจัดการระบบชลประทานบนพื้นที่สูงอย่างเหมาะสมเพื่อให้เกษตรกรในพื้นที่ลุ่มน้ำมีน้ำใช้อย่างเพียงพอ อันจะเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำชลประทานและลดปัญหาความขัดแย้งในชุมชนและพื้นที่ลุ่มน้ำได้

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

- 1) เพื่อศึกษาวิธีการปรับปรุงประสิทธิภาพของการอนุรักษ์ดินและน้ำโดยการปลูกพืชตามแนวระดับในร่องและบนสันร่องแบบบูรณาการสำหรับระบบเกษตรยั่งยืนบนพื้นที่สูง
- 2) เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการใช้น้ำและความเป็นประโยชน์ของธาตุฟอสฟอรัสและสังกะสีในการปลูกพืชในร่องสำหรับระบบเกษตรยั่งยืนบนพื้นที่ลาดชัน

- 3) เพื่อศึกษาแนวทางเพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำชลประทานด้วยการใช้ Tensionmeter Control Unit
- 4) เพื่อศึกษาแนวทางปรับปรุงระบบบริหารจัดการน้ำชลประทานในฤดูแล้งของชุมชนแม่สาใหม่แบบมีส่วนร่วม

1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย

- 1) การศึกษาในส่วนของการปลูกพืชคลุมดินบนสันร่องปลูกและการเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้ปุ๋ย เป็นการขยายผลศึกษาต่อเนื่องจากผลการวิจัยที่ได้ดำเนินการโดยมัตติกาและศิวพงษ์ (2550) โดยใช้แปลงทดลองที่หมู่บ้านถวน ตำบลบ้านทับ อำเภอแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่ ต่อจากโครงการวิจัยเดิมที่มีแปลงทดลองอยู่แล้ว โดยใช้ระยะเวลาในการศึกษาระหว่างเดือนกรกฎาคม 2552 – มิถุนายน 2553
- 2) การศึกษาในส่วนของการควบคุมการใช้น้ำชลประทานและการจัดการระบบชลประทานแบบมีส่วนร่วม เป็นการศึกษาในพื้นที่สูงตำบลโป่งแยง อำเภอแม่ริม จังหวัดเชียงใหม่ โดยใช้ระยะเวลาในการศึกษาระหว่างเดือนกรกฎาคม 2552 – มิถุนายน 2553
- 3) การศึกษาในทุกวัตถุประสงค์จะมีการวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนของวิธีการต่างๆ ร่วมด้วย เพื่อเป็นข้อมูลในเกษตรกรใช้ในการตัดสินใจในการเลือกปฏิบัติ

1.4 ทฤษฎี สมมุติฐาน และกรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย

1.4.1 การปรับปรุงประสิทธิภาพของการอนุรักษ์ดินและน้ำโดยการปลูกพืชตามแนวระดับและแนวร่องปลูกหรือบนสันร่อง

ในการทดลองวิจัยนี้มีแนวความคิดที่จะเพิ่มประสิทธิภาพของการอนุรักษ์ดินและน้ำ ในระบบเกษตรน้ำฝน บนพื้นที่ลาดชันโดยการทดลองปลูกพืชในร่องประกอบกับปลูกพืชตระกูลถั่วคลุมดินบนสันร่องในแปลงเดียวกัน และการไม่มีพืชคลุมดินบนสันร่อง เปรียบเทียบกับการปลูกพืชแบบเกษตรกรรม ว่ามีความคงทนและมีประสิทธิภาพในการอนุรักษ์ดินและน้ำแตกต่างกันมากน้อยเพียงไร และวิธีใดจะเป็นประโยชน์กับเกษตรกรมากที่สุด เพื่อให้เกิดความยั่งยืนในระบบเกษตรน้ำฝนบนที่ลาดชันตลอดไป

1.4.2 การเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ธาตุอาหารฟอสฟอรัสและสังกะสีในการปลูกพืชในระบบร่อง

ปัญหาการชะกร่อนดินก็เป็นสาเหตุที่ทำให้พืชขาดธาตุอาหารธาตุ การเพิ่มอินทรีย์วัตถุ (ปุ๋ยอินทรีย์) การใช้จุลินทรีย์ (ไมคอร์ไรซา) การฉีดพ่นธาตุสังกะสีทางใบ ร่วมกับการปลูกพืชโดย วิธีการด้านการชะกร่อนของดิน จะทำให้ประสิทธิภาพของการใช้ปุ๋ยและการเจริญเติบโตตลอดจนผลผลิตเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ และลดการใช้ปุ๋ยลงอย่างมาก

จากสภาพปัญหาดังกล่าว จึงจำเป็นต้องอย่างยิ่งที่ต้องศึกษาหาวิธีการใช้ปุ๋ยที่มีประสิทธิภาพในระบบ เกษตรบนที่สูง โดยใช้วิธีการปลูกพืชในร่องปลูก (มัตติกาและสิวะพงษ์, 2551) ร่วมกับการเพิ่มประสิทธิภาพ ของการใช้ปุ๋ยและความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารที่มีอยู่ในดิน

1.4.3 การเพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำชลประทานด้วยการใช้ Tensiometer Control Unit

การให้น้ำตามความต้องการของพืชทั้งช่วงเวลาและปริมาณจะช่วยลดจำนวนครั้งในการเปิดปิด วาล์วให้น้ำของเกษตรกรได้ ซึ่งนอกจากจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการให้น้ำแล้ว ยังเป็นเครื่องมือสนับสนุน การจัดการน้ำของชุมชน ในกรณีการแก้ไขปัญหาการเปิดน้ำทิ้งโดยเปล่าประโยชน์

1.4.4 การศึกษาแนวทางปรับปรุงระบบบริหารจัดการน้ำชลประทานในฤดูแล้งของชุมชนแม่สาใหม่ แบบมีส่วนร่วม

กระบวนการแก้ไขปัญหาการขาดแคลนน้ำเพื่อการเกษตรบนพื้นที่สูง สามารถแก้ไขได้บนพื้นฐาน ของการมีส่วนร่วมของผู้ที่เกี่ยวข้องในทุกกระดับ เพื่อกำหนดกฎระเบียบและสร้างวัฒนธรรมในการเข้าถึง ทรัพยากร ในขณะที่วิธีการแก้ไขปัญหามาในเชิงเทคนิคก็สามารถเรียนรู้จากความสำเร็จของการจัดการน้ำของ กลุ่มต่างๆ ในชุมชนเอง หรือจากหลายๆ พื้นที่ในเขตภาคเหนือ โดยนำมาปรับใช้ร่วมกับข้อมูลเชิงเกษตร เกี่ยวกับความต้องการน้ำของพืช

1.5 การทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1.5.1 การปรับปรุงประสิทธิภาพของการอนุรักษ์ดินและน้ำโดยการปลูกพืชในร่องปลูกตามแนว ระดับและปลูกถั่วคลุมดินบนสันร่อง

จากการศึกษาของมัตติกาและสิวะพงษ์ (2550) พบว่าวิธีการปลูกพืชบนที่ลาดชันเพื่อระบบเกษตร ยั่งยืนที่ดีที่สุด คือการปลูกพืชในร่องที่คลุมดินด้วยวัสดุที่ย่อยสลายได้ระหว่างแถบอนุรักษ์ไม้ผลผสมพืช ตระกูลถั่วคลุมดิน และการปลูกพืชหมุนเวียนตลอดปี แต่อย่างไรก็ตามวิธีการดังกล่าวยังต้องมีการเตรียมดิน ขุดร่องใหม่ทุกปี เนื่องจากสันร่องถูกการชะพังโดยฝนได้ง่าย ทำให้ร่องปลูกดินต้องเสียเวลาและแรงงานใน การปรับปรุงแต่งร่องใหม่ทุกๆ ต้นฤดูฝน ดังนั้น จึงจำเป็นต้องมีการศึกษาถึงวิธีการปรับปรุงเสถียรภาพของ สันร่องปลูก โดยการปลูกถั่วคลุมดินบนสันร่องและเมื่อตัดถั่วที่เจริญเติบโตคลุมดินในร่องปลูกจะเป็นการ เพิ่มปริมาณอินทรีย์วัตถุ และความอุดมสมบูรณ์ของดินในร่องปลูกให้ยั่งยืนถาวรตลอดไป

1.5.2 การเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ธาตุอาหารฟอสฟอรัสและสังกะสีในการปลูกพืชในระบบร่อง

การใช้ปุ๋ยโดยการหว่าน หรือการวางไว้ที่โคนต้น เมื่อเกิดการไหลบ่าของน้ำผิวดินเกิดการชะกร่อน ของหน้าดิน สูญเสียปุ๋ยในปริมาณที่สูง จึงจำเป็นต้องเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยให้มากขึ้น โดยลดการ สูญเสียจากการชะกร่อน และการไหลบ่าของน้ำผิวดิน นอกจากนี้ความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารพืชบาง

ชนิด เช่น ไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) และสังกะสี (Zn) ซึ่งฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืชจะอยู่ในรูปที่สามารถละลายน้ำได้ ช่วงของความเป็นกรด-ด่างที่ฟอสฟอรัสสามารถนำมาใช้ประโยชน์กับพืชได้คือ pH 5.5 - 7 หากสภาพดินมีฤทธิ์เป็นกรดต่ำกว่า 5.5 เหล็กไอออนและอะลูมิเนียมไอออนจะเข้าทำปฏิกิริยากับฟอสเฟตไอออน เกิดเป็นสารประกอบที่ไม่ละลายน้ำ นอกจากนี้ยังมีสาเหตุมาจากปรากฏการณ์การดูดซับ (adsorption) ประจุลบของฟอสเฟตไอออนจะถูกยึดอยู่กับไอออนบวกบริเวณผิวของดินเหนียว (clay) ด้วยแรงยึดเหนี่ยวไฟฟ้าสถิต (electrostatic bonding) (กฤตย์, 2549) ดินบนที่สูงนั้นโดยส่วนใหญ่จะมีช่วงความเป็นกรด-ด่างที่ต่ำกว่า 5.5 แม้ว่าจะเกิดจากวัตถุดิบกำเนิดที่เป็นหินปูนก็ตาม จึงทำให้เกิดปัญหาพืชขาดฟอสฟอรัส ถึงแม้ว่าจะมีปริมาณฟอสฟอรัสในดินที่สูง นอกจากนี้ในช่วงความเป็นกรด-ด่าง นี้ยังเป็นผลให้ความเป็นประโยชน์ของธาตุสังกะสีลดลงเช่นกัน ซึ่งธาตุสังกะสีนั้นเป็นส่วนประกอบที่จำเป็นของเอนไซม์หลายชนิด รวมทั้งออกซิเจนและฮอร์โมนในพืช เกี่ยวข้องกับกระบวนการสร้างกรดอินโดลอะเซติก (IAA) เป็นธาตุที่จำเป็นต่อการสร้างคลอโรฟิลล์ และการสร้างเมล็ดพืชตลอดจนมีบทบาทในการสังเคราะห์โปรตีน ช่วยส่งเสริมการใช้ประโยชน์ของธาตุฟอสฟอรัสและไนโตรเจนในพืช (ออนไลน์, 2551)

1.5.3 การเพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำชลประทานด้วยการใช้ Tensiometer Control Unit (TCU)

งานวิจัยเกี่ยวกับการประหยัดน้ำชลประทานในแปลงพืชล้มลุกภายใต้โครงการ The Uplands Program ซึ่งเป็นความร่วมมือระหว่าง NRCT-DFG ใน ระยะที่ 3 ที่ผ่านมาได้ข้อสรุปว่าเกษตรกรให้น้ำตามความเคยชิน ทำให้ใช้น้ำเกินจำเป็น 2 – 4 เท่า ซึ่งมีผลเสียต่อเนื่องอีกหลายประการ (สมชาย องค์กรประเสริฐ และคณะ. 2552) ขณะเดียวกันภายใต้ความร่วมมือระยะที่ 1 นักวิจัยฝ่าย Hohenheim University ได้พัฒนาเครื่องมือกำหนดเวลาให้น้ำชลประทานที่เรียกว่า Tensiometer Control Unit (TCU) ซึ่งนอกจากจะเป็นเครื่องมือควบคุมการให้น้ำที่อิงหลักการทางวิชาการ แล้วผู้พัฒนายังตั้งใจพัฒนาให้เหมาะสมที่จะใช้กับประเทศกำลังพัฒนาด้วยคุณสมบัติต่อไปนี้ 1) สามารถใช้ได้กับระบบน้ำที่มีแรงดันต่ำ 2) ไม่ต้องใช้กระแสไฟฟ้า 3) ราคาถูก และ 4) ทนทานต่อสภาพแวดล้อม (Spohrer, 2007) จึงสมควรที่ดำเนินการวิจัยเพื่อทดสอบการใช้เครื่องมือ TCU นี้ในระดับโรงเรียนและในระดับแปลงปลูกพืช เพื่อพัฒนา TCU ให้ใช้ได้จริงต่อไป

1.5.4 การศึกษาแนวทางปรับปรุงระบบบริหารจัดการน้ำชลประทานในฤดูแล้งของชุมชนแม่สาใหม่แบบมีส่วนร่วม

ชุมชนแม่สาใหม่ (รวมถึงแม่สาน้อย ซึ่งแยกจากหมู่บ้านแม่สาใหม่เมื่อ พ.ศ. 2547) เป็นชุมชนชาวไทยภูเขาเผ่าม้ง ตั้งอยู่ตำบลโป่งแยง อำเภอแมริม จังหวัดเชียงใหม่ สภาพภูมิประเทศของพื้นที่เป็นภูเขา และอยู่ในพื้นที่รับผิดชอบของศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่สาใหม่ ครอบคลุมพื้นที่ 23.59 ตารางกิโลเมตร (14,843 ไร่) แบ่งเป็นพื้นที่เพื่อการเกษตร 2,295 ไร่ ซึ่งมากกว่า 3 ใน 4 เป็นพื้นที่ลาดชันของไหล่เขา มีประชากรทั้งสิ้น 2,496 คน 304 ครัวเรือน (สำนักงานคณะกรรมการลุ่มน้ำปิงตอนบน, 2549)

แหล่งน้ำชลประทานเพื่อการเกษตรในฤดูแล้งของชุมชนทั้งหมดเป็นน้ำในลำธารหรือแหล่งน้ำซับที่มีน้ำในฤดูแล้ง ระบบโครงสร้างเพื่อนำน้ำจากแหล่งน้ำไปใช้ในการเกษตรประกอบด้วย

- 1) ระบบน้ำราชการ (บ่อพักน้ำ) โดยใช้น้ำต้นทุนจากแหล่งที่ไม่มีและมีเกษตรกรเข้าใช้มาก่อน ประกอบด้วยอ่างคอนกรีตพักน้ำขนาดความจุ 1,000 – 2,000 ลบ.ม. 2 อ่าง จากอ่างพักน้ำทั้ง 2 มีระบบท่อส่งน้ำและบ่อคอนกรีตพักน้ำความจุ 70 ลบ.ม. อีก 30 บ่อ บ่อพักน้ำนี้แบ่งเป็น 2 ส่วน คืออยู่ในศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่สาใหม่ 14 บ่อ และอยู่นอกพื้นที่โครงการหลวงเพื่อให้เกษตรกรต่อท่อน้ำใช้โดยตรงอีก 16 บ่อ อ่างพักน้ำที่ต้องใช้น้ำจากแหล่งน้ำที่มีเกษตรกรเข้าใช้มาก่อน เกษตรกรแสดงเจตน์จำนงค์ว่าจะไม่ให้น้ำแก่ระบบ จึงเป็นความขัดแย้งที่ดำรงอยู่ในปัจจุบัน อย่างไรก็ตาม ปริมาณน้ำในระบบน้ำราชการมีปริมาณน้อยเมื่อเทียบกับระบบของเกษตรกรเอง ผู้ใช้น้ำในระบบของราชการจึงได้พัฒนาระบบการจัดการได้ระดับหนึ่ง โดยมีการจัดรอบเวรการใช้น้ำและการปิดน้ำเมื่อไม่ใช้
- 2) ระบบน้ำของเกษตรกร ประกอบด้วยฝายกั้นลำธารหรือแหล่งน้ำซับ แล้วต่อท่อชักน้ำสู่พื้นที่การเกษตร ระบบนี้แยกได้เป็น 2 ส่วน คือส่วนแรกเป็นของตระกูลแซ่ ซึ่งตั้งถิ่นฐานมาและเข้าถึงแหล่งน้ำก่อนและมีอิทธิพลสูง ส่วนนี้จะไม่อนุญาตให้ผู้ที่อยู่นอกกลุ่มร่วมใช้น้ำ (Heyd and Neef, 2006) ส่วนที่สองเป็นฝายที่ค่อนข้างจะเป็นสาธารณะที่ผู้ต้องการน้ำสามารถเข้าถึงได้ ภายหลังความขัดแย้งและปัญหาการขาดแคลนน้ำจากการกระจายน้ำที่ไม่สมดุลมาตลอด ในปี พ.ศ. 2539 จึงมีการจัดกรรมการเพื่อแก้ปัญหา มาตรการหนึ่งที่ได้จากคณะกรรมการนี้คือกำหนดขนาดท่อชักน้ำแต่ละเส้นไม่ให้ใหญ่กว่า 1 นิ้ว แต่โดยความเป็นจริงพบว่าเกษตรกรที่มีสถานะสูงในชุมชนจำนวนมากได้ละเมิดข้อกำหนดนี้ (Neef, et al 2005) โดยทั่วไปฝายของทั้ง 2 ส่วนนี้อยู่สูงและห่างจากพื้นที่เกษตรมาก ท่อชักน้ำเป็นท่อที่ต่อกันเองแบบง่ายๆ โดยไม่มีวาล์วระบายลมจึงยาวมากและไม่มั่นคง (ข้อมูลจากการสัมภาษณ์ผู้ช่วยผู้ใหญ่บ้านแม่สาบน้อย: ท่อที่ยาวที่สุดยาวถึง 2.8 กิโลเมตร) เกษตรกรที่ใช้น้ำจากระบบนี้ส่วนใหญ่จึงไม่ปิดน้ำเมื่อไม่ใช้น้ำ เนื่องจากการปิดน้ำที่ปลายท่อที่พื้นที่เกษตรจะทำให้ท่อแตก การปิดน้ำที่ต้นทางเกษตรกรต้องเดินไกล การใช้น้ำในระบบนี้จึงมีน้ำทิ้งจำนวนมาก

บทที่ 2

วิธีการศึกษา

ในส่วนของการศึกษาสามารถจำแนกตามวัตถุประสงค์ที่ศึกษาได้ดังรายละเอียดท้ายนี้

2.1 เพื่อศึกษาวิธีการปรับปรุงประสิทธิภาพของการอนุรักษ์ดินและน้ำโดยการปลูกพืชตามแนวระดับในร่องและบนสันร่องแบบบูรณาการสำหรับระบบเกษตรยั่งยืนบนพื้นที่สูง

2.1.1) สถานที่ดำเนินการทดลองและแผนงานวิจัย

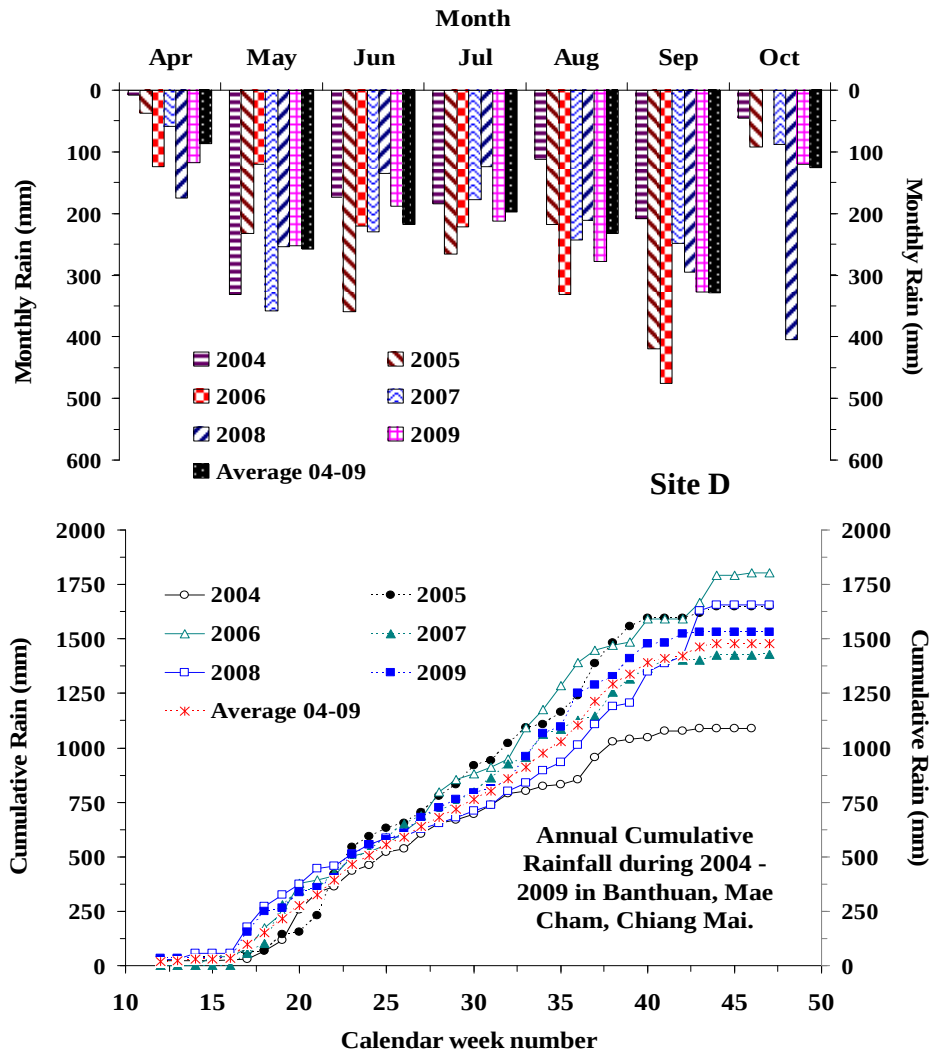
การศึกษานี้ได้ใช้แปลงทดลองซึ่งตั้งอยู่ที่หมู่บ้านถวน ตำบลบ้านทับ อำเภอแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่ มีพื้นที่แปลงวิจัยตั้งอยู่สูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง 1,238 เมตร พิกัด 18° 31' 04.81" N, 98° 17' 29.46" E มีความลาดเทผืนแปรระหว่าง 46%-120% หรือ 25°-50° โดยแปลงที่จะใช้ศึกษาเป็นแปลงที่ได้มีการศึกษาเกี่ยวกับระบบร่องปลูก และใช้ไม้ไผ่จักสานในการคลุมดินมาก่อน ภายใต้การสนับสนุนจากสหภาพยุโรป (EU) และการศึกษาดังกล่าวได้สิ้นสุดลงแล้ว ในเดือน กรกฎาคม 2551 พื้นที่ทดลองเป็นพื้นที่เพาะปลูกเป็นส่วนใหญ่ มีความลาดชันและมีการใช้ประโยชน์ที่ดินโดยการทำไร่เลื่อนลอยมาเป็นเวลาช้านาน ลักษณะภูมิอากาศในลุ่มน้ำแม่แจ่ม เป็นแบบมรสุม ประกอบด้วย 3 ฤดูกาล มีปริมาณฝนตกเฉลี่ยต่อปีประมาณ 1,500 มม. (รูปที่ 2.1) ลักษณะของดินส่วนใหญ่ จัดเป็นกลุ่มชุดดินที่ 62 (slope complex)

แปลงทดลองมีลักษณะการกระจายของเนื้อดินตามความลึกดินระดับต่างๆค่อนข้างสูง กล่าวคือ ในดินชั้นบน 0-20 และ 20-40 ซม. มีปริมาณอนุภาคดินเหนียวค่อนข้างต่ำ ประมาณ 25% และ 28% ตามลำดับ ส่วนดินชั้นล่างในช่วงความลึกของโปรไฟล์ดิน 40-60, 60-80 และ 80-100 ซม. มีอนุภาคดินเหนียวในปริมาณสูง คือประมาณ 44%, 50% และ 48% ตามลำดับ(ตาราง 4.1) สำหรับอนุภาคดินทรายมีปริมาณค่อนข้างสูงตลอดโปรไฟล์ดิน โดยผันแปรตามความลึกดินระดับช่วง 0-20, 20-40, 40-60, 60-80 และ 80-100 ซม. มีปริมาณอนุภาคดินทรายเป็น 58%, 54%, 47%, 37% และ 68% โดยประมาณ ซึ่งบ่งชี้ให้เห็นว่าวัตถุต้นกำเนิดดินน่าจะเป็นหินทรายมากกว่าหินปูน และมีความเป็นกรดค่อนข้างสูง (ดินมีระดับ pH ประมาณ 3.5-4.5)

ตาราง 2.0 การกระจายของอนุภาคดิน ในช่วงความลึกต่างๆ ในแปลงทดลองที่หมู่บ้านถวน อำเภอแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่

Soil Depth (cm)	% sand-silt-clay (g -100-1g -1)			
	%sand	% silt	% clay	Soil Texture
0-20	58	17	25	Sandy Clay
20-40	54	18	28	Clay
40-60	47	9	44	Clay
60-80	37	13	50	Clay
80-100	40	12	48	Clay

การทดลองได้วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) ประกอบด้วยดำรับการทดลอง 5 ดำรับจำนวน 3 ซ้ำ คือวิธีการปลูกพืชเชิงอนุรักษ์ตามแนวระดับ 5 วิธี ได้แก่ (i) ปลูกพืชแบบเกษตรกรรมปฏิบัติโดยทั่วไป (Contour Planting as conventional cultivation, CP) (ii) ปลูกพืชในร่องปลูก (Contour cultivated furrow in Alley Cropping, CF-AL) (iii) ปลูกพืชในร่องที่คลุมดินด้วยหญ้าไม้มูกวาด (Contour cultivated furrow in Alley Cropping mulched Bamboo grass, CF-BgM-AL) (iv) ปลูกพืชในร่องปลูกและปลูกถั่วปิ่นโต (Brazil bean, *Arachis pintoi*) คลุมดินบนสันร่อง (Contour cultivated furrow with ridge covered by Brazil bean, CF-AL+RC) และ (v) ปลูกพืชในร่องปลูกที่มีหญ้าไม้มูกวาดคลุมดินในร่องและปลูกถั่วปิ่นโตคลุมดินบนสันร่อง (Contour cultivated furrow mulched with Bamboo grass and ridge covered by Brazil bean, CF-BgM-AL+RC) ในการทดลองครั้งนี้ได้ทำการปลูกพืชหมุนเวียนเหลื่อมฤดู 3 พืช ใน 1 ปี (Multiple Rotational Relay Cropping System) โดยปลูกข้าวโพดหวาน (*Zea mays saccharata*) เป็นพืชแรกระหว่างต้น-กลางฤดูฝน ตามด้วยพืชที่ 2 คือข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ (*Zea mays*) ปลูกระหว่างกลาง-ปลายฤดูฝน และพืชที่ 3 คือถั่วเปย (Lablab purpureus Linn.) ปลูกระหว่างปลายฤดูฝน-กลางฤดูแล้ง ตามลำดับ



รูปที่ 2.1 ปริมาณฝนประจำเดือนและปริมาณฝนตกสะสมเป็นรายสัปดาห์ในพื้นที่ทดลอง ที่หมู่บ้านถวน อำเภอแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่ ในช่วงระหว่างปี พ.ศ.2547 – 2552 (ค.ศ.2004-2009)

2.1.2) การดำเนินการปลูกพืชในร่องและบนสันร่อง

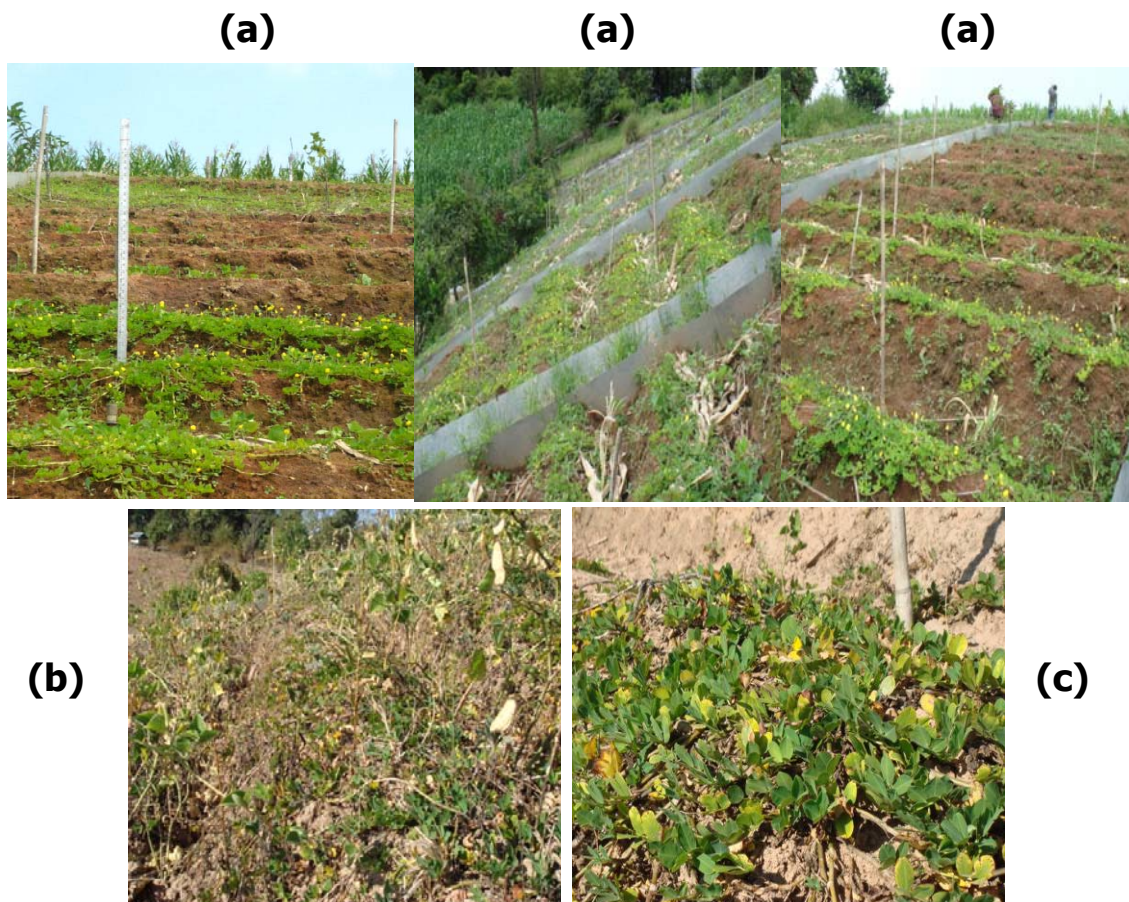
การทดลองนี้ได้เริ่มดำเนินงานในต้นฤดูฝนโดยการปลูกถั่วปิ่นโต (Brazil bean, *Arachis pintoi*) ที่มีอายุต้นกล้าประมาณ 3 เดือน โดยปลูกคลุมดินบนสันร่องปลูกในวันที่ 22 พฤษภาคม 2552 ระยะห่างระหว่างหลุม 25 ซม. และระยะห่างระหว่างแถวหรือระหว่างกิ่งก้านสันร่องเท่ากับ 75 ซม. (ระยะปลูก 40 x 75 ซม.)

นอกจากนี้ได้ปลูกพืชไร่ซึ่งเป็นพืชหลักหมุนเวียนเลื่อมฤดูในร่องปลูกทั้งที่มีและไม่มีถั่วปิ่นโตคลุมดินบนสันร่อง โดยปลูกถั่วลิสงเป็นพืชที่สองในกลางฤดูฝนในวันที่ 25 สิงหาคม 2552 (ทดแทนข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ซึ่งถูกทำลายมากกว่า 80% โดยการระบาดของหนู) และได้ปลูกถั่วเปย เป็นพืชที่ 3 ในวันที่ 8 กันยายน 2552 ซึ่งมีระยะห่างระหว่างหลุม 40 ซม. และระยะห่างระหว่างแถว 75 ซม. โดยปลูกแบบหยอดหลุมโดยตรงแบบที่เกษตรกรนิยมปฏิบัติในท้องถิ่น หยอดเมล็ด 4 เมล็ดต่อหลุม เมื่อเมล็ดงอกเป็นต้นอ่อน 2-4 ใบทำการถอนทิ้งให้เหลือเพียงหลุมละ 1 ต้น

ส่วนในปี 2553 เนื่องจากฤดูฝนที่ล่าช้ากว่าปกติจึงมีการปรับเปลี่ยนแผนการปลูกพืช ให้เหลือเพียงสองพืช โดยได้ทำการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เป็นพืชแรก ในวันที่ 26 มิถุนายน และทำการปลูกถั่วเป็ยเป็นพืชที่สองในช่วงกลางเดือนกันยายน 2553

2.1.3) การวัดผลและการบันทึกเก็บรวบรวมข้อมูล

1. **เสถียรภาพของสันร่อง** ได้ทำการวัดความลึกของร่องปลูก และความกว้างของสันร่อง โดยใช้วิธีสุ่มปักหลักไม้ ณ จุดที่ต้องการวัด ทำการวัดความลึกของร่องปลูก และความกว้างของสันร่อง โดยใช้วิธีสุ่มปักหลักไม้ ณ จุดที่ต้องการวัด จำนวน 4 จุดใน 1 แปลงย่อย แล้วทำการวัดความสูงจากสันร่องจนถึงก้นร่อง บันทึกการเปลี่ยนแปลงความกว้างและความลึกของร่องปลูกทุกๆ 2 สัปดาห์ในช่วงฤดูฝน ดังรูปที่ 6.2 ซึ่งได้ทำการวัด 2 ช่วงคือ ช่วงแรกทำการวัดระหว่างวันที่ 22 กันยายน 2552 ถึง 20 กุมภาพันธ์ 2553 จำนวน 6 ครั้ง ในวันที่ 22 กันยายน, 13 , 16 ตุลาคม, 14, 19 ธันวาคม 2552 และ 20 กุมภาพันธ์ 2553 ตามลำดับ และช่วงที่สองวัดระหว่างวันที่ 10 มิถุนายน 2553 ถึง 8 สิงหาคม 2553 จำนวน 5 ครั้ง ในวันที่ 10 และ 18 มิถุนายน, 13 พฤษภาคม, 15 กรกฎาคม และ 8 สิงหาคม 2553 ตามลำดับ



รูปที่ 2.2 (a) สันร่องที่มีการคลุมดินด้วยถั่วป่นโตทั้งที่มีการคลุมและไม่คลุมดินในร่องด้วยหญ้าไม้กวาดในช่วงฤดูฝน (b) สันร่องที่มีการคลุมดินด้วยถั่วป่นโตในช่วงฤดูแล้ง (c) การยึดเกาะผิวดินบนสันร่องของถั่วป่นโตช่วงฤดูแล้ง

2. การวัดสมบัติทางฟิสิกส์ของดินบางประการบนสันร่อง ทำการเก็บตัวอย่างดินในช่วงความลึก 0-20 ซม. ในช่วงปลายฤดูฝน-กลางฤดูแล้ง ระหว่างวันที่ 22 กันยายน 2552 ถึง 20 กุมภาพันธ์ 2553 และในช่วงต้นฤดูฝนระหว่าง วันที่ 10 มิถุนายน 2553 ถึง 8 สิงหาคม 2553 ทั้งที่มีการคลุมและไม่คลุมดิน โดยวัด ความหนาแน่นรวมของดิน (Bulk Density, BD), ความหนาแน่นอนุภาคของดิน (Particle Density, PD), ความพรุนทั้งหมดของดิน (Total Porosity, TP), ความจุความชื้นสนาม (Field Capacity, FC), ความเสถียรของเม็ดดิน (Stable Aggregate, SA), อัตราการซึมน้ำเข้าสู่ผิวดินที่คงที่ (Steady Infiltration Rate, IR), ช่องว่างที่มีการถ่ายเทอากาศดี (Aeration Porosity, AP), และปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน (Organic Matter, OM) โดยใช้วิธีการวิเคราะห์มาตรฐานที่ใช้ในห้องปฏิบัติการโดยทั่วไป

3. การจัดการเจริญเติบโตของพืชและการเก็บเกี่ยว การจัดการเจริญเติบโตทำได้โดยการเก็บตัวอย่างน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งทั้งหมดของส่วนที่อยู่เหนือดิน โดยทำการสุ่มเก็บตัวอย่างพืช (ถั่วแปบิ) โดยการตัดที่โคนต้นทั้งในแปลงส่วนบนและส่วนล่างของแปลงทดลองทุกแปลงส่วนผลผลิตต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ปลูก ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างพืช ในวันที่ 20 กุมภาพันธ์ 2553 ซึ่งเป็นระยะที่พืชแก่และเก็บเกี่ยวได้ โดยคำนวณผลผลิตเป็นน้ำหนักแห้งของส่วนที่อยู่เหนือดินทั้งหมดและน้ำหนักฝักแห้งของถั่วแปบิ ต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ปลูก (ตัน/เฮกเตอร์) นอกจากนี้ได้ทำการวัดน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ที่ปลูกเป็นพืชแรกในช่วงต้นฤดูฝน โดยการสุ่มตัดตัวอย่างพืชส่วนที่อยู่เหนือดินทั้งหมด จำนวน 4 หลุมปลูกต่อ 1 แปลงย่อย คำนวณน้ำหนักแห้งของส่วนที่อยู่เหนือดินทั้งหมดของข้าวโพดต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่เพาะปลูก (ตัน/เฮกเตอร์)

2.2 เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยและความเป็นประโยชน์ของธาตุฟอสฟอรัสและสังกะสีในการปลูกพืชในร่องสำหรับระบบเกษตรยั่งยืนบนพื้นที่ลาดชัน

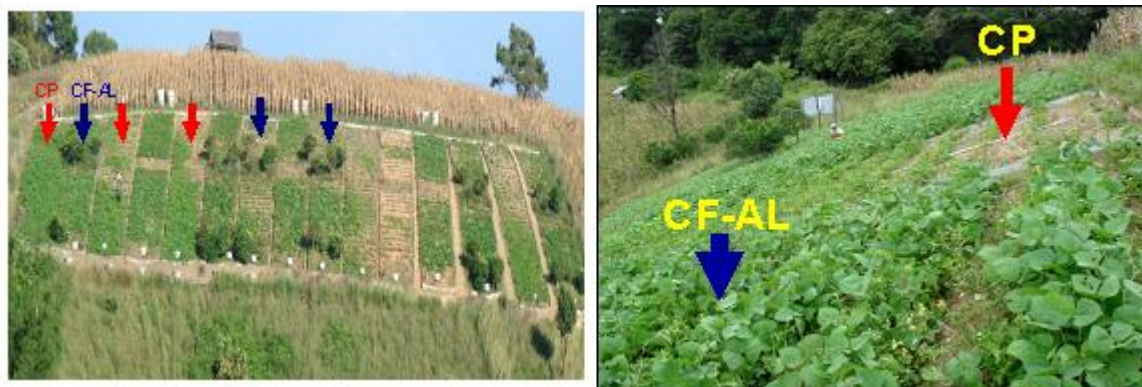
2.2.1) สถานที่ดำเนินการทดลองและแผนการวิจัย

การศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยและความเป็นประโยชน์ของธาตุฟอสฟอรัสและสังกะสีในการปลูกพืชในระบบร่องสำหรับเกษตรยั่งยืนบนพื้นที่ลาดชัน ใช้แปลงทดลองที่ได้มีการศึกษาขยายผลเกี่ยวกับระบบร่องปลูกที่ หมู่บ้านถวน ตำบลบ้านทับ อำเภอแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่ มีพื้นที่แปลงวิจัยตั้งอยู่สูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง 1,238 เมตร พิกัด 18° 31' 04.81" N, 98° 17' 29.46" E พื้นที่ทดลองเป็นพื้นที่เพาะปลูกเป็นส่วนใหญ่ มีความลาดชันและมีการใช้ประโยชน์ที่ดินโดยการทำไร่เลื่อนลอยมาเป็นเวลาช้านาน ลักษณะภูมิอากาศในลุ่มน้ำแม่แจ่ม เป็นแบบมรสุม ประกอบด้วย 3 ฤดูกาล มีปริมาณฝนตกเฉลี่ยต่อปีประมาณ 1,500 มม ลักษณะของดินส่วนใหญ่ จัดเป็นกลุ่มชุดดินที่ 62 (slope complex)

งานวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของการขยายโครงการวิจัยหลัก จากหมู่บ้านบ่อไคร้ อำเภอบางมะป่าย จังหวัดแม่ฮ่องสอน ในหัวข้อโครงการหลัก “การปรับปรุงวิธีด้านการชะกร่อนและการเก็บเกี่ยวน้ำในดิน โดยการปลูกพืชเชิงแถบอนุรักษ์เพื่อเพิ่มการผลิตพืชผสมในระบบเกษตรน้ำฝนอย่างยั่งยืนบนพื้นที่ลาดชัน” ภายใต้ โครงการความร่วมมือ ระหว่างไทย-เยอรมัน (The Uplands Project, NRCT-DFG) แปลงที่ใช้ทดลอง ประกอบด้วยแปลงย่อย ขนาด 5×15 เมตร (จากแปลงเดิมที่มีขนาด 5×30 เมตร โดยทำการทดลองเฉพาะ ครึ่งบนของแปลง) จำนวน 6 แปลง ได้วางแผนการทดลองแบบ Split-Split Plot in Completely Randomized Designed (Split-Split Plot in CRD) จำนวน 3 ซ้ำ โดยโดยดําเนินการทดลองประกอบด้วย วิธีการปลูกพืชเชิงอนุรักษ์ตามแนวระดับ 2 วิธีเป็น main plot คือปลูกพืชแบบเกษตรกรรม (Conventional Planting, CP) และปลูกพืชในร่องระหว่างแถบอนุรักษ์ไม้ผลผสม (Cultivated Furrow in Alley Cropping, CF-AL) ส่วน Sub plot คือ การฉีดพ่นธาตุสังกะสี และ Sub-sub plot คือวิธีการเพิ่มประสิทธิภาพของปุ๋ยเคมีและความเป็นประโยชน์ของธาตุฟอสฟอรัส ได้แก่การใช้ปุ๋ยเคมีสูตร 16-20-0 การใช้ปุ๋ยอินทรีย์และการใช้ปูนขาวในการปรับ pH ของดิน ซึ่งแผนการทดลองที่ประกอบด้วยดํารับต่างๆ (Treatment combinations) ได้แสดงไว้ในตารางที่ 2.1 และ ภาพแปลงทดลองได้แสดงไว้ในรูปที่ 2.3 ในส่วนการปลูกพืช ใช้การปลูกพืชหมุนเวียนเหลืองฤดู 3 พืช ใน 1 ปี ได้แก่ข้าวโพดหวาน (*Zea mays saccharata*) เป็นพืชแรก ตามด้วยถั่วลิสง (*Arachis hypogaea* L.) ซึ่งตามแผนการทดลองคือข้าวโพดเลี้ยงสัตว์, *Zea mays* L, เป็นพืชที่สอง และถั่วเป็ย (*Lablab purpureus* Linn.) เป็นพืชที่สาม

ตารางที่ 2.1 แผนผังการทดลองแบบ Split-Split Plot จำนวน 3 ซ้ำ

ปลูกพืชตามแนวระดับแบบเกษตรกรรม (Contour Planting , CP)		ปลูกพืชในร่องตามแนวระดับ ระหว่างแถบอนุรักษ์ (Contour Furrow Cultivation in Alley Cropping, CF-AL)	
ฉีดพ่น Zn	ไม่ฉีดพ่น Zn	ฉีดพ่น Zn	ไม่ฉีดพ่น Zn
CP ไม่ใส่ปุ๋ยและปูนขาว	CP ไม่ใส่ปุ๋ยและปูนขาว	CF-AL ไม่ใส่ปุ๋ยและปูนขาว	CF-AL ไม่ใส่ปุ๋ยและปูนขาว
CP + ปูนขาว (CP+L)	CP + ปูนขาว (CP+L)	CF-AL + ปูนขาว (CF-AL+L)	CF-AL + ปูนขาว (CF-AL+L)
CP + ปุ๋ยอินทรีย์ (CP+OF)	CP + ปุ๋ยอินทรีย์ (CP+OF)	CF-AL + ปุ๋ยอินทรีย์ (CF-AL+OF)	CF-AL + ปุ๋ยอินทรีย์ (CF-AL+OF)
CP+ ปุ๋ยเคมีสูตร 16-20-0(CP+IF)	CP+ ปุ๋ยเคมีสูตร 16-20-0(CP+IF)	CF-AL+ ปุ๋ยเคมีสูตร 16-20-0(CF-AL+IF)	CF-AL+ ปุ๋ยเคมีสูตร 16-20-0(CF-AL+IF)



รูปที่ 2.3 แสดงตำแหน่งและลักษณะแปลงที่ใช้ในการทดลอง

2.2.2) การปลูกพืชและการดำเนินการใส่ปุ๋ย ใส่ปุ๋ยและฉีดพ่นสังกะสี

(1) การปลูกพืชนั้น ได้ใช้ระยะห่างระหว่างหลุม 40 ซม. และระยะห่างระหว่างแถว 75 ซม. (40 x 75 ซม.) ปลูกแบบหยอดหลุมโดยตรงแบบที่เกษตรกรนิยมปฏิบัติในท้องถิ่น แต่ไม่มีการรองก้นหลุมด้วยปุ๋ยคอกหรือปุ๋ยเคมีใดๆ หยอดเมล็ด 4 เมล็ดต่อหลุม เมื่อเมล็ดงอกเป็นต้นอ่อน 2-4 ใบทำการถอนทิ้งให้เหลือเพียงหลุมละ 1 ต้น

ในปี 2552 การทดลองนี้ได้เริ่มดำเนินงานในกลางฤดูฝน ซึ่งเป็นช่วงเวลาหลังจากที่ข้าวโพดหวานใกล้เก็บเกี่ยวจึงไม่สามารถเก็บรวบรวมข้อมูลในช่วงที่ปลูกข้าวโพดหวานในปี 2552 ได้ และในวันที่ 25 สิงหาคม 2552 ได้ปลูกถั่วลิสงเป็นพืชที่สอง (ทดแทนข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ เนื่องจากมีการระบาดของหนูนในแปลงปลูกข้าวโพดโดยทั่วไปในชั้นวิกฤต ซึ่งทำให้ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เสียหายมากกว่า 80% ไม่สามารถรวบรวมข้อมูลด้านการเจริญเติบโตและผลผลิตได้ และ ได้ปลูกถั่วเป็ เป็นพืชที่ 3 ในวันที่ 18 กันยายน 2552 ส่วนในปี 2553 เนื่องจากฤดูฝนที่ล่าช้ากว่าปกติจึงมีการปรับเปลี่ยนแผนการปลูกพืช ให้เหลือเพียงสองพืช โดยได้ทำการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เป็นพืชแรก ในวันที่ 26 มิถุนายน และทำการปลูกถั่วเป็ เป็นพืชที่สองในช่วงกลางเดือนกันยายน 2553

(2) การใส่ปุ๋ยและปุ๋ยขาวในแปลงที่กำหนดไว้ในแผนการทดลองได้ดำเนินการในวันที่ 7 กันยายน 2552 ซึ่งเป็นช่วงเวลาหลังจากการปลูกถั่วลิสง 13 วัน โดยโรยปุ๋ยขาวในอัตรา 1 กิโลกรัมต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร (10 ตัน/เฮกเตอร์) ใส่ปุ๋ยอินทรีย์โดยการโรยรอบๆ ต้นพืชที่ปลูก ในปริมาณ 10 กรัม/ต้น (333.3 กก./เฮกเตอร์) ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 16-20-0 ในปริมาณ 5 กรัม/ต้น (166.7 กก./เฮกเตอร์ ซึ่งต่ำกว่าปริมาณปุ๋ยที่ใช้ปกติคือ 312.5 กก./เฮกเตอร์) และการฉีดพ่นธาตุสังกะสีใช้อัตรา 1 กรัม/ลิตร (1 กก./เฮกเตอร์)

2.2.3) การวัดบันทึกผลและการรวบรวมข้อมูล

(1) การเก็บตัวอย่างดินและวิเคราะห์สมบัติของดินบางประการ

ได้เก็บตัวอย่างดินในช่วงความลึก 0-20 ซม. สำหรับวัดสมบัติทางฟิสิกส์ของดินบางประการ ในระยะเริ่มต้นก่อนการทดลอง และในช่วงความลึก 0 -20 และ 20-40 ซม. เพื่อวัดสมบัติเคมีของ

ดินบางประการ โดยใช้วิธีมาตรฐานที่ใช้ในห้องปฏิบัติการทั่วไป โดยทำการเก็บตัวอย่างดินก่อนการใส่ปุ๋ย และปุ๋ย 1 ครั้ง และภายหลังการใส่ปุ๋ยและปุ๋ยจำนวน 6 ครั้ง ในช่วงเวลาต่างๆตามระยะการเจริญเติบโตของพืช ดังแสดงไว้ในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 แสดงลำดับการเก็บตัวอย่างดินในช่วงเวลาต่างๆ ของการเจริญเติบโตของต้นถั่วแปยี่

ครั้งที่	วันที่เก็บตัวอย่างดิน	ช่วงการเจริญเติบโตของพืช (ถั่วแปยี่)
1	22 สิงหาคม 2552	ก่อนปลูกถั่วแปยี่ 2 สัปดาห์
2	30 กันยายน 2552	ถั่วแปยี่มีอายุ 3 สัปดาห์ ช่วงเริ่มสร้างกิ่งใบและลำต้น
3	19 ตุลาคม 2552	ถั่วแปยี่มีอายุ 1 ½ เดือน ช่วงเร่งเจริญเติบโตแผ่กิ่งก้าน
4	15 พฤศจิกายน 2552	ถั่วแปยี่มีอายุ 2 ½ เดือน ช่วงเจริญเติบโตสร้างกิ่งใบแผ่ปกคลุมพื้นที่เพาะปลูก 80% ในระยะเริ่มออกดอก
5	19 ธันวาคม 2552	ถั่วแปยี่มีอายุ 3 ½ เดือน เป็นช่วงที่ออกดอกเต็มที่และเริ่มสร้างเมล็ดฝักอ่อน
6	23 มกราคม 2553	ถั่วแปยี่มีอายุ 4 เดือน เป็นช่วงที่มีการสร้างผลผลิตอย่างสมบูรณ์ (เมล็ดและฝักโตเต็มที่)
7	20 กุมภาพันธ์ 2553	ถั่วแปยี่มีอายุ 4 ¾ เดือน เมล็ดและฝักสุกแก่ ในระยะเริ่มเก็บเกี่ยวได้

โดยคุณสมบัติทางฟิสิกส์และเคมีของดินที่ทำการวิเคราะห์มีดังต่อไปนี้คือ (ตารางที่ 2.3)

(i) ความหนาแน่นรวม (Bulk Density, BD) โดยใช้กระบอกลบดิน (Soil core) ขนาด 75 x 75 มม. แบบไม่ทำลายโครงสร้างดิน ตัดแต่งตัวอย่างดินในกระบอกลบให้ได้ปริมาตรเท่ากับปริมาตรของกระบอกลบดิน (Vt) นำตัวอย่างดินอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 105 °C เป็นเวลาไม่ต่ำกว่า 24 ชั่วโมง ชั่งน้ำหนักดินแห้ง (Ms) และ คำนวณความหนาแน่นรวมของดินโดยสมการ 2.1

$$BD = Ms / Vt \quad (2.1)$$

(ii) ความหนาแน่นอนุภาคดิน (Particle Density, PD) ทำการวัดโดยใช้ขวดปริมาตรที่แน่นอน (volumetric flask) ซึ่งมีน้ำหนักขวดเป็น M_1 และปริมาตรความจุขวดเป็น V บรรจุตัวอย่างอนุภาคดินขนาด ≤ 2.00 mm ลงในขวด 1/3 ของปริมาตรขวด แล้วทำการการชั่งน้ำหนักเป็น M_2 เติมน้ำ ที่มีความหนาแน่น ρ_w เพื่อปรับปริมาตรให้เต็มความจุของขวด ชั่งน้ำหนัก (M_3) คำนวณความหนาแน่นอนุภาคดิน (PD) โดยสมการ 2.2

$$PD = (M_2 - M_1) / [V - (M_3 - M_2) / \rho_w] \quad (2.2)$$

(iii) ความพรุนทั้งหมดของดิน (Total Porosity, TP) หมายถึงปริมาตรของช่องว่างทั้งหมดในดิน ต่อ 1 ปริมาตรรวมของดิน ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการ 2.3

$$TP = 1 - BD/PD \quad (2.3)$$

(iv) ปริมาณความจุความชื้นในสนามของดิน (Field Capacity, FC) ทำการวัดปริมาณความชื้นในตัวอย่างดินที่เก็บแบบไม่ทำลายโครงสร้างตามวิธีในข้อ (i) โดยทำให้ดินอิ่มตัวด้วยน้ำแล้วปล่อยให้ น้ำที่เกินอำนาจดูดยึดของดินซึมออกจากดินภายใต้ Hanging Column 100 ซม. ซึ่งสมดุลกับแรงดึงน้ำ 0.1 บรรยากาศ โดยคำนวณปริมาณความชื้นดินที่ FC เป็นปริมาณน้ำที่ถูกดูดยึดไว้ในดิน (M_w) ต่อหนึ่งหน่วยปริมาตรของดิน (V_t) ดังสมการ 2.4

$$FC = M_w / V_t \quad (2.4)$$

(v) ปริมาณช่องว่างที่มีการถ่ายเทอากาศดี (Aeration Porosity, AP) คำนวณได้จากผลต่างระหว่างความพรุนทั้งหมดของดิน (FC) และความจุความชื้นในสนามของดิน (TP) โดยสมการ 2.5

$$AP = TP - FC \quad (2.5)$$

(vi) ระดับความเป็นกรดต่างของดิน (pH) วัดสารละลายดินด้วยอัตราส่วนดิน: น้ำ (1:1) โดยชั่งดิน 10 กรัมเติมน้ำกลั่น 10 มล. คนให้เข้ากันอย่างสม่ำเสมอ แล้วนำไปวัดความเป็นกรดด้วยเครื่อง pH-meter

(vii) ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน (Organic Matter, OM) วิเคราะห์ด้วยวิธี Walkley and Black (Nelson and Sommers, 1982) ซึ่งใช้สารละลายโพแทสเซียมไดโครเมต ($K_2Cr_2O_7$, 1 N) และ กรดซัลฟูริกเข้มข้น (H_2SO_4) เป็น oxidizing agent แล้วทำการไตเตรทด้วย 0.5 N Ferrous sulphate (viii) ปริมาณธาตุฟอสฟอรัสที่สกัดได้ในดิน (Extractable Phosphorus, Ext.P) วิเคราะห์โดยสกัดตัวอย่างดิน ด้วยน้ำยา Bray II แล้วพัฒนาสีของสารละลายสีที่สกัดได้ด้วย ascorbic acid วัดค่าปริมาณฟอสฟอรัสด้วยเครื่อง Spectrophotometer ความยาวคลื่น 881 nm.

(ix) ปริมาณธาตุโพแทสเซียมที่สกัดได้ในดิน (Extractable Potassium, Ext.K) วิเคราะห์โดยสกัดตัวอย่างดิน ด้วยสารละลาย 1 N NH_4OAc pH 7.0 แล้ววัดค่าโพแทสเซียม ในสารละลาย ด้วย Flame photometer หรือ Atomic Absorption Spectrophotometer

(x) ปริมาณธาตุสังกะสีที่สกัดได้ในดิน (Extractable Zinc, Ext.Zn) วิเคราะห์โดยสกัดตัวอย่างดิน ด้วยสารละลาย DTPA pH 7.3 นำสารละลายสีที่ได้ไปวัดปริมาณสังกะสีด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometry ที่ความยาวคลื่น 279.6 nm.

(xi) ความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (Cation Exchange Capacity, CEC) วิเคราะห์โดยสกัดตัวอย่างดิน ด้วยสารละลาย 1 M NH_4OAc , pH 7 จากนั้นจึงทำการชะดินด้วย isopropyl alcohol เพื่อไล่ที่ NH_4^+ จากนั้นจึงใช้ 10% KCl acidified หรือ 0.005 N HCl ชะตัวอย่างดินอีกครั้งเพื่อไล่ที่ไอออนบวกที่ตกค้างอยู่ในดิน นำสารละลายที่ได้ ไปวิเคราะห์ปริมาณ NH_4^+ ทั้งหมดโดยการกลั่น และไตเตรทด้วย H_2SO_4

ตารางที่ 2.3 สมบัติทางเคมีและฟิสิกส์ของดินที่ศึกษาและวิธีการวิเคราะห์

Soil properties	Unit	Methods of measurement
(i) Bulk density (BD)	Mg m ⁻³	-Undisturbed soil cores sampling of 75x75 mm dimension and oven dry at 105 °C for 24 hr. BD calculation as dry soil mass (Ms) per unit total soil volume (Vt)
(ii) Particle density (PD)	Mg m ⁻³	-Measure solid soil volume by replacing soil particle using volumetric flask
(iii) Total porosity (TP)	m ³ m ⁻³	-Calculation of TP as 1-BD/PD.
(iv) Field capacity (FC)	m ³ m ⁻³	-Measure soil water content at soil water suction of 10 kPa using hanging column and gravimetric method.
(v) Aeration Porosity (AP)	m ³ m ⁻³	-Calculation of AP as TP-FC
(vi) Soil acidity (pH)	pH unit	-1:1 soil : water ratio suspension was measured by a standardize pH meter.
(vii) Organic matter (OM)	g/100g	-Wet oxidation by Walkley-Black Procedure (Nelson and Sommers, 1982)
(viii) Extractable phosphorus (P)	mg/kg	-Bray II as extracting solution and measured by colorimetric method using spectrophotometer
(ix) Extractable potassium (K)	mg/kg	- Extracting by ammonium acetate as extracting solution and measured by Atomic Absorption Spectrophotometer
(x) Extractable zinc (Zn)	mg/kg	- Extracting by Diethylene triamine pentaacetic acid (DTPA) solution and measured by Atomic Absorption Spectrophotometer
(xi) Cation exchange capacity (CEC)	cmol (+)/kg	- Extracting cations by ammonium acetate (NH ₄ OAc pH 7.0) and replacing NH ₄ ⁺ by 10% acidified KCl or 0.005 N HCl, analyzed NH ₄ ⁺ using distillation and titration.

(2) การวัดการเจริญเติบโตและปริมาณธาตุอาหารของพืช และการเก็บเกี่ยวผลผลิต

ได้ทำการวัดการเจริญเติบโตของพืชในช่วงเวลาต่างๆ โดยการวัดความสูงจากโคนต้น จนถึงปลายยอดของต้นถั่วเปี๊ยะ ทุกๆเดือน ตั้งแต่ถั่วเปี๊ยะอายุ 22 วัน จนกระทั่งถึงระยะที่ถั่วเปี๊ยะมีการสร้างผลผลิตอย่าง

สมบูรณ์หรือระยะเก็บเกี่ยว (30 กันยายน 2552 – 20 กุมภาพันธ์ 2553) โดยทำการวัดจำนวน 6 ต้นใน 1 ดำรับการทดลอง ซึ่งประกอบด้วยจำนวน 3 ซ้ำ

ปริมาณธาตุอาหารที่ทำการวิเคราะห์ในดินพืชได้แก่ ธาตุฟอสฟอรัส (Total Phosphorus, Total P) และ ธาตุสังกะสี (Total Zinc, Total Zn) โดยวิธีการย่อยตัวอย่างพืชแบบ Dry ashing (Jones and Wolf, 1991) หลังจากการย่อยแล้ว สามารถที่จะนำไปหาค่า ฟอสฟอรัสโดยการพัฒนาดสี โดยใช้ Ammonium Vanadate -Ammonium Molybdate yellow color method ซึ่งจะได้สีเหลืองใตภายหลังการพัฒนาดสี ส่วนการหาค่าของสังกะสีทำได้โดยการใช้ Atomic Absorption Spectrophotometry

การวัดปริมาณผลผลิตทำโดยการเก็บตัวอย่างพืชต้นที่ได้ทำการติดตามการเจริญเติบโต(วัดความสูงจำนวน 5 ครั้ง) ตั้งแต่ระยะหลังปลูก 22 วัน (30 กันยายน 2552) จนกระทั่งถึงระยะสร้างผลผลิตอย่างสมบูรณ์ ในวันที่ 23 มกราคม 2553 นำตัวอย่างพืชมาอบที่อุณหภูมิ 60°C จากนั้นจึงนำไปชั่งน้ำหนัก และทำการเปรียบเทียบในแต่ละดำรับการทดลอง

การดำเนินงานวิจัยที่ได้ดำเนินการตามแผนการทดลองโดยสังเขป สรุปได้ดังในตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 การดำเนินงานตามแผนการทดลองที่ได้ดำเนินการระหว่างเริ่มต้นจนถึงสิ้นสุดการทดลองโดยสังเขป

วันที่/เดือน/ปี	รายการที่ได้ดำเนินการ
22-ส.ค.-52	เก็บตัวอย่างดิน เพื่อทำการวัดสมบัติทางฟิสิกส์และเคมี บางประการในระยะก่อนเริ่มการใส่ปุ๋ยขนาวและปุ๋ยใดๆ
25-ส.ค.-52	ปลูกถั่วลิสง ซึ่งเป็นพืชที่สอง
07-ก.ย.-52	ทำการใส่ปุ๋ย ตามแต่ละดำรับ โรยปุ๋ยขนาวในอัตรา 1 กิโลกรัมต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ในปริมาณ 10 กรัม/ต้น (130 กรัม/แถว) ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 16-20-0 ในปริมาณ 5 กรัม/ต้น (65 กรัม/แถว)
08-ก.ย.-52	ปลูกถั่วเปี๊ยะ ซึ่งเป็นพืชที่สาม
30-ก.ย.-52	เก็บตัวอย่างดิน ทำการวัดความสูงของต้นพืช และทำการฉีดพ่นสังกะสีโดยใช้ในอัตรา 1 กรัม/ลิตร
19-ต.ค.-52	เก็บตัวอย่างดิน ทำการวัดความสูงของต้นพืช
15-พ.ย.-52	เก็บตัวอย่างดิน ทำการวัดความสูงของต้นพืช
19-ธ.ค.-52	เก็บตัวอย่างดิน ทำการวัดความสูงของต้นพืช
21 -ธ.ค.-52 -10 -ม.ค.-53	ทำการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน (ความเป็นกรดด่าง ปริมาณอินทรีย์วัตถุ ปริมาณฟอสฟอรัสที่แลกเปลี่ยนได้)
23-ม.ค.-53	เก็บตัวอย่างดิน ทำการวัดความสูงของต้นพืช
28-31-ม.ค.-53	ทำการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน (ความเป็นกรดด่าง ปริมาณอินทรีย์วัตถุ ปริมาณฟอสฟอรัสที่แลกเปลี่ยนได้)
20-ก.พ.-53	เก็บตัวอย่างดินเพื่อวิเคราะห์ และทำการตัวอย่างผลผลิตของถั่วเปี๊ยะ
5-11-พ.ค.-53	เตรียมแปลง ปรับแต่งร่องปลูกพืช ยกสันร่องให้สูงขึ้น
26-มิ.ย.-53	ทำการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์ 888

2.3 เพื่อศึกษาแนวทางเพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำชลประทานด้วยการใช้ Tensiometer Control Unit (TCU)

วิธีการทดสอบการทำงานของ TCU ในโรงเรือน

ก่อนการทดลองในสนาม ได้ทดลองในโรงเรือนเพื่อการทำงาน จุดดบกพร่องของ TCU ในโรงเรือน โดยทดสอบการทำงานของ TCU ในดินทรายร่วน (loamy sand) ดินเหนียวสีแดงจากที่ดอน และดินเหนียวท้องถิ่นที่มีการหดและขยายตัวเมื่อแห้งและเปียกสูง มีขั้นตอนการดำเนินงานดังนี้

1. ขนดินทั้ง 3 ชนิด โดยแยกชั้นดิน และบรรจุลงกระบะเรียงตามชั้นดินให้ได้ดินหนา 30 ซม.

เท่ากับที่ขุดมาจากพื้นที่ ได้แก่

- ชุดดินน้ำพอง ดินร่วนปนทรายจากแปลงหญ้าอาหารสัตว์ ภายในมหาวิทยาลัยแม่โจ้
- ชุดดินคอยปุ๋ย จากพื้นที่ปลูกพืชทดลองของศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่สาใหม่
- ดิน alluvial complex ซึ่งเป็นดินร่วนเหนียวท้องถิ่น จากแปลงผลิตมันฝรั่งของบริษัทฟรีโต้เรย์ ท้องที่ตำบล อำเภอแม่อาว เป็นดินที่มีปัญหาการแตกกระแหงเมื่อดินเริ่มแห้ง

2. การปลูกกะหล่ำทดลอง

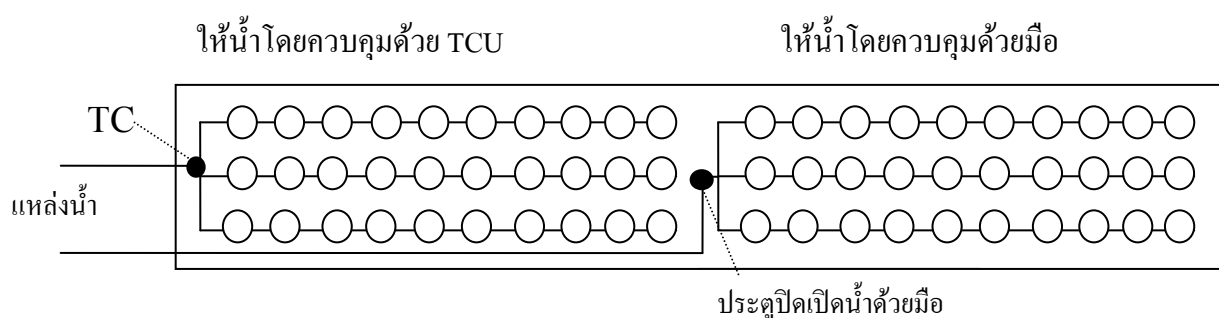
ปลูกกะหล่ำทดลองในกระบะทั้ง 3 เมื่อวันที่ 12 มกราคม 2553 โดยแต่ละกระบะปลูก 3 แถว แถวละ 16 ต้น ในระยะแรกให้น้ำแบบตัดกรด เก็บเกี่ยวเมื่อ 20 เมษายน 2553 (รูปที่ 2.4)

3. การออกแบบการทดลองระบบให้น้ำกระบะทดลอง

เพื่อให้ในแต่ละกระบะ ที่ใช้ดินต่างชนิดกันสามารถทดลองเปรียบเทียบการให้น้ำที่ควบคุมด้วย TCU (TCU Control) กับการควบคุมด้วยมือ (Manual Control) จึงแบ่งพื้นที่ในแต่ละกระบะเป็น 2 ส่วนเท่าๆ กัน ส่วนละ 4 เมตร ส่วนแรกให้น้ำโดยควบคุมโดย TCU ส่วนที่สองให้น้ำโดยควบคุมด้วยมือ แต่ละส่วนปลูกกะหล่ำ 3 แถวๆ ละ 8 ต้น ระยะปลูก 0.4 X 0.4 เมตร แต่ละส่วนต่อกับแหล่งน้ำแยกอิสระจากกัน แต่ละแถวมีท่อแขนงที่มีหัวน้ำหยดสำหรับกะหล่ำแต่ละต้น หัวน้ำหยดมีอัตราการให้น้ำ 2 ลิตร/ชั่วโมงที่ความดันประมาณ 1 บาร์ ดังรูปที่ 2.5



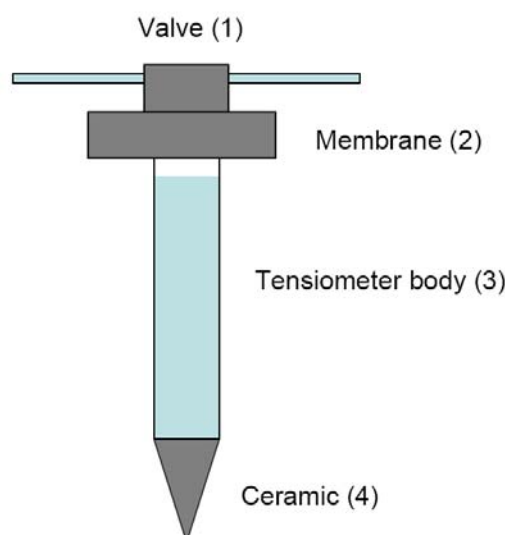
รูปที่ 2.4 การปลูกกะหล่ำทดลอง



รูปที่ 2.5 การออกแบบการทดลองระบบให้น้ำกระบะทดลอง

4. หลักการทำงานและส่วนประกอบของ TCU

ส่วนประกอบหลักของ TCU แสดงในรูปที่ 2.6 ประกอบด้วย ceramic bulb (4) ที่ไม่เคลือบผิว ทำหน้าที่ให้น้ำภายในเคลื่อนที่เข้าออกคู่กับความเครียดของความชื้นที่ภายนอก, tensiometer body (3) เป็นที่บรรจุน้ำให้เต็มหรือเกือบเต็มตลอดเวลา และถ่ายทอดความเครียดสู่ membrane, membrane (2) เป็นตัวรับแรงดึงจากน้ำใน tensiometer body ไปกระตุ้นให้ Valve (1) เปิด



รูปที่ 2.6 องค์ประกอบหลักของ TCU

5. การควบคุมการให้น้ำด้วย TCU ประกอบด้วย

- ใช้ TCU เปิด ประตุน้ำเมื่อความเครียดของน้ำในดิน ณ จุดที่ TCU ปักอยู่ขึ้นถึง -150 mbar และ ปิดเมื่อเปิดแล้ว 30 นาที
- ประตูปิดเปิดน้ำอัตโนมัติที่ควบคุมด้วย timer ให้เปิดน้ำได้วันละ 4 ช่วงเวลา ช่วงละ 30 นาทีคือ 05.00-05.30 น., 11.00 – 11.30 น., 17.00 – 17.30 น. และ 23.00 – 23.30 น.

ด้วยระบบที่มีประตุน้ำ 2 ชั้นนี้ การให้น้ำจะเกิดขึ้นเมื่อเข้าเงื่อนไขของทั้ง 2 ประตูพร้อมกัน หากวันใดที่พืชใช้น้ำน้อย แม้ว่าประตูที่ควบคุมด้วย timer จะเปิดประตู แต่ประตู TCU ก็ไม่เปิด เพื่อให้สามารถบันทึกความเครียดของความชื้นดินที่ TCU ทำงาน จึงได้ต่อ sensor วัดความเครียดของน้ำใน TCU และบันทึกด้วย data logger ระบบควบคุมการปิดเปิดน้ำจึงประกอบด้วย TCU, มาตรวัดน้ำ และ timer stitch (รูปที่ 2.7)

6. การทดลองปลูกผักบุ้งจีน

หลังจากทดลองปลูกกะหล่ำเมื่อวันที่ 12 มกราคม และเก็บเกี่ยวผลผลิตเมื่อวันที่ 20 เมษายน 2553 แล้ว ได้ปลูกกะหล่ำเพื่อทดลองซ้ำเป็นครั้งที่ 2 เมื่อวันที่ 7 พฤษภาคม 2553 พบว่า อุณหภูมิอากาศในโรงเรือนสูงมากจนกะหล่ำไม่โต แม้ว่าจะได้เปลี่ยนเป็นพันธุ์ทนร้อนแล้วก็ตาม จึงต้องเปลี่ยนเป็นใช้ผักบุ้งจีนเป็นพืชทดลองปลูกผักบุ้งจีนในวันที่ 4 กรกฎาคม 2553 และเก็บเกี่ยวผลผลิตเมื่อวันที่ 6 สิงหาคม 2553 (รูปที่ 2.8)



รูปที่ 2.7 การควบคุมการให้น้ำด้วย TCU



รูปที่ 2.8 การปลูกผักบุ้งจีนเป็นพืชทดลอง

2.4 เพื่อศึกษาแนวทางปรับปรุงระบบบริหารจัดการน้ำชลประทานในฤดูแล้งของชุมชนแม่สาใหม่อย่างมีส่วนร่วม

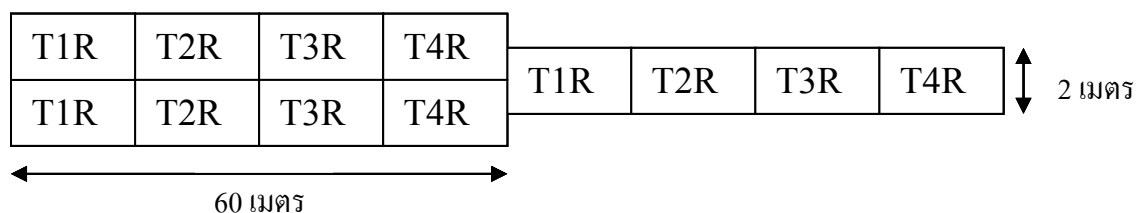
วิธีการศึกษาในส่วนนี้แบ่งออกเป็นข้อตามประเด็นย่อยในการศึกษาได้ดังนี้

2.4.1) การศึกษาการผลิตผักฤดูแล้งและประสิทธิภาพการใช้น้ำ

พื้นที่ที่ใช้ในการทดลองปลูกกะหล่ำมี 2 พื้นที่ คือ 1) แปลงทดลองศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองหอย 2) แปลงทดลองศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่สา การวางแผนการทดลองในแต่ละพื้นที่ มีรายละเอียดทำดังนี้

ก. การปลูกกะหล่ำทดลองในแปลงศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองหอย

ผังแปลงทดลอง: เนื่องจากพื้นที่แปลงทดลองพื้นที่แคบแต่ยาวตามชั้นบันไดบนไหล่เขาที่ชันมาก โดยด้านหัวแปลงกว้างกว่าด้านปลายแปลง จึงจัดแปลงแต่ละ block กว้าง 2 เมตร ยาว 60 เมตร โดยมี 2 block ซ้อนอยู่หัวแปลง ดังรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 ผังแปลงทดลองศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองหอย

ระยะปลูก: ใช้ระยะระหว่างแถว 0.4 เมตร และระยะระหว่างคัน 0.4 เมตร เช่นกัน

การจัดวิธีการให้น้ำ: ได้วางแผนการทดลองในการจัดสรรน้ำไว้ทั้งหมด 4 treatments ดังนี้

Treatment 1 “over”:	150%, 2 dripper of 3 l/h
Treatment 2 “control”:	100%, 1 dripper of 4 l/h
Treatment 3 “deficit soft”:	75%, 1 dripper of 3 l/h
Treatment 4: “deficit severe”:	50%, 1 dripper of 2 l/h

ตารางเวลาการจัดการต่างๆ การปลูกและดูแลปฏิบัติ

ได้เพาะกล้า ปลูก และดูแลปฏิบัติต่างๆ ที่แปลงทดลองที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองหอยดังแสดงในตารางที่ 2.5 สำหรับการจัดการต่างๆ ที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงมาสาใหม่ ทำเช่นเดียวกับที่หนองหอย แต่ทุกขั้นตอนร่นเวลาตามหลังที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองหอยไป 7 วัน

การให้น้ำ

การให้น้ำโดยระบบน้ำหยด โดยวางท่อประธาน (main pipe) ที่ต่อจากระบบน้ำของศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองหอย ผ่านหัวแปลงของแต่ละแปลง block ที่ 1 และ 2 สายหนึ่ง และ จากท่อ block ที่ 3 อีกสายหนึ่ง จากประธานของ block ที่ 1 และ 2 มีท่อแขนง (lateral pipes) ยาว 60 เมตร จำนวน 10 สายลากผ่านปลูกลูก 10 แถวของ block ที่ 1 และ 2 ติดหัวน้ำหยดที่ท่อแขนงแต่ละสาย ทุกระยะ 40 ซม. เท่ากับระยะระหว่างต้น โดยท่อแขนงช่วงที่ผ่าน T1 ติดขนาด 3 ลิตร/ชั่วโมง 2 หัว ช่วงที่ผ่าน T2 ติดขนาด 4 ลิตร/ชั่วโมง 1 หัว ช่วงที่ผ่าน T3 ติดขนาด 3 ลิตร/ชั่วโมง 1 หัว และช่วงที่ผ่าน T4 ติดขนาด 2 ลิตร/ชั่วโมง 1 หัว ที่ท่อประธานติดมาตรวัดน้ำและประตูปิดเปิดน้ำ สำหรับ block ที่ 3 ทำเช่นเดียวกัน แต่มีท่อแขนง (lateral pipes) ยาว 60 เมตร จำนวน 5 สาย ทั้งหมดนี้ทำให้สามารถให้น้ำได้พร้อมกันทั้งแปลงทดลอง

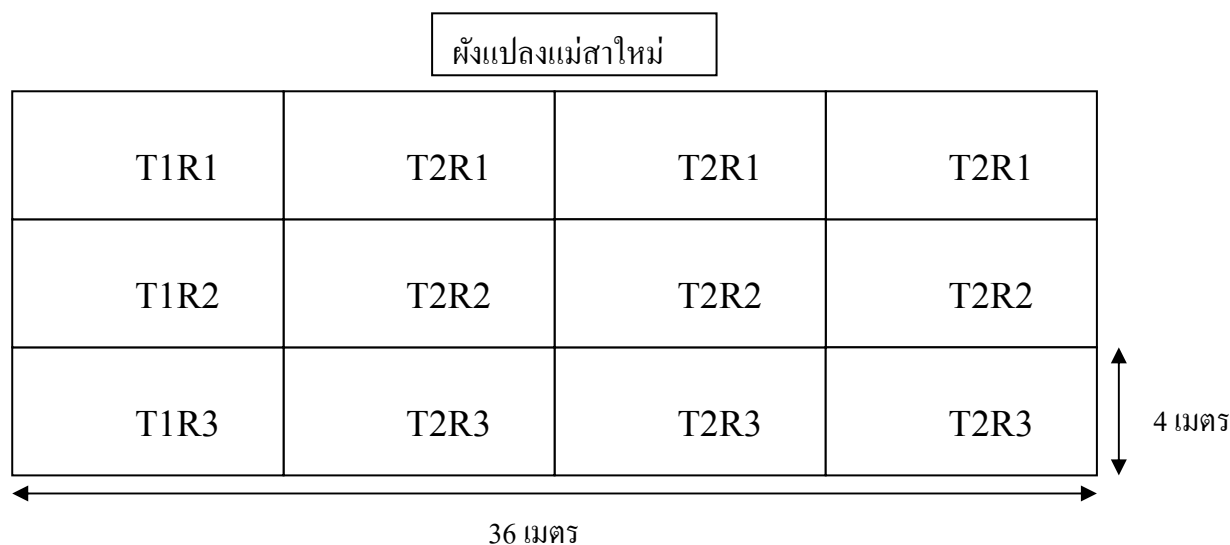
ตารางที่ 2.5 ตารางเวลาการจัดการต่างๆ ในแปลงทดลองที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองหอย

วันที่	การจัดการ
20 พ.ย. 52	เพาะกล้า
22 พ.ย. 52	เก็บตัวอย่างดินเพื่อวิเคราะห์ความหนาแน่น ความจุในสนาม จุดเหี่ยวถาวร และธาตุอาหาร
11 ธ.ค. 52	เตรียมแปลง โดยใส่ปุ๋ยคอก/ปุ๋ยหมัก อัตรา 5 กก./ตรม. เตรียมหลุม ระยะ 40 x 40 ซม. รองก้นหลุมด้วยปุ๋ยหมัก อัตรา 200 กรัม/หลุม
15 ธ.ค. 52	ปลูกโดยกลบดินให้อยู่ในระดับเดียวกัน เจาะหลุมลึก 10 ซม. แล้วปลูกโดยกลบดินให้อยู่ในระดับโคนต้น พอดี
22 ธ.ค. 52	ปลูกซ่อม
27 ธ.ค. 52	ใส่ปุ๋ยครั้งที่ 1 สูตร 15-0-0 + 15-15-15 พ่น Ca,B อัตรา 2:1 พิจารณาพ่นสารเคมีตามการระบาดของโรค/แมลง
3 ม.ค. 53	พ่น Ca,B พิจารณาพ่นสารเคมีการระบาดของโรค/แมลง
11 ม.ค. 53	ใส่ปุ๋ยครั้งที่ 2 สูตร 15-15-15 + 15-0-0 อัตรา 2:1 พ่น Ca,B พิจารณาพ่นสารเคมีการระบาดของโรค/แมลง
18 ม.ค. 53	พ่น Ca,B อัตรา พิจารณาพ่นสารเคมีตาม การระบาดของโรค /แมลง
25 ม.ค. 53	พ่น Ca,B อัตรา พิจารณาพ่นสารเคมีตาม การระบาดของโรค/แมลง
31 ม.ค. 53	ใส่ปุ๋ยครั้งที่ 3 สูตร 13-13-21 พ่น Ca,B อัตรา พิจารณาพ่นสารเคมีตาม การระบาดของโรค/แมลง
8 ก.พ. 53	พ่น Ca,B อัตรา พิจารณาพ่นสารเคมีตาม การระบาดของโรค/แมลง
15 ก.พ. 53	พ่น Ca,B อัตรา พิจารณาพ่นสารเคมีตาม การระบาดของโรค/แมลง
25 มี.ค. 53	เก็บเกี่ยว

ข. การปลูกกะหล่ำทดลองในแปลงศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่สาใหม่

ผังแปลงทดลอง

พื้นที่ทดลองที่แม่สาใหม่แปลงค่อนข้างกว้างยาวได้สัดส่วน จึงใช้พื้นที่ทดลอง 12 X 36 เมตร แบ่งเป็น 3 block ขนาด 4 X 36 เมตร ดังรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.10 ผังแปลงทดลองศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่สาใหม่

การให้น้ำ

การให้น้ำแก่แปลงทดลองศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่สาใหม่ ใช้ระบบน้ำหยด เช่นเดียวกับที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองหอย แต่ทั้งหมดมีท่อประธานเพียงสายเดียวผ่านหัวแปลงของ block ที่ 1 – 3 และมีท่อแขนงยาว 60 เมตร จำนวน 30 สาย ลากผ่านแถวปลูก 30 แถวของทั้ง 3 block หลังจากปลูกได้ให้น้ำแบบน้ำหยด แต่ต้นกล้ากะหล่ำเหี่ยว เจ้าหน้าที่จึงให้น้ำแบบพ่นด้วยสายยาง เป็นเวลา 7 วัน จากนั้นจึงเริ่มให้ด้วยระบบน้ำหยด

การวัดความเครียดของพืชขึ้นดิน

วัดความเครียดของพืชขึ้นดินโดย Tensiometer ผัง Tensiometer ที่ T2 100% และ T4 50% ที่ระดับความลึก 20 ซม. อ่านค่า Tensiometer ทุกระยะ 3 วันเมื่อก่อนให้น้ำและเมื่อ 10 ชั่วโมงหลังการให้น้ำ

การจัดการอื่นๆ

การจัดการอื่นๆ ได้แก่ ระบายปลุก การจัดการ treatment การให้น้ำ เหมือนแปลงทดลองที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองหอยดังกล่าวมาแล้ว ยกเว้นตารางเวลาการจัดการต่างๆ การปลูกและดูแลปฏิบัติ แต่ทุกขั้นตอนร่นเวลาตามหลังที่หนองหอย 12 วัน

2.4.2) วิธีการสำรวจระบบการให้น้ำของเกษตรกร

การสำรวจนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อกำหนดวิธีการศึกษา นอกเหนือไปจากการเก็บข้อมูล เริ่มโดยการชี้แจงวัตถุประสงค์ของการสำรวจ และขอให้เกษตรกรเจ้าของหรือผู้แทนที่ละรายสละเวลาเป็นผู้นำทางหาแนวท่อ สัมภาษณ์หาข้อมูลแหล่งน้ำ การติดตั้ง ขนาดท่อ วิธีการต่อ พื้นที่รับน้ำ จับพิกัดของตำแหน่งต่างๆ โดย GPS นำข้อมูล GPS มาลงตำแหน่งกับภาพถ่ายทางอากาศ

2.4.3) การศึกษาปริมาณน้ำต้นทุนและการใช้น้ำในฤดูแล้ง

วัดปริมาณน้ำต้นทุนที่ไหลลงสู่ฝายและที่ไหลล้นฝาย ปริมาณการชักน้ำจากฝายผ่านระบบท่อ ปริมาณน้ำที่ไหลลงสู่อ่าง ปริมาณกักเก็บ และปริมาณการใช้อย่าง โดยใช้ cutthroat- fume มาตรฐานวัดน้ำ และเครื่องมือบันทึกระดับน้ำ

2.4.4) จัดเวทีคืนข้อมูลแก่ชุมชน

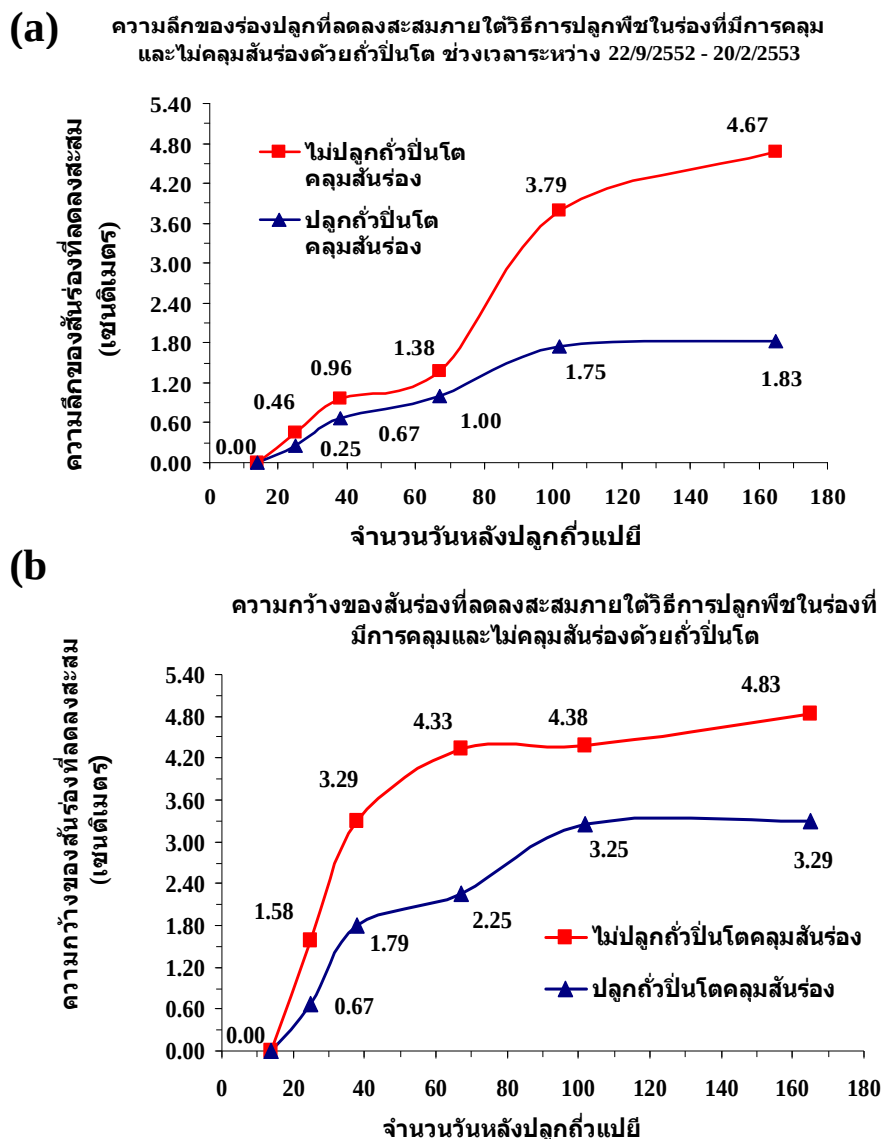
ได้มีการนำเสนอผลงานที่ได้จากการศึกษาให้แก่คณะทำงานศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่สาใหม่และหนองหอย ซึ่งเป็นเวทีที่ประกอบไปด้วย เจ้าหน้าที่จากศูนย์พัฒนาฯ ผู้ใหญ่บ้านและกรรมการหมู่บ้าน สมาชิกองค์การบริหารส่วนตำบล เจ้าหน้าที่ของภาครัฐ ทั้งด้านการเกษตร ชลประทาน กรมอุทยาน รวมทั้งนักวิจัยจากโครงการวิจัยในพื้นที่ (The uplands program) ข้อมูลที่นำเสนอในที่ประชุม ประกอบไปด้วย ข้อมูลผู้เข้าถึงแหล่งน้ำธรรมชาติ ระยะทางจากแหล่งน้ำ ความพอเพียงในการใช้น้ำในฤดูแล้ง รวมทั้งความสามารถในการแบ่งปันน้ำให้ผู้อื่นใช้ได้ หลังจากนำเสนอข้อมูลแก่คณะทำงานของศูนย์พัฒนาฯ ได้มีการจัดเวทีปรึกษากับผู้นำชุมชนเพื่อร่วมแก้ปัญหาการขาดแคลนน้ำในฤดูแล้งทั้งในพื้นที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่สาใหม่และหนองหอยด้วย

บทที่ 3

ผลการศึกษาการปรับปรุงประสิทธิภาพของการอนุรักษ์ดินและน้ำ โดยการปลูกพืชตามแนวระดับในร่องและบนสันร่องแบบบูรณาการ สำหรับการเกษตรยั่งยืนบนพื้นที่สูง

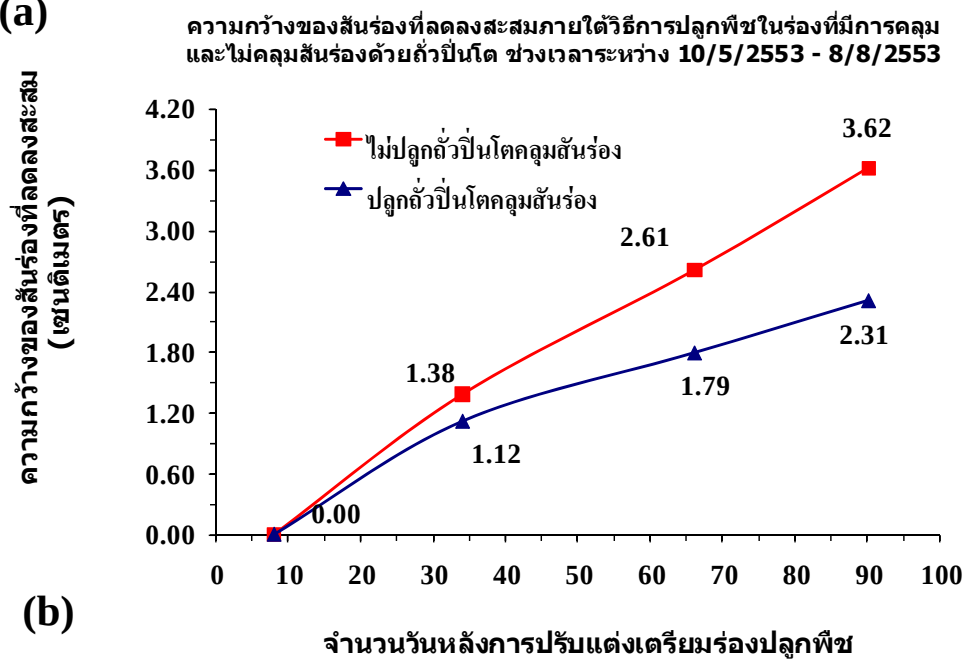
3.1 สถิติสภาพของสันร่อง

ผลการศึกษาสถิติสภาพของสันร่องระหว่างสันร่องที่คลุมดินด้วยต้นถั่วปิ่นโตกับสันร่องที่ไม่ได้คลุมดินในช่วงแรกระหว่างวันที่ 22 กันยายน 2552 ถึง 20 กุมภาพันธ์ 2553 และช่วงที่สองระหว่างวันที่ 10 มิถุนายน 2553 ถึง 8 สิงหาคม 2553 ได้แสดงไว้ในรูปที่ 3.1 และ 3.2 ตามลำดับ

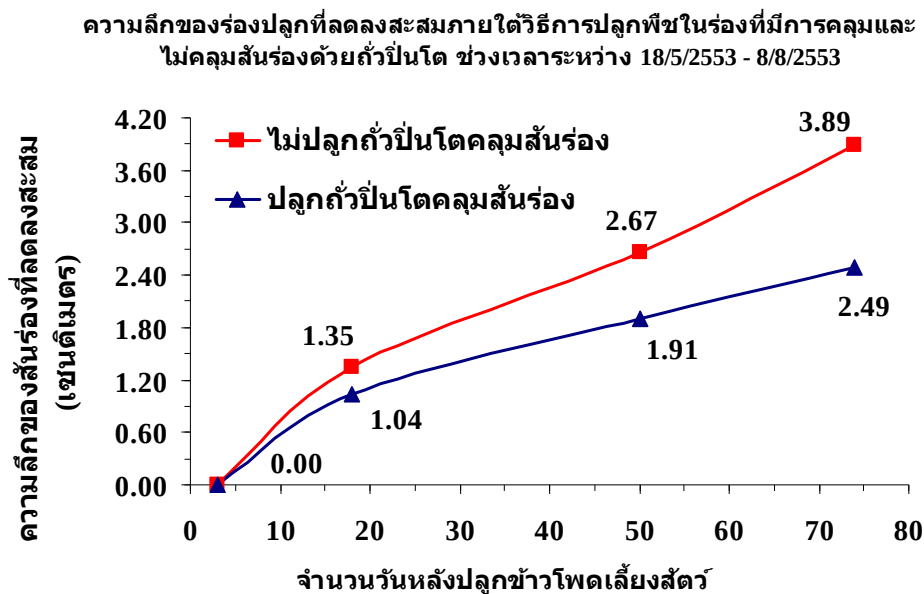


รูปที่ 3.1 การสูญเสียดินสะสมจากสันร่องปลูก (a) ความลึกของสันร่องที่ลดลงสะสม และ (b) ความกว้างของสันร่องที่ลดลงสะสม ระหว่างวันที่ 22 กันยายน 2552 ถึง 20 กุมภาพันธ์ 2553

(a)



(b)



รูปที่ 3.2 การสูญเสียดินสะสมจากสันร่องปลูก (a) ความลึกของสันร่องที่ลดลงสะสม และ (b) ความกว้างของสันร่องที่ลดลงสะสม ระหว่างวันที่ 10 มิถุนายน 2553 ถึง 8 สิงหาคม 2553

จากรูปที่ 3.1a และ 3.1b แสดงให้เห็นว่า สันร่องที่มีการคลุมดินด้วยต้นถั่วปิ่นโตมีเสถียรภาพสูงกว่าการไม่คลุมดินอย่างเด่นชัด โดยความลึกของร่องปลูกที่ไม่ปลูกถั่วปิ่น โตคลุมสันร่อง (CF-AL) มีลักษณะตื้นขึ้นโดยมีความลึกลดลงสะสมเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจาก 0.46 เป็น 4.67 ซม.ตามอายุของต้นพืชที่ปลูก คือ ถั่วแป๋ในช่วงระหว่างปลายฤดูฝน-กลางฤดูแล้ง (22 กันยายน 2552 ถึง 20 กุมภาพันธ์ 2553) ดังรูปที่ 3.1a และ

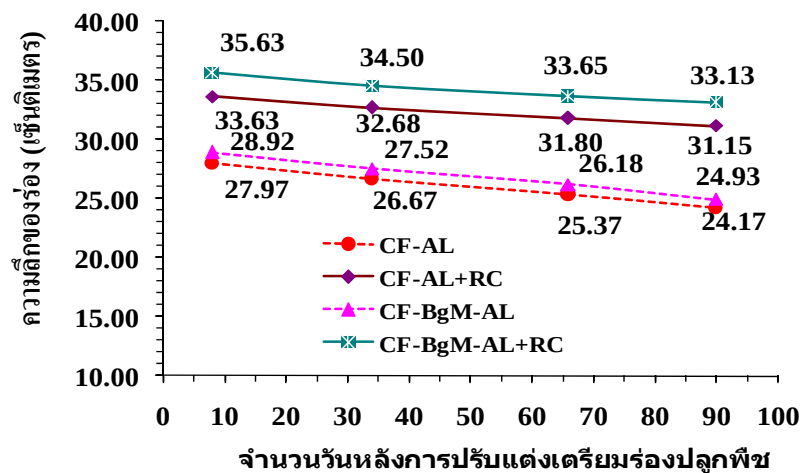
ตามจำนวนวันภายหลังการปรับแต่งร่องที่ใช้ปลูกพืชคือข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ในช่วงต้น-กลางฤดูฝน (10 มิถุนายน 2553 ถึง 8 สิงหาคม 2553) โดยเพิ่มขึ้นจาก 1.35 เป็น 3.89 ซม. ดังรูปที่ 3.2a

ส่วนร่องที่ปลูกถั่วปิ่นโตคลุมดินบนสันร่องมีความลึกลดลงสะสมน้อยกว่าจาก 0.25 เป็น 1.83 ซม. และในช่วงฤดูแล้ง และในช่วงฤดูฝนมีความลึกลดลงสะสมจาก 1.04 เป็น 2.49 ซม. หรือการเปลี่ยนแปลงความลึกเพียงเล็กน้อย เมื่อเปรียบเทียบกับการไม่ปลูกถั่วคลุมดินบนสันร่อง ในทำนองเดียวกันความกว้างของสันร่องที่ลดลงสะสมมีค่าสูงมาก เมื่อไม่มีการคลุมดินด้วยถั่วปิ่นโต โดยเปลี่ยนแปลงจาก 1.58 เป็น 4.67 ซม. ในช่วงหลังปลูกถั่วปิ่นโตระยะแรก และเปลี่ยนแปลงจาก 1.38 เป็น 3.62 ซม. ในระยะที่สองระหว่างช่วงฤดูฝน ขณะที่สันร่องที่มีการคลุมดินทั้งในช่วงปลายฤดูฝน-กลางฤดูแล้ง และช่วงต้น-กลางฤดูฝน มีความกว้างของสันร่องที่ลดลงสะสมจาก 0.67 เป็น 3.29 ซม. (รูปที่ 3.1b) และจาก 1.12 เป็น 2.31 ซม. (รูปที่ 3.2b) ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม ไรก็ติการดีขึ้นของร่องปลูกและการแคบลงของสันร่องมีอัตราเปลี่ยนแปลงค่อนข้างสูงในช่วงแรกของการทดลองต่างๆ ที่เป็นช่วงปลายฤดูฝน ทั้งนี้เนื่องจากต้นถั่วปิ่นโต ยังเจริญเติบโตคลุมดินบนสันร่องไม่เต็มที่ ซึ่งแตกต่างจากช่วงที่สองซึ่งเป็นต้นฤดู-กลางฤดูฝน ที่มีการเจริญเติบโตคลุมดินของถั่วปิ่นโตค่อนข้างสมบูรณ์ (รูปที่ 3.3)

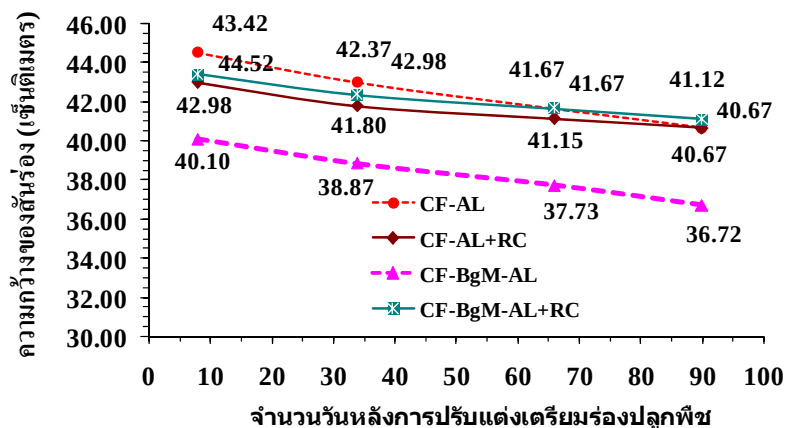
นอกจากนี้การเปลี่ยนแปลงของความลึกของร่องปลูก และ ความกว้างของสันร่อง ภายใต้วิธีการปลูกพืชตามแนวระดับเชิงอนุรักษ์แบบต่างๆ 4 วิธีคือ (i) ปลูกพืชในร่องปลูก (CF-AL) (ii) ปลูกพืชในร่องปลูกและปลูกถั่วปิ่นโต คลุมดินบนสันร่อง (CF-AL+RC) (iii) ปลูกพืชในร่องที่คลุมดินด้วยหญ้าไม้กวาด (CF-BgM-AL) และ (iv) ปลูกพืชแบบ CF-BgM-AL และปลูกถั่วปิ่นโต คลุมดินบนสันร่อง (CF-BgM-AL+RC) ระหว่างวันที่ 10 มิถุนายน 2553 ถึง 8 สิงหาคม 2553 ได้แสดงไว้ในรูปที่ 3.3

รูปที่ 3.3 ชี้ให้เห็นว่าการผันแปรของความลึกของร่องปลูกและความกว้างของสันร่องภายใต้วิธีการปลูกพืชตามแนวระดับเชิงอนุรักษ์แบบต่างๆ 4 วิธีมีแนวโน้มคล้ายคลึงกัน โดยมีการลดลงเพียงเล็กน้อยในช่วงฤดูฝนหลังจากเตรียมดินปรับแต่งร่องปลูก ระหว่าง 8-90 วัน อย่างไรก็ตาม ไรก็ติ CF-BgM-AL+RC มีการชะกร่อนสูญเสียดินน้อยที่สุดโดยมีความลึกและความกว้างของสันร่องมากที่สุด ซึ่งใกล้เคียงกับ CF-AL+RC ขณะที่ CF-AL ให้ค่าความลึกของร่องปลูกและความกว้างของสันร่องน้อยที่สุดและไม่แตกต่างจาก CF-BgM-AL (รูปที่ 3.3a และ 3.3b) ผลดังกล่าวนี้แสดงให้เห็นว่าการปลูกถั่วปิ่นโตคลุมดินบนสันร่อง (RC) ช่วยป้องกันการชะกร่อนพังทลาย และรักษาเสถียรภาพของสันร่องได้เป็นอย่างดี

(a) ความลึกของสันร่องภายใต้วิธีการปลูกพืชในร่องที่มีการคลุมและไม่คลุมสันร่องด้วยถั่วปิ่นโต ช่วงเวลาระหว่าง 10/5/2553 - 8/8/2553



(b) ความกว้างของสันร่องภายใต้วิธีการปลูกพืชในร่องที่มีการคลุมและไม่คลุมสันร่องด้วยถั่วปิ่นโต ช่วงเวลาระหว่าง 10/5/2553 - 8/8/2553



รูปที่ 3.3 การเปลี่ยนแปลงของ (a) ความลึกของร่องปลูก และ (b) ความกว้างของสันร่อง ภายใต้วิธีการปลูกพืชตามแนวระดับเชิงอนุรักษ์แบบต่างๆ

3.2 สมบัติทางฟิสิกส์และเคมีของดินบางประการ

ผลของการปลูกถั่วปิ่นโตคลุมดินบนสันร่อง (CF-AL+RC และ CF-BgM-AL+RC) และการไม่มีถั่วปิ่นโตคลุมดินบนสันร่อง (CF และ CF-BgM) ต่อสมบัติดินบางประการ ในช่วงแรกระหว่างวันที่ 22 กันยายน 2552 ถึง 20 กุมภาพันธ์ 2553 และช่วงที่สองระหว่างวันที่ 10 มิถุนายน 2553 ถึง 8 สิงหาคม 2553 ได้แสดงไว้ในตารางที่ 3.1 และ 3.2 ตามลำดับ

ตารางที่ 3.1 ค่าเฉลี่ยของสมบัติดินบนสันร่องบางประการ ที่มีการปลูก (CF-RC และ CF-BgM-RC) และไม่ปลูก (CF-AL และ CF-BgM) ถั่วปิ่นโตคลุมดินบนสันร่อง

สมบัติทางฟิสิกส์ของดินในช่วงความลึก 0 – 20 เซนติเมตร	(CF-AL+RC และ CF-BgM-AL+RC)	(CF-AL และ CF-BgM-AL)	LSD * (P<0.05)
ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน (OM, g 100 ⁻¹ g ⁻¹)	4.47a	3.02b	0.45
ความหนาแน่นรวมของดิน (Bulk Density, BD, Mg m ⁻³)	1.16a	1.25b	0.1
ความหนาแน่นอนุภาคของดิน (Particle Density, PD, Mg m ⁻³)	2.24	2.34	
ความพรุนทั้งหมดของดิน (Total Porosity, TP, m ³ 100 ⁻¹ m ⁻³)	48.21	46.58	
ความจุความชื้นสนาม (Field Capacity, FC, m ³ 100 ⁻¹ m ⁻³)	30.86	33.99	
ความพรุนที่มีการระบายอากาศดี (Aeration Porosity, AP, m ³ 100 ⁻¹ m ⁻³)	17.35a	12.59b	4.32
ปริมาณเม็ดดินที่เสถียรต่อเม็ดดินแห้ง (Stable Aggregate, SAD, g 100 ⁻¹ g ⁻¹)	55.9a	48.50b	6.78
ปริมาณเม็ดดินที่เสถียรในดินทั้งหมด (Stable Aggregate, SAT, g 100 ⁻¹ g ⁻¹)	35.82a	30.04b	5.8
ขนาดเฉลี่ยของเม็ดดินเสถียร (Mean Weight Diameter, MWD, mm)	3.15a	2.65b	0.48
อัตราการซึมน้ำเข้าสู่ผิวดินที่คงที่ (Steady Infiltration Rate, IR, cm hr ⁻¹)	34.29a	22.84b	11.35

หมายเหตุ: **LSD** คือ ค่าแตกต่างที่น้อยที่สุดระหว่างค่าเฉลี่ย (Least significant differences of the means)

a และ b แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (P<0.05)

ตารางที่ 3.1 แสดงให้เห็นว่า การปลูกถั่วปิ่นโตคลุมดินบนสันร่องให้ค่าปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน (OM), ความหนาแน่นรวม (BD), ความพรุนที่มีการระบายอากาศดี (AP), ปริมาณเม็ดดินที่เสถียรในดินที่คำนวณเป็นร้อยละของเม็ดดินแห้ง (SAD) และเป็นร้อยละของมวลดินทั้งหมด (SAT), ขนาดเฉลี่ยของเม็ดดินเสถียร (MWD) และอัตราการซึมน้ำเข้าสู่ผิวดินที่คงที่ (IR) ดีกว่าการที่ไม่ปลูกถั่วปิ่นโตคลุมดินบนสันร่องอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยค่าเฉลี่ยของสมบัติดินในแปลง CF-AL+RC และ CF-BgM-AL+RC ให้ค่า OM, BD, AP, SAD, SAT, MWD และ IR เป็น 4.47 g/100 g, 1.16 Mg/m³, 17.35 m³/100m³, 55.9 g/100 g,

35.82 g/100 g, 3.15 mm และ 34.29 cm/hr ตามลำดับ ส่วนค่าเฉลี่ยสมบัติดินในแปลง CF และ CF-BgM ให้ค่าต่าง ๆ ดังกล่าวข้างต้นเป็น 3.02 g/100 g, 1.25 Mg/m³, 12.59 m³/100m³, 48.50 g/100 g, 30.04 g/100 g, 2.65 mm และ 22.84 cm/hr ตามลำดับ อย่างไรก็ตามค่าความหนาแน่นอนุภาค (PD), ความพรุนทั้งหมดของดิน (TP) และ ความจุความชื้นสนาม (FC) ภายใต้การปลูกถั่วคลุมดินและไม่คลุมดินบนสันร่องมีค่าไม่แตกต่างกันแต่อย่างใด

ตารางที่ 3.2 ค่าเฉลี่ยของสมบัติดินบางประการบนสันร่อง ที่มีการปลูกถั่วปิ่นโตคลุมดินบนสันร่องและไม่มีการปลูกถั่วปิ่นโตคลุมดินบนสันร่อง

Contour Planting as conventional cultivation (CP)						
Contour cultivated furrow (CF-AL)						
Contour cultivated furrow with ridge covered by Brazil bean (CF-AL+RC)						
Contour cultivated furrow mulched Bamboo grass (CF-BgM-AL)						
Contour cultivated furrow mulched with Bamboo grass and ridge covered by Brazil bean (CF-BgM+RC)						
Year 2010	CP	CF-AL	CF-AL+RC	CF-BgM-AL	CF-BgM-AL+RC	lsd * (P < 0.05)
Organic matter (OM, g 100g ⁻¹)	3.25c	2.94c	4.32ab	3.07bc	4.70a	0.52
Bulk Density (BD, Mg m ⁻³)	1.24a	1.23a	1.03b	1.10b	1.05b	0.12
Particle Density (PD, Mg m ⁻³)	2.15b	2.27b	2.3ab	2.3ab	2.42a	0.14
Total Porosity (TP, m ³ 100 ⁻¹ m ⁻³)	42.16d	45.68c	55.63a	52.51b	56.6a	3.25
Field Capacity (FC, m ³ 100 ⁻¹ m ⁻³)	39.85a	32.82bc	33.86bc	35.86b	31.92c	3.35
Aeration Porosity (AP, m ³ 100 ⁻¹ m ⁻³)	2.32e	12.86d	21.77b	16.65c	24.68a	2.64
Stable Aggregate (SAD, g 100 ⁻¹ g ⁻¹)	50.2b	53.99b	60.6a	58.65ab	65.16a	6.52
Stable Aggregate (SAT, g 100 ⁻¹ g ⁻¹)	14.96d	25.45c	31.52b	28.85bc	38.82a	3.45
Mean Weight Diameter (MWD, mm)	2.61c	2.65c	3.14b	2.74c	3.32a	0.27
Steady Infiltration Rate (cm hr ⁻¹)	5.65b	8.38b	27.6a	7.26b	28.63a	5.85

หมายเหตุ: **LSD** คือ ค่าแตกต่างที่น้อยที่สุดระหว่างค่าเฉลี่ย (Least significant differences of the means)

a และ b แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (P<0.05)

ในทำนองเดียวกัน ตารางที่ 3.2 แสดงให้เห็นว่าค่าเฉลี่ยของสมบัติดินบางประการ ระหว่างวันที่ 10 มิถุนายน 2553 ถึง 8 สิงหาคม 2553 ภายใต้การปลูกพืชเชิงอนุรักษ์ตามแนวระดับต่างๆ 5 วิธี คือ CP, CF-AL, CF-AL+RC, CF-BgM-AL และ CF-BgM-AL+RC มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยเฉพาะ CF-BgM-AL+RC ให้ค่าเฉลี่ยของสมบัติดินส่วนใหญ่ดีที่สุด คือ OM, TP, AP, SAD, SAT และ IR (4.70 g100⁻¹g⁻¹,

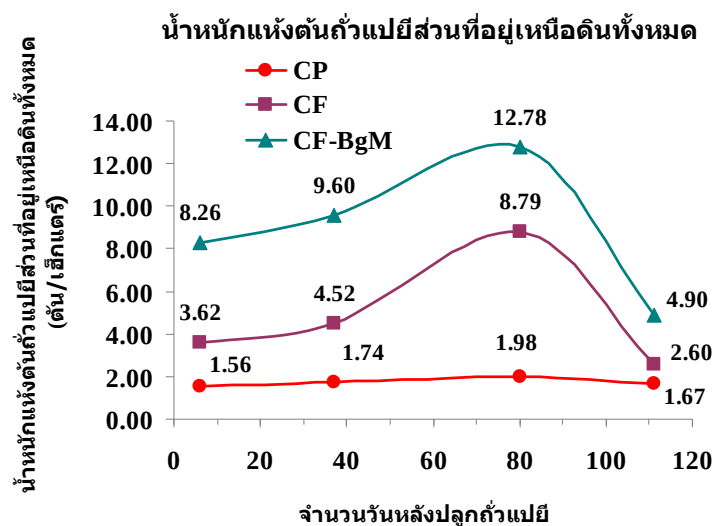
56.60 m³100⁻¹m⁻³, 24.68 m³ 100⁻¹m⁻³, 65.16 g 100⁻¹g⁻¹, 38.82 g 100⁻¹g⁻¹, และ 28.63 cm hr⁻¹ ตามลำดับ) ซึ่งใกล้เคียงกับ CF-AL+RC ที่มีแนวโน้มให้สมบัติดินดีเป็นอันดับที่สอง (4.32 g 100⁻¹g⁻¹, 55.63 m³ 100⁻¹m⁻³, 21.77 m³ 100⁻¹m⁻³, 60.60 g 100⁻¹g⁻¹, 31.52 g 100⁻¹g⁻¹, และ 27.60 cm hr⁻¹ ตามลำดับ) ส่วน CP ให้ค่าสมบัติดินดังกล่าวเลวที่สุด (3.25 g 100⁻¹g⁻¹, 42.16 m³ 100⁻¹m⁻³, 2.32 m³ 100⁻¹m⁻³, 50.20 g 100⁻¹g⁻¹, 14.96 g 100⁻¹g⁻¹, และ 5.65 cm hr⁻¹ ตามลำดับ) เมื่อเปรียบเทียบกับสันร่องที่ไม่มีการปลูกถั่วปิ่นโตคลุมดิน (CF-AL และ CF-BgM-AL) ซึ่งผลดังกล่าวนี้สอดคล้องกับผลในตารางที่ 3.1 คือ สันร่องที่มีการปลูกถั่วปิ่นโตคลุมดินให้สมบัติทางฟิสิกส์ของดินดีกว่าการไม่มีถั่วปิ่นโตคลุมดินอย่างเห็นได้เด่นชัด

ผลของการคลุมดินบนสันร่องด้วยถั่วปิ่นโตดังกล่าวข้างต้น อาจทำให้โครงสร้างของเม็ดดินบนสันร่องได้รับการปกป้องจากการถูกทำลายโดยแรงตกกระแทกของเม็ดฝน และการเกาะยึดของรากถั่วปิ่นโตเป็นเหตุให้ดินมีสมบัติต่าง ๆ ทางฟิสิกส์ดีกว่าการไม่ปลูกถั่วปิ่นโตคลุมดินบนสันร่องอย่างเด่นชัด

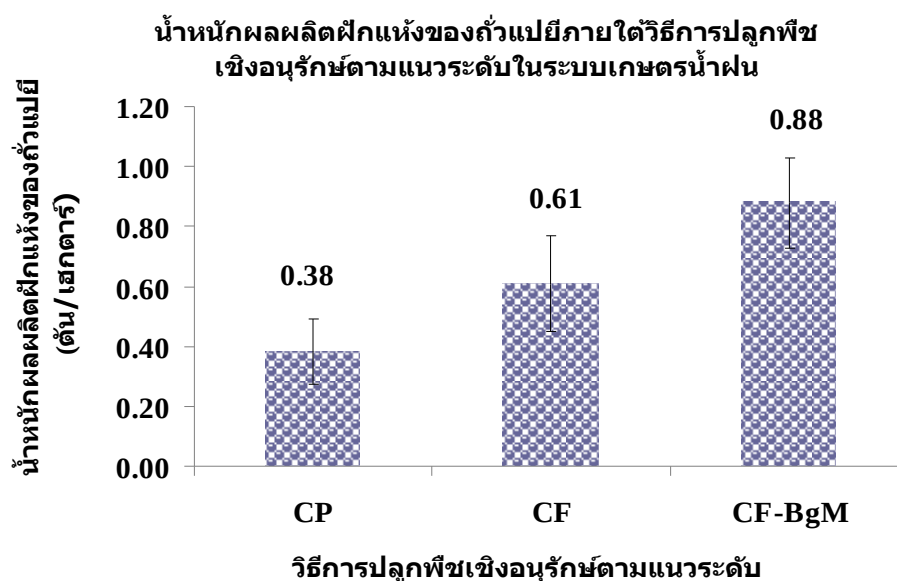
3.3 การเจริญเติบโตและผลผลิตของพืช

เนื่องจากการเจริญเติบโตของถั่วปิ่นโตในระยะแรกระหว่างวันที่ 22 กันยายน 2552 ถึง 20 กุมภาพันธ์ 2553 ยังไม่คลุมดินเต็มที่และไม่มีผลต่อผลผลิตของพืชที่ปลูก ดังนั้นการประเมินผลการเจริญเติบโตและผลผลิตของถั่วปิ่นโตที่ปลูกในช่วงปลายฤดูฝน-กลางฤดูแล้งจึงแสดงผลเฉลี่ยของน้ำหนักแห้งส่วนที่อยู่เหนือดินและผลผลิตฝักแห้งของถั่วปิ่นโตภายใต้วิธีการปลูกพืชเชิงอนุรักษ์ตามแนวระดับเพียง 3 วิธี คือ CP, CF-AL, และ CF-BgM-AL เท่านั้น ดังในรูปที่ 3.4 และ 3.5 ส่วนการเจริญเติบโตของต้นข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ระหว่างในช่วงฤดูฝน 2553 ได้แสดงไว้ในรูปที่ 3.6 และ 3.7 ตามลำดับ

รูปที่ 3.4 แสดงให้เห็นว่า ต้นถั่วปิ่นโตที่ปลูกในร่องปลูกที่คลุมดินด้วยหญ้าไม้กวาด (CF-BgM-AL) มีการเจริญเติบโตดีที่สุดโดยให้น้ำหนักแห้งของต้นถั่วสูงที่สุด และการปลูกในร่องโดยไม่คลุมดินในร่องปลูก (CF-AL) ให้น้ำหนักแห้งของต้นถั่วทั้งหมดสูงเป็นอันดับสอง เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการปลูกแบบเกษตรกรรมปฏิบัติ (CP) อย่างไรก็ตามน้ำหนักแห้งของต้นถั่วปิ่นโตที่ปลูกในร่องที่มีการคลุมดินด้วยหญ้าไม้กวาด ในแปลงที่มีการปลูกถั่วปิ่นโตและไม่มีถั่วปิ่นโตคลุมดินบนสันร่อง ไม่มีผลทำให้แตกต่างกันแต่อย่างใด ทั้งนี้ อาจเนื่องจากต้นถั่วปิ่นโตที่ปลูกบนสันร่องยังไม่มีผลต่อการกักเก็บความชื้นและเพิ่มปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินอย่างมีนัยสำคัญในช่วงการทดลองในปีแรก



รูปที่ 3.4 เปรียบเทียบน้ำหนักแห้งของต้นกล้วยแปียส่วนที่อยู่เหนือดินทั้งหมดตลอดช่วงระยะการเจริญเติบโตของกล้วยแปียภายใต้วิธีการปลูกพืชตามแนวระดับเชิงอนุรักษ์แบบต่างๆ หลังปลูกกล้วยแปีย 111 วัน

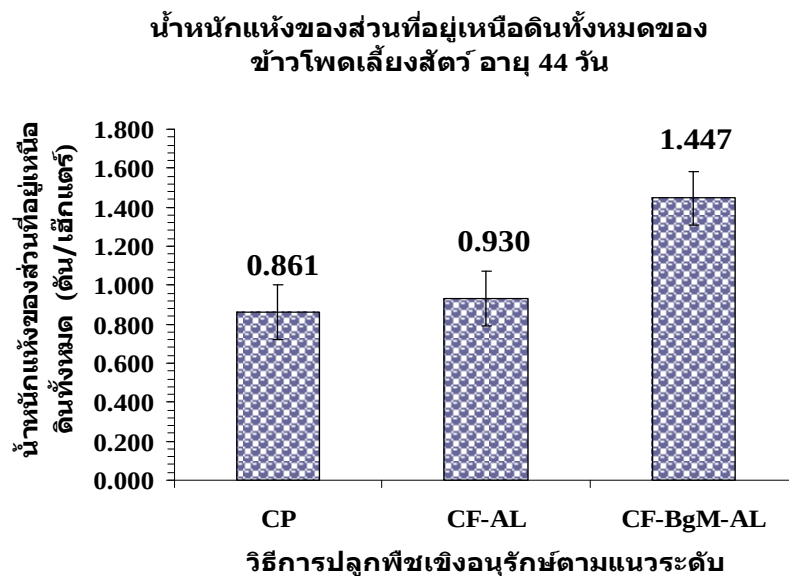


รูปที่ 3.5 เปรียบเทียบน้ำหนักฝักแห้งกล้วยแปีย ภายใต้วิธีการปลูกพืชเชิงอนุรักษ์ตามแนวระดับแบบต่าง ๆ หลังปลูกกล้วยแปีย 111 วัน

จากผลการเจริญเติบโตดังกล่าวข้างต้นได้ส่งผลให้น้ำหนักฝักแห้งของผลผลิตกล้วยแปียสูงที่สุดในแปลง CF-BgM-AL (0.88 ตัน/เฮกตาร์) และ สูงเป็นอันดับสองในแปลง CF-AL (0.61 ตัน/เฮกตาร์) และในแปลง CP ให้ผลผลิตต่ำที่สุด (0.38 ตัน/เฮกตาร์) ดังรูปที่ 3.5

สำหรับการเจริญเติบโตของต้นข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ระหว่างช่วงฤดูฝน 2553 ในช่วงการเจริญเติบโตระหว่างวันที่ 10 มิถุนายน 2553 ถึง 8 สิงหาคม 2553 ในรูปที่ 3.6 แสดงให้เห็นว่า CF-BgM-AL ให้น้ำหนัก

แห้งของส่วนที่อยู่เหนือดินทั้งหมดของต้น ข้าวโพดสูงที่สุด(1.447 ตัน/เฮกแตร์) เมื่อเปรียบเทียบกับ CF-AL ที่มีน้ำหนักแห้งของต้นข้าวโพดสูงเป็นอันดับสอง (0.930 ตัน/เฮกแตร์) และ CP ที่ให้น้ำหนักแห้งของต้นข้าวโพดต่ำที่สุด (0.861 ตัน/เฮกแตร์) อย่างไรก็ตามการเจริญเติบโตของต้นข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกในร่องที่มีการคลุมดินด้วยหญ้าไม้กวาด ในแปลงที่มีถั่วปิ่นโตและไม่มีถั่วปิ่นโตคลุมดินบนสันร่อง ไม่มีผลแตกต่างกันแต่อย่างใด (รูปที่ 3.7) ซึ่งผลดังกล่าวนี้สอดคล้องกับผลการเจริญเติบโตและผลผลิตของถั่วแปบอย่างใกล้ชิด



รูปที่ 3.6 เปรียบเทียบน้ำหนักแห้งของส่วนที่อยู่เหนือดินทั้งหมด ภายใต้วิธีการปลูกพืชเชิงอนุรักษ์ตามแนวระดับแบบต่างๆ



รูปที่ 3.7 การเจริญเติบโตของต้นข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในร่องปลูกที่มีและไม่มีถั่วปิ่นโตคลุมสันร่อง รวมทั้งมีการคลุมดินและไม่คลุมดินในร่องปลูกด้วยหญ้าไม้กวาด (CF-AL+RC, CF-AL, CF-BgM-AL และ CF-BgM-AL+RC) ในช่วงการเจริญเติบโตระหว่างต้นฤดูฝน 2553

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูลทางด้านเศรษฐศาสตร์

เนื่องจากการทดลองวิจัยนี้มีช่วงระยะเวลาที่สั้น โดยได้เริ่มต้นในกลางฤดูฝน(สิงหาคม 2552) จนถึงกลางฤดูแล้ง (กุมภาพันธ์ 2553) ซึ่งสามารถทำการประเมินผลผลิตได้เฉพาะพืชที่ปลูกในช่วงปลายฤดูฝนถึงกลางฤดูแล้ง คือถั่วแปยี ส่วนผลผลิตพืชไร่อีกสองชนิดที่ปลูกหมุนเวียนเหลื่อมฤดูในช่วงต้น- กลาง ฤดูฝน คือ ข้าวโพดหวานซึ่งเป็นพืชแรก และ ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกเป็นพืชที่สองระหว่างกลาง-ปลายฤดูฝนและต้นฤดูแล้ง ไม่อาจประเมินผลผลิตภายใต้การทดลองต่างๆดังกล่าวข้างต้นได้ นอกจากนี้การเจริญเติบโตของถั่วปิ่นโตที่ปลูกคลุมดินบนสันร่องยังไม่สมบูรณ์ จึงไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของพืชหลักที่ปลูกในร่อง ดังนั้น ผู้วิจัยจึงไม่ได้ทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบรายได้สุทธิที่ประเมินภายใต้การทดลองต่างๆ เนื่องจากข้อมูลที่มีไม่เพียงพอต่อการสร้างความน่าเชื่อถือของการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์

3.5 สรุปและข้อเสนอแนะ

ผลการศึกษาทดลองปลูกถั่วปิ่นโตคลุมดินบนสันร่องเพื่อรักษาเสถียรภาพของสันร่องปลูกในระบบการปลูกพืชตามแนวระดับเชิงอนุรักษ์ภายใต้ระบบเกษตรน้ำฝน พบว่าการปลูกพืชในร่องที่มีถั่วปิ่นโตคลุมดินบนสันร่อง เป็นวิธีที่ลดปริมาณการสูญเสียดินจากร่องปลูกได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งการปลูกพืชบนสันร่องปลูกสามารถลดค่าการสูญเสียดินโดยทำให้ความลึกของร่องปลูกสะสมสูงกว่า การไม่มีถั่วคลุมดินอย่างมีนัยสำคัญ (ประมาณ 2-3 เท่า) และความกว้างของสันร่องปลูกคลุมด้วยถั่วปิ่นโตมีการลดลงสะสมน้อยกว่าสันร่องที่ไม่มีถั่วปิ่นโตอย่างมีนัยสำคัญ (ประมาณ 1 – 2 เท่า) นอกจากนี้วิธีการปลูกถั่วปิ่นโตบนสันร่องยังช่วยปรับปรุงสันร่องให้มีสมบัติทางฟิสิกส์ เช่น ความหนาแน่นรวมของดิน ความพรุนที่มีการถ่ายเทอากาศดี ปริมาณเมื่อดินที่เสถียร อัตราการซึมน้ำเข้าสู่ผิวดิน รวมทั้งเพิ่มปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินให้มีค่าสูงขึ้นกว่าสันร่องที่ไม่มีการปลูกถั่วปิ่นโตคลุมดินอย่างเด่นชัด อย่างไรก็ตามการปลูกถั่วปิ่นโตบนสันร่องและการไม่มีถั่วคลุมดินบนสันร่อง ไม่มีผลแตกต่างกันต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของถั่วแปยี ในช่วงปลายฤดูฝน- กลาง ฤดูแล้ง หรือการเจริญเติบโตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกในช่วงต้นฤดูฝน ผลผลิตถั่วแปยีและการเจริญเติบโตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในร่องปลูกที่คลุมดินด้วยหญ้าไม่ว่าจะมีค่าสูงสุดเมื่อเปรียบเทียบกับ การปลูกในร่องปลูกที่ไม่คลุมดิน และการปลูกเชิงเกษตรกรรมให้ผลผลิตต่ำที่สุด

บทที่ 4

ผลการศึกษาประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยและความเป็นประโยชน์ของธาตุฟอสฟอรัสและสังกะสีในการปลูกพืช ในร่องสำหรับระบบเกษตรยั่งยืนบนพื้นที่ลาดชัน

ผลการดำเนินงานวิจัย เกี่ยวกับการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยและความเป็นประโยชน์ของธาตุฟอสฟอรัสและ สังกะสีในการปลูกพืชในร่องสำหรับระบบเกษตรยั่งยืนบนพื้นที่ลาดชัน ภายใต้การปลูกพืชแบบเกษตรกรรม (Conventional Planting, CP) และปลูกพืชในร่องระหว่างแถบอนุรักษ์ไม้ผลผสม (Cultivated Furrow in Alley Cropping, CF-AL) ได้ดำเนินการศึกษาในแปลงทดลองใน หมู่บ้านถวน ตำบลบ้านทับ อำเภอแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่ ระหว่างเดือน สิงหาคม 2552 ถึง เดือน สิงหาคม 2553 มีรายละเอียดการศึกษาดังนี้

4.1 สมบัติทางฟิสิกส์และเคมีของดินก่อนเริ่มการทดลอง

ผลการวัดสมบัติทางฟิสิกส์และเคมีของดินในช่วงความลึก 0 -20 ซม. ก่อนเริ่มการทดลอง ซึ่งทำการเก็บตัวอย่างดินในวันที่ 22 สิงหาคม 2552 แสดงไว้ในตารางที่ 4.1 พบว่าความหนาแน่นรวมของดิน (Bulk Density ,BD), ความหนาแน่นของอนุภาคดิน (Particle Density), ความจุความชื้นสนาม (Field Capacity ,FC), และปริมาณช่องว่างที่มีการถ่ายเทอากาศดี (Aeration porosity ,AP) ภายใต้วิธีการปลูกพืชเกษตรกรรม (CP) และการปลูกในร่องระหว่างแถบอนุรักษ์ (CF-AL) ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ทั้งนี้เนื่องจากค่าผันแปรระหว่างแปลงทดลองภายใต้ CP หรือ CF-AL มีค่าค่อนข้างสูง

สำหรับสมบัติทางเคมีต่างๆ ก่อนการทดลอง ซึ่งได้แก่ ระดับความเป็นกรดของดิน (Soil acidity ,pH), ปริมาณอินทรียวัตถุ (Organic Matter ,OM), ปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดได้ (Extractable phosphorus ,Ext. P) ปริมาณสังกะสีที่สกัดได้ (Extractable Zinc, Ext. Zn) และ ค่าความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (Cation Exchange Capacity, CEC) ภายใต้ CP และ CF-AL มีแนวโน้มไม่แตกต่างกันทางสถิติ อย่างไรก็ตาม CP มีแนวโน้มให้ค่า Ext. P (217 mg/kg) ซึ่งสูงกว่า และ Ext. Zn (0.46 mg/kg) ต่ำกว่า CF-AL ขณะที่ CF-AL ให้ค่า Ext.P และ Ext. Zn เป็น 150 mg/kg และ 2.14 mg/kg ตามลำดับ

4.2 สมบัติทางเคมีของดินหลังจากเริ่มทดลอง

ผลการวัด pH, OM และ Ext.P จำนวน 6 ครั้งในช่วงระหว่างเดือนกันยายน 2552 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ 2553 โดยทำการเก็บตัวอย่างดิน ครั้งแรก 30 กันยายน ครั้งที่ 2 วันที่ 19 ตุลาคม ครั้งที่ 3 วันที่ 15 พฤศจิกายน ครั้งที่ 4 วันที่ 19 ธันวาคม 2552 ครั้งที่ 5 ในวันที่ 23 มกราคม และในครั้งที่ 6 วันที่ 20 กุมภาพันธ์ 2553 ซึ่งเท่ากับจำนวนวันหลังปลูกถั่วแปปี 23, 41, 69, 103, 139 และ 167 วัน ตามลำดับ ได้แสดงไว้ในรูปที่ 4.1-4.3 และตารางที่ 4.2 และ 4.3 ส่วนผลการวิเคราะห์ Ext.K ซึ่งทำการเก็บตัวอย่างดินจำนวน 2

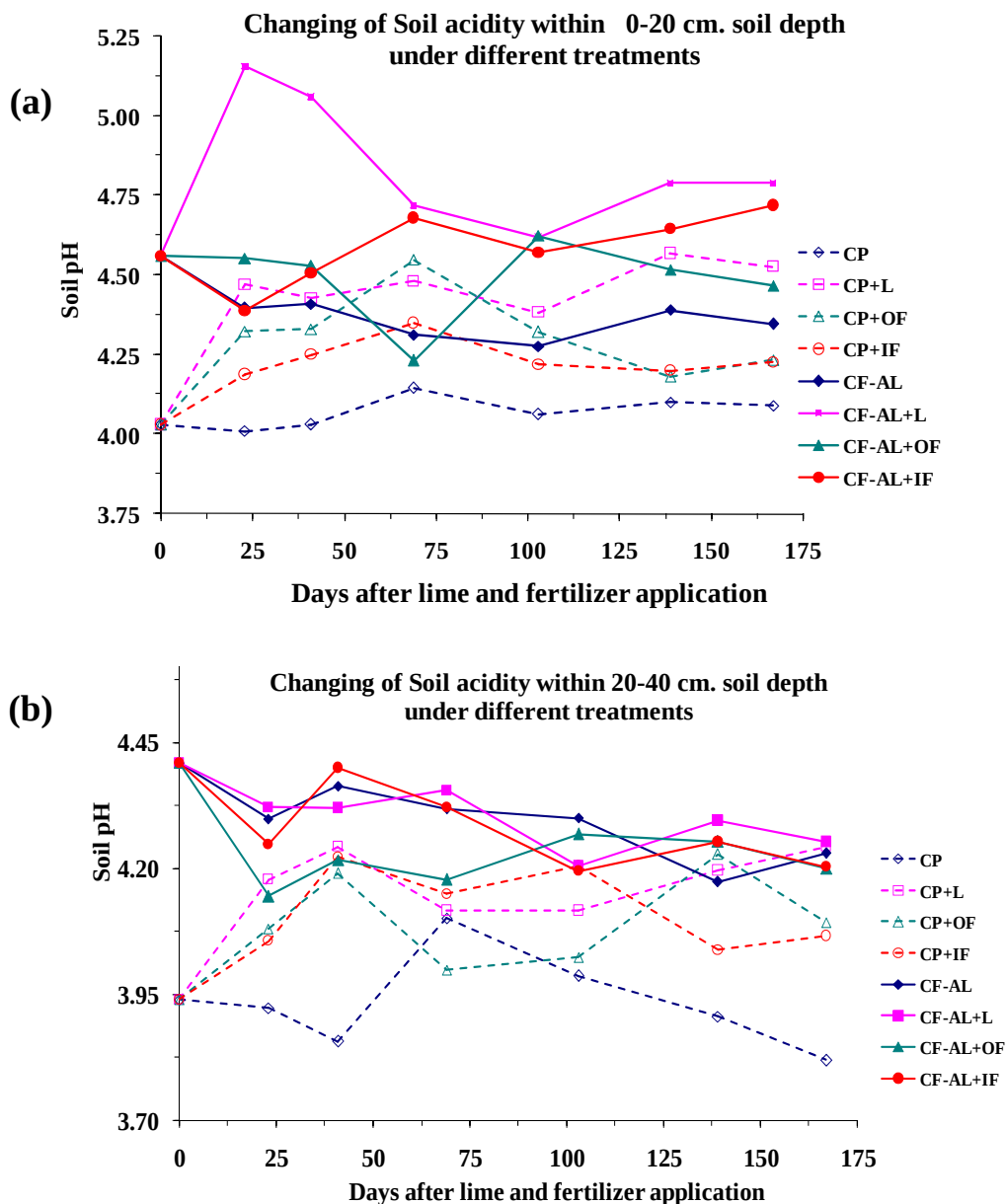
ครั้ง ในช่วงถั่วเปี๊ยะเรงเจริญเติบโตแผ่กิ่งก้าน (19 กันยายน 2552) และ ในช่วงที่ถั่วเปี๊ยะสร้างผลผลิตอย่างสมบูรณ์ (23 มกราคม 2553) ได้แสดงไว้ในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.1 สมบัติทางฟิสิกส์และเคมีของดินภายใต้การปลูกแบบเกษตรกรรม (CP) และการปลูกพืชในร่อง (CF-AL) ในช่วงความลึก 0-20 ซม.ก่อนการทดลอง

สมบัติทางฟิสิกส์ และเคมี ของดิน ในช่วงความลึก 0-20 ซม. ก่อนการทดลอง	Contour Planting (CP)	Cultivated Furrow in Alley Cropping (CF-AL)
ความหนาแน่นรวมของดิน (Bulk Density ,BD, Mg m ⁻³)	1.30	1.26
ความหนาแน่นของอนุภาคดิน (Particle Density ,PD, Mg m ⁻³)	2.44	2.42
ความจุความชื้นสนาม (Field Capacity ,FC , m ³ m ⁻³)	0.36	0.38
ความพรุนทั้งหมดของดิน (Total Porosity ,TP , m ³ m ⁻³)	0.47	0.48
ปริมาณช่องว่างที่มีการถ่ายเทอากาศดี (Aeration porosity ,AP , m ³ m ⁻³)	0.11	0.10
ระดับความเป็นกรดต่างของดิน (Soil acidity ,pH)	4.03	4.56
ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (Organic Matter ,OM, g/100g)	3.37	3.32
ปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดได้ (Extractable phosphorus ,Ext. P, mg/kg)	217.16	149.97
ปริมาณสังกะสีที่สกัดได้ (Extractable Zinc, Ext. Zn, mg/kg)	0.46	2.14
ค่าความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (Cation Exchange Capacity, CEC, cmol/kg)	10.32	10.24

4.2.1 ความเป็นกรดต่างของดิน (pH)

ค่าเฉลี่ย pH ของดินที่ระยะเวลาต่างๆ ภายหลังจากการใส่ปุ๋ยและปุ๋ย ภายใต้การปลูกพืชแบบ CP และ CF-AL รวมทั้งค่า LSD ที่เป็นผลจากการวิเคราะห์ทางสถิติ ได้แสดงไว้ในตารางที่ 4.2 และลักษณะการผันแปรของค่า pH ดังกล่าวได้แสดงไว้ใน รูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 การเปรียบเทียบระดับ pH ของดิน ในช่วงความลึก (a) 0-20 ซม.และ (b) 20-40 ซม. ภายใต้วิธีการใส่ปุ๋ย (+L) ปุ๋ยอินทรีย์ (+OF) และ ปุ๋ยเคมี (+IF) ในแปลงที่มีการปลูกพืชตามแนวระดับแบบเกษตรกรรม (CP) และ ปลูกพืชในร่องระหว่างแถบอนุรักษ์ ไม่ผลผสม (CF-AL)

ตารางที่ 4.2 ค่าเฉลี่ย pH ดิน ในช่วงความลึก 0-20 และ 20 – 40 cm. ภายใต้วิธีการทดลองต่างๆ ในช่วงเวลาตั้งแต่หลังการไถพรวนหรือปุ๋ยใดๆ จนถึงระยะเก็บเกี่ยวผลผลิตถั่วแปปี (30 กันยายน 2552 ถึง 20 กุมภาพันธ์ 2553)

Treatments	Soil Acidity (pH) at different soil depth(cm), during crop growing in 2009 and 2010											
	30-Sep-09		19-Oct-09		15-Nov-09		19-Dec-09		23-Jan-10		20-Feb-10	
	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40
Conventional Planting with No liming and fertilization (CP)	4.01c	3.90c	4.03c	3.86	4.145c	4.10	4.06c	3.99	4.10c	3.91	4.09d	3.64
Conventional Planting with Lime application (CP+L)	4.47b	4.17b	4.43b	4.24	4.48b	4.12	4.38bc	4.12	4.57b	4.20	4.53ab	4.24
Conventional Planting with Organic-Fertilizer application (CP+OF)	4.32b	4.08b	4.33bc	4.19	4.55b	4.00	4.32bc	4.02	4.18c	4.23	4.23c	4.09
Conventional Planting with Inorganic-Fertilizer application (CP+IF)	4.19bc	4.06b	4.25bc	4.22	4.35bc	4.15	4.22bc	4.21	4.20c	4.04	4.23c	4.07
Cultivated Furrow in Alley Cropping with No liming and fertilization (CF-AL)	4.40b	4.30a	4.41b	4.36	4.31bc	4.32	4.28bc	4.30	4.39bc	4.17	4.35b	4.23
Cultivated Furrow in Alley Cropping with Lime application (CF-AL+L)	5.15a	4.32a	5.06a	4.32	4.72b	4.36	4.62ab	4.21	5.05a	4.30	4.79a	4.25
Cultivated Furrow in Alley Cropping with Organic-Fertilizer application (CF-AL+OF)	4.55b	4.15b	4.53b	4.22	4.23c	4.18	4.62ab	4.27	4.52b	4.25	4.47b	4.20
Cultivated Furrow in Alley Cropping with Inorganic-Fertilizer application (CF-AL+IF)	4.39b	4.25ab	4.51b	4.40	5.07a	4.32	5.09a	4.20	4.65b	4.25	4.72a	4.20
LSD (< 0.05)	0.25	0.07	0.19	ns	0.17	ns	0.19	ns	0.14	ns	0.09	ns

หมายเหตุ: a, b, c และ d หมายถึง อักษรแตกต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95, ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

LSD หมายถึง ค่าแตกต่างที่น้อยที่สุดที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

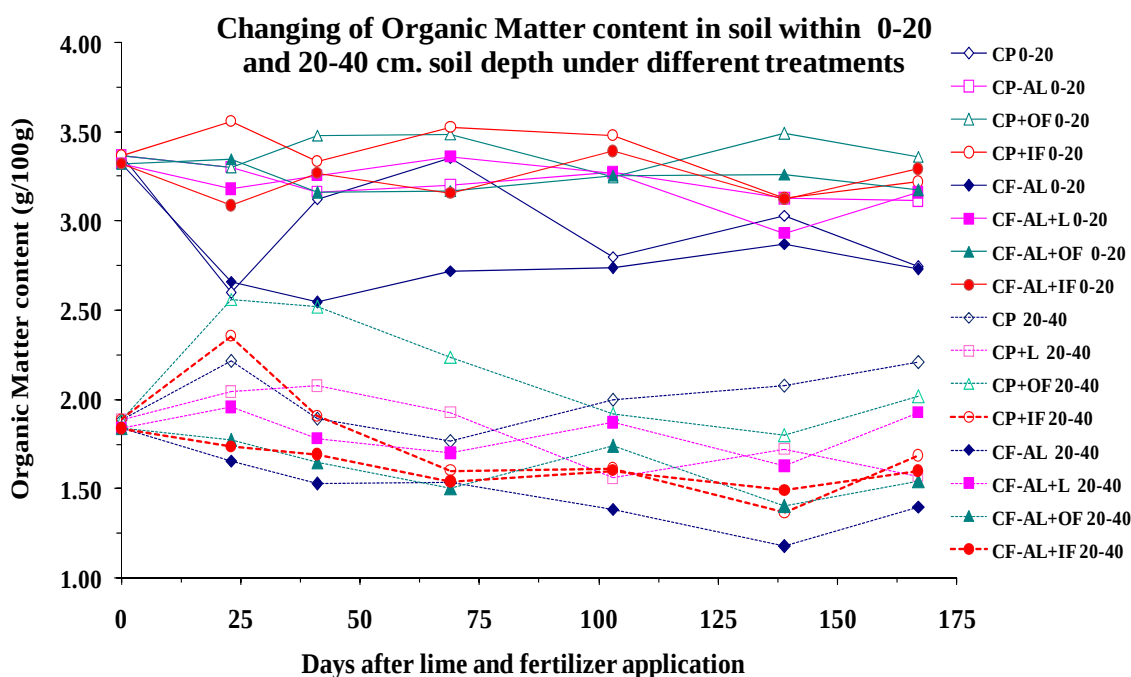
รูปที่ 4.1a และ 4.1b แสดงให้เห็นว่าค่าผันแปรเฉลี่ยของ pH ของดินภายหลังการใส่ปุ๋ยและปุ๋ยที่ระยะเวลาต่างๆ ภายใต้การปลูกพืชแบบ CP มีแนวโน้มต่ำกว่าภายใต้ CF-AL ทั้งในดินชั้นบน (0-20 ซม.) และดินชั้นล่าง (20-40 ซม.) โดยที่การไม่ใส่ปุ๋ยและปุ๋ยในแปลง CP มีแนวโน้มให้ค่าเฉลี่ย pH ต่ำที่สุด ทั้งในชั้นดินบน และชั้นดินล่าง ขณะที่การใส่ปุ๋ยขาวในร่องปลูก (CF-AL+L) ให้ค่าเฉลี่ย pH ของดินบนสูงที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับ การใส่ปุ๋ยเคมี หรือปุ๋ย อินทรีย์ ทั้งที่มีร่องและไม่มีร่อง (CF-AL+OF, CF-AL+IF, CF-AL, CP+OF, CP+IF, และ CP)

ลักษณะการผันแปรของค่า pH ของดิน ภายหลังการใส่ปุ๋ยและปุ๋ยมีแนวโน้มคล้ายคลึงกัน เกือบทุกตำรับการทดลอง ยกเว้นในกรณีของตำรับ CF-AL+L ให้ค่า pH เพิ่มขึ้นอย่างมาก ภายหลังการใส่ปุ๋ยและปุ๋ย 23 วัน ทั้งนี้เนื่องจาก อาจมีปุ๋ยขาวตกค้างอยู่ในชั้นดิน 0-20 ซม. ในปริมาณที่สูง และลดลงอย่างรวดเร็วภายหลัง 69 วัน เนื่องจากปริมาณปุ๋ยไม่เพียงพอต่อการลดความเป็นกรดของดินที่มีระดับ pH ก่อนข้างต่ำ สำหรับปฏิกิริยาของดินชั้นล่าง (20-40 ซม.) ที่เป็นผลจากการใส่ปุ๋ยและปุ๋ยภายใต้ CP และ CF-AL มีแนวโน้มผันแปรคล้ายคลึงกัน โดยการใส่ปุ๋ยและปุ๋ยในร่องปลูก (CF-AL) ให้ค่า pH เฉลี่ยสูงกว่าการไม่มีร่อง (CP)

4.2.2 ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน (OM)

ภายหลังการเติมปุ๋ยขาว ปุ๋ยอินทรีย์ และปุ๋ยเคมี พบว่าปริมาณอินทรีย์วัตถุเฉลี่ยในดิน(OM) ทั้งภายใต้การปลูกแบบ CP และ CF-AL มีค่าที่ไม่แตกต่างกันและมีแนวโน้มที่ลดลง (รูปที่ 4.2) ทั้งในดินชั้นบนและดินชั้นล่าง (0-20 และ 20-40 ซม.) โดยการไม่ใส่ปุ๋ยและปุ๋ยในแปลงปลูกแบบในร่อง (CF-AL) ให้ค่าเฉลี่ย OM ต่ำสุดทั้งดินชั้นบนและชั้นล่าง ส่วนวิธีปลูกแบบเกษตรกรรมรวมกับการใส่ปุ๋ยเคมี (CP+IF) มีแนวโน้มให้ค่าเฉลี่ย OM สูงที่สุดในดินชั้นบน และวิธีปลูกพืชแบบ CP ร่วมกับการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ (CP+OF) ให้ค่าสูงสุดในดินชั้นล่าง เมื่อเปรียบเทียบกับ การใส่ปุ๋ยเคมี หรือปุ๋ยอินทรีย์ ทั้งที่มีร่องและไม่มีร่อง (CF-AL+OF, CF-AL+IF, CF-AL, CP+OF, CP+IF, และ CP)

นอกจากนี้ จะเห็นได้ว่าค่า OM เฉลี่ยตลอดทุกตำรับการทดลองในแปลง CF-AL ทั้งในดินชั้นบนและดินชั้นล่างมีแนวโน้มต่ำกว่าและมีการเปลี่ยนแปลงที่น้อยกว่าแปลงแบบ CP โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อมีการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ร่วมด้วย (CF-AL+OF) ทั้งนี้ อาจเนื่องจากการเตรียมร่องปลูกในแปลง CF-AL ไม่ถูกต้องสมบูรณ์ ได้มีการขุดหน้าดินออกจากร่องปลูกเป็นบางแปลงขณะที่ทำการตกแต่งร่องปลูกในต้นฤดูฝน

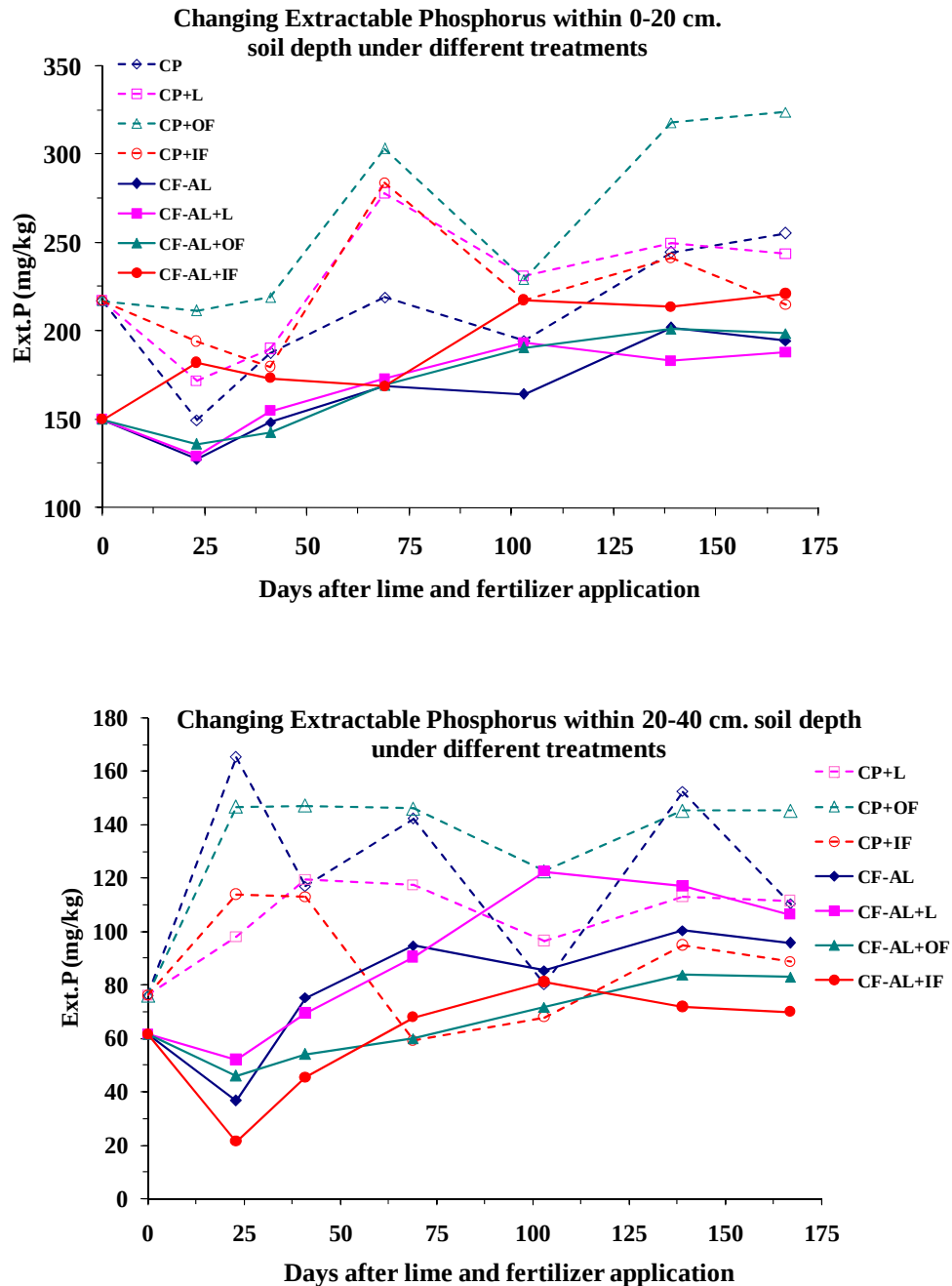


รูปที่ 4.2 การเปรียบเทียบปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน (กรัม / 100 กรัม) ในช่วงความลึก 0-20 และ 20-40 ซม. ภายใต้วิธีการต่างๆ

4.2.3 ปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดได้ในดิน (Ext.P)

ค่าเฉลี่ย Ext.P ของดินที่ระยะเวลาต่างๆภายหลังการใส่ปุ๋ยและปุ๋ย ภายใต้การปลูกพืชแบบ CP และ CF-AL รวมทั้งค่า LSD ที่เป็นผลจากการวิเคราะห์ทางสถิติ ได้แสดงไว้ในตารางที่ 4.3 และลักษณะการผันแปรของค่า Ext.P ได้แสดงไว้ใน รูปที่ 4.3 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าปริมาณฟอสฟอรัสที่สามารถสกัดได้ (Ext.P) ในดินช่วงความลึก 0-20 และ 20-40 ซม. ภายใต้วิธีการปลูกแบบ CP มีแนวโน้มสูงกว่าวิธีที่ปลูกแบบ CF-AL และต่างมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นภายหลังจากที่มีการใส่ปุ๋ยและปุ๋ย ทั้งนี้เนื่องจากพืชในแปลง CF-AL มีการเจริญเติบโตที่ดีกว่า จึงมีการดูดกลืนธาตุฟอสฟอรัสไปใช้ได้มากกว่าพืชในแปลง CP นอกจากนี้การชะล้างปุ๋ยในร่องปลูกจาก ดินชั้นบน (0-20 ซม.) สู่ดินชั้นล่าง (20-40 ซม.) ในแปลง CF-AL อาจเกิดขึ้นได้มากกว่าแปลง CP ซึ่งทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดได้ในดินชั้นล่างแปลง CF-AL มีแนวโน้มสูงขึ้น อย่างไรก็ตามจะเห็นได้ว่าปริมาณ Ext.P นั้นมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นในระยะหลังการใส่ปุ๋ยแล้ว ประมาณ 40 วัน ทั้งนี้อาจจะเป็นผลจากการร่วงของใบถั่วแปบ และเกิดการย่อยสลาย รวมทั้งการย่อยสลายของเศษวัชพืชและถั่วลิสงที่ตกค้างอยู่ในแปลง เมื่อทำการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของฟอสฟอรัสที่สกัดได้นั้นจะเห็นได้ว่าแปลงแบบ CP นั้น มีปริมาณการผันแปรที่มากกว่าแปลงแบบ CF-AL ทั้งในช่วงความลึก 0-20 และ 20-40 ซม. ซึ่งอาจจะเป็นผลเนื่องจากแปลงแบบ CP นั้นมีการเจริญเติบโตของพืชได้ดีในช่วงที่ยังคงมีปริมาณฝนตก แต่เมื่อเข้าสู่ฤดูแล้งปริมาณน้ำไม่เพียงพอต่อความต้องการของพืชจึงมีบางพืชส่วนไม่สามารถอยู่รอดและเกิดการย่อยสลายในภายหลัง นอกจากนี้การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ในแปลงที่ปลูกแบบเกษตรกรรม (CP+OF) มีแนวโน้มให้ค่า Ext.P ในดินช่วงความลึก 0-20 ซม.

มากที่สุด ส่วนการใส่ปุ๋ยขาวและปุ๋ยเคมีในแปลง CP (CP+IF และ CP+L) ให้ค่า Ext.P เป็นอันดับสอง และสามตามลำดับ (รูปที่ 4.3 (a) และ (b))



รูปที่ 4.3 การเปรียบเทียบปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินในช่วงความลึก (a) 0-20 และ (b) 20-40 ซม. ภายใต้วิธีการต่างๆ

ตารางที่ 4.3 ค่าเฉลี่ยฟอสฟอรัสที่สกัดได้ในดิน ใน ช่วงความลึก 0-20 และ 20 - 40 cm. ภายใต้วิธีการต่างๆ ในช่วงเวลาตั้งแต่หลังการใส่ปุ๋ยหรือปุ๋ยใดๆ จนถึงระยะเก็บเกี่ยวผลผลิตถั่วแปปี

Treatments	Extractable Phosphorus at different soil depth(cm),during crop growing in 2009 and 2010											
	30-Sep-09		19-Oct-09		15-Nov-09		19-Dec-09		23-Jan-10		20-Feb-10	
	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40
Conventional Planting with No liming and fertilization (CP)	149.70c	165.10a	187.73ab	116.71b	219.19b	142.01ab	194.57b	80.05b	244.63b	152.23a	255.34b	110.19b
Conventional Planting with Lime application (CP+L)	171.94b	97.69b	190.03ab	119.22ab	278.09ab	117.27b	231.25a	96.30b	249.84b	112.87b	243.63b	111.32b
Conventional Planting with Organic-Fertilizer application (CP+OF)	211.57a	146.61ab	219.21a	147.03a	303.27a	145.83a	229.39a	122.54a	318.06a	145.07a	323.97a	145.16a
Conventional Planting with Inorganic-Fertilizer application (CP+IF)	194.18ab	113.75ab	179.78ab	112.66b	284.04b	59.02d	217.46ab	67.71c	241.35b	94.71b	214.83c	88.44c
Cultivated Furrow in Alley Cropping with No liming and fertilization (CF-AL)	127.46c	36.53c	148.56b	74.97c	168.95c	94.50bc	164.17b	85.26b	202.04c	100.13b	194.45c	95.48bc
Cultivated Furrow in Alley Cropping with Lime application (CF-AL+L)	129.34c	51.79bc	154.76b	69.23c	172.98c	90.24c	193.41b	122.34a	183.04c	116.84b	188.02c	106.14b
Cultivated Furrow in Alley Cropping with Organic-Fertilizer application (CF-AL+OF)	136.09c	45.73c	142.67b	53.85cd	169.45c	59.73d	190.62b	71.40bc	201.18c	83.63c	198.86c	82.82c
Cultivated Furrow in Alley Cropping with Inorganic-Fertilizer application (CF-AL+IF)	182.20b	21.23c	173.41b	45.21d	168.93c	67.72d	217.78ab	80.99b	213.78c	71.72c	221.28bc	69.71c
LSD (< 0.05)	30.94	20.79	45.48	29.02	38.35	25.61	34.75	21.38	35.52	22.46	34.27	17.03

หมายเหตุ: a, b, c และ d หมายถึง อักษรแตกต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95, ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

LSD หมายถึง ค่าแตกต่างที่น้อยที่สุดที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

4.2.4 ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ในดิน (Ext.K)

ค่าเฉลี่ย Ext.K ของดินในช่วงที่ถั่วแปเปี๋ยเร่งเจริญเติบโตแก่กิ่งก้าน (19 กันยายน 2552) และ ช่วงที่ถั่วแปเปี๋ยสร้างผลผลิตอย่างสมบูรณ์ (23 มกราคม 2553) ภายใต้การปลูกพืชแบบ CP และ CF-AL ได้แสดงไว้ในตารางที่ 4.4 ซึ่งชี้ให้เห็นว่าค่าโพแทสเซียมที่สกัดได้ มีค่าผันแปรระหว่าง 40.52- 79.56 mg/kg และ มีแนวโน้มที่ลดลงระหว่าง 19 กันยายน 2552 ถึง 23 มกราคม 2553 ทั้งนี้เนื่องจากการนำโพแทสเซียมของพืชไปใช้ในการสร้างผลผลิตนั่นเอง

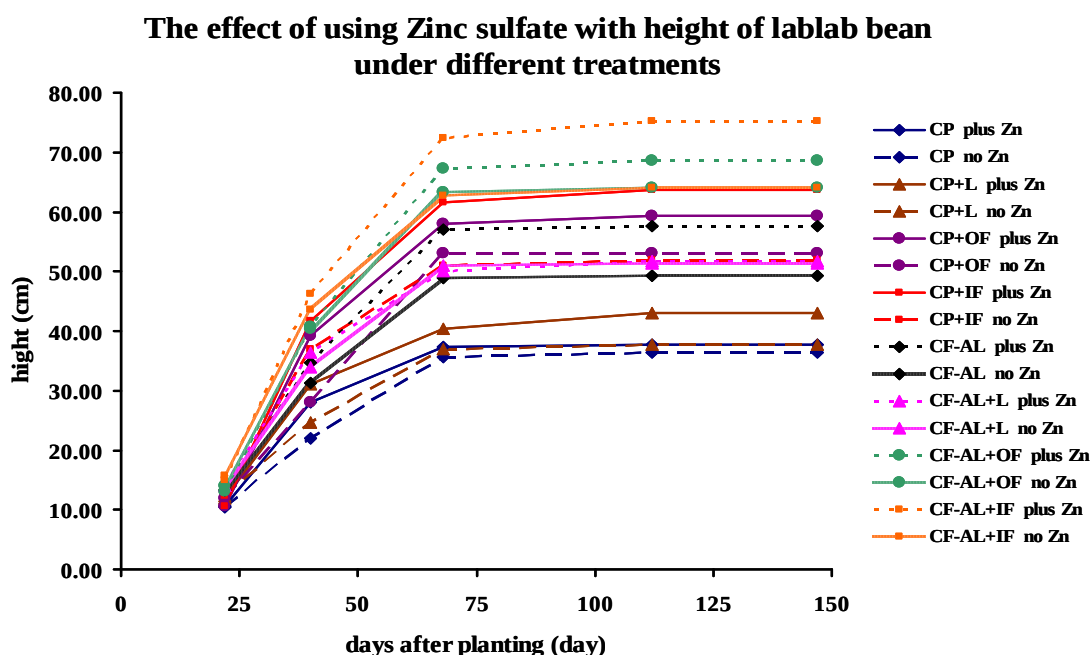
ตารางที่ 4.4 ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ของแปลงแบบต่างๆ ในช่วงความลึก 0-20 ซม.

ดำรับการทดลอง	ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ (Ext. K, mg/kg)	
	ช่วงถั่วแปเปี๋ยเร่งเจริญเติบโตแก่กิ่งก้าน 19-ก.ย.-52	ช่วงที่ถั่วแปเปี๋ยสร้างผลผลิตอย่างสมบูรณ์ 23-ม.ค.-53
ไม่ใส่ปุ๋ยและปุ๋ยใดๆในแปลงแบบเกษตรกรรม (CP)	79.56	50.72
ใส่ปุ๋ยร่วมกับการปลูกในแปลงแบบเกษตรกรรม (CP+L)	40.52	42.73
ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกับการปลูกแบบเกษตรกรรม (CP+OF)	71.81	71.14
ใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับการปลูกแบบเกษตรกรรม (CP+IF)	68.89	71.54
ไม่ใส่ปุ๋ยและปุ๋ยใดๆในแปลงแบบปลูกพืชในร่องระหว่างแถบอนุรักษ์ไม้ผลผสม (CF-AL)	72.12	63.05
ใส่ปุ๋ยร่วมกับการปลูกในแปลงแบบปลูกพืชในร่องระหว่างแถบอนุรักษ์ไม้ผลผสม (CF-AL+L)	48.46	55.46
ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกับการปลูกในแปลงแบบปลูกพืชในร่องระหว่างแถบอนุรักษ์ไม้ผลผสม (CF-AL+OF)	59.55	88.74
ใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับการปลูกในแปลงแบบปลูกพืชในร่องระหว่างแถบอนุรักษ์ไม้ผลผสม (CF-AL+IF)	57.21	68.31

4.3 การเจริญเติบโตของพืช

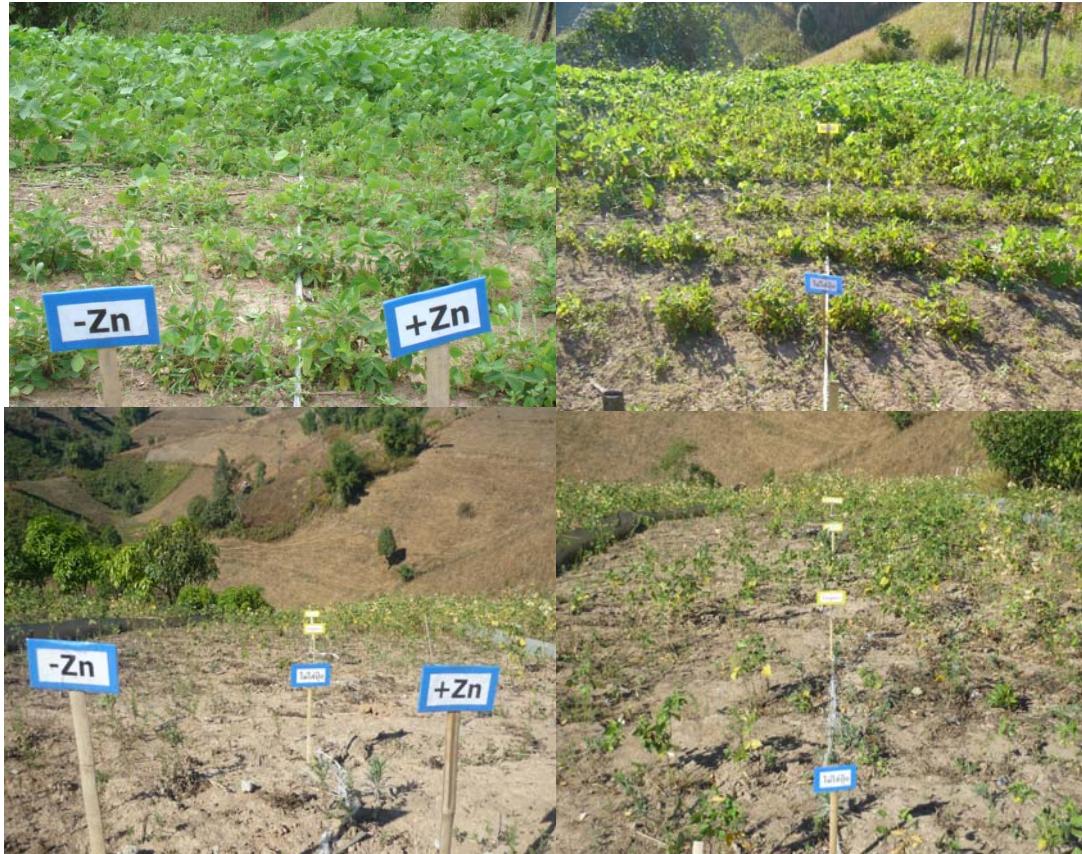
ในการทดลองนี้ได้ทำการทดลองในพืชสองชนิดได้แก่ ถั่วลิสง และ ถั่วเปย แต่เนื่องด้วยการปลูก ถั่วลิสงที่ล่าช้ากว่าช่วงเวลาที่ต้องทำการปลูก ถั่วลิสงจึงไม่สามารถที่จะวัดผลได้ จึงมีเพียงถั่วเปยเท่านั้นที่สามารถจะทำการประเมินผลได้ ซึ่งได้ทำการแสดงไว้ในรูปที่ 4.4- 4.8 และตารางที่ 4.5

จากรูปที่ 4.4 แสดงให้เห็นว่าดำรับการทดลองที่มีผลต่อความสูงของถั่วเปยมากที่สุดคือการฉีดพ่นธาตุสังกะสีร่วมกับวิธีการปลูกพืชแบบ CF-AL+IF รองลงมาได้แก่ดำรับการทดลอง CF-AL+OF ร่วมกับการฉีดพ่นธาตุสังกะสี โดยมีความสูงเฉลี่ยคือ 79.17 ซม. และ 70.83 ซม. ตามลำดับ ส่วนวิธีปลูกแบบ CP โดยไม่ฉีดพ่นธาตุสังกะสี ให้ค่าความสูงที่ต่ำที่สุด คือ 20.83 ซม. และเมื่อใส่ปุ๋ยในแปลง CP (CP+L) โดยไม่ฉีดพ่นธาตุสังกะสี พบว่าให้ความสูงต้นถั่วเปยต่ำเป็นอันดับสอง คือ 25 ซม. ซึ่งผลดังกล่าวบ่งชี้ให้เห็นว่าธาตุสังกะสีมีผลต่อความสูงของต้นพืชอย่างชัดเจน ทั้งนี้เนื่องจากธาตุสังกะสีนั้นมีหน้าที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการเมตาบอลิซึมของเซลล์พืช และเป็นตัวกระตุ้นเอนไซม์หลายชนิดที่สำคัญต่อกระบวนการสังเคราะห์แสง อย่างไรก็ดีผลของการปลูกพืชในร่อง (CF-AL) มีผลทำให้การ เจริญเติบโตของต้นถั่วเปยสูงกว่าวิธีปลูกแบบเกษตรกรรม (CP) อย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (รูปที่ 4.4) ซึ่งผลดังกล่าวแสดงให้เห็นได้อย่างเด่นชัดในรูปที่ 4.5-4.8

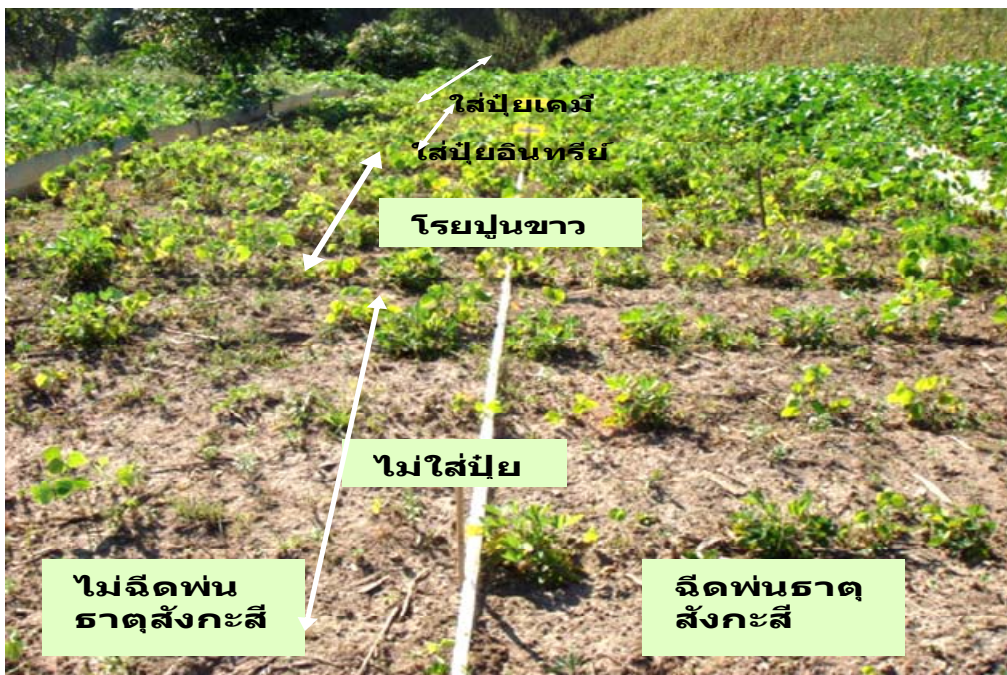


รูปที่ 4.4 การเปรียบเทียบความสูงของถั่วเปย ในแปลงที่มีการปลูกพืชแบบเกษตรกรรม

(Conventional Planting, CP) และวิธีปลูกพืชในร่องระหว่างแถบอนุรักษ์ ไม่ผลผสม (Cultivated Furrow in Alley Cropping, CF-AL) ภายใต้วิธีการใส่ปุ๋ย (+L) ปุ๋ยอินทรีย์ (+OF) และ ปุ๋ยเคมี (+IF) ร่วมกับการฉีดพ่น (+Zn) และไม่ฉีดพ่นธาตุสังกะสี (-Zn)



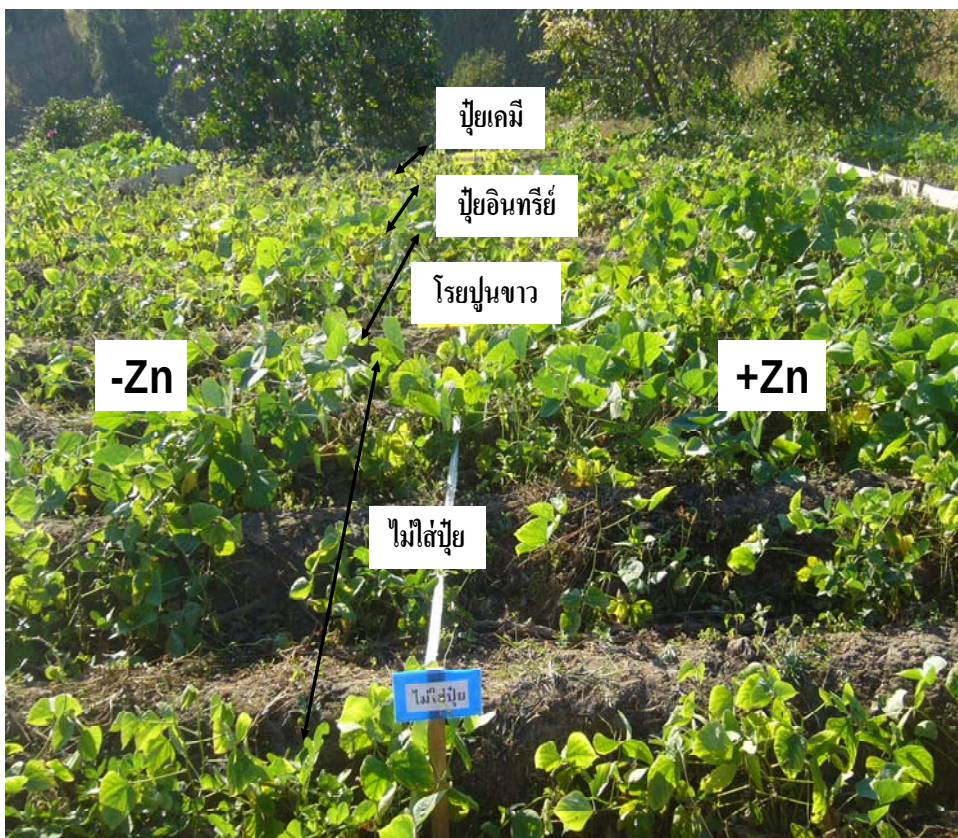
รูปที่ 4.5 การเปรียบเทียบความสูงของถั่วแปบในแปลงที่มีวิธีปลูกพืชแบบต่างๆ



รูปที่ 4.6 การเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของพืชในแปลงที่ปลูกพืชแบบเกษตรกรรมปฏิบัติ (CP) ที่ใส่ปูนขาว ปุ๋ยอินทรีย์ ปุ๋ยเคมี ร่วมกับการฉีดพ่นและไม่ฉีดพ่นธาตุสังกะสี



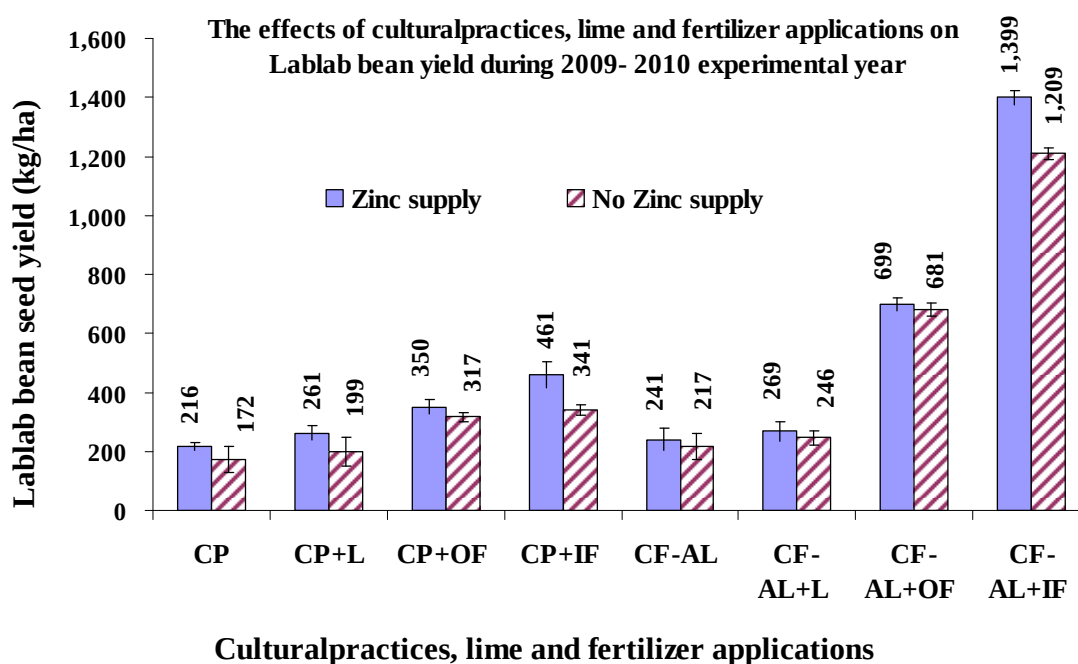
รูปที่ 4.7 เปรียบเทียบการเจริญเติบโตของถั่วแป๋ในแปลงปลูกพืช CP และ CF-AL



รูปที่ 4.8 การเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของพืชในแปลงที่ปลูกพืชแบบในร่องระหว่างแถบอนุรักษ์ไม้ผลผสม (CF-AL) ที่ใส่ปูนขาว ปุ๋ยอินทรีย์ ปุ๋ยเคมี ร่วมกับการฉีดพ่นและไม่ฉีดพ่นธาตุสังกะสี

4.4 ผลผลิตของถั่วแปยี

ผลผลิตของถั่วแปยีแสดงเป็นน้ำหนักเมล็ดที่สุ่มเก็บเกี่ยวจากพื้นที่ปลูก 2.4 ตารางเมตรต่อหนึ่งแปลงย่อย ไว้ในรูปที่ 4.9 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการฉีดพ่นธาตุสังกะสีร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีในแปลงแบบปลูกพืชแบบในร่อง (CF-AL+IF) ให้ปริมาณผลผลิตของถั่วแปยีสูงที่สุดคือ 1399.37 กิโลกรัม/เฮกเตอร์ และที่ไม่มีการฉีดพ่นธาตุสังกะสี ให้ผลผลิตสูงเป็นอันดับสอง คือ 1209.33 กิโลกรัม/เฮกเตอร์ ส่วนแปลงที่มีการปลูกแบบเกษตรกรรม โดยไม่มีการฉีดพ่นด้วยธาตุสังกะสีหรือใส่ปุ๋ยใดๆ (CP) ให้ผลผลิตเฉลี่ยต่ำที่สุดคือ 172.22 กิโลกรัม/เฮกเตอร์ เมื่อเปรียบเทียบกับผลผลิตภายใต้การทดลองอื่นๆ ผลดังกล่าวบ่งชี้ให้เห็นว่าการปลูกพืชในร่อง (CF-AL) ให้ผลผลิตสูงกว่าการปลูกแบบเกษตรกรรม (CP) เสมอ ทั้งภายใต้การใส่หรือไม่ใส่ปุ๋ยและปุ๋ย (รูปที่ 4.9) นอกจากนี้เมื่อทำการเปรียบเทียบผลผลิตระหว่างการฉีดพ่นและไม่ฉีดพ่นธาตุสังกะสีนั้นถึงแม้ผลผลิตที่ได้จะไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่การฉีดพ่นธาตุสังกะสีนั้นมีแนวโน้มเพิ่มผลผลิตได้ อย่างไรก็ดีการใส่ปุ๋ยขาว (CP+L และ CF-AL+L) ไม่มีผลต่อการเพิ่มผลผลิตของถั่วแปยีจากที่ไม่ได้ใส่ปุ๋ย (CP และ CF-AL) ส่วนการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ (CP+OF และ CF-AL+OF) มีผลทำให้ผลผลิตถั่วแปยีเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญจากที่ไม่ใส่ (CP และ CF-AL) ทั้งนี้อาจเนื่องจากการการลดความเป็นกรดของดินไม่เพียงพอต่อการส่งเสริมให้มีการสร้างผลผลิตของถั่วแปยีโดยเฉพาะในฤดูแล้ง



รูปที่ 4.9 การเปรียบเทียบผลผลิตเฉลี่ยของถั่วแปยี ในแปลงที่มีการปลูกพืชแบบต่างๆ

4.5 ปริมาณธาตุฟอสฟอรัสและสังกะสีในต้นพืช

ผลของการวิเคราะห์ปริมาณธาตุฟอสฟอรัสและสังกะสีทั้งหมดในต้นถั่วแปปีในระยะเก็บเกี่ยวแสดงไว้ในตารางที่ 4.5 ซึ่งบ่งชี้ว่าต้นถั่วแปปีไม่แสดงอาการขาดธาตุฟอสฟอรัส หรือ สังกะสี ทั้งภายใต้การใส่หรือไม่ใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัส (16-20-0) และการฉีดพ่นหรือไม่ฉีดพ่นสังกะสี โดยปริมาณธาตุฟอสฟอรัสและสังกะสีทั้งหมดต้นถั่วแปปีที่ปลูกภายใต้การทดลองต่างๆ (CF-AL+OF, CF-AL+IF, CF-AL, CP+OF, CP+IF, และ CP) ไม่แตกต่างกัน (ตารางที่ 4.5) อย่างไรก็ตามเมื่อทำการเปรียบเทียบปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดระหว่างการฉีดพ่นธาตุสังกะสีและไม่ฉีดพ่นสังกะสีพบว่า การฉีดพ่นธาตุสังกะสีนั้นให้ค่าที่สูงกว่าไม่ฉีดพ่น ทั้งนี้เนื่องจากธาตุสังกะสีนั้นสามารถช่วยส่งเสริมกระบวนการเมตาบอลิซึมในพืช ทำให้ต้นพืชสามารถใช้ปริมาณธาตุฟอสฟอรัสจากดินได้เพิ่มขึ้น

ตารางที่ 4.5 ปริมาณธาตุสังกะสีทั้งหมด และ ปริมาณธาตุฟอสฟอรัสทั้งหมด ในต้นพืช ในระยะเก็บเกี่ยว ผลผลิตในแปลงที่มีการปลูกพืชแบบต่างๆ

Treatments	Nutrient in plant			
	Total P (mg/kg)		Total Zinc (mg/kg)	
	Zinc application	Non Zinc application	Zinc application	Non Zinc application
Conventional Planting with No liming and fertilization (CP)	3289.9	2845.4	25.35	29.36
Conventional Planting with Lime application (CP+L)	3143.9	2932.5	34.13	35.01
Conventional Planting with Organic-Fertilizer application (CP+OF)	2635.8	2407.4	29.7	32.91
Conventional Planting with Inorganic-Fertilizer application (CP+IF)	3117.2	2872.7	40.38	58.59
Cultivated Furrow in Alley Cropping with No liming and fertilization (CF-AL)	3856.2	2826.9	53.36	57.38
Cultivated Furrow in Alley Cropping with Lime application (CF-AL+L)	3497.1	2914.4	52.37	58.27
Cultivated Furrow in Alley Cropping with Organic-Fertilizer application (CF-AL+OF)	3023.9	2740.6	27.05	63.47
Cultivated Furrow in Alley Cropping with Inorganic-Fertilizer application (CF-AL+IF)	3677.2	2717.5	37.04	59.39

4.6 การวิเคราะห์ข้อมูลทางด้านเศรษฐศาสตร์

เนื่องจากการทดลองวิจัยนี้มีช่วงระยะเวลาที่สั้น โดยได้เริ่มต้นในกลางฤดูฝน(สิงหาคม 2552) จนถึงกลางฤดูแล้ง (กุมภาพันธ์ 2553) ซึ่งสามารถทำการประเมินผลผลิตพืชได้เพียงชนิดเดียวคือถั่วแปเปี ซึ่งเป็นพืชที่ปลูกในช่วงปลายฤดูฝนถึงกลางฤดูแล้ง ส่วนผลผลิตพืชไร่อีกสองชนิดที่ปลูกหมุนเวียนเหลื่อมฤดู ในช่วงต้น- กลาง ฤดูฝน คือ ข้าวโพดหวานซึ่งเป็นพืชแรก และ ถั่วลิสงที่ปลูกเป็นพืชที่สองระหว่างกลาง- ปลายฤดูฝนและต้นฤดูแล้ง ไม่อาจประเมินผลผลิตภายใต้การทดลองต่างๆดังกล่าวข้างต้นได้ ดังนั้น การประเมินต้นทุนรายจ่ายในการเพาะปลูก การใส่ปุ๋ย ใส่ปุ๋ยและฉีดพ่นธาตุสังกะสี จึงไม่มีประโยชน์ต่อการคำนวณรายได้สุทธิหรือกำไรที่พึงได้โดยเฉลี่ยต่อปี ผู้วิจัยจึงไม่ได้ทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบรายได้สุทธิพึงประเมินภายใต้การทดลองต่างๆ เนื่องจากข้อมูลที่มีไม่เพียงพอต่อการสร้างความน่าเชื่อถือของการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์

4.7 สรุปและข้อเสนอแนะ

ผลการศึกษาในส่วนนี้สามารถสรุปและให้ข้อเสนอแนะโดยแบ่งเป็นข้อๆ ได้ดังนี้

1) วิธีการปลูกพืชแบบเกษตรกรรมปฏิบัติ (CP) และ การปลูกในร่องปลูก (CF-AL) ทั้งที่มีการใส่และไม่ใส่ปุ๋ยและปุ๋ยมีแนวโน้มให้ค่าเฉลี่ยผันแปรของ pH, OM และ Ext.P ในช่วงเวลาต่างๆระหว่างการเจริญเติบโตของถั่วแปเปีที่คล้ายคลึงกัน โดย CP ให้ค่าเฉลี่ยของ pH ต่ำกว่า แต่ให้ค่า OM สูงกว่า CF-AL เนื่องจากการขุดดินเตรียมร่องได้นำหน้าดินออกจากร่องปลูก ซึ่งเป็นวิธีที่ไม่ถูกต้อง อย่างไรก็ตามการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกับการปลูกแบบเกษตรกรรม (CP+OF) ให้ค่า Ext.P สูงสุดเมื่อเปรียบเทียบกับค่ารับการทดลองอื่นๆ

2) การปลูกในร่องปลูก (CF-AL) มีผลให้ปริมาณผลผลิตของถั่วแปเปี สูงกว่า การปลูกแบบเกษตรกรรมปฏิบัติ (CP) ในทุกกรณี

3) การใส่ปุ๋ยเคมี มีผลทำให้ปริมาณผลผลิตของถั่วแปเปีสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับ กรณีที่มีการใส่ปุ๋ย หรือการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ ทั้งในกรณีที่มีการปลูกแบบเกษตรกรรมปฏิบัติ (CP) และ การปลูกในร่องปลูก (CF-AL)

4) การฉีดพ่น ธาตุสังกะสี ต้นถั่วแปเปีทางใบมีผลทำให้การเจริญเติบโตทางด้านความสูงของถั่วแปเปีดีกว่า การไม่ฉีดพ่นสังกะสีในทุกกรณี อย่างไรก็ตามต้นถั่วแปเปีที่ได้รับการฉีดพ่นด้วยสังกะสี มีผลผลิตไม่แตกต่างจากต้นถั่วแปเปี ที่ไม่มีการฉีดพ่นสังกะสี

จากผลดังกล่าวข้างต้นบ่งชี้ให้เห็นว่าการใส่ปุ๋ย ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยอินทรีย์ และการฉีดพ่นธาตุสังกะสีให้แก่ต้นถั่วแปเปีที่ปลูกในช่วงปลายฤดูฝน - กลางฤดูแล้ง สามารถเพิ่มผลผลิตให้แก่ต้นพืชได้อย่างมีนัยสำคัญ โดยเฉพาะเมื่อมีการใช้ร่วมกับวิธีการปลูกพืชในระบบร่องปลูก ซึ่งการเตรียมร่องปลูกต้องมีความระมัดระวัง โดยการกองหน้าดินที่มีอินทรีย์วัตถุสูงไว้ในร่อง และใช้ดินชั้นล่างในร่องปลูกทำเป็นสันร่อง นอกจากนี้การ

ไต่ปูนและปุ๋ยในร่องปลูกในช่วงต้นฤดูฝนก่อนปลูกพืช จะส่งเสริมให้ประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ย ของพืชที่ปลูก หมุนเวียนหล่อมฤดูตลอดปีเพิ่มขึ้น ได้ผลผลิตที่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ และสามารถลดการใช้ปุ๋ยลงเป็น อย่างมาก เนื่องจากการไม่มีการสูญเสียปูนและปุ๋ยจากการชะกร่อนของหน้าดิน ซึ่งสามารถสร้างระบบเกษตรที่ ยั่งยืนบนพื้นที่ลาดชันได้

บทที่ 5

ผลการศึกษาแนวทางเพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำชลประทานด้วยการใช้ Tensiometer Control Unit (TCU)

เนื่องจากในการทดลอง TCU มีการใช้พีชทดลองอยู่สองชนิด คือ กะหล่ำและผักบุ้งจีน ผลการศึกษาแบ่งตามพืชที่ใช้ทดลองได้ดังนี้

5.1 ผลการทดลองจากการปลูกกะหล่ำ

ในการทดลองโดยการปลูกกะหล่ำตั้งแต่วันที่ 12 มกราคม 2553 แต่มีปัญหาในการประกอบเครื่องมือต่างๆ ให้ทำงานพร้อมกันและสอดคล้องกัน ซึ่งต้องแก้ไขตลอดเวลา จนกระทั่งระหว่างวันที่ 12 มีนาคม – 11 เมษายน 2553 จึงสามารถบันทึกข้อมูลได้ตามต้องการ จากข้อมูลที่ได้สามารถอธิบายเป็นข้อๆ ได้ดังนี้

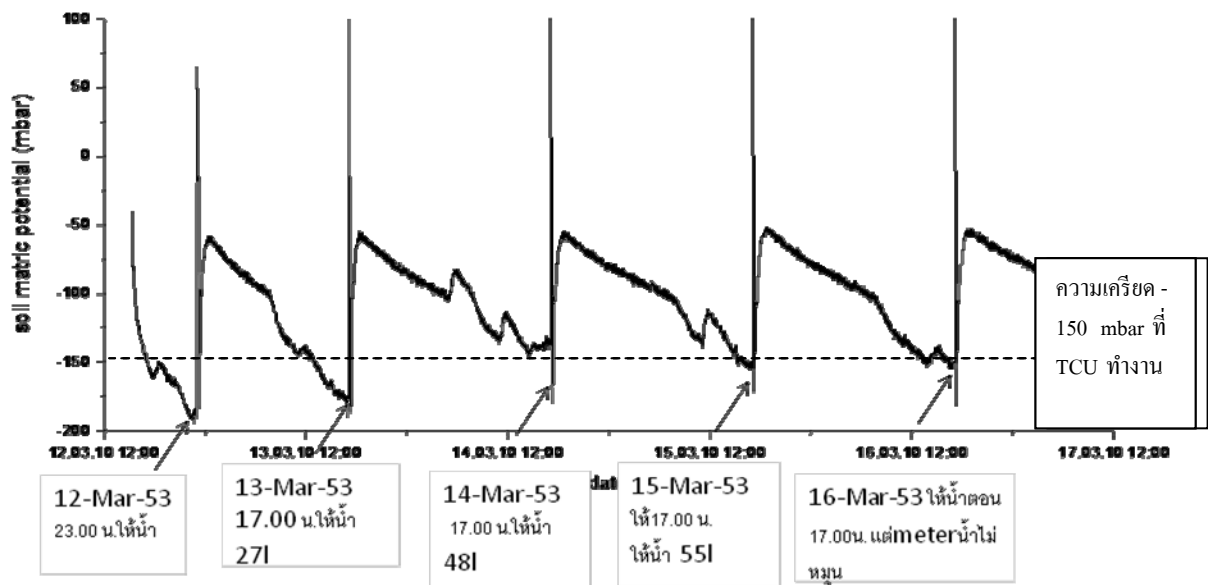
ก. ความเครียดของความชื้นดินและการปิดเปิดประตูน้ำ

เนื่องจาก data logger ทำงานได้ดีเพียง 2 ชุดจึงมีข้อมูลเฉพาะดินเหนียวสีแดงจากแม่สาใหม่และดินทรายร่วนจากแม่ใจ

ชุดดินคอยปุ๋ย จากศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่สาใหม่

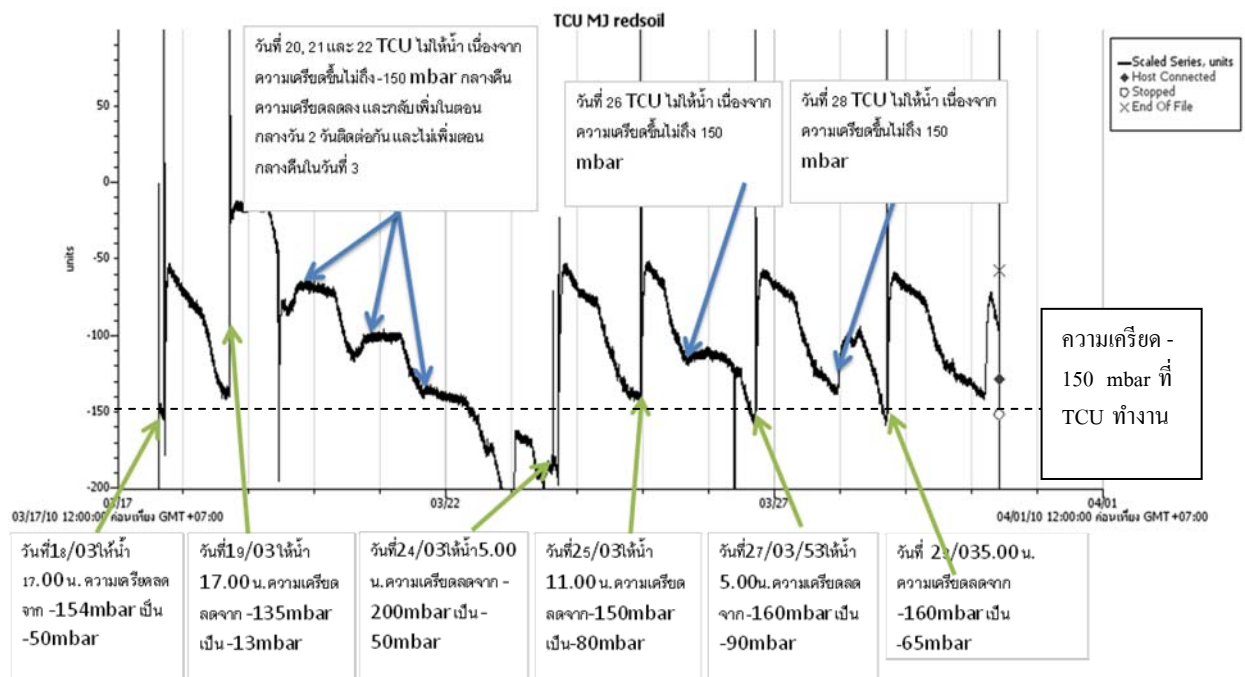
ผลการบันทึกความเครียดของความชื้นดินและการปิดเปิดประตูน้ำของกระบะดินแม่สาใหม่ 3 ช่วงเวลา คือ 12 -17 มีนาคม, 17 - 30 มีนาคม และ 30 มีนาคม – 8 เมษายน 2553 แสดงในรูปที่ 5.1 –5.3

โดยภาพรวม TCU สามารถควบคุมการเปิดน้ำเมื่อความเครียดที่วัดได้เกิน -150 mbar เล็กน้อยได้เป็นอย่างดี จะมีคลาดเคลื่อนบ้างเพียงเล็กน้อย ที่การเปิดน้ำเมื่อความเครียดไม่ถึง -150 mbar สำหรับการเปิดให้น้ำเมื่อความเครียดเกิน -150 mbar นั้นเนื่องจาก เมื่อถึงเวลา timer switch ครั้งหนึ่งนั้น ความเครียดไม่ถึง -150 mbar แต่พีชมีการใช้น้ำตลอด ดังนั้นเมื่อถึงเวลาครั้งต่อไป ความเครียดจึงเกิน -150 mbar หลังจากให้น้ำประมาณ 30 นาที ความเครียดของน้ำในดินลดลงอยู่ที่ประมาณ -50 ถึง -60 mbar

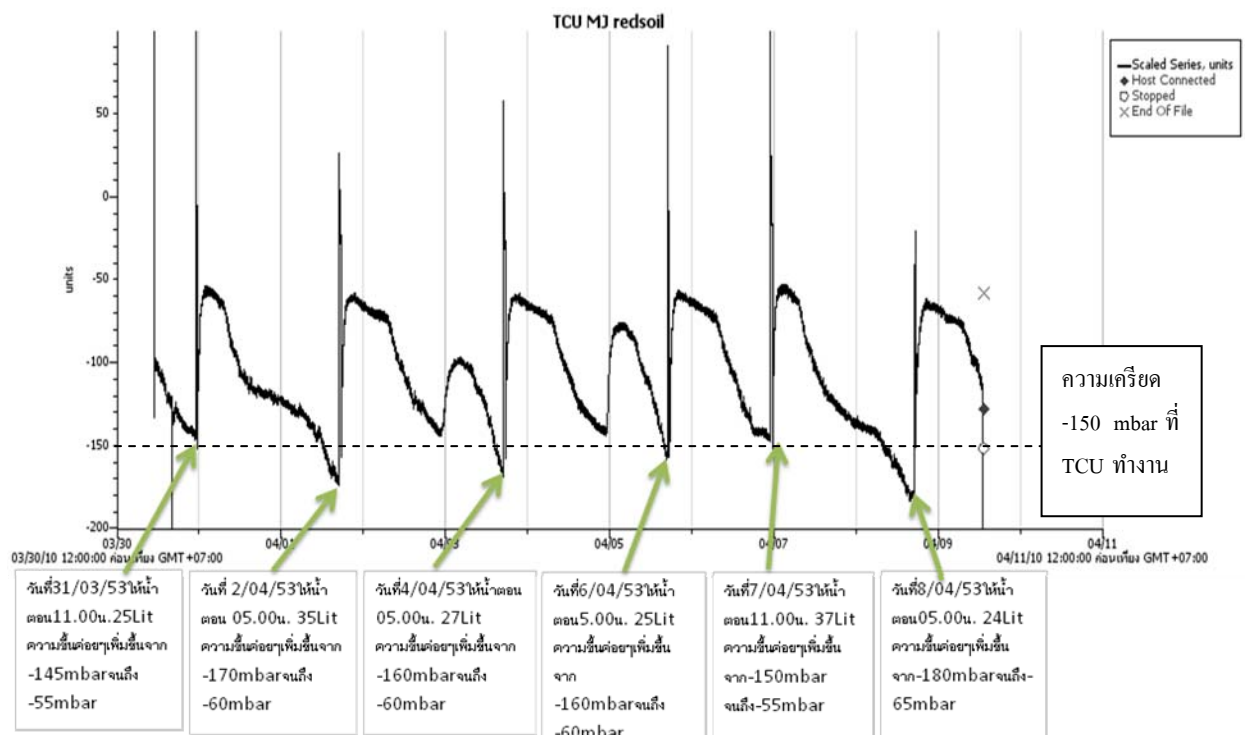


รูปที่ 5.1 ความเครียดของความชื้นดินและการปิดเปิดประตูน้ำของกระบะดินแม่สาใหม่ ระหว่าง 12 -17 มีนาคม 2553

วันที่ 19 มีนาคม มีการให้น้ำเมื่อ 17.00 -17.30 น. และให้น้ำมากจนความเครียดลดลงอยู่ที่ -13 mbar ประกอบกับในช่วงวันที่ 21 – 22 มีนาคมมีฝนตกเล็กน้อย และฟ้าหลัว อากาศชื้นต่อเนื่อง (ข้อมูลจากสถานีอุตุของแม่สาใหม่ ทำให้พืชใช้น้ำน้อย ตลอด 3 วัน (20 – 20 มีนาคม) ความเครียดจึงขึ้นไม่ถึง -150 mbar ทำให้ TCU ไม่เปิดประตูน้ำให้น้ำ (รูปที่ 5.2) นอกจากนี้ยังสังเกตได้ว่าในวันที่ 20 และ 21 มีนาคมที่ความเครียดจึงขึ้นไม่ถึง -150 mbar ไม่มีการให้น้ำนั้น พอถึงเวลากลางคืนที่พืชคายน้ำน้อย ความเครียดของน้ำก็ลดลง และกลับเพิ่มขึ้นในตอนกลางวัน แต่เมื่อถึงวันที่ 22 มีนาคม ความเครียดกลับไม่เพิ่มขึ้นในตอนกลางวัน น่าจะเนื่องจาก เหลือน้ำอยู่ในดินน้อย



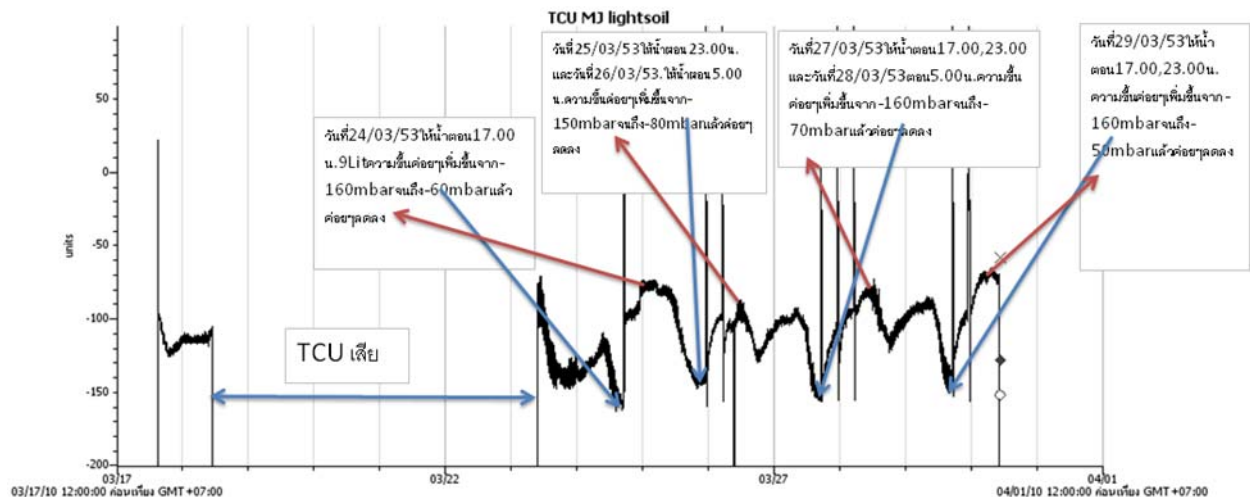
รูปที่ 5.2 ความเครียดของผิวดินและการปิดเปิดประตูน้ำของกระบะดินแม่สาใหม่ ระหว่าง 17-30 มีนาคม 2553



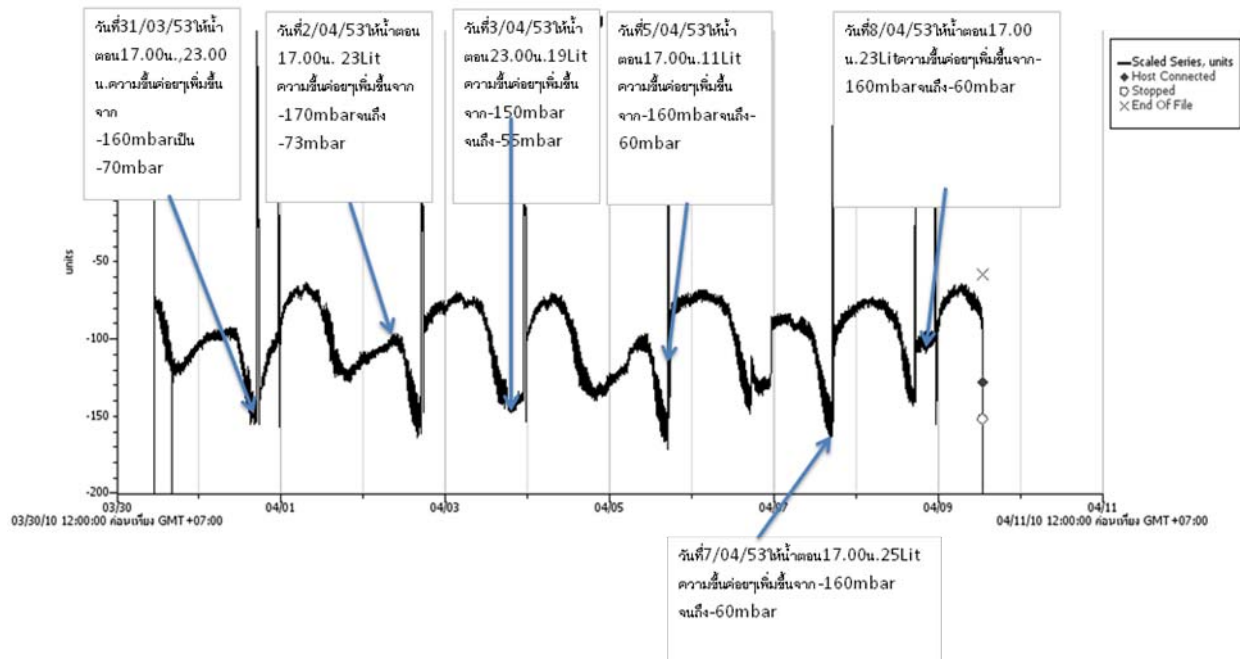
รูปที่ 5.3 ความเครียดของผิวดินและการปิดเปิดประตูน้ำของกระบะดินแม่สาใหม่ ระหว่าง 30 มีนาคม – 8 เมษายน 2553

ดินน้ำพอง ดินทรายร่วนจากแม่โจ้

ผลการบันทึกความเครียดของความชื้นดินและการปิดเปิดประตูน้ำของกระบะดินแม่โจ้
 สาใหม่ 2 ช่วงเวลา 17 - 30 มีนาคม และ 30 มีนาคม – 8 เมษายน 2553 แสดงในรูปที่ 5.4 – 5.5 ในช่วงแรก
 TCU ที่ใช้กับดินแม่โจ้ขัดข้อง จึงไม่มีข้อมูลจนถึงวันที่ 25 มีนาคม 2553 หลังจากนั้นก็ทำงานได้ดี เปิดให้น้ำ
 เมื่อความเครียดขึ้นถึง -150 mbar



รูปที่ 5.4 ความเครียดของความชื้นดินและการปิดเปิดประตูน้ำของกระบะดินแม่โจ้ ระหว่าง 17 -30 มีนาคม 2553



รูปที่ 5.5 ความเครียดของความชื้นดินและการปิดเปิดประตูน้ำของกระบะดินทรายร่วนจากแม่โจ้ ระหว่าง 30 มีนาคม – 8 เมษายน 2553

ข. ปริมาณน้ำที่ให้

ปริมาณน้ำที่ให้ต่อกระบะทดลองระหว่างวันที่ 22 มีนาคม – 13 เมษายน 2553 แสดงในตารางที่ 5.1 มิเตอร์วัดน้ำของกระบะให้น้ำด้วยมือของดินจากแม่เอย และกระบะให้น้ำด้วย TCU ของดินจากแม่โจ้ไม่ค่อยหมุนทำให้ข้อมูลคลาดเคลื่อนมาก แต่จากข้อมูลที่เหลือ พอเห็นแนวโน้มว่าการให้น้ำด้วย TCU ให้น้ำมากกว่าการให้น้ำด้วยมือ

ตารางที่ 5.1 ปริมาณน้ำที่ให้ต่อกระบะทดลอง

Date	Red Clayey Soil, Mae Sa Mai		Alluvial Complex, Mai Ai		Nam Pong Series, Mae Jo	
	TCU	Manual	TCU	Manual	TCU	Manual
l/day/plot						
22-Mar-53	0	17	0			28
23-Mar-53	24	20	0			10
24-Mar-53	65	20	75			10
25-Mar-53	57	14	74			6
26-Mar-53	47	6	4			6
27-Mar-53	32	12	17			11
28-Mar-53	68	12	19			10
29-Mar-53	31	12	23			10
30-Mar-53	46	13	13	มิเตอร์เสีย ข้อมูล คลาดเคลื่อนมาก		12
31-Mar-53	25	28	24			29
1-Apr-53	51	16	23			17
2-Apr-53	35	23	13			23
3-Apr-53	0	22	23			24
4-Apr-53	27	23	24			24
5-Apr-53	0	13	0			16
6-Apr-53	25	27	24			24
7-Apr-53	37	23	63			24
8-Apr-53	0	20	79			19
9-Apr-53	24	24	0			25
10-Apr-53	15	27	4			27
11-Apr-53	27	18	8.5			18
12-Apr-53	8	22	12			21
13-Apr-53	25	24	0			24
SUM	669	436	523			418

ค. น้ำหนักสดของกะหล่ำ

น้ำหนักสดของกะหล่ำที่เก็บเกี่ยวเมื่อวันที่ 20 เมษายน 2553 แสดงในตารางที่ 5.2 พบว่าในดิน Alluvial Complex (เหนียวท้องนา) จากแม่เอยและดินน้ำพอง (ทรายร่วน) จากแม่โจ้ น้ำหนักของต้นกะหล่ำจากวิธีให้น้ำ ทั้ง 2 ระบบใกล้เคียงกัน แต่ในดินเหนียวสีแดงจากแม่สาใหม่ มีแนวโน้มว่า

น้ำหนักของต้นกะหล่ำที่ให้น้ำโดย TCU ให้น้ำหนักมากกว่า ทั้งๆ ที่ปริมาณการให้น้ำโดยระบบ TCU ใช้น้ำมากกว่า จึงต้องปรับปรุงวิธีให้น้ำโดย TCU ต่อไป

ตารางที่ 5.2 น้ำหนักสดของกะหล่ำ

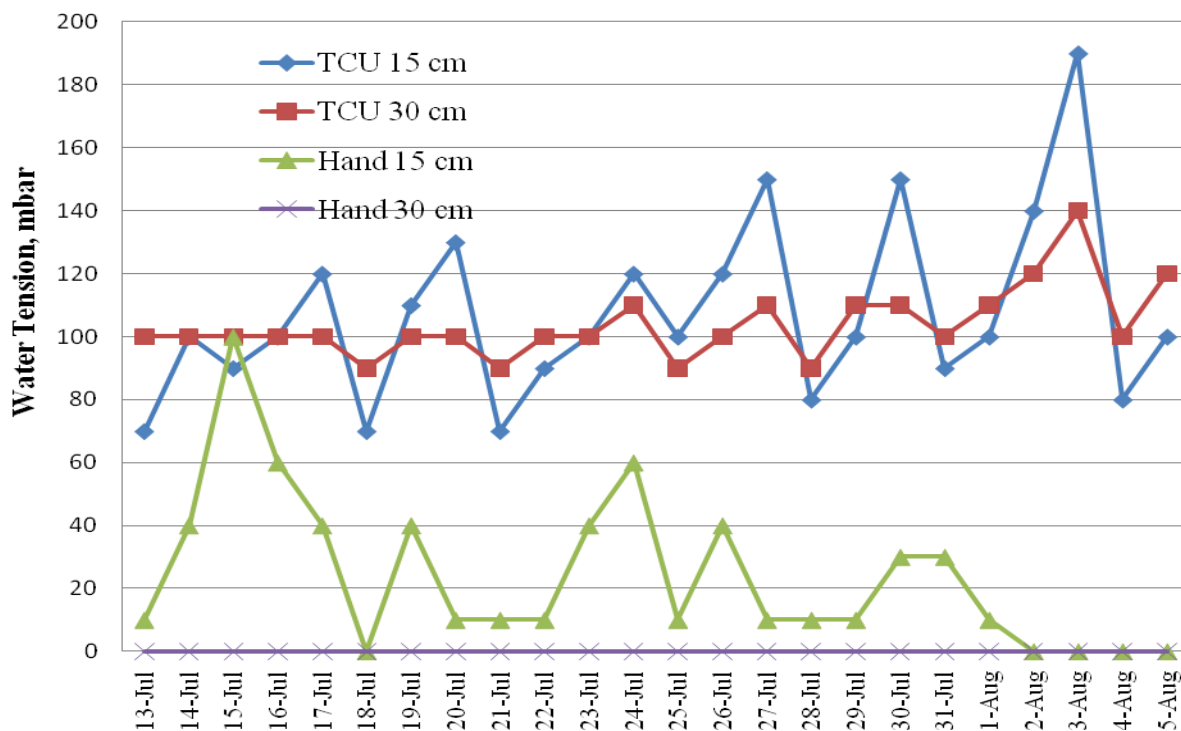
plants	Red Clayey Soil, Mae Sa Mai		Alluvial Complex, Mai Ai		Nam Pong Series, Mae Jo	
	TCU	Manual	TCU	Manual	TCU	Manual
wet matter(g/plant)						
1	777	400	685	890	690	825
2	244	310	1,080	915	690	570
3	527	361	940	625	430	735
4	544	402	810	715	1,050	600
5	512	456	1,030	960	1,190	770
6	403	441	1,070	810	710	590
7	409	401	975	915	515	400
8	653	410	785	925	930	510
9	570	489	1,260	800	935	985
10	635	301	755	720	1,110	1,025
11	405	416	520	1,030	800	760
12	570	490	265	335	650	775
13	659	396	1,110	1,140	1,185	1,000
14	495	388	840	310	935	710
15	536	445	1,290	670	790	1,055
16	510	450	505	950	1,010	440
17	625	457	410	840	1,450	800
18	506	432	750	940	620	860
19	511	322	670	970	710	980
20	650	282	1,035	1,000	810	915
21	191	291	710	1,220	690	760
22	440	388	950	420	625	1,070
23	621	297	1,140	920	800	860
24	-	377	1,150	890	715	815
Mean	522	392	864	830	835	784

5.2 ผลการทดลองจากการปลูกผักบุ้งจีน

ผักบุ้งจีนปลูกเมื่อวันที่ 4 กรกฎาคม 2553 และเก็บเกี่ยวผลผลิตเมื่อวันที่ 6 สิงหาคม 2553 ผลการทดลองที่ได้สามารถสรุปเป็นข้อย่อๆ ได้ดังต่อไปนี้

ก. ความเครียดของความสัมพันธ์ดิน

ความเครียดของความสัมพันธ์ดินที่ระดับความลึก 15 และ 30 ซม. ของการให้น้ำทั้ง 2 ระบบ แสดงในรูปที่ 5.6 พบว่าการให้น้ำระบบ TCU ความเครียดของความสัมพันธ์ดินที่ผันแปรอยู่ที่ประมาณ 100 mbar หรือประมาณระดับความจุในสนาม (field capacity) ของดิน โดยที่ระดับความลึก 30 ซม. ผันแปรแคบกว่าระดับความลึก 15 ซม. การให้น้ำด้วยมือ ที่ระดับความลึก 15 ซม. มีความเครียดของความสัมพันธ์ดินผันแปรอยู่ที่ประมาณ 30 mbar และที่ระดับความลึก 30 ซม. ผันแปรความเครียดของความสัมพันธ์ดินเป็นศูนย์ตลอดเวลา แสดงให้เห็นว่า การให้น้ำด้วยมือ ความชื้นดินสูงกว่าระดับความจุในสนามอยู่ตลอดเวลา



รูปที่ 5.6 ความเครียดของความสัมพันธ์ดิน จากการให้น้ำทั้ง 2 ระบบ

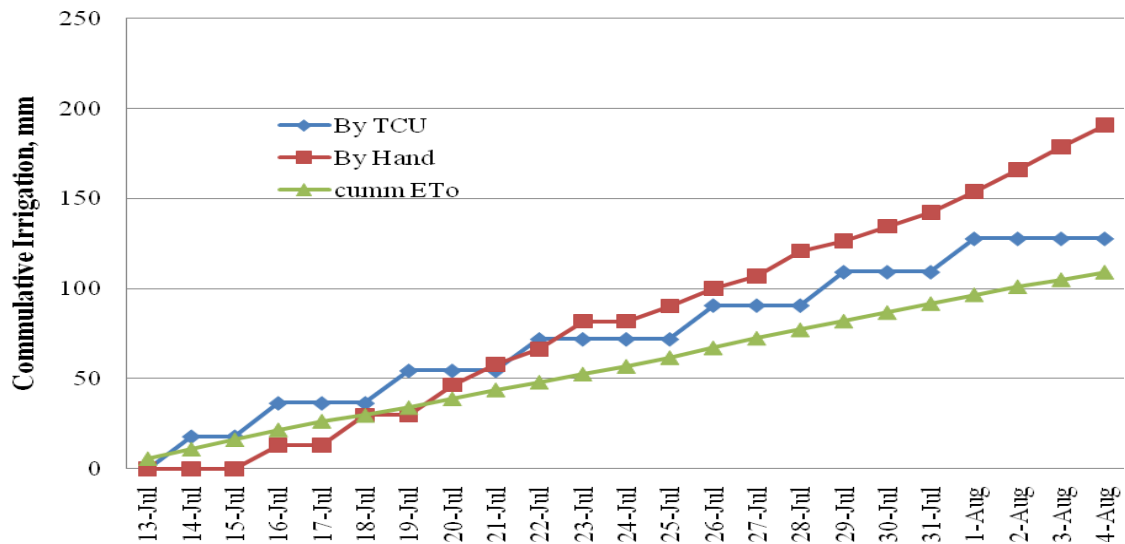
ข. ปริมาณการใช้น้ำและความเครียดของความสัมพันธ์ดิน

ตารางที่ 5.3 ปริมาณน้ำที่ให้ด้วยระบบให้น้ำ 2 ระบบ การให้น้ำด้วยมือ ใช้ความรู้สึกและการสังเกตจากความสัมพันธ์ที่ผิวดิน ทำให้ให้น้ำถี่กว่าการให้น้ำด้วย TCU โดยเฉพาะเมื่อผักบุ้งโตแล้ว ผู้ดูแลโรงเรือนซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการทดลองได้ให้น้ำทุกวัน แต่ให้ครั้งละน้อยกว่า จึงให้น้ำรวม 17 ครั้งจาก 23 วันที่บันทึก แต่การให้น้ำด้วย TCU ซึ่งควบคุมการให้น้ำด้วยความเครียดของความสัมพันธ์ดินที่ตั้งไว้ล่วงหน้า (150 mbar ที่ความลึก 15 ซม.) ให้น้ำเพียง 7 ครั้ง การให้น้ำทุกวัน วันละน้อย ทำให้ผิวดินเปียกชื้นตลอดเวลาทุกวัน จึงมีการระเหยน้ำโดยตรงจากผิวดินมากกว่าการให้ด้วย TCU ซึ่งให้น้ำวันเว้น 2-3 วัน แต่ให้ครั้งละมากพอ

ตารางที่ 5.3 ปริมาณน้ำที่ให้ด้วยระบบให้น้ำ 2 ระบบ

วันที่	ให้น้ำด้วยTCU ลิตร/วัน	ให้น้ำด้วยมือ ลิตร/วัน	ให้น้ำด้วยTCU มม./วัน	ให้น้ำด้วยมือ มม./วัน
13-Jul-09	0	0	0	0.0
14-Jul-09	72	0	18	0.0
15-Jul-09	0	0	0	0.0
16-Jul-09	74	52	18.5	13.0
17-Jul-09	0	0	0	0.0
18-Jul-09	0	67	0	16.8
19-Jul-09	72	0	18	0.0
20-Jul-09	0	67	0	16.8
21-Jul-09	0	45	0	11.3
22-Jul-09	70	34	17.5	8.5
23-Jul-09	0	62	0	15.5
24-Jul-09	0	0	0	0.0
25-Jul-09	0	34	0	8.5
26-Jul-09	75	39	18.75	9.8
27-Jul-09	0	27	0	6.8
28-Jul-09	0	56	0	14.0
29-Jul-09	74	22	18.5	5.5
30-Jul-09	0	33	0	8.3
31-Jul-09	0	31	0	7.8
1-Aug-09	74	46	18.5	11.5
2-Aug-09	0	49	0	12.3
3-Aug-09	0	50	0	12.5
4-Aug-09	0	49	0	12.3
รวม	511	763	127.8	190.8

รูปที่ 5.7 แสดงปริมาณการให้น้ำสะสมของการให้น้ำ 2 ระบบ เทียบกับ potential evopotranspiration ผลปรากฏว่า การให้น้ำด้วยมือใช้น้ำมากกว่าการให้น้ำด้วย TCU 49.29%



รูปที่ 5.7 ปริมาณการใช้น้ำสะสม ระหว่างวันที่ 13 กรกฎาคม – 4 สิงหาคม 2553

ค. น้ำหนักสด

น้ำหนักสดของผักบุ้งจีนที่เกี่ยวข้องเมื่อวันที่ 6 สิงหาคม 2553 แสดงในตารางที่ 5.4 พบว่าในดินทั้ง 3 ดิน น้ำหนักของต้นผักบุ้งจีนจากวิธีให้น้ำ ทั้ง 2 ระบบใกล้เคียงกัน

ตารางที่ 5.4 น้ำหนักสดของผักบุ้งจีน

2 m-row	Doi Pui Series, Mae Sa Mai		Alluvial Complex, Mai Ai		Nam Pong Series, Mae Jo	
	TCU	Manual	TCU	Manual	TCU	Manual
	wet matter(g/plant)					
1	2,300	1,900	1,100	1,700	3,000	3,500
2	2,200	2,500	1,900	1,700	2,400	3,200
3	1,700	2,400	1,900	2,100	3,100	3,300
4	2,100	2,600	1,200	1,300	3,600	3,500
5	2,200	3,300	1,200	1,700	3,200	3,000
6	1,900	1,900	1,200	1,600	3,050	3,800
Means	2,067	2,217	1,417	1,683	3,058	3,383

5.3 สรุปผลการทดลองในโรงเรือน

เครื่องมือ Tensiometer Control Unit (TCU) ยังมีปัญหาอยู่บ้าง แต่โดยหลักการเมื่อแก้ปัญหาแล้ว การควบคุมการให้น้ำก็ทำได้ดี สามารถควบคุมการให้น้ำที่อิงหลักการทางวิชาการ สามารถใช้ได้กับระบบน้ำที่มีแรงดันต่ำ ไม่ต้องใช้กระแสไฟฟ้า ราคาถูก สามารถควบคุมการให้น้ำจากด้วยระบบท่อที่น้ำมีแรงดันต่ำ คือ 0.5 – 1.0 บาร์ได้ตามต้องการ เมื่อทำงานร่วมกับ timer TCU จะเปิดให้น้ำทันทีที่ความเครียดของความชื้นดินเกิน 150 mbar เป็นเวลา 30 นาที ซึ่งจะทำให้พืชที่ทดลอง ได้แก่ กะหล่ำปลีและผักบุ้งจีนได้น้ำจากระบบน้ำหยด 1 ลิตรต่อหัวน้ำหยด เมื่อความดันของน้ำในท่ออยู่ที่ประมาณ 0.5 - 1.0 bar ทำให้พืชที่ปลูกในโรงเรือน 2 ชนิดคือกะหล่ำปลีและผักบุ้งจีน ได้รับน้ำเพียงพอเหมาะสม ใช้น้ำน้อยกว่าการให้น้ำด้วยมือ 49.29 % โดยที่มีผลผลิตไม่ต่างกัน แต่มีปัญหาที่ ความดันของน้ำในระบบประปาที่เป็นแหล่งน้ำต้นทุนไม่คงที่ เนื่องจากมีการใช้น้ำรดต้นไม้มากน้ำในระหว่างการทดลอง

บทที่ 6

ผลการศึกษาแนวทางปรับปรุงระบบบริหารจัดการน้ำชลประทานในฤดูแล้ง ของชุมชนแม่สาใหม่อย่างมีส่วนร่วม

ในการศึกษาแนวทางการปรับปรุงระบบบริหารจัดการน้ำชลประทานในฤดูแล้งของชุมชนแม่สาใหม่อย่างมีส่วนร่วม ประกอบไปด้วย การศึกษาการปลูกพืชทดลองในแปลงศูนย์พัฒนาโครงการหลวงสองแห่งเพื่อศึกษาการใช้น้ำของพืชฤดูแล้ง การสำรวจระบบการให้น้ำของเกษตรกร การวัดน้ำต้นทุนและความต้องการน้ำเพื่อการเกษตรในฤดูแล้งและการนำเสนอผลการทดลองและสำรวจที่ได้แก่ชุมชน รายละเอียดผลการศึกษาในแต่ละส่วนมีดังต่อไปนี้

6.1 ผลการปลูกกะหล่ำทดลองในแปลงศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองหอยและแม่สาใหม่

ผลที่ได้จากการปลูกกะหล่ำทดลองในแปลงศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองหอยและแม่สาใหม่ แบ่งออกเป็นผลด้านการเจริญเติบโตของพืช รวมทั้งผลผลิตที่ส่งตลาดได้ และปริมาณการใช้น้ำของพืช โดยมีรายละเอียดจำแนกตามสถานที่ปลูกดังนี้

6.1.1 ผลการปลูกกะหล่ำในแปลงศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองหอย

ก. จำนวนใบเมื่อระยะตั้งตัว

จำนวนใบเมื่อในระยะตั้งตัว แสดงในตารางที่ 7.4.2 พบว่าในระยะตั้งตัวที่ให้น้ำแก่ดำรับการจัดการทดลองต่างๆ แม้แต่ T4 50% ได้รับพอเพียง การเติบโตของกะหล่ำจึงยังเท่ากัน จำนวนใบจึงยังไม่ต่างกัน

ตารางที่ 6.1 จำนวนใบเมื่อในระยะตั้งตัว

	1/16/2010		1/23/2010	
T1 150 %	7.94	a	9.50	a
T2 100%	8.00	a	9.61	a
T3 75%	7.83	a	9.75	a
T4 50%	8.32	a	10.00	a

ข. ผลผลิตส่งตลาด

จากการทดลอง พบว่ากะหล่ำในซ้ำที่ 3 มีการเติบโตไม่สม่ำเสมอ จนทำให้ได้ผลผลิตส่งตลาดผันแปรมาก ดังข้อมูลในตารางที่ 6.2 เนื่องจากดินเดิมในปลายพื้นที่ขึ้นบันไดที่แคบเป็นดินล่างที่ลึกมาก จึงตัดข้อมูลของซ้ำที่ 3 ออกจากการวิเคราะห์ทางสถิติ ผลการวิเคราะห์ Analysis of variance ในตารางที่ 6.3 พบว่าผลผลิตแตกต่างกันลดหลั่นตามปริมาณน้ำที่ได้รับ โดย T4 50% ให้ผลผลิตประมาณ ครึ่งหนึ่งของ T1 150%

ตารางที่ 6.2 ผลผลิตส่งตลาดของทุกซ้ำ

	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3
	กิโลกรัม/ไร่		
T1 150%	6,106	7,882	522
T2 100%	5,691	5,754	1,147
T3 75%	5,237	6,090	2,075
T4 50%	3,728	3,796	1,013

ตารางที่ 6.3 ผลการวิเคราะห์ analysis of variance ของผลผลิตส่งตลาด

	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	เฉลี่ย
	กิโลกรัม/ไร่		
T1 (150%)	6,106	7,882	6,994 a
T2 (100%)	5,691	5,754	5,723 ab
T3(75%)	5,237	6,090	5,664 ab
T4(50%)	3,728	3,296	3,512 b

ค. ปริมาณการให้น้ำรวมแก่ block 1 และ 2

ปริมาณการให้น้ำรวมแก่ block 1 และ 2 จากปริมาณน้ำที่วัดได้จากมาตรวัดน้ำของท่อประธาน เมื่อระยะต่างๆ ของการให้น้ำ แสดงในรูปที่ 6.1

ปริมาณการให้น้ำแก่แปลงทดลองที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองหอย แบ่งได้เป็น 3 ระยะ คือ

1. ระยะปลูกใหม่ วันที่ 15 - 27 ธันวาคม 2552

เพื่อให้ต้นกะหล่ำทั้งหมดตั้งตัวได้ จึงให้น้ำแก่ดำรับที่ 4 (ให้น้ำ 50 % ของความต้องการ) ประมาณเท่ากับค่าระยะเหี่ยว โดยกำหนดเวลาให้น้ำวันละ 20 นาที ซึ่งจะทำให้ดำรับที่ 4 ได้รับน้ำต้นละ 0.67 ลิตร เท่ากับความสูง 4 มม. ในพื้นที่ปลูก 40*40 ซม. แต่พบว่าความดันน้ำในเส้นท่อน้ำไม่พอ ทำให้จึงต้อง

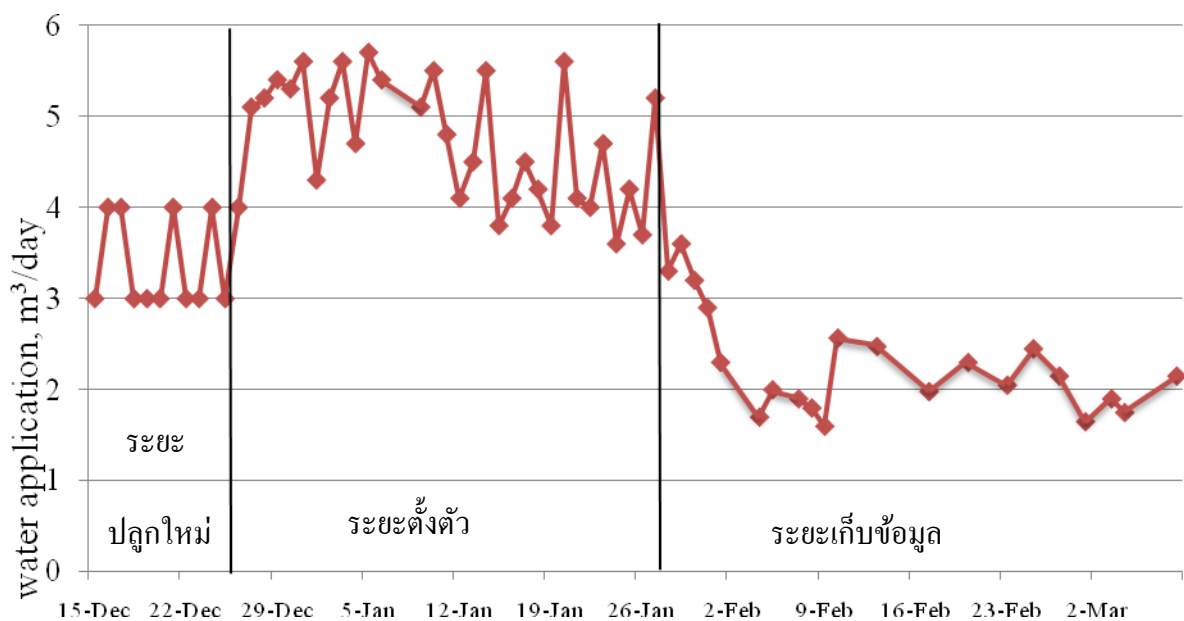
เพิ่มเวลาให้น้ำเป็นวันละ 40 นาที พบว่าเมื่อปลูกได้ 12 วันต้นกะหล่ำในดำรับที่ 4 ยังเขียวในตอนกลางวัน ทั้งนี้จะเป็นเพราะอัตราการหยดต่ำของหัวหยดในดำรับที่ 4 ทำให้น้ำเปียกดินแบบซึมลึกเฉพาะพื้นที่เล็กน้อยที่ระบบรากลำไยยังจำกัดยังไม่แผ่กว้างและอยู่ใกล้ผิวดินที่น้ำระเหยทำให้ดินแห้งได้เร็ว ดำรับที่ 1 ได้น้ำจาก 2 หัวหยด และดำรับที่ 2 อัตราการหยดสูงกว่า น้ำจึงเปียกดินในลักษณะแผ่กว้าง จึงต้องปรับให้น้ำมากเพื่อให้ดำรับที่ 4 ตั้งตัวได้ ในระยะนี้ ผู้จัดบันทึกมาตรวัดน้ำ จดข้อมูลเฉพาะหลักหน่วยของลูกบาศก์เมตร

2. ระยะตั้งตัว วันที่ 28 ธันวาคม 2552 - 27 มกราคม 2553

ได้ปรับเพิ่มปริมาณให้น้ำเพื่อให้ดำรับที่ 4 ได้รับน้ำพอตั้งตัวได้ โดยเพิ่มเวลาให้น้ำเป็นวันละ 1 ชั่วโมง แม้จะให้เวลาเท่ากัน ก็พบว่าปริมาณน้ำที่ให้แต่ละวันผันแปรมาก เพราะความผันแปรตามการใช้น้ำในพื้นที่ข้างเคียง เมื่อต้นกะหล่ำทั้งหมดตั้งตัวได้แล้วจึงได้ปรับลดการให้น้ำให้ดำรับที่ 2 ได้รับน้ำใกล้เคียงกับการคายระเหย

3. ระยะเก็บข้อมูลการใช้น้ำ วันที่ 28 มกราคม - 8 มีนาคม 2553

ได้ปรับลดการให้น้ำให้ดำรับที่ 2 ได้รับน้ำใกล้เคียงกับการคายระเหย โดยในระยะนี้ได้แก้ปัญหาความผันแปรของปริมาณน้ำตามความผันของน้ำในท่อโดยขอให้งดใช้น้ำในบริเวณข้างเคียงแปลงทดลองขณะให้น้ำ



รูปที่ 6.1 ปริมาณการให้น้ำรวมแก่ block 1 และ 2

ง. ปริมาณการให้น้ำแก่แต่ละตำรับการทดลอง

ปริมาณการให้น้ำแก่แต่ละตำรับการทดลอง (คำนวณเป็นความสูงของน้ำ, มม./วัน) และการระเหยน้ำจากถาดของสถานีอุตุนิยมวิทยาที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่สาใหม่ แสดงในตารางที่ 6.4 พบว่าปริมาณการให้น้ำในระยะปลูกใหม่และระยะตั้งตัว แม่ของ T4 150% สูงกว่าการระเหยน้ำจากถาดมาก ขณะที่ปริมาณการให้น้ำปริมาณการให้น้ำในระยะระยะเก็บข้อมูลของ T2 100% ใกล้เคียงกับการระเหยน้ำจากถาด ตามที่กำหนดในตำรับการทดลอง

ตารางที่ 6.4 ปริมาณการให้น้ำ และการระเหยน้ำจากถาด

	T1 150%	T2 100%	T3 75%	T4 50%	Epan*
	มม./วัน				
ระยะปลูกใหม่	14.2	9.5	7.1	4.7	1.9
ระยะตั้งตัว	18.3	12.2	9.1	6.1	2.5
ระยะเก็บข้อมูล	8.1	5.4	4.0	2.7	4.8
เฉลี่ย	11	7.3	5.5	3.7	3.1

* ข้อมูลจากสถานีอุตุนิยมวิทยาที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่สาใหม่

6.1.2 ผลการปลูกกะหล่ำทดลองในแปลงศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่สาใหม่

ก. ผลผลิตส่งตลาด

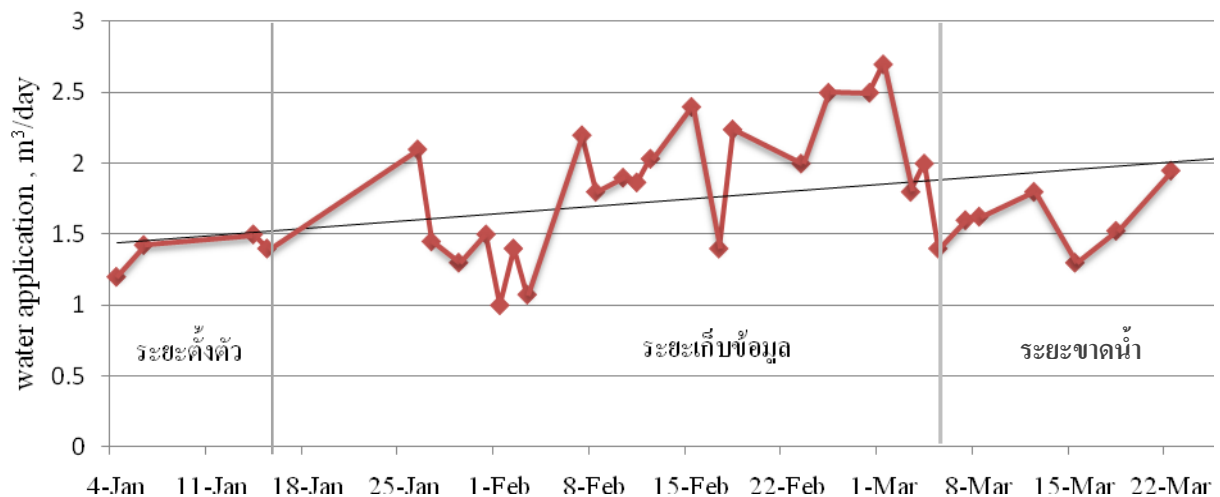
ผลการวิเคราะห์ analysis of variance ของผลผลิตส่งตลาดของการทดลองที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่สาใหม่ แสดงในตารางที่ 6.5 พบว่าไม่ต่างกันทางสถิติระหว่างตำรับที่ได้รับน้ำต่างกัน และทั้งหมดมีผลผลิตต่ำกว่าการทดลองที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองหอยมาก

ตารางที่ 6.5 ผลการวิเคราะห์ analysis of variance ของผลผลิตส่งตลาด

	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	เฉลี่ย	
T1 150%	3,556	4,089	3,911	3,852	a
T2 100%	3,911	3,956	3,956	3,941	a
T3 75%	3,600	4,133	4,044	3,926	a
T4 50%	2,889	3,778	4,044	3,570	a

ข. ปริมาณการให้น้ำรวมแก่แปลงทดลองทั้ง 3 block

ปริมาณการให้น้ำรวมแก่แปลงทดลองทั้ง 3 block แสดงในรูปที่ 7.4.4 ตั้งแต่วันย้ายปลูกในแปลง (วันที่ 27 ธันวาคม 2552) จนถึงวันที่ 4 มกราคม 2553 ให้น้ำโดยใช้สายยางพ่น ต่อจากนั้นจึงให้โดยระบบน้ำหยด พบว่าการให้น้ำไม่สม่ำเสมอ ในระยะแรกมีการทิ้งช่วงยาว 4 - 7 วัน



รูปที่ 6.2 ปริมาณการให้น้ำรวมแก่แปลงทดลองศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่สาใหม่

ค. ปริมาณการให้น้ำแก่แต่ละดำรับการทดลอง

ปริมาณการให้น้ำแก่แต่ละดำรับการทดลองเมื่อคำนวณเป็นความสูงของน้ำ (ตารางที่ 6.6) พบว่าโดยเฉลี่ยในระยะเก็บข้อมูล ดำรับ T2 100% ได้รับน้ำมากกว่าค่า Epan 10 % ซึ่งเป็นตามที่กำหนดไว้ แต่หลังจากวันที่ 8 มีนาคม 2553 ดำรับ T2 100% ได้รับน้ำต่ำกว่า Epan ถึง 40 % ซึ่งเท่ากับได้รับน้ำเพียงประมาณครึ่งหนึ่งของที่กำหนด ทั้งนี้เนื่องจากการเป็นระยะที่มีการใช้น้ำในศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่สาใหม่มาก จนแรงดันในท่อต่ำ

ตารางที่ 6.6 ปริมาณการให้น้ำแก่แต่ละดำรับการทดลอง

	T1 150%	T2 100%	T3 75%	T4 50%	Epan
	มม./วัน				
ระยะเก็บข้อมูล	6.14	4.09	3.07	2.05	3.71
ระยะขาดน้ำ	4.35	2.90	2.17	1.45	4.80

6.1.3 สรุปผลการทดลองที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองหอยและแม่สาใหม่

ผลผลิตส่งตลาดได้จากการทดลองที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองหอยผันแปรตามปริมาณน้ำที่ให้ ในช่วงแรกฤดูปลูกพืชได้รับน้ำโดยเฉลี่ยเกินที่กำหนดในการทดลองมาก แต่มาปรับให้พอดีในช่วงท้าย ผลผลิตของการทดลองที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่สาใหม่ไม่แตกต่างกันตามปริมาณน้ำที่ให้ ในช่วงแรกฤดูปลูกพืชได้รับน้ำตามที่กำหนดในการทดลอง แต่ในช่วงท้ายได้รับน้ำน้อยกว่าที่กำหนดมาก ขณะเดียวกันที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองหอยมีเจ้าหน้าที่ของศูนย์ฯ ดูแลแปลงทดลองใกล้ชิด กว่าแปลงทดลองที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่สาใหม่ ที่ดูแลโดยนักวิจัยเองโดยตรง (ไม่มีภาพประกอบการรายงานผลในหัวข้อนี้ เนื่องจากทำ Moveable hard disk ตก ชำรุด จนเปิด file ทั้งหมดไม่ได้)

6.2 การสำรวจระบบการให้น้ำของเกษตรกร

จากการสำรวจระบบการให้น้ำของเกษตรกรในชุมชนแม่สาใหม่ จำนวน 8 ราย โดยการสัมภาษณ์เกษตรกรและเดินสำรวจแหล่งน้ำ ผลการศึกษาที่ได้มีรายละเอียดดังนี้

ก. ข้อมูลระบบท่อน้ำของเกษตรกรแต่ละราย

ข้อมูลด้านขนาดของบ่อน้ำชลประทาน ลักษณะทั่วไปของท่อที่ใช้ รวมทั้งพื้นที่รับน้ำและลักษณะการให้น้ำของเกษตรกรบางรายแสดงในตารางที่ 6.7-6.9 และผลการสำรวจการต่อท่อน้ำจากระบบชลประทานของราชการและการต่อท่อน้ำจากระบบน้ำซับตามธรรมชาติของเกษตรกร แสดงในรูปที่ 6.3-6.7

ตารางที่ 6.7 ข้อมูลบางประการของระบบท่อน้ำนายเจอะ

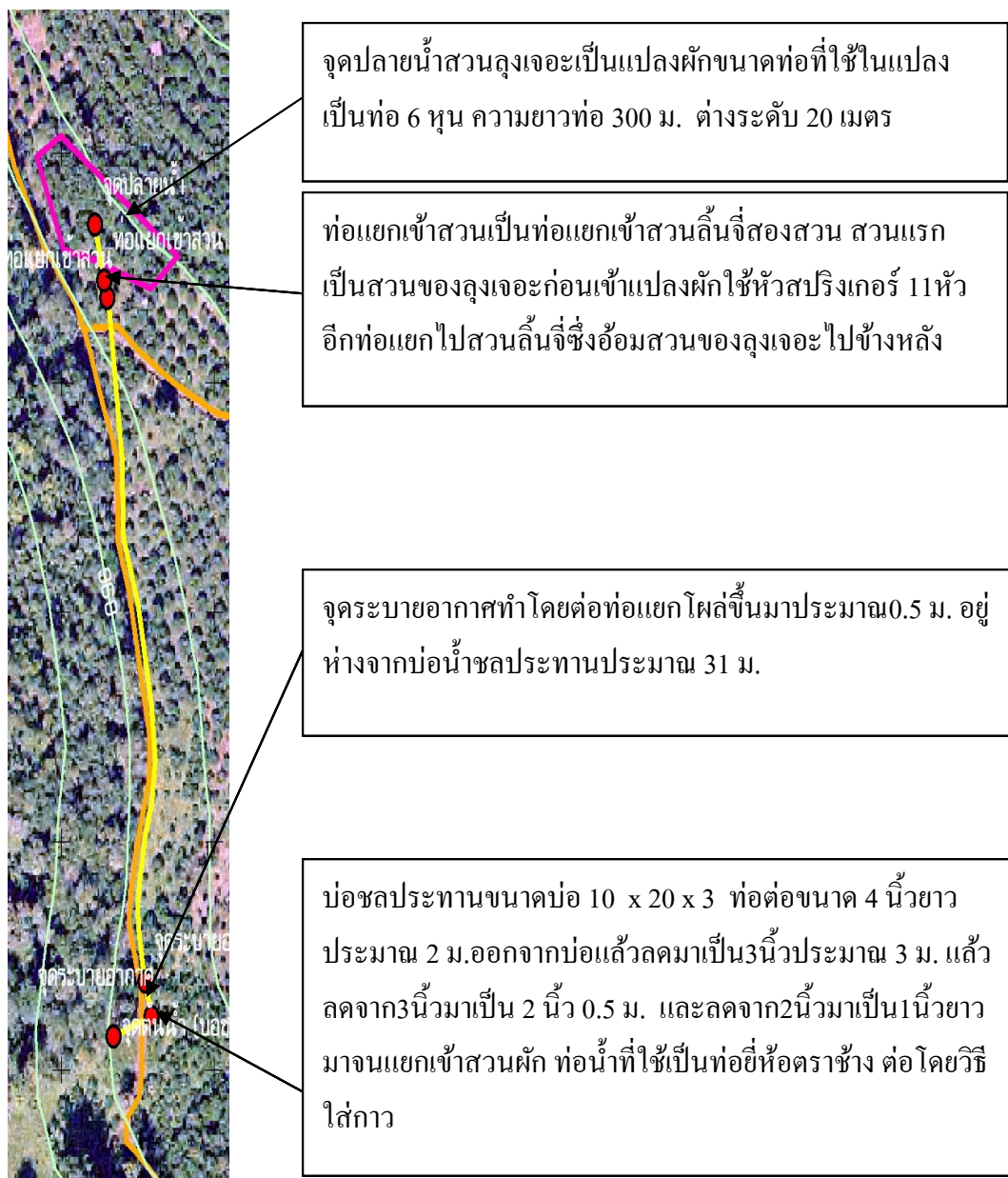
1. นายเจอะ				
แหล่งน้ำ	บ่อชลประทาน	10 x 20 x 3 ม.		
ลักษณะทั่วไปของท่อ	ขนาดท่อ	4 นิ้ว 2 ม.	3 นิ้ว 3 ม.	1 นิ้ว
	คุณภาพของท่อที่ยี่ห้อ	ตราช้าง	ความยาว	362 สี่ฟ้า
	จำนวนรูอากาศ	2 จุด		
	อายุของท่อ	ต่อโดยวิธี ไล่กา		
	ปัญหาและอุปสรรค			
พื้นที่รับน้ำและลักษณะให้น้ำ	ขนาดพื้นที่	ประมาณ 3 ไร่		
	พืชพรรณ	แปลงผัก ถั่วลิสง		
	การใช้น้ำ	สปริงเกอร์		
	การเปิด-ปิด			
	จำนวนสปริงเกอร์ที่ใช้	แปลงถั่วลิสง 11 หัว		

ตารางที่ 6.8 ข้อมูลบางประการของระบบท่อน้ำนายนยนต์ชัย ถนนมกิจดี 1

2. มนต์ชัย ถนนมกิจดี						
แหล่งน้ำ	บ่อชลประทาน	4 x 4 x 3 ม.				
ลักษณะทั่วไปของท่อ	ขนาดท่อ	4 นิ้ว	2 นิ้ว	1 นิ้ว	6 หุน	4 หุน
	คุณภาพของท่ออีพ็อกซี	ท่อน้ำไทย	ความยาว	662 ม.	สีเทา	
	จำนวนรูอากาศ	ไม่มี				
	อายุของท่อ	8 ปี	ต่อโดยวิธี	ใส่กาวยกเว้นท่อ 4 หุน		
		ฤดูแล้งมีปัญหา น้ำไม่พอใช้เนื่องจาก บ่อตระกุกแซ่ ปล่อยน้ำ				
พื้นที่รับน้ำและ ลักษณะให้น้ำ	ปัญหาและอุปสรรค	มาน้อย				
	ขนาดพื้นที่	4 ไร่				
	พืชพรรณ	ผัก				
	การให้น้ำ	สปริงเกอร์				
	การเปิด-ปิด	7.00น. - 18.00น.				
	จำนวนสปริงเกอร์ที่ใช้	37 หัว				

ตารางที่ 6.9 ข้อมูลบางประการของระบบท่อน้ำนายนนต์ชัย ถนนมกิจดี 2

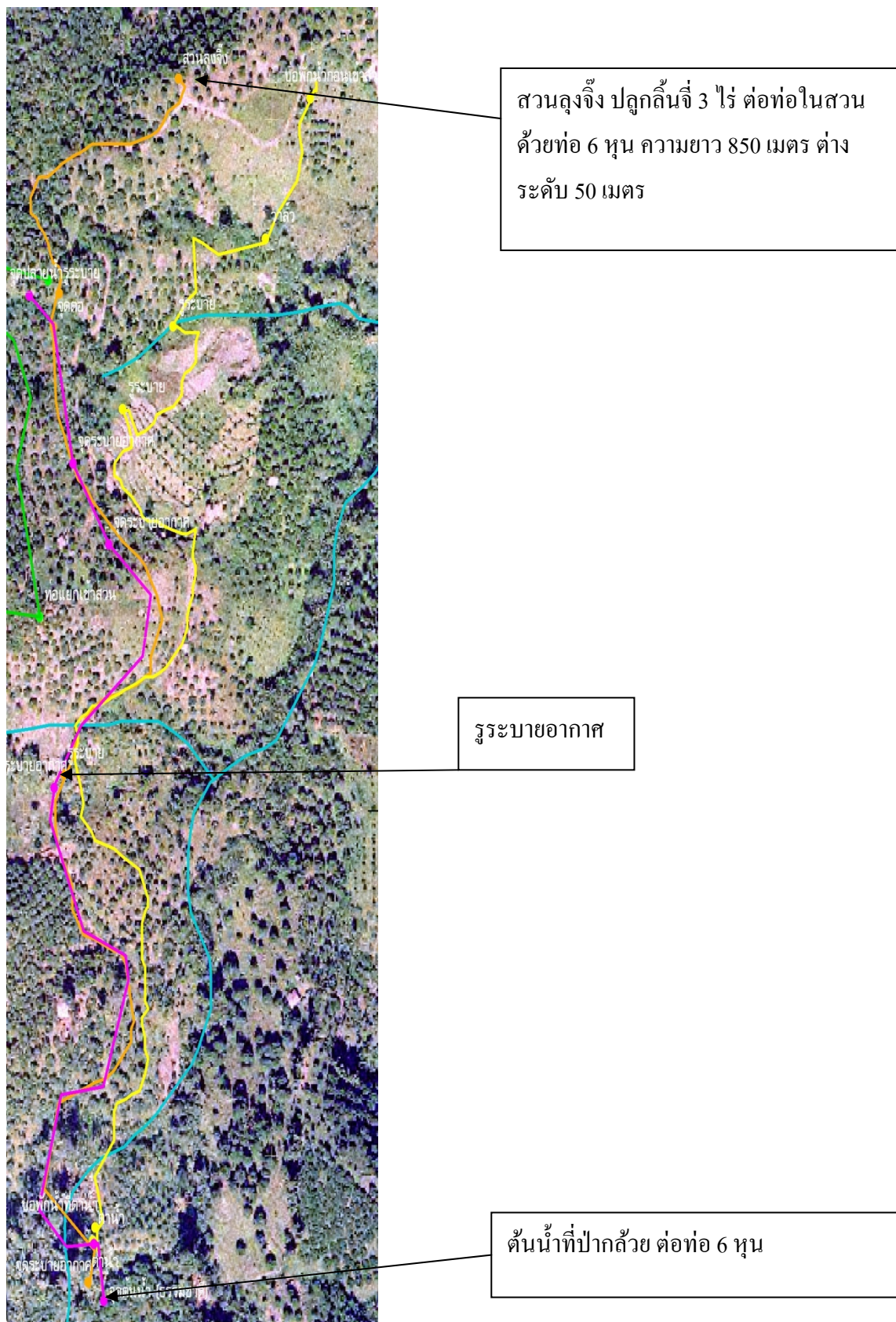
3. มนต์ชัย ถนนมกิจดี					
แหล่งน้ำ	ฝายสาธารณะปากกล้วย				
ลักษณะทั่วไปของท่อ	ขนาดท่อ	1 นิ้ว	4 หุน		
	คุณภาพของท่ออีพ็อกซี	ท่อน้ำไทย	ความยาว	758 ม.	สีเทา
	จำนวนรูอากาศ	4 รู			
	อายุของท่อ	8 ปี	ต่อโดยวิธี	ใส่กาวยกเว้นท่อ 4 หุน	
	ปัญหาและอุปสรรค	ไม่มีปัญหาเกี่ยวกับน้ำ สายนี้ น้ำไหลแรงทั้งปี			
พื้นที่รับน้ำและลักษณะให้น้ำ	ขนาดพื้นที่	4 ไร่			
	พืชพรรณ	ผัก			
	การใช้น้ำ	สปริงเกอร์			
	การเปิด-ปิด				
	จำนวนสปริงเกอร์ที่ใช้				



รูปที่ 6.3 ผลการสำรวจการต่อท่อน้ำจากระบบบ่อน้ำของชลประทานสายที่ 1 นายเจอะ



รูปที่ 6.4 ผลการสำรวจท่อน้ำจากระบบบ่อน้ำของชลประทานสายที่ 2 นายมนต์ชัย ถนนมกิจดี



ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจระบบท่อและการต่อท่อของเกษตรกร สามารถสรุปได้ว่า ท่อที่ต่อจากระบบน้ำชลประทานของราชการมีระยะทางและความต่างระดับน้อยกว่าท่อที่เกษตรกรต่อจากระบบน้ำซับตามธรรมชาติ แต่เกษตรกรก็ยังใช้ท่อคุณภาพต่ำเช่นเดียวกัน ระยะทางที่สั้นประกอบความจำเป็นที่น้ำในระบบชลประทานของราชการมีจำกัดมาก เกษตรกรจึงต้องปิดน้ำเมื่อไม่ใช่ แต่ท่อที่เกษตรกรต่อจากระบบน้ำซับ มีความยาวมาก และต่างระดับมากทำให้เกษตรกรไม่ปิดน้ำเมื่อไม่ใช่ น้ำ เนื่องจากจะทำให้ท่อแตก

6.3 การวัดน้ำต้นทุนเพื่อการเกษตรในฤดูแล้งและความต้องการน้ำในฤดูแล้ง

ผลการศึกษาการวัดน้ำต้นทุนและความต้องการน้ำในฤดูแล้ง แบ่งตามแหล่งน้ำ 3 แหล่ง อันได้แก่ แหล่งน้ำของเกษตรกรในตระกูลแซ่ แหล่งน้ำซับปากกล้วยและแหล่งน้ำของทางราชการ โดยมีรายละเอียดตามแหล่งน้ำดังต่อไปนี้

1) แหล่งน้ำตระกูลแซ่

บ่อน้ำซับของตระกูลแซ่จัดเป็นแหล่งน้ำที่สมบูรณ์ที่สุด เนื่องจากเป็นแหล่งน้ำของกลุ่มผู้ตั้งถิ่นฐานในบ้านแม่สาใหม่มาตั้งแต่ดั้งเดิม แหล่งน้ำแห่งนี้มีการแบ่งกันใช้ระหว่างเกษตรกร 5 ราย โดยใช้ท่อ PVC ขนาด 1 นิ้วต่อจากแหล่งน้ำเพื่อนำน้ำไปใช้ในพื้นที่เกษตรที่ประกอบด้วยสวนลิ้นจี่ แปลงพืชผัก และโรงเรือนพืชผัก โดยเกษตรกร 4 รายเป็นเกษตรกรชาวม้งในบ้านแม่สาใหม่ และอีก 1 รายเป็นเกษตรกรชาวไทยที่บ้านโป่งแยง ดั้งเดิมเกษตรกรทั้งหมดนี้ใช้น้ำและพื้นที่ในการทำนา ต่อมาเกษตรกรชาวม้งได้เปลี่ยนการใช้พื้นที่เป็นสวนลิ้นจี่และสวนผัก ส่วนเกษตรกรจากบ้านโป่งแยงได้ขายที่นาให้แก่เกษตรกรชาวม้ง แต่ไม่ขายสิทธิ์การใช้น้ำ หากแต่ต่อท่อน้ำไปขายให้เกษตรกรที่บ้านโป่งแยงที่อยู่ห่างไปประมาณ 2.5 กม. นอกจากนี้เกษตรกรทั้งหมดนี้ยังได้แบ่งน้ำจำนวนหนึ่งให้กับศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่สาใหม่ โดยใช้ท่อ PVC ขนาด 0.5 นิ้ว

การวัดอัตราการไหลของน้ำในท่อของเกษตรกรแต่ละรายเมื่อวันที่ 23 เมษายน 2553 (รูปที่ 6.8) ซึ่งเป็นช่วงที่แล้งที่สุดด้วยมาตรวัดน้ำ ผลการวัดปริมาณน้ำและความต้องการน้ำที่คำนวณจากขนาดพื้นที่เกษตรและการระเหยน้ำในเดือนมีนาคม-เมษายน (ตารางที่ 6.10) พบว่าเกษตรกรชาวม้งทุกรายมีน้ำในฤดูแล้งมากกว่าความต้องการน้ำของพื้นที่ประมาณ 21-61 % ซึ่งหมายความว่าเกษตรกรสามารถแบ่งน้ำที่มีอยู่ซึ่งมากกว่าความต้องการให้แก่เกษตรกรรายอื่นใช้ได้



รูปที่ 6.8 การวัดน้ำจากแหล่งน้ำตระกูลแซ่

ตารางที่ 6.10 อัตราการไหลและความต้องการน้ำในฤดูแล้งของเกษตรกรที่ใช้น้ำจากบ่อน้ำตระกูลแซ่

สายที่	ขนาดท่อ นิ้ว	เจ้าของ	อัตราการ ไหล, ม ³ /วัน	พื้นที่ใช้น้ำ, ไร่		ต้องการน้ำในฤดู แล้ง, ม ³ /วัน
				ล้นจี่	ผัก	
1	1	นายไต้	43	3.5	0.5	32
2	1	นายฟ่าง	58	5.0	0.5	44
3	1	นายเหยื่อ	58	6.0	โรงเรือน	48
4	1	นายมนัส	58	4.5	โรงเรือน	36
5	1	ขายสิทธิ์ให้น้ำให้ เกษตรกรโป่งแยง	58			
6	1/2	แบ่งน้ำให้โครงการ หลวงแม่สาใหม่	9			

พื้นที่ทางตอนใต้ของแหล่งน้ำซับของตระกูลแซ่นี้ มีอ่างเก็บน้ำของกรมชลประทาน ความจุ 1,500 ม³ อยู่ 1 อ่าง (รูปที่ 6.9) ซึ่งกำหนดว่าจะใช้เสริมปริมาณน้ำให้กับระบบน้ำชลประทานราชการ ซึ่งแหล่งน้ำ

ต้นทุนในฤดูแล้งขาดแคลนมาก แต่ก็ไม่สามารถดำเนินการได้เนื่องจากกลุ่มเกษตรกรที่เข้าถึงแหล่งน้ำนี้ไม่ยอมแบ่งน้ำให้ ยกเว้นแบ่งให้ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่สาใหม่เพียงวันละ 9 ม³



รูปที่ 6.9 อ่างเก็บน้ำของกรมชลประทานความจุ 1,500 เมตร ที่ยังไม่ได้ใช้ประโยชน์

2) แหล่งน้ำซับปากกล้วย

แหล่งน้ำซับปากกล้วยเป็นแหล่งน้ำที่เกษตรกรทั่วไปเข้าถึงและสามารถต่อท่อ PVC นำน้ำไปใช้ได้ ในแหล่งนี้จึงมีท่อ PVC ขนาด 0.75 -1.5 นิ้วมาต่อนำน้ำไปใช้มากถึง 28 ท่อ ได้วัดน้ำที่ไหลในท่อและนอกท่อ โดยใช้ cut-throat fume เป็นเครื่องมือในการวัด เมื่อวันที่ 24 เมษายน 2553 ระหว่าง 18.00 ถึง 21.00 น ที่ต้องวัดในเวลากลางคืน เพื่อไม่ให้เป็นการรบกวนการใช้น้ำของเกษตรกร ดังรูปที่ 6.10



รูปที่ 6.10 การวัดน้ำจากแหล่งน้ำซับปากถั่ว

ผลจากการวัดปริมาณการไหลของน้ำ พบว่า แหล่งน้ำซับปากถั่วในฤดูแล้งมีน้ำถูกใช้แล้ว (น้ำไหลในท่อทั้งหมด) 1,720 ม³/วัน ซึ่งมีปริมาณเพียงพอสำหรับการเกษตรประมาณ 215 ไร่ และยังมีน้ำที่ยังไม่ถูกใช้ (ไหลนอกท่อ) อีก 280 ม³/วัน ซึ่งเพียงพอสำหรับการเกษตรประมาณ 35 ไร่ (ตารางที่ 6.11) แต่เมื่อนำข้อมูลนี้เสนอในเวทีชุมชน พบว่าท่อน้ำทั้ง 28 ท่อนั้นใช้กับพื้นที่เกษตรรวมกันประมาณ 150 ไร่ เท่านั้น

ตารางที่ 6.11 ปริมาณน้ำที่ไหลในฤดูแล้งจากแหล่งน้ำซับปากถั่ว

การใช้น้ำ	ปริมาณน้ำที่ใช้และยังไม่ได้ใช้	เพียงพอกับพื้นที่เกษตร
ปริมาณน้ำที่ถูกใช้แล้ว (ไหลในท่อ)	1,200 ลิตร/นาถิ (1,720 ม ³ /วัน)	215 ไร่
ปริมาณน้ำที่ยังไม่ถูกใช้ (ไหลนอกท่อ)	195 ลิตร/นาถิ (280 ม ³ /วัน)	35 ไร่
รวม	1,395 ลิตร/นาถิ (2,000 ม ³ /วัน)	250 ไร่

3) แหล่งน้ำของราชการ

ระบบน้ำของทางราชการก่อสร้างโดยกรมชลประทานเมื่อปี พ.ศ. 2520 โดยใช้น้ำต้นทุนจากแหล่งที่ไม่มีเกษตรกรเข้าใช้มาก่อน จากลำห้วยเหนือบ้านแม่สาใหม่ 2 สาย ระบบประกอบด้วยอ่างคอนกรีตพักน้ำขนาดความยาวของสันอ่าง 20 x 20 เมตร มีความจุ 1,040 ลูกบาศก์เมตร และฝายน้ำล้น จากอ่างพักน้ำมีระบบท่อส่งน้ำและบ่อคอนกรีตพักน้ำ บ่อพักน้ำนี้แบ่งเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่อยู่ในศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่สาใหม่จำนวน 14 บ่อ และส่วนที่อยู่นอกพื้นที่โครงการหลวงเพื่อให้เกษตรกรได้ใช้โดยตรงอีก 8 บ่อ แต่ละบ่อมีความจุ 70 ลบม. นอกจากนี้ยังมีบ่อพักน้ำที่เกษตรกรสร้างเองแต่นำน้ำจากระบบน้ำของราชการอีกอย่างน้อย 2 บ่อ (รูปที่ 6.11)

ผลจากการวัดอัตราการไหลของน้ำลำห้วยเหนือบ้านแม่สาใหม่ 2 สาย ที่เป็นแหล่งน้ำต้นทุนของระบบน้ำราชการด้วย Cut –Throat Flume ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนเมษายนของปี 2550 -2552 พบว่าในช่วงเดือนมีนาคมถึงเดือนเมษายน เป็นเดือนที่มีน้ำไหลในลำห้วยต่ำที่สุด ซึ่งตรงกับระยะที่ล้นจี่ซึ่งเป็นไม้ผลหลักในชุมชนต้องการน้ำชลประทานมากที่สุด ปริมาณน้ำที่ไหลลงอ่างพักน้ำและระบบชลประทานในช่วงแล้งที่สุดซึ่งน้อยกว่า 100 ม³/วัน นี้น้อยกว่าความต้องการของพื้นที่เกษตรในฤดูแล้งที่บ้านแม่สาใหม่มาก ปริมาณน้ำ 100 ม³/วัน นี้ น่าจะใช้ในพื้นที่เกษตรในฤดูแล้งได้ไม่เกิน 100 ไร่ ขณะที่ผลการสำรวจการใช้ที่ดินของศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่สาใหม่ ในปี พ.ศ.2549 (ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่สาใหม่, 2550.) พบว่า พื้นที่ลุ่มน้ำแม่น้อย มีการสวนล้นจี่ ประมาณ 1,636 ไร่ ซึ่งเกษตรกรส่วนใหญ่ น่าจะใช้น้ำจากระบบต่อตรงจากแหล่งน้ำซับ ที่ยังไม่ได้สำรวจอีก



รูปที่ 6.11 ระบบน้ำชลประทานของราชการ

6.4 การจัดเวทีคืนข้อมูลแก่ชุมชนเพื่อการแก้ไขปัญหาการใช้น้ำอย่างมีส่วนร่วม

การนำเสนอข้อมูลที่ได้จากการศึกษาแก่ชุมชนแบ่งออกเป็น 3 ส่วนคือ การนำเสนอในที่ประชุม คณะทำงานของศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่สาใหม่ และการจัดเวทีประชาคมเพื่อแก้ไขปัญหาการใช้น้ำใน ถุดั้งในพื้นที่โครงการหลวงทั้งสองแห่ง ซึ่งมีดังรายละเอียดดังนี้

1) การนำเสนอผลการศึกษาที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่สาใหม่

วันที่ 21 มิถุนายน 2553 เวลา 9.00-12.00 น. คณะนักวิจัยได้ร่วมประชุมกับคณะทำงานศูนย์ พัฒนาโครงการหลวงแม่สาใหม่ ซึ่งประกอบด้วย เจ้าหน้าที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่สาใหม่ ผู้ใหญ่บ้าน ผู้ช่วยผู้ใหญ่บ้าน สมาชิกสภา อบต. ของบ้านแม่สาใหม่และบ้านแม่สาใหม่ นายและ ประธานสภาองค์การบริหารส่วนตำบลโป่งแยง เจ้าหน้าที่เกษตรตำบล ผู้อำนวยการเขตการศึกษา เกษตร อำเภอกำแพงแสน พัฒนาการอำเภอกำแพงแสน สาธารณสุขอำเภอกำแพงแสน เจ้าหน้าที่ชลประทาน กรมอุทยานธรรมชาติและพันธุ์พืชใน ตำบลโป่งแยงและอำเภอกำแพงแสน ผู้แทนโครงการ The Uplands ณ ห้องประชุมองค์การบริหารส่วนตำบลโป่งแยง โดยได้เสนอผลการวิจัยทั้งหมดแก่คณะทำงาน (รูปที่ 6.12) โดยได้เน้นข้อสรุปว่าผู้ที่เข้าถึงแหล่งน้ำ

จากธรรมชาติ ได้แก่ ผู้ตั้งถิ่นฐานกลุ่มแรกๆ ที่เป็นเจ้าของแหล่งน้ำตระกูลแซ่ และผู้ที่พื้นที่การเกษตรอยู่ในตำแหน่งและระยะที่สามารถใช้น้ำจากแหล่งน้ำจับปากกล้วยได้ มีน้ำใช้ในการเกษตรดูแลอย่างเพียงพอ และสามารถแบ่งปันให้ผู้อื่นที่ขาดแคลนน้ำใช้ได้ด้วย ส่วนเกษตรกรที่ใช้น้ำจากระบบของราชการที่ต้องอาศัยน้ำจากแหล่งที่เกษตรกรไม่ได้เข้าถึงมาก่อน มีน้ำไม่พอใช้ ที่ประชุมโดยเฉพาะผู้อำนวยการศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่สาใหม่เห็นควรให้นักวิจัยจัดเวทีประชาคม เพื่อให้ข้อมูลที่มีหลักฐานการวัดปริมาณน้ำที่เชื่อถือได้แก่เกษตรกร เพื่อให้เกษตรกรที่เข้าถึงแหล่งน้ำก่อนได้มั่นใจว่าสามารถแบ่งน้ำให้แก่ผู้อื่นได้โดยการต่อท่อเพิ่มหรือปล่อยน้ำเข้าระบบของชลประทานราชการ และควรดำเนินการต่างๆ ในฤดูฝนซึ่งมีน้ำเพียงพอ จะทำให้ได้ข้อตกลงเพื่อการแก้ปัญหาต่างๆ ได้ง่ายกว่าการดำเนินการในฤดูแล้งที่การขาดแคลนน้ำจะเป็นปัญหาเฉพาะหน้าอีกปีหนึ่ง

2) การจัดเวทีประชาคมกับเกษตรกรในพื้นที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่สาใหม่

หลังจากได้หารือกับผู้นำชุมชนบ้านแม่สาใหม่และแม่สาน้อยแล้ว ชุมชนแม่สาใหม่ (ซึ่งเป็นชุมชนที่ขยายตัวข้ามลำห้วยแม่สาใหม่ เกิดเป็นชุมชนที่เกิดใหม่กว่าชุมชนแม่สาใหม่) เห็นควรให้จัดเวทีประชาคมในวันที่ 20 กรกฎาคม 2553 ในเวลากลางคืน ซึ่งเกษตรกรสะดวกมาร่วมเวทีมากกว่าเวลากลางวัน จึงได้เปิดเวทีเสวนาเพื่อร่วมแก้ปัญหาการขาดแคลนน้ำในฤดูแล้งในพื้นที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่สาใหม่ ณ ห้องประชุม ชุมชนแม่สาใหม่ เวลา 20.00-22.00 (รูปที่ 6.13) ขณะที่ผู้นำชุมชนแม่สาใหม่ (ชุมชนดั้งเดิม ที่เกษตรกรเข้าถึงแหล่งน้ำมากกว่า) ปายเบี่ยงที่จะจัดเวทีประชาคม จนกระทั่งทำรายงานนี้ยังไม่ได้จัดเวทีประชาคม

ผลการจัดเวทีประชาคมกับชุมชนบ้านแม่สาใหม่ได้ข้อสรุปว่า

1. ชุมชนแม่สาใหม่ซึ่งเข้าถึงแหล่งน้ำได้น้อยกว่าชุมชนดั้งเดิมของแม่สาใหม่เห็นด้วยที่จะจัดระเบียบเพื่อแบ่งปันการใช้น้ำในฤดูแล้ง แต่ติดปัญหาที่เป็นปัญหาที่รับทราบกันมาโดยตลอดว่าเกษตรกรที่เข้าถึงน้ำก่อนไม่พร้อมที่จะแบ่งน้ำ
2. ท่อน้ำที่เกษตรกรต่อกันเองเป็นท่อ PVC ที่เรียกว่าท่อเกษตร ซึ่งเป็นท่อที่บางและมีราคาถูกและน่าจะรับแรงดันได้ไม่เกิน 3 บาร์ (30 เมตร) แต่แหล่งน้ำทั้งหมดอยู่ที่ระดับความสูง 930- 980 เมตร ในขณะที่พื้นที่เกษตรอยู่ที่ระดับ 830-930 เมตร ดังนั้นท่อส่งน้ำที่ยาวมากอาจต้องรับแรงดันมากถึง 3 บาร์ (100 เมตร) หากปิดปลายท่อจะทำให้ท่อแตกได้ เกษตรกรเกือบทั้งหมดจึงปล่อยน้ำไหลผ่านท่อแม้ว่าจะไม่ได้ใช้น้ำ ดังนั้นในอนาคต หากเกษตรกรสามารถมีข้อตกลงมีการแบ่งและจัดสรรน้ำ เกษตรกรต้องการให้ราชการช่วยสร้างบ่อพักน้ำกระจายลงไปพื้นที่ระดับ 840 – 900 เมตร แทนที่จะสร้างติดกับถนนทางเข้าหมู่บ้าน ที่ระดับความสูงเกิน 900 เมตรทั้งหมด ซึ่งจะทำให้ท่อน้ำที่จะนำน้ำสู่แปลงเกษตรกรมีระยะทางที่สั้นลง แรงดันน้ำในท่อ

น้อยลงจนสามารถใช้ท่อเกษตรได้ และมีระยะทางที่สั้นจนเกษตรกรแต่ละรายสามารถปิด-เปิดระบบท่อที่ต้นทางได้

3. ปัจจุบันเกษตรกรที่ใช้น้ำจากแหล่งน้ำซับปากกล้วยและแหล่งน้ำซับตระกูลแซ่ แต่ละรายได้ต่อท่อจากแหล่งน้ำถึงพื้นที่เกษตรของตนเอง ซึ่งมีระยะทางที่ยาวมาก เล่ากันว่ามิบางรายใช้ท่อ PVC ถึง 700 ท่อน ซึ่งจะได้ความยาวถึง 2,800 เมตร ทำให้ต้องใช้ท่อคุณภาพต่ำมีราคาถูกที่สุดเพื่อประหยัดต้นทุนมากที่สุด หากทางราชการสามารถช่วยสร้างบ่อบักน้ำกระจายลงไปพื้นที่ได้ จะทำให้ท่อส่งน้ำที่เกษตรกรจะจัดสร้างเองมีระยะทางที่สั้นลงมาก และอีกแนวทางหนึ่งที่เกษตรกรเห็นร่วมกันคือเกษตรกรที่มีพื้นที่เกษตรอยู่ใกล้กันสามารถร่วมมือกันว่าท่อใดสามารถใช้ท่อบางส่วนร่วมกัน ซึ่งจะทำให้สามารถประหยัดต้นทุนได้อีกจนสามารถใช้ท่อคุณภาพดีได้พร้อมมีระบบปิด-เปิดน้ำที่ดีด้วย
4. ปัจจุบันในบ้านแม่สาใหม่และแม่सान้อย ยังไม่มีการตั้งกลุ่มผู้ใช้น้ำ ไม่มีเวทีประชาคมให้จัดการแก้ปัญหาข้อขัดแย้งและความร่วมเพื่อการใช้น้ำอย่างมีประสิทธิภาพ ที่ประชุมได้รับทราบความสำเร็จในการบริหารงานของกลุ่มผู้ใช้น้ำในบ้านหนองหอยเก่าที่ผู้วิจัย (อ.สมชาย) ได้ร่วมเป็นที่ปรึกษา ในพื้นที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองหอย จึงประสงค์จะดูงานและเชิญประธานกลุ่มผู้ใช้น้ำบ้านหนองหอยเก่าเป็นที่ปรึกษาในการดำเนินการแก้ปัญหาของบ้านแม่สาใหม่และบ้านแม่सान้อย



รูปที่ 6.12 การเสนอผลงานในที่ประชุมคณะทำงานศูนย์วิจัยและพัฒนาโครงการหลวงแม่สาใหม่



รูปที่ 6.13 เวทีประชาคมการแก้ปัญหาการขาดแคลนน้ำในฤดูแล้ง ในพื้นที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่สาใหม่

3) การจัดเวทีประชาคมกับเกษตรกรในพื้นที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองหอย

ในพื้นที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองหอยก็มีปัญหาการขาดแคลนน้ำเพื่อการเกษตรในฤดูแล้งเช่นกัน ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองหอยและสำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 6 ได้จัดสร้างระบบบ่อบักน้ำ และท่อส่งน้ำในพื้นที่การเกษตรประมาณ 200 ไร่ โดยกำหนดจะใช้น้ำต้นทุนจากน้ำฝายจากลำห้วยในพื้นที่ และน้ำบาดาลมาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2545 การดำเนินการในระยะแรกนั้นขาดการมีส่วนร่วมของเกษตรกร ทำให้ระบบชำรุดภายในระยะสั้น จนกระทั่งในระยะเวลาที่ผู้วิจัยได้ดำเนินโครงการวิจัยนี้ในพื้นที่ ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองหอย ศูนย์ปฏิบัติการพัฒนาที่ดินโครงการหลวง กรมพัฒนาที่ดิน และกรมทรัพยากรน้ำบาดาลจึงได้รื้อฟื้นเพื่อใช้ระบบชลประทานที่เคยมีอยู่ ในครั้งนี้กำหนดว่าจะดำเนินการโดยเน้นการมีส่วนร่วมของเกษตรกรในพื้นที่ โดยมีนักศึกษาปริญญาโท สาขาการพัฒนากุมิสังคมอย่างยั่งยืน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ 2 คน เป็นผู้ดำเนินวิจัยเชิงปฏิบัติการเป็นวิทยานิพนธ์ เพื่อรื้อฟื้นและพัฒนาระบบน้ำอย่างมีส่วนร่วม ผู้วิจัย (อ.สมชาย) ในฐานะอาจารย์ที่ปรึกษาของนักศึกษาปริญญาโททั้งสอง ได้ร่วมเป็นที่ปรึกษาของโครงการ หลังจากการจัดเวทีประชาคมเพื่อให้เกิดการมีส่วนร่วมของเกษตรกรหลายครั้ง (รูปที่ 6.14) ตลอดจนการดำเนินงานการบริหารกลุ่มผู้ใช้น้ำบนที่สูงที่ประสบความสำเร็จ กลุ่มเกษตรกรบ้านหนองหอยเก่าได้ตั้งกลุ่มผู้ใช้น้ำ และจัดทำระเบียบการใช้น้ำบาดาล กลุ่มผู้ใช้น้ำเพื่อการเกษตรบ้านหนองหอยเก่า พ.ศ. 2553 ระเบียบนี้ผ่านการลงมติถูกต้องในการใช้และมีการแก้ไขในเวทีประชาคมให้เหมาะสมกับภูมิสังคมของชุมชนหลายครั้ง



รูปที่ 6.14 เวทีประชาคมการแก้ปัญหาการขาดแคลนน้ำในฤดูแล้ง ในพื้นที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองหอย เมื่อวันที่ 10 มีนาคม 2553

บทที่ 7

บทสรุป

จากผลการวิจัยของคณะนักวิจัยภายใต้โครงการ The Uplands Program ได้แสดงให้เห็นถึงปัญหาความเสื่อมความอุดมสมบูรณ์ของดินและการขาดแคลนทรัพยากรน้ำบนพื้นที่สูงจากการขยายตัวของการผลิตทางการเกษตรบนพื้นที่สูงโดยขาดการอนุรักษ์ดินและน้ำอย่างถูกวิธี ส่งผลกระทบต่อความยั่งยืนในการใช้ทรัพยากรบนพื้นที่สูงของประเทศ จึงจำเป็นต้องมีการศึกษาเพื่อหาวิธีการปรับปรุงความอุดมสมบูรณ์ของดินและหาแนวทางในการจัดการน้ำบนพื้นที่สูงให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพของการอนุรักษ์ดินและน้ำแบบบูรณาการโดยการปลูกพืชตามแนวระดับในร่องและปลูกพืชตระกูลถั่วคลุมดินบนสันร่องเพื่อป้องกันการชะพังทลายของสันร่อง พร้อมทั้งศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำและความเป็นประโยชน์ของธาตุฟอสฟอรัสและสังกะสีในการปลูกพืชในร่อง รวมทั้งศึกษาแนวทางเพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำชลประทานด้วยการใช้ Tensionmeter Control Unit และศึกษาแนวทางปรับปรุงระบบบริหารจัดการน้ำชลประทานในฤดูแล้งของชุมชนแม่สาใหม่แบบมีส่วนร่วม

ผลการศึกษาการปรับปรุงประสิทธิภาพของการอนุรักษ์ดินและน้ำโดยการปลูกพืชตามแนวระดับในร่อง พบว่า การปลูกถั่วปิ่นโตบนสันร่องทั้งในแปลงที่มีการคลุมดินและไม่คลุมดินในร่องด้วยหญ้าไม้กวาดมีผลต่อการพังทลายของสันร่องโดยมีความลึกของร่องปลูกและความกว้างของสันร่องลดลงสะสมไม่แตกต่างกันทางสถิติ ซึ่งชี้ให้เห็นว่าวิธีการปลูกพืชตระกูลถั่วบนสันร่องสามารถเพิ่มเสถียรภาพให้กับสันร่องปลูกอย่างมีนัยสำคัญ การปลูกพืชบนสันร่องปลูกสามารถลดค่าการสูญเสียดินซึ่งทำให้ความลึกของร่องปลูกสะสมสูงกว่า การไม่มีถั่วคลุมดิน ประมาณ 2-3 เท่า และความกว้างของสันร่องปลูกที่คลุมด้วยถั่วปิ่นโตมีการลดลงสะสมน้อยกว่าสันร่องที่ไม่มีถั่วปิ่นโตประมาณ 1 – 2 เท่า นอกจากนี้วิธีการปลูกถั่วปิ่นโตบนสันร่องยังช่วยปรับปรุงสันร่องให้มีสมบัติทางฟิสิกส์ เช่น ความหนาแน่นรวมของดิน ความพรุนที่มีการถ่ายเทอากาศดี ปริมาณเม็ดดินที่เสถียร อัตราการซึมน้ำเข้าสู่ผิวดิน รวมทั้งเพิ่มปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินให้มีค่าสูงขึ้นกว่าสันร่องที่ไม่มีการปลูกถั่วปิ่นโตคลุมดินอย่างเด่นชัด อย่างไรก็ตามการปลูกถั่วปิ่นโตบนสันร่องและการไม่มีถั่วคลุมดินบนสันร่อง ไม่มีผลแตกต่างกันต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของถั่วแปปี ในช่วงปลายฤดูฝน- กลางฤดูแล้ง หรือการเจริญเติบโตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกในช่วงต้นฤดูฝน อย่างไรก็ตามวิธีการปลูกพืชที่แตกต่างกัน 3 วิธี คือ CP, CF-AL และ CF-BgM-AL มีผลทำให้การเจริญเติบโตและผลผลิตของพืชแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดย CF-BgM-AL และ CF-AL ให้น้ำหนักฝักแห้งของผลผลิตถั่วแปปีสูงที่สุดและสูงเป็นอันดับสองคือ 0.88 และ 0.61 ตัน/เฮกตาร์ ตามลำดับเมื่อเปรียบเทียบกับ CP ที่ให้ผลผลิตต่ำที่สุดคือ 0.38 ตัน/เฮกตาร์ นอกจากนี้ CF-BgM-AL และ CF-AL ยังให้น้ำหนักแห้งให้น้ำหนักแห้งของต้นข้าวโพดส่วนที่อยู่เหนือดินทั้งหมด สูงที่สุดและสูงเป็นอันดับสอง คือ 1.447 และ 0.930 ตัน/เฮกตาร์ ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับ CP ที่ให้น้ำหนักแห้งของต้นข้าวโพด ต่ำที่สุด คือ 0.861 ตัน/เฮกตาร์ อย่างไรก็ตาม

ดีการเจริญเติบโตของต้นข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกในร่องที่มีการคลุมดินด้วยหญ้าไม้กวาด ในแปลงที่มีถั่ว ปีนโตและไม่มีถั่วป็นโตคลุมดินบนสันร่อง ไม่มีผลแตกต่างกันแต่อย่างใด

ผลการศึกษาประสิทธิภาพการใช้น้ำและความเป็นประโยชน์ของธาตุฟอสฟอรัสและสังกะสีในการ ปลูกพืชในร่อง พบว่า วิธีการปลูกพืชแบบเกษตรกรรมปฏิบัติ (CP) และ การปลูกในร่องปลูก (CF-AL) ทั้ง ที่มีการใส่และไม่ใส่ปุ๋ยหรือปุ๋ย มีแนวโน้มให้ค่าเฉลี่ยผันแปรของ pH, OM และ Ext.P เพิ่มขึ้นในช่วงเวลา ต่างๆระหว่างการเจริญเติบโตของถั่วเปีในลักษณะที่คล้ายคลึงกัน โดย วิธีการปลูกพืชแบบเกษตรกรรม ปฏิบัติ (CP) ให้ค่าเฉลี่ยของ pH ต่ำกว่า แต่ให้ค่า OM สูงกว่า CF-AL อย่างไรก็ตามการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกับการ ปลูกแบบเกษตรกรรม (CP+OF) ให้ค่า Ext.P สูงสุดเมื่อเปรียบเทียบกับดำรับการทดลองอื่นๆ นอกจากนี้การปลูกในร่องปลูก (CF-AL) มีผลให้ปริมาณผลผลิตของถั่วเปี สูงกว่า การปลูกแบบเกษตรกรรม ปฏิบัติ (CP) ในทุกกรณี โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อมีการใส่ปุ๋ยเคมีร่วมด้วย (CF-AL+IF) ส่วนการฉีดพ่น ธาตุสังกะสีต้นถั่วเปีทางใบมีผลทำให้การเจริญเติบโตทางด้านความสูงของถั่วเปีดีกว่าการ ไม่ฉีดพ่น สังกะสีในทุกกรณี อย่างไรก็ตามถึงแม้ปริมาณผลผลิตระหว่างการฉีดพ่นและไม่ฉีดพ่นธาตุสังกะสีให้ค่าที่ไม่ แตกต่างกัน แต่ต้นถั่วเปีที่ได้รับการฉีดพ่นด้วยสังกะสี มีแนวโน้มที่ให้ผลผลิตที่สูงกว่าต้นถั่วเปีที่ไม่มีการ ฉีดพ่นสังกะสีอย่างเด่นชัด จากผลดังกล่าวข้างต้นบ่งชี้ให้เห็นว่าการใส่ปุ๋ย ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยอินทรีย์ และการ ฉีดพ่นธาตุสังกะสีให้แก่ต้นถั่วเปีที่ปลูกในช่วงปลายฤดูฝน - กลางฤดูแล้ง สามารถเพิ่มผลผลิตให้แก่ต้นพืช ได้อย่างมีนัยสำคัญโดยเฉพาะเมื่อมีการใช้ร่วมกับวิธีการปลูกพืชในระบบร่องปลูก ซึ่งวิธีดังกล่าวนี้สามารถ ก่อให้เกิดระบบเกษตรที่ยั่งยืนบนพื้นที่ลาดชันได้

ผลการศึกษาแนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำ พบว่า Tensiometer Control Unit ซึ่งเป็น เครื่องมือควบคุมการให้น้ำที่สามารถใช้ได้กับระบบน้ำที่มีแรงดันต่ำ ไม่ต้องใช้กระแสไฟฟ้า ราคาถูก สามารถควบคุมการให้น้ำจากด้วยระบบท่อที่น้ำมีแรงดันต่ำ คือไม่เกิน 0.5 บาร์ได้ตามต้องการ ทำให้พืชที่ ปลูกในโรงเรือน 2 ชนิดคือกะหล่ำปลีและผักบุ้งจีน ได้รับน้ำเพียงเหมาะสม ใช้น้ำน้อยกว่าการให้น้ำ ด้วยมือ 49.29 % โดยที่มีผลผลิตไม่ต่างกัน สำหรับการทดลองในแปลงพบว่าผลผลิตกะหล่ำปลีแปรตาม ปริมาณน้ำที่ให้

ส่วนการศึกษาแนวทางการปรับปรุงการบริหารจัดการน้ำในฤดูแล้งของชุมชนแม่สาใหม่อย่างมี ส่วนร่วม พบว่า เกษตรกรที่เข้าถึงแหล่งน้ำซับมีน้ำในฤดูแล้งเกินความต้องการและส่วนใหญ่มีการใช้น้ำ อย่างไม่มีประสิทธิภาพด้วยสาเหตุหลายประการ ได้แก่ การต่อจากแหล่งน้ำถึงพื้นที่เกษตรมีความยาว และต่างระดับมาก ประกอบกับเกษตรกรใช้ท่อคุณภาพต่ำ ทำให้เกษตรกรไม่ปิดน้ำเมื่อไม่ใช้น้ำเนื่องจากจะ ทำให้ท่อแตก ส่วนระบบน้ำชลประทานของทางราชการนั้นมีน้ำต้นทุนในฤดูแล้งไม่เพียงกับความต้องการ ของพื้นที่เกษตรที่บริการอย่างยิ่ง เนื่องจากต้องใช้น้ำต้นทุนจากแหล่งที่เกษตรกรที่ตั้งถิ่นฐานมาก่อนไม่ได้ ใช้ แต่ท่อที่ต่อจากระบบน้ำชลประทานของราชการ มีระยะทางและความต่างระดับน้อย ทำให้เกษตรกรที่ใช้น้ำจากแหล่งนี้สามารถปิดน้ำที่ต้นทางเมื่อไม่ใช้น้ำได้

ส่วนการจัดเวทีประชาคมเพื่อแก้ไขปัญหาการขาดแคลนน้ำในฤดูแล้ง ได้ข้อสรุปว่า เกษตรกรที่ขาดแคลนน้ำใช้ต้องการให้มีข้อตกลงในการแบ่งน้ำกันใช้ และต้องการให้ราชการช่วยสร้างบ่อพักน้ำให้กระจายอยู่ในพื้นที่เพาะปลูก ซึ่งจะทำให้การต่อท่อน้ำสู่แปลงเพาะปลูกของเกษตรกรมีระยะทางสั้นลงและแรงดันในท่อน้อย เกษตรกรแต่ละรายจึงสามารถปิด-เปิดระบบท่อที่ต้นทางได้ตลอดเวลา เกษตรกรที่มีพื้นที่เกษตรอยู่ใกล้กันสามารถร่วมมือกันวางท่อให้สามารถใช้ท่อบางส่วนร่วมกัน ก็จะทำให้สามารถประหยัดต้นทุนได้อีกจนสามารถใช้ต่อคุณภาพดีได้ อย่างไรก็ตาม เกษตรกรที่ไม่มีปัญหาเรื่องน้ำไม่สนใจที่จะเข้าร่วมทำเวทีประชาคมเพื่อแก้ไขปัญหาการขาดแคลนน้ำแต่อย่างใด ปัจจุบันในบ้านแม่สาใหม่และแม่สาน้อย ยังไม่มีการตั้งกลุ่มผู้ใช้น้ำ ไม่มีเวทีประชาคมให้จัดการแก้ปัญหาข้อขัดแย้งและความร่วมมือการใช้น้ำอย่างมีประสิทธิภาพ จึงประสงค์จะเรียนรู้จากชุมชนที่บริหารกลุ่มผู้ใช้น้ำอย่างมีส่วนร่วม

เอกสารอ้างอิง

กรมพัฒนาที่ดิน [ระบบออนไลน์]. [http://www.ddd.go.th/ofswweb/news/article/article020401\(02\).htm](http://www.ddd.go.th/ofswweb/news/article/article020401(02).htm)

(18 พฤศจิกายน 2552)

กรมพัฒนาที่ดิน. 2533. รายงานค้นคว้าวิจัย ประจำปี 2533. กรมพัฒนาที่ดิน. กรุงเทพฯ

กฤตย์ สมสาร. 2549. ฟอสฟอรัสในดิน. ออนไลน์สืบค้นจาก :http://www.dss.go.th/dssweb/st-articles/files/cp_9_2549_Phosphorus.pdf [11 มิถุนายน 2552]

รัชชัย รัตนเลิศ;พฤกษ์ ยิบมันตะศิริ;รุ่งทิพย์ อุทุมพันธ์;ปฐมมา เดชะ. 2544.

พืชตระกูลถั่วบำรุงดินในระบบเกษตรผสมผสานที่มีมะม่วงเป็นพืชหลัก บนที่ดอนอาศัยน้ำฝน.

Agricultural Systems Working Paper No.112. เชียงใหม่: ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. เชียงใหม่

มัตติกา พนมธรนิกุล. 2549. “การจัดการดินและน้ำเพื่อระบบการเกษตรที่ยั่งยืน” ภาควิชาปฐพีศาสตร์และ
อนุรักษ์ศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัย เชียงใหม่. 442 หน้า

มัตติกา พนมธรนิกุล และ ศิวพงศ์ นฤบาล. 2550. “การเพิ่มผลผลิตและประสิทธิภาพ การใช้น้ำของพืช
ในระบบวนเกษตรน้ำฝนอย่างยั่งยืนบนพื้นที่ลาดชัน”รายงานผลการวิจัยฉบับสมบูรณ์ระหว่างเดือน
มกราคม 2547 – มีนาคม 2550 เสนอต่อ : สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ สภาวิจัยแห่งชาติ: 90
หน้า.

มัตติกา พนมธรนิกุล และศิวะพงศ์ นฤบาล. 2551. การปรับปรุงวิธีด้านการชะกร่อน และการเก็บ
เกี่ยวน้ำในดินโดยการปลูกพืชเชิงแถบอนุรักษ์เพื่อเพิ่มการผลิตพืชผสมในระบบเกษตรน้ำฝนอย่าง
ยั่งยืนบนพื้นที่ลาดชัน Improvement of Anti-Erosive and Water Harvesting Practices in Alley
Cropping to Increase Sustainable Rainfed Multiple Crop Production on Sloping Land. รายงาน
ความก้าวหน้าของการวิจัย ปีที่ 1 เสนอต่อสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ 47 หน้า.

สมชาย องค์ประเสริฐ และคณะ. 2552. รายงานการวิจัยผลงานวิจัยระยะที่ 3 ปีที่ 1 (มกราคม 2551 –
กุมภาพันธ์ 2552)โครงการวิจัย :การแก้ปัญหาการขาดน้ำสำหรับการเกษตรฤดูแล้งและการจัดการธาตุ
อาหารพืชในพื้นที่สูงและดอน

สำนักงานคณะกรรมการลุ่มน้ำปิงตอนบน. 2549. รายงานข้อมูลพื้นฐานเบื้องต้นลุ่มน้ำแม่สา. สำนักงาน
คณะกรรมการลุ่มน้ำปิงตอนบน สำนักงานทรัพยากรน้ำภาค 1 กรมทรัพยากรน้ำ.

ออนไลน์ สืบค้นจาก : http://eservice.agri.cmu.ac.th/download/research/003-018-A-51_file.pdf. [10
มิถุนายน 2552]

Alloway, B.J. 2008. Zinc in Soils and Crop Nutrition. IZA Publications. International Zinc
Association, Brussels.

International Zinc Association, 2009. Zinc in fertilizers essential for crops essential for life. Zinc
Nutrient initiative .ออนไลน์สืบค้นจาก <http://www.zinc-crops.org>

- Heyd, H. and Neef, A. 2006. Public participation in water management in northern Thai highlands. *Water Policy* 8(6): 395-413.
- Lovelli, M. P., Ferrara and T. D.T. University of Basilicata. Department of Crop Systems. Forestry and Environmental Sciences. Via Ateneo Lucano. 10,85100 Potenza. PZ. Italy
- Neef, A., Elstner, P., Sangkapitux, C., Chamsai, L., Bollen, A., Kitchaicharoen, J. 2005. Diversity of water management systems: Examples from Hmong and Thai communities in Mae Sa watershed, northern Thailand. *Mountain Research and Development* 25(1): 20-24.
- P. Steduto, T.C. Hsiao, D. Raes, and E. Fereres 2009. AquaCrop—The FAO Crop Model to Simulate Yield Response to Water: I. Concepts and Underlying Principles. *Agron J* 101: 426–437
- Spohrer, K. 2007. The water regime in a lychee orchard of northern Thailand – Identification of model parameters for water balance predictions. PhD-thesis at University of Hohenheim. Hohenheimer Bodenkundliche Hefte 80. Stuttgart, Germany
- Vlassak, K., S. Ongprasert, A.Tancho, K. Van Look, F. Turkelboom, and L.Ooms. (1993). Soil fertility conservation. Research Report. 1989–1992. MJU, Thailand-KU Leuven, Belgium.VLIR- ABOS.