

ชื่อโครงการวิจัย	การกักเก็บคาร์บอนในระบบการปลูกมันสำปะหลังร่วมกับการใช้ปุ๋ยพืชสดบางชนิดในชุดดินปากช่อง Carbon sequestration in the cultivation system of cassava incorporate with green manure in Pak Chong soil series	
ทะเบียนวิจัยเลขที่	53-55-18-08-030000-010-110-07-11	
กลุ่มชุดดินที่	29 ชุดดินปากช่อง (Pak Chong series: Pc)	
ผู้ดำเนินการ	นางสาวสมจินต์ วานิชเสถียร	Miss Somjin Wanichsathian
ผู้ร่วมดำเนินการ	นายพงศ์ธร เพียรพิทักษ์	Mr. Phongthorn Phianphitak
ผู้ร่วมดำเนินการ	นายณรงค์เดช ฮองกุล	Mr. Narongdech Hongkul
ผู้ร่วมดำเนินการ	นายวินัย ชมบุตร	Mr. Winai chombut

บทคัดย่อ

การศึกษาการกักเก็บคาร์บอนในระบบการปลูกมันสำปะหลังร่วมกับการใช้ปุ๋ยพืชสดบางชนิดในชุดดินปากช่อง ดำเนินการทดลองในพื้นที่ศูนย์วิจัยและถ่ายทอดเทคโนโลยีการพัฒนาดิน อ.ปากช่อง จ.นครราชสีมา ในปี พ.ศ. 2553 – 2555 มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาระบบการปลูกมันสำปะหลังร่วมกับการใช้ปุ๋ยพืชสดบางชนิดต่อการเปลี่ยนแปลงของคาร์บอนในชุดดินปากช่อง การเพิ่มผลผลิตมันสำปะหลัง และผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ วางแผนการทดลองแบบ RCBD จำนวน 6 ดำรับ 3 ซ้ำ คือ ดำรับที่ 1 แปลงควบคุม ดำรับที่ 2 ใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว ดำรับที่ 3 ใส่ปุ๋ยเคมีและปลูกถั่วพุ่มเป็นปุ๋ยพืชสด ดำรับที่ 4 ใส่ปุ๋ยเคมีและปลูกปอเทืองเป็นปุ๋ยพืชสด ดำรับที่ 5 ใส่ปุ๋ยเคมีและปลูกถั่วพุ่มเป็นปุ๋ยพืชสด และดำรับที่ 6 ใส่ปุ๋ยเคมีและปลูกถั่วมะแฮะเป็นปุ๋ยพืชสด

ผลการทดลองสรุปได้ว่า การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับการปลูกถั่วมะแฮะเป็นปุ๋ยพืชสดสามารถเพิ่มปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน ซึ่งมีผลทำให้ปริมาณผลผลิตสูงสุดเท่ากับ 6,989 กิโลกรัมต่อไร่ ให้ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจสูงสุดเท่ากับ 6,807 บาทต่อไร่ มีค่าสัดส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุนสูงสุดเท่ากับ 0.73 และมีเปอร์เซ็นต์แบ่งในหัวมันสำปะหลังเท่ากับ 32.51 เปอร์เซ็นต์ จากผลการวิเคราะห์ปริมาณคาร์บอนในดินพบว่า การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับการปลูกถั่วมะแฮะเป็นปุ๋ยพืชสดสามารถกักเก็บคาร์บอนในดินได้สูงสุดเท่ากับ 2.15 เปอร์เซ็นต์ และพบว่ามีอัตราการหายใจของดินเท่ากับ 27.64 มิลลิกรัมคาร์บอนไดออกไซด์คาร์บอนต่อตารางเซนติเมตรต่อวินาที ($\text{mg CO}_2\text{-C/cm}^2\text{/sec}$) มีปริมาณคาร์บอนในดินและใบมันสำปะหลังเท่ากับ 47.84 เปอร์เซ็นต์ และมีปริมาณคาร์บอนในหัวมันสำปะหลังเท่ากับ 41.49 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนจากการสับกลบดินและใบมันสำปะหลังลงดินจะมีคาร์บอนที่ถูกกักเก็บในดินเท่ากับ 689 กิโลกรัมต่อปี และคิดเป็นการสูญเสียคาร์บอนในรูปก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เมื่อเผาต้นและใบมันสำปะหลังแทนการสับกลบลงดินจะเกิดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สู่บรรยากาศเท่ากับ 2,526 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์ต่อปี ดังนั้นระบบการปลูกมันสำปะหลังร่วมกับปุ๋ยพืชสดจึงเป็นวิธีการที่เหมาะสมต่อการกักเก็บคาร์บอนในดิน

Abstract

Carbon sequestration in the cultivation system of cassava incorporate with green manure carried out in Pak Chong soil series at Land Development Research and Technology Transfer Center, Amphur Pak Chong, Nakhon Ratchasima Province in 2010 – 2012. The objectives are to observe the soil carbon changing, to improve cassava production and to monitor economical return. The experiment consists of 6 treatments are control (Tr1), chemical fertilizer (Tr2), chemical fertilizer and *Vigna sp.* (Tr3), chemical fertilizer and *Crotalaria juncea* (Tr4), chemical fertilizer and *Canavalia ensiformis* (Tr5), and chemical fertilizer and *Cajanus cajan* (Tr6)

The result showed that soil organic matter was increased by means of incorporated *Cajanus cajan* which was the highest yield 6,989 kilogram rai^{-1} . In addition, it also was found that the highest economic return with 6,807 baht rai^{-1} , the highest benefit cost ratio (BCR) with 0.73, and the highest starch percentage of 32.51. The chemical fertilizer together with *Cajanus cajan* also showed the best soil carbon sequestration of 2.15 percentage. The soil respiration has gotten 27.64 milligram carbondioxide-carbon $\text{cm}^{-2} \text{sec}^{-1}$ ($\text{mg CO}_2\text{-C}/\text{cm}^2/\text{sec}$). The carbon content in the cell tissue has gotten 47.84 percentage. The carbon content in the rhizome has gotten 41.49 percentage. The amount of soil carbon sequestration into the soil has gotten 689 kilogram year^{-1} . If the upper part of cell tissue is not incorporated and the farmer burn out. The carbon dioxide will release 2,526 kilogram carbon dioxide year^{-1} .

หลักการและเหตุผล

ประเทศไทยเป็นประเทศผู้ผลิตมันสำปะหลังที่สำคัญ 10 อันดับแรกของโลกในปี พ.ศ. 2549 – 2551 (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2553) โดยในปี 2551 มีปริมาณผลผลิตรวมทั้งประเทศเฉลี่ย 3,401 กิโลกรัมต่อไร่ และในปี 2552 มีปริมาณผลผลิตรวมทั้งประเทศเฉลี่ยเพิ่มขึ้นเป็น 3,628 กิโลกรัมต่อไร่ แต่ในปี 2553 มีปริมาณผลผลิตรวมทั้งประเทศเฉลี่ยลดลงเหลือ 3,005 กิโลกรัมต่อไร่ การศึกษาและเก็บรวบรวมข้อมูลดิน การเปลี่ยนแปลงคาร์บอนในระบบที่มีการปลูกพืชปุ๋ยสดเป็นพืชแซมระหว่างแถวมันสำปะหลัง เป็นวิธีการที่จะช่วยกักเก็บคาร์บอนในดินได้ เนื่องจากมันสำปะหลังเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญของประเทศ ซึ่งศูนย์สารสนเทศการเกษตร (2552) รายงานว่าในปี 2552 มีมูลค่าส่งออกมันสำปะหลังและผลิตภัณฑ์มากถึง 51,641 ล้านบาท ประกอบกับเกษตรกรมีการปลูกครอบคลุมพื้นที่มากถึง 8,583,557 ไร่ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2553) ดังนั้น การศึกษาวิจัยการกักเก็บคาร์บอนในดินด้วยการปลูกพืชปุ๋ยสดเป็นพืชแซมระหว่างแถวมันสำปะหลัง จึงเป็นอีกวิธีที่สามารถเพิ่มพื้นที่กักเก็บคาร์บอนในพื้นที่เกษตรกรรม เพิ่มปริมาณคาร์บอนในดิน และลดการปลดปล่อยคาร์บอนในรูปก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สู่บรรยากาศ ซึ่งจะเป็นการลดภาวะโลกร้อนได้ เนื่องจากวิกฤตการณ์เพลิงไหม้มันสำปะหลังสีชมพูระบาดปี 2551 ในแหล่งปลูกมันสำปะหลังที่สำคัญ ส่งผลทำให้ปริมาณผลผลิตรวมลดลง จังหวัดนครราชสีมาเป็นจังหวัดหนึ่งที่มีพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังประมาณ 2 ล้านไร่ ในปี 2552 มีพื้นที่การระบาดของเพลิงไหม้ 60 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ทั้งหมด และการระบาดรุนแรงคิดเป็น 18 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ผลผลิตลดลงประมาณ 25 เปอร์เซ็นต์ จากผลการระบาดของเพลิงไหม้มันสำปะหลังส่งผลทำให้เกษตรกรขาดแคลนท่อนพันธุ์ในปี 2553 (สุกิจ และเบญจมาศ, มปป.) และตามการกำหนดเขตเหมาะสมสำหรับการปลูกพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ (2556) พบว่า ต.ปากช่อง อ.ปากช่อง จ.นครราชสีมา จัดเป็นเขตที่เหมาะสมสำหรับการปลูกมันสำปะหลัง

ประเทศไทยมีเนื้อที่ประมาณ 321 ล้านไร่ และมีพื้นที่เกษตรกรรมประมาณ 180 ล้านไร่ หรือประมาณ 56 เปอร์เซ็นต์ กรมพัฒนาที่ดินจึงมีนโยบายและเป้าหมายในการลดปัญหาภาวะโลกร้อน โดยมีมาตรการในการกักเก็บคาร์บอนลงสู่ดิน (carbon sequestration) และลดปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในภาคเกษตรกรรม (กรมพัฒนาที่ดิน, 2556) ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณมวลชีวภาพและการจัดการมวลชีวภาพของพืช โดยพืชที่มีมวลชีวภาพสูงและมีการจัดการด้วยการไถกลบมวลชีวภาพลงดิน จะมีปริมาณคาร์บอนที่ถูกกักเก็บลงดินสูง ส่วนพืชที่มีมวลชีวภาพต่ำและมีการจัดการด้วยการไถกลบมวลชีวภาพลงดิน จะมีปริมาณคาร์บอนที่ถูกกักเก็บลงดินต่ำ ในอีกทางหนึ่งหากพืชที่มีมวลชีวภาพสูงและมีการจัดการด้วยการเผาผลาญชีวภาพ จะมีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ถูกปลดปล่อยออกสู่บรรยากาศสูง และพืชที่มีมวลชีวภาพต่ำและมีการจัดการด้วยการเผาผลาญชีวภาพ จะมีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ถูกปลดปล่อยออกสู่บรรยากาศต่ำ ซึ่งปริมาณการสะสมในดินเป็นสองเท่าของบรรยากาศ สามเท่าของสิ่งมีชีวิตบนบก เศษหนึ่งส่วนสามของปริมาณเชื้อเพลิง และเศษหนึ่งส่วนยี่สิบห้าของปริมาณที่มีอยู่ในน้ำ การเปลี่ยนแปลงปริมาณในน้ำมีน้อยมาก ดังนั้นส่วนสะสมในสิ่งมีชีวิตบนบก (ส่วนใหญ่เป็นป่าไม้) และดินจะมีบทบาทที่สำคัญในการลดปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ คาร์บอนในดินส่วนใหญ่อยู่ในรูปอินทรีย์คาร์บอนจะเสถียรมากกว่ารูปมวลชีวภาพของป่าไม้ (พจนีย์, www.ddd.go.th) การเพิ่มอินทรีย์คาร์บอนในพื้นที่เพาะปลูกพืชเศรษฐกิจของประเทศและพื้นที่เสื่อมโทรมเพื่อประโยชน์ในการใช้ในอนาคต นอกจากจะเป็นแหล่งดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์แล้ว ยังก่อให้เกิดประโยชน์ คือ ทำให้ดินมีคุณภาพที่ดีขึ้น (พจนีย์ และทวีศักดิ์, 2544)

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาระบบการปลูกมันสำปะหลังร่วมกับการใช้ปุ๋ยพืชสดบางชนิดต่อการเปลี่ยนแปลงของคาร์บอนในชุดดินปากช่อง
2. เพื่อศึกษาระบบการปลูกมันสำปะหลังร่วมกับการใช้ปุ๋ยพืชสดบางชนิดที่เหมาะสมต่อการเพิ่มผลผลิตมันสำปะหลัง
3. เพื่อศึกษาผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ

การตรวจเอกสาร

ชุดดินปากช่อง (Pak Chong series: Pc) เป็นชุดดินที่อยู่ในกลุ่มชุดดินที่ 29 จัดอยู่ใน very fine, kaolinitic, isohyperthermic Rhodic Kandistox เกิดจากสลายตัวผุพังของหินปูนและหินดินดานที่อยู่กับที่หรือเคลื่อนที่มาทับถมโดยแรงดึงดูดของโลกบนพื้นผิวที่เหลือน้ำจากการกัดกร่อน สภาพพื้นที่ที่พบมีลักษณะค่อนข้างราบเรียบถึงเป็นลูกคลื่นลอนลาดเล็กน้อย มีความลาดชันประมาณ 1 - 3 เปอร์เซ็นต์ ชุดดินนี้เป็นดินลึก มีการระบายน้ำดี ดินมีความสามารถในการให้น้ำซึมผ่านปานกลางถึงช้า มีการไหลบ่าของน้ำบนผิวดินปานกลาง ดินบนลึกไม่เกิน 30 เซนติเมตร มีเนื้อดินเป็นดินร่วนปนดินเหนียว ดินเหนียวหรือดินเหนียวปนทรายแป้ง สีพื้นเป็นเข้มของน้ำตาลปนแดงหรือสีแดง ปฏิกริยาดินเป็นกลางถึงกรดปานกลาง (pH 6.0 - 7.0) ส่วนดินล่างมีเนื้อดินเป็นดินเหนียว สีพื้นเป็นสีแดงหรือสีแดงเข้ม ปฏิกริยาดินเป็นกรดจัดถึงกรดจัดมาก (pH 5.0 - 5.5) (กรมพัฒนาที่ดิน, 2548)

มันสำปะหลัง มีชื่อเรียกแตกต่างกันตามภาษาท้องถิ่น เช่น cassava, tapioca, manioc, mandioca และ yucca ในภาษาไทยเคยเรียกว่ามันไม้ มันสำโรง หรือมันสำปะโรง แต่ปัจจุบันนิยมเรียกว่ามันสำปะหลัง จัดอยู่ในวงศ์ Euphorbiaceae มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Manihot esculenta* Crantz ซึ่งในปัจจุบันถือว่ามันสำปะหลังที่ปลูกเป็นการค้าทั่วโลกนั้น มีเพียงชนิดนี้ชนิดเดียวเท่านั้น (คณาจารย์ภาควิชาพืชไร่นา, 2542) มันสำปะหลังเป็นพืชที่สำคัญชนิดหนึ่งของภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคตะวันออกที่หารายได้ให้กับประเทศปีละหลายร้อยล้านบาท ทั้งนี้เนื่องจากมีสภาพพื้นที่และสภาพภูมิอากาศเหมาะสมกับการปลูกมันสำปะหลัง (กรมพัฒนาที่ดิน, 2546) มันสำปะหลังเป็นพืชทนแล้งได้ดี หลังจากปลูกและต้นมันสำปะหลังตั้งตัวได้แล้ว แม้ฝนจะทิ้งช่วงนานถึง 6 เดือนต่อปี ก็จะสามารถอยู่ได้โดยไม่ตาย (กรมวิชาการเกษตร, 2547 กลุ่มอนุรักษ์ดินและน้ำ, 2548)

มันสำปะหลังจัดเป็นพืชอาหารที่มีความสำคัญเป็นอันดับ 7 ของมนุษย์ ปลูกทั่วไปในเขตร้อนชื้น เป็นอาหารหลักของประชากรกว่า 200 ล้านคน ใช้เพื่อการบริโภค เลี้ยงสัตว์ และในกิจกรรมอุตสาหกรรม โดยร้อยละ 95 เป็นอาหารของมนุษย์ในรูปอาหารหลัก อาหารรอง และอาหารเสริม ซึ่งบริโภคในรูปหัวสด อีกร้อยละ 1 - 3 ใช้เป็นอาหารเลี้ยงสัตว์ (กลุ่มอนุรักษ์ดินและน้ำ, 2548)

มันสำปะหลังเป็นพืชที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทย ในปี พ.ศ. 2550 ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกมันสำปะหลัง 7 ล้านไร่ ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคตะวันออก ภาคกลาง และภาคเหนือ รวม 48 จังหวัด มีผลผลิตรวมประมาณ 20 ล้านตัน เป็นพืชเศรษฐกิจที่หารายได้เป็นอันดับที่ 4 รองจากยางพารา อ้อย และข้าว (ฐิติมา, 2550) มีการส่งออกในหลายรูปแบบ ได้แก่ หัวมันสด มันสำปะหลังทำเป็นชิ้นฝอย แป้งมันสำปะหลัง มันสำปะหลังอัดเม็ด กากมันสำปะหลัง สาคุ กาว และอื่น ๆ (ศูนย์สารสนเทศการเกษตร, 2552) มันสำปะหลังพันธุ์ "ห้วยบง 80" พัฒนาโดยความร่วมมือระหว่างมูลนิธิสถาบันพัฒนามันสำปะหลังแห่งประเทศไทยและภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เป็นลูกผสมระหว่างพันธุ์ระยะยง 5 และพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ณ สถานีวิจัยศรีราชา จ.ชลบุรี ในปี 2535 ตั้งชื่อพันธุ์ว่า "ห้วยบง 80" เพื่อเฉลิมพระเกียรติเนื่องในโอกาสมหามงคลเฉลิมพระชนมพรรษา 80 พรรษา

ของพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวฯ (กลุ่มงานศึกษาและวิเคราะห์สินค้าเกษตรประเภทมันสำปะหลัง, 2554)

ลักษณะประจำพันธุ์ของมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 80 คือ ลำต้นสีเขียวเงิน ยอดอ่อนสีเขียวอ่อน ก้านใบสีเขียวอ่อน แผ่นใบเป็นแบบใบหอก มีระดับการแตกกิ่ง 1 – 2 กิ่ง แตกกิ่งน้อยและลำต้นค่อนข้างจะตรงมากกว่าพันธุ์ห้วยบง 60 และพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ทำให้สะดวกต่อการตัด การเก็บท่อนพันธุ์ และสามารถเพิ่มจำนวนต้นปลูกต่อไร่ให้สูงขึ้นได้ ลักษณะห้วยยาวเรียว เปลือกหัวสีน้ำตาลอ่อน เนื้อหัวสีขาว ให้ผลผลิต 4.9 – 5.5 ตันต่อไร่ เปอร์เซ็นต์แป้ง 27.3 เปอร์เซ็นต์ (สถาบันวิจัยพืชไร่, 2554) มีเปอร์เซ็นต์ความงอก และความอยู่รอดสูง ลักษณะลำต้นสูง และแตกกิ่งน้อย สะดวกต่อการเก็บเกี่ยวและเก็บต้นพันธุ์ปลูก สามารถนำไปปลูกในระยะปลูกถี่ขึ้น ตอบสนองต่อสภาพแวดล้อมได้ดี เหมาะกับการส่งเสริมในเขตที่มีศักยภาพของผลผลิตสูง หรือเหมาะกับเกษตรกรกร้าวหน้า มีเปอร์เซ็นต์แป้ง มันแห้ง และไซยาไนด์ในหัวสูง เป็นพันธุ์ที่ใช้แปรรูปในอุตสาหกรรมแป้ง มันเส้น และเอทานอล และแป้งมีความหนืดสูง สามารถนำไปใช้กับอุตสาหกรรมทั่วไป (มูลนิธิสถาบันพัฒนามันสำปะหลังแห่งประเทศไทย และภาควิชาพืชไร่ฯ, มปป.)

มันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 80 ปลูกได้ทั้งต้นฤดูฝน (กุมภาพันธ์ – เมษายน) หรือปลายฤดูฝน (พฤศจิกายน – มกราคม) เนื่องจากความอุดมสมบูรณ์ของดินในแต่ละพื้นที่ปลูกต่างกัน การใช้ระยะระหว่างแถวและระหว่างต้นอาจใช้ได้ตั้งแต่ 1.0×1.0 หรือ 0.8×0.8 เมตร (มูลนิธิสถาบันพัฒนามันสำปะหลังแห่งประเทศไทย และภาควิชาพืชไร่ฯ, มปป.)

การศึกษาเปรียบเทียบผลผลิตหัวสดและแป้งของพันธุ์มันสำปะหลังที่นิยมปลูกกับพันธุ์ “ห้วยบง 80” ของภาควิชาพืชไร่ฯ คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (www.rdi.ku.ac.th) ซึ่งทดลองเมื่อปี 2542 – 2552 จำนวน 93 แปลง ได้แก่ พันธุ์ห้วยบง 80 ห้วยบง 60 เกษตรศาสตร์ 50 ระยะยอ 5 ระยะยอ 72 และระยะยอ 90 ผลการทดลองพบว่ามันสำปะหลังพันธุ์ต่าง ๆ ให้ปริมาณผลผลิตหัวสด ดังนี้ 5,027 5,062 4,855 4,496 4,836 และ 4,152 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ ปริมาณผลผลิตหัวแห้ง 1,948 1,853 1,806 1,664 1,673 และ 1,555 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ ปริมาณแป้ง 27.3 25.6 25.5 24.2 22.6 และ 25.1 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ปริมาณมันแห้ง (Root Dry Matter Content, RDMC) 38.4 36.6 36.8 37.1 34.2 และ 37.2 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ผลผลิตแปรรูปเป็นมันเส้น (คำนวณที่ความชื้น 14 เปอร์เซ็นต์) 2,254 2,155 2,087 1,946 1,945 และ 1,809 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ และผลผลิตแปรรูปเป็นแป้ง 1,384 1,308 1,255 1,105 1,116 และ 1,065 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ

เนื่องจากดินที่ใช้ปลูกมันสำปะหลังในประเทศไทย มีความอุดมสมบูรณ์ของดินต่ำ เป็นดินทราย อินทรีย์วัตถุต่ำ ไม่อุ้มน้ำ รากมันสำปะหลังไม่สามารถหาอาหารได้ไกล เจริญเติบโตไม่ดี ผลผลิตจะต่ำลง เมื่อปลูกมันสำปะหลังติดต่อกันเป็นเวลานานหลายปี ถึงแม้ว่าจะมีการใช้ปุ๋ยเคมีร่วมด้วย ซึ่งนับเป็นปัญหาสำคัญของเกษตรกรในปัจจุบัน (มูลนิธิสถาบันพัฒนามันสำปะหลังแห่งประเทศไทย, 2547) มันสำปะหลังมีความต้องการธาตุอาหารหลัก ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม โดยในแต่ละฤดูการผลิตมันสำปะหลังจะต้องการธาตุไนโตรเจน 10 – 20 กิโลกรัมต่อไร่ ฟอสฟอรัส 6 – 10 กิโลกรัมต่อไร่ และต้องการโพแทสเซียม 8 – 12 กิโลกรัมต่อไร่ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณธาตุอาหารในดินก่อนปลูกมันสำปะหลัง จะตอบสนองต่อปริมาณธาตุไนโตรเจนที่ได้รับมากน้อยเพียงใด ขึ้นอยู่กับความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน และปริมาณฝนที่ตกกระจายอย่างสม่ำเสมอ (กรมพัฒนาที่ดิน, 2546)

การใช้ปุ๋ยเคมีกับพืช ต้องคำนึงถึง ปริมาณปุ๋ยที่ใช้ได้สัดส่วนสมดุลเหมาะสมกับชนิดพืชและดินเพาะปลูก ช่วงเวลาที่ใส่ ต้องเป็นเวลาที่พืชมีความต้องการสูง และพืชดูดกินปุ๋ยได้อย่างสะดวกในปริมาณตามความต้องการ คือ เป็นช่วงต้นถึงปลายฤดูฝน ซึ่งดินมีความชื้นดีพอเหมาะกับการเจริญเติบโตของพืช อาจใส่ปุ๋ยก่อนการปลูกพืชหรือหลังพืชงอกแล้ว และเลือกใช้วิธีใส่ปุ๋ยที่ถูกต้อง

เหมาะสม เพื่อให้เนื้อปุ๋ยถูกกักเก็บไว้ในดินนานที่สุด ส่งผลให้พืชมีเวลาดูดกินเพื่อสร้างการเจริญเติบโตที่ยาวนานด้วย คือ การโรยเป็นแถบ ใส่กันหลุม เจาะเป็นหลุมแล้วกลบปุ๋ยเสมอ (กรมวิชาการเกษตร, 2551)

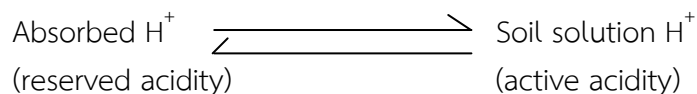
การให้ธาตุอาหารพืชเพื่อยกระดับผลผลิตทั้งในด้านปริมาณและคุณภาพที่ต้องการ ประการแรกต้องทราบที่ดินนั้นขาดธาตุอาหารพืช หรือมีธาตุอาหารไม่พอเพียงต่อการให้ผลผลิตสูง ดังนั้นการใช้ธาตุอาหารพืชในรูปปุ๋ยหรือวัสดุใด ๆ ที่คิดว่าพอเพียงและให้ประโยชน์สูงสุดต่อพืชตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการนั้นคือจำเป็นต้องคำนึงถึงลักษณะหรือสภาวะของความอุดมสมบูรณ์ของดิน สภาวะแวดล้อมที่เหมาะสมและความสะดวกในการใช้ตลอดจนผลตอบแทนที่ได้รับ (ศูนย์ปฏิบัติการข้อมูลการตลาดสินค้าเกษตรอินทรีย์, www.organic.moc.go.th) การวิเคราะห์ดินเป็นหัวใจสำคัญของการใช้ปุ๋ยเพื่อเพิ่มผลผลิตพืช ค่าวิเคราะห์ดินบอกให้ทราบว่าดินมีธาตุอาหารพืชต่าง ๆ ในรูปที่เป็นประโยชน์และมีปริมาณเพียงพอ กับความต้องการของพืชมากหรือน้อยเพียงใดเป็นเครื่องมือของการใช้ปุ๋ยอย่างมีประสิทธิภาพเหมาะสมกับความต้องการของพืช รวมทั้งให้ผลตอบแทนอย่างคุ้มค่าทางเศรษฐกิจในการผลิตพืช (กรมวิชาการเกษตร, 2548) การใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน เป็นการใช้ปุ๋ยเคมีกับพืช ในอัตราที่ประหยัดถูกต้องเหมาะสมมีประสิทธิภาพและคุ้มค่าที่สุด (ต้นทุนต่ำแต่ผลได้สุทธิสูงสุด) กับชนิดพืชและสถานะความอุดมสมบูรณ์ของดินปลูกพืช โดยเฉพาะอย่างยิ่งภาวะปุ๋ยเคมีมีราคาแพงมากเหมาะสมที่สุด (กรมวิชาการเกษตร, 2551)

การใช้ปุ๋ยเคมีกับมันสำปะหลังในประเทศไทยส่วนใหญ่เป็นไปในลักษณะการใช้เพื่อแก้ปัญหาดินขาดธาตุอาหารพืช (corrective fertilization) มิใช่เป็นการใช้เพื่อแก้ปัญหาดินขาดธาตุอาหารพืชพร้อม ๆ กับการบำรุงรักษาความอุดมสมบูรณ์ของดิน (maintenance fertilization) การใช้ปุ๋ยในลักษณะนี้ซึ่งโดยเฉลี่ยใช้กันในปริมาณน้อยอยู่แล้ว เป็นการใช้เพื่อแก้ปัญหาในระยะสั้นแบบฤดูปลูกต่อฤดูปลูก (ภาควิชาพืชไร่ฯ และสำนักสำรวจและวางแผนการใช้ที่ดิน, 2547) แต่การใช้ปุ๋ยเคมีนั้นก็ยังมีความสำคัญและจำเป็นต่อการผลิตพืช เนื่องจากเป็นแหล่งของธาตุอาหารที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ทันที การลดการใช้ปุ๋ยเคมีจึงต้องทำไปพร้อมกับการหาปัจจัยอื่นมาทดแทนเพื่อรักษาระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินให้มีความสามารถในการผลิตพืช ซึ่งปัจจัยที่หาได้ง่ายที่สุดก็คือเศษซากพืชที่เหลืออยู่ในแปลงหลังการเก็บเกี่ยว ซึ่งเป็นแหล่งสะสมธาตุอาหารที่สำคัญ นอกจากนี้อาจปฏิบัติร่วมกับการลดการไถพรวน การใช้วัสดุอินทรีย์ หรือการปลูกพืชตระกูลถั่วหรือพืชที่ให้ชีวมวลสูงเป็นพืชตามแล้วไถกลบเศษพืชเหล่านั้นกลับลงไปในพื้นที่หลังจากการเก็บเกี่ยวผลผลิต (ศุภกาญจน์ และคณะ, www.doa.go.th)

ดินที่ใช้ปลูกมันสำปะหลังส่วนใหญ่เกิดจากวัตถุดิบกำเนิดดินที่เป็นหินทราย และเกษตรกรมีการใช้ประโยชน์ที่ดินติดต่อกันมาเป็นเวลานาน โดยไม่มีการปรับปรุงและมีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำที่เหมาะสม ทำให้ดินเสื่อมโทรมลงอย่างรวดเร็ว (กรมพัฒนาที่ดิน, 2546) เนื่องจากมันสำปะหลังเป็นพืชที่ใช้อาหารบางอย่างในดินมากเป็นพิเศษ จึงทำให้ดินเสื่อมคุณภาพได้อย่างรวดเร็ว เพราะฉะนั้น ควรพยายามเปลี่ยนที่ปลูกอยู่เสมอ โดยการปลูกหมุนเวียนกับพืชไร่พวกถั่วชนิดต่าง ๆ หรือพืชไร่ชนิดอื่น ๆ ที่มีระบบรากต่างกันได้ เพื่อเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ให้แกดิน (กลุ่มอนุรักษ์ดินและน้ำ, 2548) ผลของการใช้ปุ๋ยพืชสดในมันสำปะหลัง ติดต่อกัน 2 - 3 ปี นอกจากจะเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดินแล้ว ยังเป็นการช่วยเพิ่มผลผลิตและรักษาระดับผลผลิตแบบยั่งยืนอีกทางหนึ่ง (มูลนิธิสถาบันพัฒนามันสำปะหลังแห่งประเทศไทย, 2547)

อินทรีย์วัตถุในดินช่วยเพิ่มความต้านทานการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรดเป็นด่างของดิน (buffer capacity) เนื่องจากอินทรีย์วัตถุในดินมีประจุลบเป็นจำนวนมากและมีความสามารถในการดูดซับไอออน

บวกได้สูง จึงมีผลทำให้ดินที่มีอินทรีย์วัตถุสูงมีความต้านทานต่อการเปลี่ยนแปลงของ pH ได้ดี ซึ่งอาจแสดงให้เห็นได้ง่าย ๆ ดังนี้



ปฏิกิริยานี้เป็น equilibrium reaction ฉะนั้นไม่ว่าจะมีการเพิ่มสารประกอบที่มีสมบัติเป็นกรดหรือต่างลงไปดิน ปฏิกิริยาดังกล่าวนี้อาจเกิดขึ้นทันทีเพื่อรักษา equilibrium โอกาสที่กรดหรือต่างจะสะสมอยู่ในสารละลายดิน จึงมีน้อยมากและเป็นเหตุให้ pH ของดินเปลี่ยนแปลงไปเล็กน้อยเท่านั้น (สำนักเทคโนโลยีชีวภาพทางดิน, 2551)

การเพิ่มอินทรีย์วัตถุ ทำได้โดยการใช้ปุ๋ยพืชสดที่ได้จากพืชตระกูลถั่ว เช่น ถั่วพรี ถั่วพุ่ม ถั่วเขียว ปอเทือง โสนชนิดต่าง ๆ เป็นต้น เนื่องจากพืชตระกูลถั่ว มีคุณสมบัติพิเศษ คือ ในปมรากจะมีจุลินทรีย์ไรโซเบียม อยู่เป็นจำนวนมาก ซึ่งไรโซเบียมสามารถตรึงไนโตรเจนจากอากาศมาเก็บไว้ในปมรากถั่วและสะสมในพืช เมื่อพืชปุ๋ยสดย่อยสลายจะเป็นการเพิ่มธาตุไนโตรเจนและอินทรีย์วัตถุให้แก่ดินได้เป็นอย่างดี (มูลนิธิสถาบันพัฒนามันสำปะหลังแห่งประเทศไทย, 2547) การไถกลบวัสดุช่วยเพิ่มความต้านทานการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรดและต่างของดิน เนื่องจากอินทรีย์วัตถุจากวัสดุเศษพืชที่ใช้ในการไถกลบมีคุณสมบัติในการเพิ่มความต้านทานการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรดและต่างของดิน (Buffer capacity) ซึ่งจะทำให้ค่า pH ของดินอยู่ในระดับที่เพิ่มขึ้นหรือเป็นกลาง (สำนักเทคโนโลยีชีวภาพทางดิน, 2551)

จากการปลูกพืชหลายชนิดร่วมกันมีอยู่ 3 แบบ ได้แก่ พืชแซม พืชเหลื่อมฤดู และปลูกพืชตามสำหรับมันสำปะหลังแล้วใช้ได้ระบบเดียวคือ พืชแซมโดยการปลูกพืชแซมกับพืชหลักพร้อมกัน หรือก่อนหลังกันเล็กน้อย เนื่องจากมันสำปะหลังมีอายุการเก็บเกี่ยว 12 เดือน การที่จะปลูกพืชตามหลังมันสำปะหลังเท่ากับเป็นการปลูกพืชหมุนเวียน การปลูกพืชเหลื่อมฤดูในมันสำปะหลังทำได้ยาก เนื่องจากมีวัชพืชมากในระยะที่จะเก็บเกี่ยวมันสำปะหลัง (กลุ่มอนุรักษ์ดินและน้ำ, 2548) พืชแซมพวกพืชตระกูลถั่วช่วยเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ในดิน หรืออาจชะลอการเสื่อมของดินให้ช้าลง (กรมวิชาการเกษตร, 2547)

ปุ๋ยพืชสด เป็นปุ๋ยอินทรีย์ชนิดหนึ่งที่ได้จากการตัดสับหรือไถกลบลงไปดินขณะที่พืชยังเขียวสดอยู่ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงบำรุงดินให้มีความอุดมสมบูรณ์ในช่วงระยะเวลาที่พืชออกดอก เพราะให้น้ำหนักสดและปริมาณธาตุอาหารสูง จากนั้นปล่อยให้เกิดการย่อยสลายก็จะให้ธาตุอาหารพืชและเพิ่มอินทรีย์วัตถุแก่ดิน ซึ่งเป็นประโยชน์สำหรับพืชที่จะปลูกต่อไป พืชปุ๋ยสดที่นิยมปลูกทั่วไปจะเป็นพืชตระกูลถั่ว เนื่องจากขึ้นได้ง่ายและเจริญเติบโตได้ดีแล้ว ยังมีคุณสมบัติพิเศษที่รากจะเป็นที่อยู่อาศัยของไรโซเบียม โดยไรโซเบียมจะตรึงไนโตรเจนจากอากาศให้อยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ และสารประกอบไนโตรเจนอื่น ๆ ให้พืชนำไปใช้ได้ ดังนั้นจึงอาจกล่าวได้ว่าพืชตระกูลถั่วที่มีปริมาณไนโตรเจนสูงก็เกิดจากการตรึงไนโตรเจนร่วมกันระหว่างพืชตระกูลถั่วและจุลินทรีย์ในดินนั่นเอง พืชตระกูลถั่วที่นิยมใช้เป็นพืชปุ๋ยสด ได้แก่ โสน อัฟริกัน ปอเทือง ถั่วพรี ถั่วพุ่ม และถั่วมะแฮะ (สำนักเทคโนโลยีชีวภาพทางดิน, 2551 กรมพัฒนาที่ดิน, 2553)

นอกเหนือจากคุณค่าทางด้านการปรับปรุงสมบัติทางกายภาพของดินแล้ววัตถุประสงค์หลักของการใช้ปุ๋ยพืชสดก็เพื่อบำรุงรักษาระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินทางด้านธาตุอาหารพืชและปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินให้สูงอยู่เสมอ ในทางปฏิบัติเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ปุ๋ยคอกและปุ๋ยหมัก การใช้ปุ๋ยพืชสดในบางกรณีอาจมีความสะดวกมากกว่าและเสียค่าใช้จ่ายในการปฏิบัติน้อยกว่า ทั้งนี้เพราะในการปลูกพืชปุ๋ยสดนั้นใช้เมล็ดจำนวนไม่มาก กล่าวคือ โดยทั่ว ๆ ไปมักใช้กันเพียงประมาณ 5 – 10 กิโลกรัมต่อไร่ โดยการหว่านลงพื้นที่ที่จะมีการปลูกพืชที่ต้องการในภายหลัง แล้วปล่อยให้เจริญเติบโตเองก่อนไถกลบ

ดิน ไม่ต้องมีการจัดการหาปุ๋ยอินทรีย์ชนิดดังกล่าว (ปุ๋ยคอก ปุ๋ยหมัก) ในปริมาณมาก และยังต้องเสียค่าใช้จ่ายในการขนส่งและใส่ลงไร่ซ้ำอีกด้วย (ภาควิชาพืชไร่ฯ และสำนักสำรวจและวางแผนการใช้ที่ดิน, 2547)

ปอเทือง (*Crotalaria juncea*) ลักษณะลำต้นตั้งตรงแตกกิ่งก้านสาขามาก มีดอกสีเหลือง จะออกดอกเมื่ออายุประมาณ 45 – 50 วัน ขึ้นได้ดีในพื้นที่ตอนที่มีการระบายน้ำดี ไม่ชอบน้ำท่วมขัง ทนแล้งได้ดี ปลูกโดยวิธีการหว่าน อัตราเมล็ดเฉลี่ย 5 กิโลกรัมต่อไร่ ไกล่บเมื่ออายุ 55 วัน จะให้น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งเฉลี่ยอยู่ในช่วง 2,500 – 3,000 และ 500 – 840 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ ได้ปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจน 13.8 N กิโลกรัมต่อไร่ ฟอสฟอรัส 1.1 P กิโลกรัมต่อไร่ และโพแทสเซียม 12 K กิโลกรัมต่อไร่ หรือมีปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม เฉลี่ย 2.76 0.22 และ 2.40 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สามารถประเมินเป็นมูลค่าปุ๋ยเคมี ยูเรีย ทรีปเปิลซูเปอร์ฟอสเฟต และโพแทสเซียมคลอไรด์ มีค่าเฉลี่ยประมาณ 966 – 1,691 บาทต่อไร่ และสามารถเพิ่มอินทรีย์วัตถุให้กับดินได้เฉลี่ยประมาณ 0.15 – 0.25 เปอร์เซ็นต์ต่อไร่ นิยมปลูกเป็นพืชปุ๋ยสดปรับปรุงบำรุงดินโดยการปลูกเป็นพืชหมุนเวียนหรือปลูกแซมกับพืชหลัก เช่น ปลูกปอเทืองไถกลบแล้วปลูกมันสำปะหลังหรือปลูกปอเทืองแซมในแถวข้าวโพด เป็นต้น (กรมพัฒนาที่ดิน, 2553)

ถั่วพราง (*Canavalia ensiformis*) ลักษณะต้นเป็นทรงพุ่มสูงประมาณ 60 เซนติเมตร ระบบรากลึก เจริญเติบโตได้ดีในดินตอนที่มีการระบายน้ำดี ทนความแห้งแล้งได้ดี นิยมปลูกเป็นพืชปุ๋ยสดในระบบการปลูกพืชหมุนเวียน หรือพืชแซมในแถวพืชเศรษฐกิจโดยวิธีการหว่าน อัตราเมล็ด 10 กิโลกรัมต่อไร่ ไถกลบระยะออกดอกอายุประมาณ 50 วัน จะให้น้ำหนักสดก่อนไถกลบประมาณ 2.5 - 3 ตันต่อไร่ มีปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และซัลเฟอร์ เฉลี่ย 2.72 0.54 2.14 1.19 1.59 และ 0.77 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (สำนักเทคโนโลยีชีวภาพทางดิน, 2551)

ถั่วพุ่ม (*Vigna sp.*) ลักษณะลำต้นเป็นพุ่มเตี้ย สูงประมาณ 40 เซนติเมตร บางชนิดลำต้นอาจจะเลื้อยบนดินบ้างเล็กน้อย เช่น ถั่วพุ่มลาย เจริญเติบโตได้ดีในสภาพภูมิอากาศร้อน ดินร่วนซุย มีการระบายน้ำและอากาศดี ปลูกโดยวิธีการหว่าน อัตราเมล็ด 8 กิโลกรัมต่อไร่ ไถกลบระยะออกดอกอายุประมาณ 40 วัน จะให้น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งเฉลี่ยประมาณ 1,500 - 2,400 และ 300 - 672 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ มีปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และซัลเฟอร์ เฉลี่ย 2.68 0.39 2.46 0.87 1.59 และ 0.48 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ นิยมปลูกเป็นพืชปุ๋ยสดโดยปลูกเป็นพืชหมุนเวียน หรือปลูกแซมกับพืชหลักในระบบการปลูกพืช เช่น ไถกลบถั่วพุ่มแล้วปลูกมันสำปะหลังตามหรือปลูกถั่วพุ่มแซมในแถวมันสำปะหลัง เป็นต้น (สำนักเทคโนโลยีชีวภาพทางดิน, 2551)

ถั่วมะแฮะ (*Cajanus cajan*) ลักษณะต้นเป็นทรงพุ่มสูงประมาณ 1 – 5 เมตร ขำปีได้ 2 – 3 ปี เจริญเติบโตได้ดีในดินร่วนที่มีการระบายน้ำดี ไม่ทนต่อสภาพน้ำท่วมขังและไม่ทนเค็ม มีระบบรากแก้วและรากแขนงเป็นจำนวนมาก และหยั่งรากลึก สามารถดูดฟอสฟอรัสได้ดี จึงทำให้เกิดการหมุนเวียนฟอสฟอรัสจากดินชั้นล่างสู่ผิวดิน ในด้านการใช้ประโยชน์โดยปลูกถั่วมะแฮะไถกลบเป็นพืชปุ๋ยสดอายุประมาณ 60 วัน แล้วปลูกพืชไร่ตาม ให้น้ำหนักสดเฉลี่ยประมาณ 2 – 2.5 ตันต่อไร่ มีปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และซัลเฟอร์ เฉลี่ย 2.34 0.25 1.11 1.45 1.92 และ 0.54 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ หรือใช้ในระบบปลูกพืชแซมแบบแถบ เพื่อป้องกันและลดการสูญเสียหน้าดินจากการชะล้างพังทลายของดิน เช่น การปลูกกระถินผสมถั่วมะแฮะเป็นแถบไม้พุ่มบำรุงดินสามารถลดการสูญเสียหน้าดินในพื้นที่ที่มีความลาดชัน และทำให้ผลผลิตข้าวไร่ที่ปลูกในระหว่างแถบพืชอนุรักษ์เพิ่มขึ้น (สำนักเทคโนโลยีชีวภาพทางดิน, 2551)

จากการศึกษาการจัดการกลุ่มชุดดินที่ 35 ให้เหมาะสมเพื่อเพิ่มผลผลิตมันสำปะหลังในจังหวัด สกลนครของปราณี และคณะ (2551) พบว่า ถ้ามีการใช้ปุ๋ยพืชสดรวมกับการปลูกแฝกจะมีผลทำให้ ผลผลิตมันสำปะหลัง และเปอร์เซ็นต์แป้งมากกว่า 18 เปอร์เซ็นต์ และการใช้ปุ๋ยพืชสดยังช่วยลดต้นทุนใน การผลิตในด้านลดการใช้ปุ๋ยเคมีลงได้เกือบครึ่งหนึ่งของอัตราแนะนำของกรมวิชาการเกษตร และจาก การศึกษาการจัดการดินเพื่อเพิ่มผลผลิตมันสำปะหลังในกลุ่มชุดดินที่ 40 พบว่า การปลูกพืชปุ๋ยสดร่วมกับ น้ำหมักชีวภาพร่วมกับแถบแฝก ช่วยเพิ่มผลผลิตมันสำปะหลังได้มากทำให้ได้ผลผลิตสูงสุด 8,533 กิโลกรัม ต่อไร่ ได้รับผลตอบแทนเนื้อต้นพันธุ์แผ่นแปร์ 6,944 บาทต่อไร่ (สุภา และคณะ, มปป.)

กมลภา (มปป.) ได้ศึกษาการใช้เทคโนโลยีชีวภาพเพื่อเพิ่มผลผลิตมันสำปะหลังในชุดดินปากช่อง พบว่า การใช้พืชตระกูลถั่วไถกลบเป็นปุ๋ยพืชสดและตัดคลุมดินตลอด 3 ปี มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติ ของดิน ได้แก่ ปริมาณอินทรีย์วัตถุเพิ่มขึ้นจาก 2.31 เป็น 2.93 เปอร์เซ็นต์ และโพแทสเซียมเพิ่มขึ้นจาก 574.70 เป็น 959.00 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ความสูงและมวลชีวภาพส่วนเหนือดินของมันสำปะหลังในทุก ตำรับสูงกว่าการไม่ใส่ปุ๋ย นอกจากนี้การใช้พืชตระกูลถั่วไถกลบเป็นปุ๋ยพืชสดและตัดคลุมดินมีผลทำให้ ผลผลิตเฉลี่ยของมันสำปะหลังเท่ากับ 4.8 ต้นต่อไร่ สูงกว่าไม่ใส่ปุ๋ยประมาณ 38 เปอร์เซ็นต์ และจาก การศึกษาการปลูกมันสำปะหลังอินทรีย์ในกลุ่มชุดดินที่ 35 ของเกษมสุข และสุภาพร (มปป.) พบว่า การ ใช้ปุ๋ยคอกไถกลบและคลุมดินด้วยถั่วพุ่มมีความสูงเฉลี่ย 2 ปี สูงสุด 143.7 เซนติเมตร ให้ผลผลิตมัน สำปะหลังสูงสุดเฉลี่ย 2,825 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี และให้ผลตอบแทนเนื้อต้นพันธุ์แผ่นแปร์เฉลี่ยสูงสุด 2,162.68 บาทต่อไร่ต่อปี

นงปวิณ (2549) ได้รายงานผลการศึกษาการปรับปรุงบำรุงดินโดยใช้พืชปุ๋ยสดเพื่อเพิ่มผลผลิต ของมันสำปะหลังในชุดดินมาบอบน พบว่า ถั่วมะแฮะ และถั่วพรี้า น้ำหนักสดเฉลี่ยสองปีสูงสุด 2,493.33 และ 2,421.33 กิโลกรัมต่อไร่ การไถกลบพืชปุ๋ยสดลงดินต่อเนื่องกันสองปี ทำให้สมบัติทางเคมีของดิน เปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยแต่ถ้าทำอย่างสม่ำเสมอ มีแนวโน้มอินทรีย์วัตถุจะเพิ่มขึ้นทุกปี จากการทดลอง อินทรีย์วัตถุมีค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 0.19 – 0.28 เปอร์เซ็นต์ โพแทสเซียมมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นมากกว่าฟอสฟอรัส ซึ่งปุ๋ยคอกและถั่วพรี้าเพิ่มให้แกดินสูงสุด 33.17 – 20.83 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ปฏิกริยาความเป็นกรด เป็นด่างของดินเพิ่มขึ้นจาก 5.00 เป็น 5.8 – 6.63 ผลผลิตมันสำปะหลังตอบสนองต่อปุ๋ยคอกและถั่วพรี้าดี ที่สุด คือน้ำหนักสดเฉลี่ย 5,499.26 – 4,527.41 กิโลกรัมต่อไร่

ดินเป็นแหล่งที่มีประสิทธิภาพและสามารถจะดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ได้มากกว่าพื้นที่ป่าไม้ และสามารถอยู่ในดินได้นานกว่ามวลชีวภาพ เนื่องจากมีการสลายตัวได้ช้ากว่า จากการศึกษาจากการ ประเมินอายุด้วยคาร์บอน-14 (^{14}C) ชี้ให้เห็นว่าคาร์บอนสามารถสะสมอยู่ในดินได้นานกว่า 6,000 ปี (พจนีย์ และทวีศักดิ์, 2544)

ดินส่วนใหญ่ที่มีเนื้อดินเป็นดินเหนียวจะมีปริมาณอินทรีย์คาร์บอนสูง รองลงมา ได้แก่ ดินที่มีเนื้อ ดินปานกลาง ดินที่มีเนื้อดินเป็นทรายจะมีปริมาณต่ำสุด ดินเปรี้ยวจัด (acid sulphate soils) ซึ่งมีเนื้อดิน เป็นดินเหนียวและดินร่วนมีสภาพความชื้นดินแบบ aquic จะมีปริมาณการสะสมอินทรีย์คาร์บอนสูงที่สุด อาจเป็นผลเนื่องจากสภาพน้ำขังและสภาพเป็นกรดสูงของดินไม่เอื้ออำนวยในการสลายตัวของอินทรีย์ คาร์บอนในดิน (พจนีย์ และทวีศักดิ์, 2544)

ดินเป็นแหล่งปลดปล่อยและกักเก็บคาร์บอนที่สำคัญ ปริมาณของคาร์บอนในดินจะสัมพันธ์กับ อัตราการสะสมของอินทรีย์คาร์บอนและอัตราการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) จากการย่อย สลายอินทรีย์คาร์บอนเหล่านั้น (อำนาจ และณัฐพล, 2548) การติดตามการเพิ่มขึ้นหรือการสะสมคาร์บอน บริเวณเหนือผิวดินจากมวลชีวภาพของการปลูกป่าไม้ในพื้นที่ โดยการติดตามและตรวจวัดขนาดและความหนาแน่นของต้นไม้ที่ปลูกในพื้นที่นั้น แต่สำหรับการติดตามและการตรวจสอบปริมาณการสะสมคาร์บอน

ในดิน เป็นสิ่งที่ดำเนินการได้ยากกว่า เนื่องจากปริมาณของอินทรีย์วัตถุในดินเป็นแหล่งคาร์บอนที่ใหญ่ที่สุดในระบบนิเวศของดินและบางส่วนของอินทรีย์วัตถุอาจถูกตรึงด้วยสารประกอบนาโนชนิด ทำให้เกิดการปลดปล่อยอย่างช้า ๆ ดังนั้นอินทรีย์วัตถุที่มีอยู่ในดินจึงเป็นแหล่งสะสมที่สำคัญของคาร์บอนทั้งในระยะสั้นและระยะยาว (พิทยากร, 2551) การเก็บกักคาร์บอนไว้ในดินได้แก่ การไถพรวน เชิงอนุรักษ์ การปลูกพืชหมุนเวียน การใช้ปุ๋ยพืชสด-ปุ๋ยหมัก ปลูกพืชคลุมดิน อนุรักษ์น้ำ ควบคุมการชะล้างพังทลายของดิน นวเกษตรกรรม และ การป้องกันการบุกรุกทำลายป่า ควบคุมไฟป่า ลดการชะล้าง พังทลายของดิน (พจน์ีย์, www.ddd.go.th) การเพิ่มขึ้นของปริมาณคาร์บอนที่สะสมทั้งหมดในดิน (soil carbon pool) 1 ตัน ในดินเสื่อมโทรมอาจเพิ่มปริมาณผลผลิตข้าวสาลี 3.2 – 6.4 กิโลกรัมต่อไร่ ข้าวโพด 1.6 – 3.2 กิโลกรัมต่อไร่ และถั่วพุ่ม 0.08 – 0.16 กิโลกรัมต่อไร่ (Lal, 2004)

การศึกษาการสะสมคาร์บอนในดินจากการไถกลบเศษซากพืชและวัสดุอินทรีย์อย่างต่อเนื่องระยะยาวในการผลิตข้าวโพด ของศุภกาญจน์ และคณะ (www.doa.go.th) โดยใช้วิธีการผสมผสานระหว่างการใช้ปุ๋ยเคมี วัสดุอินทรีย์ (ฟางข้าวและเปลือกถั่วลิสง) ปุ๋ยอินทรีย์ (ปุ๋ยหมัก กทม. และมูลไก่) การปลูกพืชแซมหรือพืชตาม (ถั่วเขียว ปอเทือง ถั่วขึ้นางแดง ไมยราพไร้หนาม ถั่วแระเวท ถั่วเหลือง ทานตะวัน ถั่วพุ่ม และข้าวฟ่าง) และการไม่ไถพรวนดิน พบว่าการไถกลบเศษซากข้าวโพดและถั่วเขียวในแปลงที่ไม่ใส่ปุ๋ยเคมี (กรรมวิธีควบคุม) ติดต่อกันเป็นเวลานานถึง 34 ปี ทำให้ดินชั้นบนที่ระดับความลึก 0 - 15 เซนติเมตร มีอินทรีย์คาร์บอนเพิ่มขึ้นจาก 6.4 กรัมคาร์บอนต่อดิน 1 กิโลกรัม หรือ 2,355 กิโลกรัมคาร์บอนต่อไร่ (ในปีเริ่มต้น) เป็น 7.9 กรัมคาร์บอนต่อดิน 1 กิโลกรัม หรือ 2,907 กิโลกรัมคาร์บอนต่อไร่ (โดยเฉลี่ย) นั่นคือดินมีอินทรีย์คาร์บอนเพิ่มขึ้น 23.4 เปอร์เซ็นต์ เป็นอัตราการกักเก็บคาร์บอนไว้ในดินที่ระดับความลึก 0 - 10 เซนติเมตรเท่ากับ 37 กรัมคาร์บอนไดออกไซด์ต่อตารางเมตรต่อปี ซึ่งการไถกลบเศษซากข้าวโพดและถั่วเขียว (เฉพาะส่วนเหนือดิน) ทำให้มีคาร์บอนกลับลงไปในดินเฉลี่ยประมาณ 493 กิโลกรัมคาร์บอนต่อไร่ สำหรับการใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับการไถกลบเศษซากข้าวโพดและพืชตามชนิดอื่น ๆ ทำให้ดินในปีที่ 34 มีอินทรีย์คาร์บอน 8.7 กรัมคาร์บอนต่อดิน 1 กิโลกรัม หรือ 3,201 กิโลกรัมคาร์บอนต่อไร่ (เพิ่มขึ้นจากปีเริ่มต้น 35.9 เปอร์เซ็นต์) คิดเป็นอัตราการกักเก็บคาร์บอนไว้ในดินเท่ากับ 57 กรัมคาร์บอนไดออกไซด์ต่อตารางเมตรต่อปี ส่วนการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ที่มีอินทรีย์คาร์บอนสูงเช่น ปุ๋ยหมัก กทม. ติดต่อกันเป็นเวลานาน 20 ปี แม้จะหยุดใส่ปุ๋ยดังกล่าวไปนานถึง 14 ปี แต่ผลตกค้างจากการใส่ปุ๋ยดังกล่าวในปีที่ 34 ยังแสดงให้เห็นอย่างเด่นชัด โดยพบว่าดินมีอินทรีย์คาร์บอน 11.1 กรัมคาร์บอนต่อดิน 1 กิโลกรัม (4,084 กิโลกรัมคาร์บอนต่อไร่) นั่นคือเพิ่มขึ้นจากปีเริ่มต้นถึง 73.4 เปอร์เซ็นต์ คิดเป็นอัตราการกักเก็บคาร์บอนไว้ในดิน 116 กรัมคาร์บอนไดออกไซด์ต่อตารางเมตรต่อปี นอกจากนี้ยังพบว่าการให้ผลผลิตของข้าวโพดนอกจากมีสหสัมพันธ์กับไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมที่ได้จากปัจจัยร่วมแล้วยังมีสหสัมพันธ์กับคาร์บอนที่ใส่ลงไปในดินจากปุ๋ยอินทรีย์และเศษซากพืชอย่างมีนัยสำคัญ

กันยารัตน์ และคณะ (2555) ได้ศึกษาผลของระบบการไถพรวนร่วมกับการใส่อินทรีย์วัตถุในดินต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และการกักเก็บคาร์บอนในดินของการปลูกข้าวพันธุ์ปทุมธานี 80 โดยวางแผนการทดลองด้วย 2 ปัจจัยคือ ปัจจัยที่ 1 ได้แก่ การไถพรวนปกติ และการลดการไถพรวน และปัจจัยที่ 2 ได้แก่ การใส่อินทรีย์วัตถุในดินด้วยพืช 4 ชนิด (ถั่วเขียว โสน ปอเทือง และฟางข้าว) ด้วยวิธีไถกลบ พบว่าการลดการไถพรวนสามารถกักเก็บคาร์บอนในดินได้มากกว่าการไถปกติ และมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.01$) ส่วนการเพิ่มปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินด้วยโสนมีผลทำให้การกักเก็บคาร์บอนในข้าวมากที่สุด และมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.01$)

การใส่ปุ๋ยพืชสดที่ยังเจริญเติบโตไม่เต็มที่และยังสดอยู่จะเพิ่มปริมาณไนโตรเจนทันทีและจะกระตุ้นให้เกิดกิจกรรมในดิน แต่จะไม่เพิ่มระดับอินทรีย์วัตถุในดิน ขณะที่ปุ๋ยพืชสดที่เจริญเติบโตเต็มที่ แห้ง

และเศษวัสดุที่มีปริมาณคาร์บอนสูงประเภทหญ้าพืชและฟางข้าวจะใช้เวลาย่อยสลายนานกว่า แต่จะเพิ่มปริมาณฮิวมัสและจะปลดปล่อยไนโตรเจนในระยะเวลาที่ยาวนานกว่า โดยปุ๋ยพืชสดที่มีปริมาณคาร์บอนสูงจะย่อยสลายเร็วขึ้นถ้าหั่นหรือสับและเก็บรักษาความชื้นก่อนสับกลบลงดิน (The Vegan-Organic Network, www.veganorganic.net)

สำหรับการประเมินสมดุลของคาร์บอนในดิน มีความจำเป็นต้องทราบถึงกระบวนการเปลี่ยนแปลงของคาร์บอนที่สำคัญในระบบนิเวศวิทยาของดิน กรณีดังกล่าวปริมาณคาร์บอนที่เหมาะสมในระบบได้แก่ใบไม้ที่ร่วงหล่น รากพืชในดิน และปริมาณคาร์บอนที่ปลดปล่อยจากระบบ ได้แก่การหายใจของเชื้อจุลินทรีย์และสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ ในดิน ซึ่งข้อมูลเหล่านี้จำเป็นต้องศึกษา และทำการตรวจวัด อย่างไรก็ตามการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ จากผิวดิน (soil respiration) มักรวมถึงการหายใจของระบบรากพืชในดิน และการหายใจของเชื้อจุลินทรีย์ในดินบริเวณนั้นด้วย ซึ่งเห็นได้ว่ากระบวนการเปลี่ยนแปลงคาร์บอนในดินเกี่ยวข้องกับปัจจัยต่าง ๆ ทำให้เป็นข้อจำกัดในการศึกษาและตรวจวัดที่เป็นปริมาณที่ถูกต้องของคาร์บอนที่มีการเปลี่ยนแปลงในระบบนิเวศวิทยาของดิน (พิทยากร, 2551)

ระยะเวลาและสถานที่ดำเนินการ

ระยะเวลาดำเนินการ	เริ่มต้น เดือน เมษายน พ.ศ. 2553 สิ้นสุด เดือน เมษายน พ.ศ. 2555
สถานที่ดำเนินการ	ศูนย์วิจัยและถ่ายทอดเทคโนโลยีการพัฒนาที่ดิน อ.ปากช่อง จ.นครราชสีมา ตำแหน่งพิกัด E 0759967 N 1623448

อุปกรณ์และวิธีดำเนินการ

1. อุปกรณ์

อุปกรณ์สำหรับการปลูกและเก็บผลผลิตมันสำปะหลัง

- 1.1 ท่อนพันธุ์มันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 80
- 1.2 ปุ๋ยเคมีที่ใช้ทดลอง ได้แก่ สูตร 27-6-6 สูตร 25-7-7 และหินฟอสเฟต (0-3-0)
- 1.3 ไม้ปักแนว เชือกขึงแนว เทปวัดระยะ
- 1.4 ไม้วัดความสูงสำหรับวัดการเจริญเติบโตของพืช
- 1.5 ถุงพลาสติกและถุงตาข่ายสำหรับเก็บตัวอย่างดินและพืช
- 1.6 เครื่องชั่งน้ำหนัก
- 1.7 จอบ เสียม ข่ง และวัสดุอื่นๆ ที่จำเป็น

อุปกรณ์สำหรับวัดปริมาณคาร์บอน

- 1.8 ชุดเก็บตัวอย่างดินแบบไม่ทำลายโครงสร้าง (soil core samplers) ได้แก่ วงแหวนเก็บตัวอย่างดิน และที่ตอกวงแหวนเก็บตัวอย่างดิน
- 1.9 เครื่องวัดความชื้นในดิน
- 1.10 เครื่องวัดอัตราการหายใจของดิน Li-840 CO₂/H₂O gas analyzer
- 1.11 เครื่องวิเคราะห์ปริมาณคาร์บอนในดิน Elemental Analyzer

2. วิธีดำเนินการ

2.1 วางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มภายในบล็อกสมบูรณ์ (randomized complete block design, RCBD) ประกอบด้วย 6 ตำรับการทดลอง จำนวน 3 ซ้ำ ปุ๋ยหมักสำหรับหลังพันธุ์ห้วยบง 80 โดยมีการจัดการดินของแต่ละตำรับการทดลอง ดังนี้

ปีที่ 1

ตำรับที่ 1 แปลงควบคุม (ไม่ใส่ปุ๋ยเคมีและไม่ปลูกพืชปุ๋ยสด)

ตำรับที่ 2 ปุ๋ยเคมีสูตร 27-6-6 อัตรา 37 กิโลกรัมต่อไร่ (ไม่ปลูกพืชปุ๋ยสด)

ตำรับที่ 3 ปุ๋ยเคมีสูตร 27-6-6 อัตรา 37 กิโลกรัมต่อไร่ + ถั่วพุ่ม 8 กิโลกรัมต่อไร่

ตำรับที่ 4 ปุ๋ยเคมีสูตร 27-6-6 อัตรา 37 กิโลกรัมต่อไร่ + ปอเทือง 5 กิโลกรัมต่อไร่

ตำรับที่ 5 ปุ๋ยเคมีสูตร 27-6-6 อัตรา 37 กิโลกรัมต่อไร่ + ถั่วพุ่ม 10 กิโลกรัมต่อไร่

ตำรับที่ 6 ปุ๋ยเคมีสูตร 27-6-6 อัตรา 37 กิโลกรัมต่อไร่ + ถั่วมะแฮะ 8 กิโลกรัมต่อไร่

หมายเหตุ : ตำรับที่ 2 – 6 ใส่หินฟอสเฟต (0-3-0) อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่

ปีที่ 2

ตำรับที่ 1 แปลงควบคุม (ไม่ใส่ปุ๋ยเคมีและไม่ปลูกพืชปุ๋ยสด)

ตำรับที่ 2 ปุ๋ยเคมีสูตร 25-7-7 อัตรา 38.40 กิโลกรัมต่อไร่ (ไม่ปลูกพืชปุ๋ยสด)

ตำรับที่ 3 ปุ๋ยเคมีสูตร 25-7-7 อัตรา 38.40 กิโลกรัมต่อไร่ + ถั่วพุ่ม 8 กิโลกรัมต่อไร่

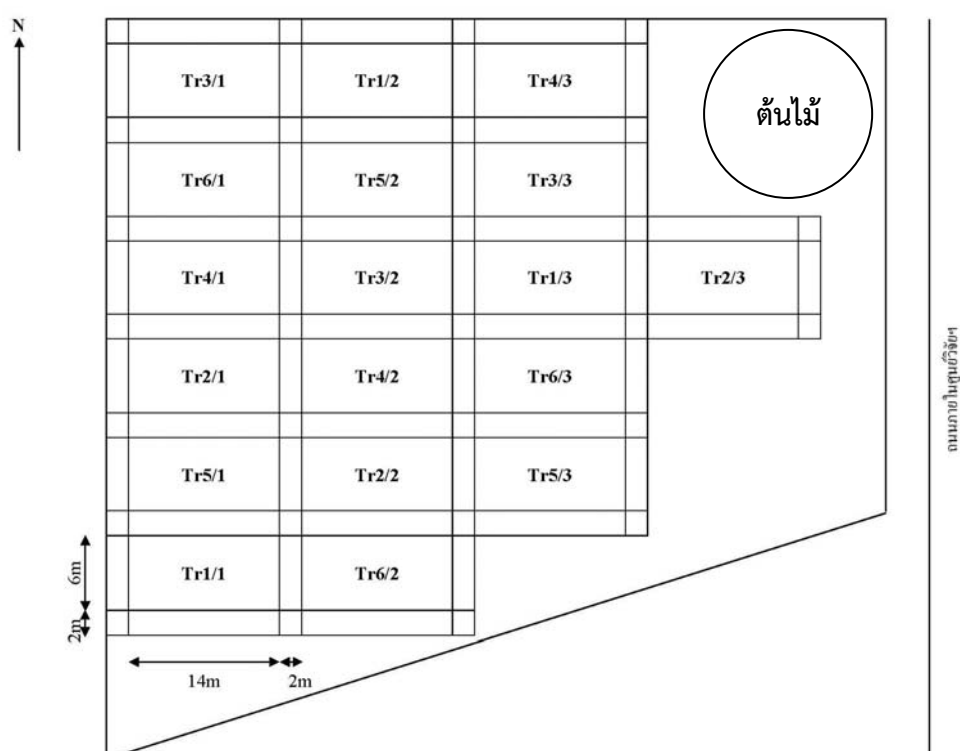
ตำรับที่ 4 ปุ๋ยเคมีสูตร 25-7-7 อัตรา 38.40 กิโลกรัมต่อไร่ + ปอเทือง 5 กิโลกรัมต่อไร่

ตำรับที่ 5 ปุ๋ยเคมีสูตร 25-7-7 อัตรา 38.40 กิโลกรัมต่อไร่ + ถั่วพุ่ม 10 กิโลกรัมต่อไร่

ตำรับที่ 6 ปุ๋ยเคมีสูตร 25-7-7 อัตรา 38.40 กิโลกรัมต่อไร่ + ถั่วมะแฮะ 8 กิโลกรัมต่อไร่

หมายเหตุ : ปรับสูตรปุ๋ยเคมีตามค่าการวิเคราะห์ดินหลังการเก็บเกี่ยวปีที่ 1

แผนผังแปลงวิจัย (Lay out)



2.2 ขั้นตอนการดำเนินงาน

1) คัดเลือกพื้นที่ปลูก กลุ่มชุดดินที่ 29 ชุดดินปากช่อง ณ ศูนย์วิจัยและถ่ายทอดเทคโนโลยีการพัฒนาดิน อ.ปากช่อง จ.นครราชสีมา

2) การเตรียมแปลงปลูกมันสำปะหลัง ทำการไถดะด้วยผาล 3 แปรด้วยผาล 7 และยกร่องระยะห่างระหว่างสันร่อง 1 เมตร เตรียมแปลงปลูกขนาด 6×14 เมตร จำนวน 18 แปลงย่อย

3) ทำการปลูกมันสำปะหลัง โดยใช้ท่อนพันธุ์มันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 80 ยาว 25 เซนติเมตร ระยะระหว่างต้น 1 เมตร ระยะระหว่างแถว 1 เมตร

4) ปุ๋ยพืชสด ปลูกพืชปุ๋ยสดเป็นพืชแซม โดยวิธีโรยเมล็ดถั่วมะแฮะ ปอเทือง ถั่วพรี และ ถั่วพุ่ม เป็นแถวระหว่างแถวมันสำปะหลังตามดำรับการทดลอง เมื่อมันสำปะหลังอายุ 30 35 40 และ 50 วัน ตามลำดับ แล้วสับกลบเมื่อมันสำปะหลังอายุ 3 เดือน

5) ปุ๋ยเคมี คำนวณอัตราการใช้ปุ๋ยเคมีจากโปรแกรมสำเร็จรูปเพื่อการจัดการดิน น้ำ และ พืชเศรษฐกิจสำหรับประเทศไทย (Thai Soil Management 1.0, TSM) แล้วปรับสูตรปุ๋ยเคมีตามสูตร ปุ๋ยเคมีที่มีจำหน่ายในบริเวณพื้นที่แปลงทดลอง โดยให้มีค่าธาตุอาหารตามที่โปรแกรมแนะนำ (รายละเอียดดังตารางภาคผนวกที่ 7)

ปีที่ 1 ใช้ปุ๋ยเคมีสูตร 27-6-6 อัตรา 37 กิโลกรัมต่อไร่ และหินฟอสเฟต (0-3-0) อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ แบ่งใส่ปุ๋ย 2 ครั้ง ครั้งละเท่า ๆ กัน ใส่เมื่อมันสำปะหลังอายุ 1 และ 3 เดือน

ปีที่ 2 ใช้ปุ๋ยเคมีสูตร 25-7-7 อัตรา 38.40 กิโลกรัมต่อไร่ แบ่งใส่ปุ๋ย 2 ครั้ง ครั้งละเท่า ๆ กัน ใส่เมื่อมันสำปะหลังอายุ 1 และ 3 เดือน

6) การดูแลรักษา กำจัดวัชพืช 2 ครั้ง เมื่อมันสำปะหลังอายุ 1 และ 3 เดือน

7) การเก็บเกี่ยว เก็บผลผลิตเมื่อมันสำปะหลังอายุประมาณ 11 เดือน

2.3 การเก็บข้อมูล

2.3.1 ข้อมูลดิน

- สุ่มเก็บตัวอย่างดินก่อนการทดลอง และหลังการทดลอง ที่ระดับความลึก 0 – 15 เซนติเมตร แปลงละ 1 ตัวอย่าง เพื่อวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารพืชในดิน

2.3.2 ข้อมูลปุ๋ยพืชสด

- สุ่มเก็บตัวอย่างพืชปุ๋ยสดในพื้นที่ 1 ตารางเมตร เมื่อถึงระยะออกดอก แปลงละ 1 จุด แล้วนำไปชั่งน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้ง

2.3.3 ข้อมูลมันสำปะหลัง

- วัดการเจริญเติบโตของสำปะหลัง โดยวัดความสูงของต้นที่อายุ 3 6 และ 11 เดือน หลังจากปลูกมันสำปะหลัง

- เก็บผลผลิตมันสำปะหลังที่อายุประมาณ 11 เดือน โดยใช้มีดตัดต้นเหนือระดับพื้นดินประมาณ 30 เซนติเมตร ถอนโดยใช้เครื่องมือชุดหัวมันสำปะหลัง พื้นที่เก็บผลผลิตขนาด 4×12 เมตร บันทึกน้ำหนักสดน้ำหนักแห้งของต้นและใบ (กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี) น้ำหนักหัวสด (กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี) น้ำหนักหัวแห้ง (กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี) จำนวนหัวต่อต้น และจำนวนหัวต่อไร่

- สุ่มเก็บตัวอย่างดินมันสำปะหลัง แปลงละ 1 ต้น เพื่อวิเคราะห์ปริมาณคาร์บอนในส่วนต่าง ๆ ของพืช ได้แก่ ลำต้นต้น ใบ และหัว

- คำนวณดัชนีการเก็บเกี่ยว = น้ำหนักผลผลิต/น้ำหนักทั้งต้น (หัว + ต้น + ใบ)

2.3.4 ข้อมูลการกักเก็บคาร์บอนในดิน

- สุ่มเก็บตัวอย่างดินโดยใช้ชุดเก็บตัวอย่างดินแบบไม่ทำลายโครงสร้าง (soil core samplers) ก่อนการทดลอง และหลังการทดลอง ที่ผิวดินแปลงละ 1 ตัวอย่าง เพื่อวัดการสูญเสียคาร์บอนในดินจากอัตราการหายใจของดิน

2.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

2.4.1 ข้อมูลธาตุอาหารพืชในดิน

- นำตัวอย่างดิน ส่งวิเคราะห์ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดิน (pH) ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน (OM) ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในดิน (P) และโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในดิน (K)

2.4.2 ข้อมูลอินทรีย์คาร์บอนในดินและพืช

- ชั่งน้ำหนักตัวอย่าง 2 มิลลิกรัม ลงใน Tin Capsule แล้วปิดปากถ้วยให้สนิท พร้อมกับไล่อากาศออกให้หมด และจดบันทึกน้ำหนักตัวอย่าง

- นำตัวอย่างมาใส่ในเครื่อง Elemental Analyzer เพื่อวิเคราะห์ปริมาณคาร์บอน (C) ไฮโดรเจน (H) ออกซิเจน (O) ไนโตรเจน (N) และซัลเฟอร์ (S) ในตัวอย่างดินและพืช

- นำผลการวิเคราะห์ที่ได้มาคำนวณปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในพืช ดังนี้

- ปริมาณผลผลิต (กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี) = พื้นที่ (ไร่) X ปริมาณผลผลิตเฉลี่ยต่อพื้นที่ต่อปี (กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี)
- ปริมาณเศษวัสดุ (กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี) = สัดส่วนเศษวัสดุต่อผลผลิต X ปริมาณผลผลิต (กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี)
- น้ำหนักแห้ง (กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี) = ปริมาณเศษวัสดุ (กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี) X เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง
- ปริมาณอินทรีย์คาร์บอน (กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี) = น้ำหนักแห้ง (กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี) X เปอร์เซ็นต์คาร์บอนในน้ำหนักแห้ง

2.4.3 วิเคราะห์อัตราการหายใจของดิน

- เติมน้ำลงใน soil core samplers เพื่อปรับให้ค่าความชื้นในดินเป็นไปตามค่าความชื้นที่ 25 เปอร์เซ็นต์

- วัดอัตราการหายใจของดินใน soil core samplers (แบบไม่ทำลายโครงสร้าง) ด้วยเครื่องวัดอัตราการหายใจของดิน LI-840 CO₂/H₂O Gas Analyzer และบันทึกค่า

- นำปริมาณคาร์บอนที่วัดได้ และเวลามาสร้างกราฟแสดงการเปรียบเทียบอัตราการปลดปล่อยคาร์บอน และความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการปลดปล่อยคาร์บอนในดินของแต่ละแปลงทดลอง โดยให้แกน x เป็นเวลาในหน่วยวินาที และแกน y เป็นปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่วัดได้ในหน่วย ppm เพื่อคำนวณหาอัตราการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ในดิน ณ ช่วงเวลาต่าง ๆ

2.4.4 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

- วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ (ANOVA) เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของสมบัติของดินก่อนและหลังการทดลองของแต่ละตำรับการทดลอง

- วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ (ANOVA) เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างทางด้านการเจริญเติบโตและผลผลิตของมันสำปะหลังของแต่ละตำรับการทดลอง

- คำนวณผลผลิตพืชและผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. สมบัติดินก่อนและหลังการทดลอง

ผลการวิเคราะห์ค่าความอุดมสมบูรณ์ของดินก่อนการทดลอง และเก็บตัวอย่างดินทุกแปลงทดลองหลังการเก็บผลผลิตมันสำปะหลังในปีที่ 1 (2553/54) และปีที่ 2 (2554/55) ดินในแปลงทดลองมีลักษณะเนื้อดินเป็นดินร่วนปนดินเหนียว จากผลการวิเคราะห์ดินก่อนการทดลอง เมื่อพิจารณาปริมาณธาตุอาหารในดินพบว่าดินมีค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดิน (soil pH) 5.95 จัดอยู่ในระดับกรดปานกลาง ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน (organic matter) 0.94 เปอร์เซ็นต์ จัดอยู่ในระดับต่ำ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในดิน (available phosphorus) 25.50 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จัดอยู่ในระดับสูง และปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในดิน (available potassium) 1,001.00 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จัดอยู่ในระดับสูงมาก ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สมบัติทางเคมีของดินก่อนการทดลอง

สมบัติทางเคมีของดิน	ค่าวิเคราะห์
ความเป็นกรดเป็นด่างของดิน	5.95
ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน (เปอร์เซ็นต์)	0.94
ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในดิน (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)	25.50
ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในดิน (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)	1,001.00

1.1 ความเป็นกรดเป็นด่างของดิน

หลังการเก็บเกี่ยวผลผลิตมันสำปะหลังปีที่ 1 และปีที่ 2 ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน ปรากฏว่ามีการเปลี่ยนแปลงสมบัติของดิน คือค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินในแต่ละตำรับการทดลองในปีที่ 1 (2553/54) พบว่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ซึ่งค่าเฉลี่ยความเป็นกรดเป็นด่างของดินทั้ง 2 ปีอยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของมันสำปะหลัง โดยการใส่ปุ๋ยเคมีและปลูกถั่วมะแฮะเป็นปุ๋ยพืชสด มีค่าเฉลี่ยความเป็นกรดเป็นด่างของดินสูงสุด 6.70 รองลงมาได้แก่ การใส่ปุ๋ยเคมีและปลูกถั่วพุ่มเป็นปุ๋ยพืชสด การใส่ปุ๋ยเคมีและปลูกปอเทืองเป็นปุ๋ยพืชสด แปลงควบคุม และการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว โดยมีค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินเท่ากับ 6.67 6.47 6.43 และ 6.43 ตามลำดับ และการใส่ปุ๋ยเคมีและปลูกถั่วพุ่มเป็นปุ๋ยพืชสด มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินน้อยที่สุด 6.37 จัดอยู่ในระดับกรดเล็กน้อยถึงกลาง ซึ่งค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินในปีที่ 1 มีความเป็นกรดลดลงเมื่อเทียบกับค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินก่อนการทดลอง

ในการทดลองปีที่ 2 (2554/55) พบว่าค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดิน ไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าเฉลี่ยความเป็นกรดเป็นด่างของดิน 6.17 – 6.53 จัดอยู่ในระดับกรดเล็กน้อย ตำรับการทดลองที่มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินสูงสุด 6.53 คือ การใส่ปุ๋ยเคมีและปลูกถั่วพุ่มเป็นปุ๋ยพืชสด รองลงมาได้แก่ การใส่ปุ๋ยเคมีและปลูกปอเทืองเป็นปุ๋ยพืชสด การใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว การใส่ปุ๋ยเคมีและปลูกถั่วมะแฮะเป็นปุ๋ยพืชสด แปลงควบคุม และการใส่ปุ๋ยเคมีและปลูกถั่วพุ่มเป็นปุ๋ยพืชสด โดยมีค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินเท่ากับ 6.47 6.40 6.37 6.20 และ 6.17 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินทั้ง 2 ปี พบว่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินในปีที่ 2 มีค่าลดลงเล็กน้อยเมื่อเทียบกับหลังการทดลองปีที่ 1 ดังแสดงในตารางที่ 2 การที่ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยเนื่องจากปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินที่เพิ่มสูงขึ้นทำให้ความจุในการแลกเปลี่ยนแคตไอออนและความจุบัฟเฟอร์สูง ดินจึงมีความสามารถดูดซับธาตุอาหารพวกแคตไอออนได้มาก และต้านทานต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพกรดด่างในดินได้ดีขึ้น (ยงยุทธ และคณะ, 2554)

ตารางที่ 2 ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินหลังการทดลอง ปีที่ 1 และปีที่ 2

ตำรับการทดลอง	ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดิน	
	ปีที่ 1	ปีที่ 2
แปลงควบคุม	6.43	6.20
ปุ๋ยเคมี	6.43	6.40
ปุ๋ยเคมี+ถั่วพุ่ม	6.37	6.53
ปุ๋ยเคมี+ปอเทือง	6.47	6.47
ปุ๋ยเคมี+ถั่วพราง	6.67	6.17
ปุ๋ยเคมี+ถั่วมะแฮะ	6.70	6.37
F-test	ns	ns
C.V. (%)	3.72	3.51

หมายเหตุ ns ไม่แสดงความแตกต่างทางสถิติ

1.2 ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน

ผลการวิเคราะห์ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินปีที่ 1 (2553/54) พบว่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ก่อนการทดลองดินมีปริมาณอินทรีย์วัตถุ 0.94 เปอร์เซ็นต์ จัดอยู่ในระดับต่ำ หลังจากการทดลองปีที่ 1 ดินมีปริมาณอินทรีย์วัตถุสูงขึ้นอยู่ในระดับปานกลางถึงสูงทุกตำรับการทดลอง เนื่องจากการสลายตัวของใบมันสำปะหลังที่ร่วงหล่นในแปลงทดลอง และการสลายตัวของปุ๋ยพืชสดที่ได้จากการสับกลบพืชปุ๋ยสดในบางตำรับการทดลอง ซึ่งปุ๋ยพืชสดจะช่วยรักษาระดับความอุดมสมบูรณ์ทางด้านธาตุอาหารพืชและปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินให้สูงอยู่เสมอ (ฐิติมา, 2550) โดยแปลงควบคุม ดินมีปริมาณอินทรีย์วัตถุเพิ่มขึ้นน้อยที่สุด 2.47 เปอร์เซ็นต์ จัดอยู่ในระดับปานกลาง ในขณะที่การใส่ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว ดินมีปริมาณอินทรีย์วัตถุเพิ่มขึ้นเป็น 3.20 เปอร์เซ็นต์ จัดอยู่ในระดับค่อนข้างสูง อาจเนื่องมาจากใบของมันสำปะหลังที่ร่วงหล่นในแปลงเกิดการสลายตัวเพิ่มอินทรีย์วัตถุในดิน สอดคล้องกับการศึกษาของวินัย (2551) ซึ่งได้ทดสอบอัตราปุ๋ยเคมีที่เหมาะสมและประหยัดสำหรับปลูกมันสำปะหลังในพื้นที่ที่มีความอุดมสมบูรณ์ระดับต่าง ๆ จังหวัดมหาสารคาม ประกอบด้วย 4 ตำรับการทดลอง คือ แบบเกษตรกร แบบประหยัด ตามค่าวิเคราะห์ดิน และตามคำแนะนำ พบว่าหลังการทดลองดินมีปริมาณอินทรีย์วัตถุเพิ่มขึ้นทุกตำรับการทดลอง ส่วนการใส่ปุ๋ยเคมีและปลูกถั่วพุ่มเป็นปุ๋ยพืชสด การใส่ปุ๋ยเคมีและปลูกปอเทืองเป็นปุ๋ยพืชสด การใส่ปุ๋ยเคมีและปลูกถั่วพรางเป็นปุ๋ยพืชสด และการใส่ปุ๋ยเคมีและปลูกถั่วมะแฮะเป็นปุ๋ยพืชสด ซึ่งเป็นตำรับการทดลองที่ปลูกพืชปุ๋ยสดแซมระหว่างแถวมันสำปะหลังพบว่าดินมีปริมาณอินทรีย์วัตถุเพิ่มขึ้นเป็น 2.89 2.74 3.10 และ 3.93 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ มีค่าจัดอยู่ในระดับค่อนข้างสูงถึงสูง โดยแปลงที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีและปลูกถั่วมะแฮะเป็นปุ๋ยพืชสด พบว่าดินมีปริมาณอินทรีย์วัตถุเพิ่มขึ้นมากที่สุด จัดอยู่ในระดับสูง

สำหรับผลการทดลองในปีที่ 2 (2554/55) พบว่าปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินมีค่าอยู่ในระดับค่อนข้างสูง โดยมีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 2.52 – 3.14 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติ เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินปีที่ 1 กับปีที่ 2 พบว่าแปลงควบคุม การใส่ปุ๋ยเคมีและปลูกถั่วพุ่มเป็นปุ๋ยพืชสด และการใส่ปุ๋ยเคมีและปลูกปอเทืองเป็นปุ๋ยพืชสด มีปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินเพิ่มขึ้นเป็น 3.14 3.11 และ 2.82 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ การที่แปลงควบคุมมีปริมาณอินทรีย์วัตถุในปีที่ 2 สูงกว่าในปีที่ 1 จาก 2.47 เป็น 3.14 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากในปีที่ 1 แปลงควบคุมมีน้ำหนักรากสดต้นและใบมันสำปะหลังสูงสุด เมื่อสับกลบต้นและใบมันสำปะหลังที่เหลือจากการเก็บเกี่ยวลงดิน จึงส่งผลให้ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินเพิ่มขึ้น ในขณะที่การใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว การใส่ปุ๋ยเคมีและปลูกถั่วพรางเป็นปุ๋ยพืชสด และการใส่

ปุ๋ยเคมีและปลูกถั่วมะแฮะเป็นปุ๋ยพืชสด มีปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินลดลงเล็กน้อยคือ 2.63 2.52 และ 3.00 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินหลังการทดลอง ปีที่ 1 และปีที่ 2

ดำรับการทดลอง	อินทรีย์วัตถุ (%)	
	ปีที่ 1	ปีที่ 2
แปลงควบคุม	2.47	3.14
ปุ๋ยเคมี	3.20	2.63
ปุ๋ยเคมี+ถั่วพุ่ม	2.89	3.11
ปุ๋ยเคมี+ปอเทือง	2.74	2.82
ปุ๋ยเคมี+ถั่วพราง	3.10	2.52
ปุ๋ยเคมี+ถั่วมะแฮะ	3.93	3.00
F-test	ns	ns
C.V. (%)	21.94	19.17

หมายเหตุ ns ไม่แสดงความแตกต่างทางสถิติ

1.3 ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในดิน

ผลการวิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในดินหลังการทดลองปีที่ 1 (2553/54) พบว่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ มีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 21.33 – 60.00 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งเป็นค่าที่ค่อนข้างสูงถึงสูงมาก โดยการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในดินมากที่สุด 60.00 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งเป็นระดับที่สูงมาก รองลงมาได้แก่ การใส่ปุ๋ยเคมีและปลูกถั่วมะแฮะเป็นปุ๋ยพืชสด แปลงควบคุม การใส่ปุ๋ยเคมีและปลูกถั่วพรางเป็นปุ๋ยพืชสด และการใส่ปุ๋ยเคมีและปลูกปอเทืองเป็นปุ๋ยพืชสด มีค่าเท่ากับ 46.33 41.00 28.67 และ 26.67 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ จัดอยู่ในระดับสูง ส่วนการใส่ปุ๋ยเคมีและปลูกถั่วพุ่มเป็นปุ๋ยพืชสด มีค่าต่ำที่สุดเท่ากับ 21.33 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จัดอยู่ในระดับค่อนข้างสูง

ส่วนปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในดินหลังการทดลองปีที่ 2 (2554/55) จากผลการวิเคราะห์ดินพบว่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในดินลดลง โดยเฉพาะการใส่ปุ๋ยเคมีและปลูกถั่วพรางเป็นปุ๋ยพืชสด มีปริมาณลดลงเหลือ 9.67 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จัดว่าอยู่ในระดับค่อนข้างต่ำ การที่ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในดินลดลง แม้ว่าจะมีการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสลงไปด้วยก็ตาม ทั้งนี้อาจเป็นเพราะปุ๋ยฟอสฟอรัสที่ใส่ลงไปนั้นส่วนใหญ่ถูกตรึงไว้ในดิน บางครั้งมากกว่า 70 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาณที่ใส่ลงไป (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2530; สุวรรณีย์, มปป.) หรืออาจเนื่องมาจากการสูญเสียฟอสฟอรัสจากการที่พืชนำไปใช้และติดไปกับหัวมันสำปะหลัง ขณะที่การใส่ปุ๋ยเคมีและปลูกถั่วพุ่มเป็นปุ๋ยพืชสด เป็นเพียงดำรับเดียวที่มีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อย จาก 21.33 เพิ่มขึ้น 23.00 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จัดอยู่ในระดับที่ค่อนข้างสูง ดังแสดงในตารางที่ 4 ส่วนค่าสัมประสิทธิ์การกระจาย (C.V.) มีค่าสูง อาจเนื่องมาจากความแปรปรวนของสภาพพื้นที่

ตารางที่ 4 ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในดินหลังการทดลอง ปีที่ 1 และปีที่ 2

ดำรับการทดลอง	ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)	
	ปีที่ 1	ปีที่ 2
แปลงควบคุม	41.00	33.00
ปุ๋ยเคมี	60.00	12.00
ปุ๋ยเคมี+ถั่วพุ่ม	21.33	23.00
ปุ๋ยเคมี+ปอเทือง	26.67	13.00
ปุ๋ยเคมี+ถั่วพราง	28.67	9.67
ปุ๋ยเคมี+ถั่วมะแฮะ	46.33	16.67
F-test	ns	ns
C.V. (%)	80.18	75.14

หมายเหตุ ns ไม่แสดงความแตกต่างทางสถิติ

1.4 ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในดิน

จากการวิเคราะห์ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในดินพบว่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ก่อนการทดลองปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในดินมีค่าสูงมาก แต่มีค่าลดลงหลังการทดลอง ปีที่ 1 (2553/54) เนื่องจากธาตุโพแทสเซียมเป็นธาตุที่มีความสำคัญต่อการสะสมแป้งในหัวมันสำปะหลัง จึงปรากฏว่าประมาณ 60 เปอร์เซ็นต์ของธาตุโพแทสเซียมที่ดูดใช้จากดินสะสมอยู่ในหัว (กรมวิชาการ เกษตร, 2547) และเมื่อนำผลผลิตหัวมันสำปะหลังออกจากแปลงจึงทำให้สูญเสียธาตุโพแทสเซียมไปด้วย โดยการใส่ปุ๋ยเคมีและปลูกถั่วพุ่มเป็นปุ๋ยพืชสด ลดลงมากที่สุดมีค่าเท่ากับ 627.00 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม รองลงมาได้แก่ แปลงควบคุม การใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว การใส่ปุ๋ยเคมีและปลูกถั่วพรางเป็นปุ๋ยพืชสด การใส่ปุ๋ยเคมีและปลูกปอเทืองเป็นปุ๋ยพืชสด และการใส่ปุ๋ยเคมีและปลูกถั่วมะแฮะเป็นปุ๋ยพืชสด ซึ่งมีปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในดินเฉลี่ย 696.67 733.33 880.00 843.33 และ 924.00 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ซึ่งทุกดำรับการทดลองจัดว่ามีปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในดินสูงมาก

เมื่อพิจารณาปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในดินทั้งก่อนการทดลอง หลังการทดลอง ปีที่ 1 และ 2 มีแนวโน้มลดลง สำหรับปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในดินปีที่ 2 (2554/55) มีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 502.33 – 729.67 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ลดลงจากก่อนการทดลองประมาณ 30 – 50 เปอร์เซ็นต์ แต่ยังคงจัดอยู่ในระดับที่สูงมาก (ตารางที่ 5) โดยการใส่ปุ๋ยเคมีและปลูกถั่วพรางเป็นปุ๋ยพืชสด ลดลงมากที่สุด แต่ในการใส่ปุ๋ยเคมีและปลูกถั่วพุ่มเป็นปุ๋ยพืชสด มีปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในดินเพิ่มขึ้นเล็กน้อยจากปีที่ 1 เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในดินที่ลดลงสอดคล้องกับสุวรรณีย์ (มปป.) ที่ได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีของดินที่ปลูกมันสำปะหลัง เมื่อมีการปรับปรุงบำรุงดินกลุ่มชุดดินที่ 40 ด้วยการใช้ปุ๋ยเคมี พืชปุ๋ยสด ปุ๋ยอินทรีย์น้ำ และแกลบหุ้ญแฝกในการศึกษา โดยพบว่าหลังจากปลูกมันสำปะหลังไปแล้ว 2 ปี ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในดินปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในดินลดต่ำลงทุกวิธีการปรับปรุงบำรุงดินเช่นเดียวกับฟอสฟอรัส อาจเนื่องจากพืชนำไปใช้ประโยชน์บางส่วน และบางส่วนถูกเปลี่ยนให้กลายเป็นโพแทสเซียมที่พืชไม่สามารถนำไปใช้ได้ (nonexchangeable K)

ตารางที่ 5 ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในดินหลังการทดลอง ปีที่ 1 และปีที่ 2

ดำรับการทดลอง	โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)	
	ปีที่ 1	ปีที่ 2
แปลงควบคุม	696.67	638.00
ปุ๋ยเคมี	733.33	568.33
ปุ๋ยเคมี+ถั่วพุ่ม	627.00	729.67
ปุ๋ยเคมี+ปอเทือง	880.00	601.33
ปุ๋ยเคมี+ถั่วพราง	843.33	502.33
ปุ๋ยเคมี+ถั่วมะแฮะ	924.00	678.33
F-test	ns	ns
C.V. (%)	28.03	18.02

หมายเหตุ ns ไม่แสดงความแตกต่างทางสถิติ

1.5 ปริมาณคาร์บอนในดิน

ผลการวิเคราะห์หาปริมาณคาร์บอน (C) ไฮโดรเจน (H) ออกซิเจน (O) ไนโตรเจน (N) และ ซัลเฟอร์ (S) ในดินก่อนการทดลอง พบว่ามีปริมาณ 0.05 0.01 1.46 0.01 และ 0.001 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ดินหลังการทดลอง พบว่าคาร์บอนในดินมีปริมาณเพิ่มขึ้นอยู่ในช่วงระหว่าง 1.60 – 2.15 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งปริมาณคาร์บอนในดินในทุกดำรับการทดลองมีค่าใกล้เคียงกัน โดยดำรับที่ใส่ปุ๋ยเคมี และปลูกถั่วมะแฮะเป็นปุ๋ยพืชสด มีปริมาณคาร์บอนในดินสูงสุด ดังแสดงในตารางที่ 6 ส่วนปริมาณไฮโดรเจนในดินมีค่าเพิ่มขึ้นอยู่ในช่วงระหว่าง 0.85 – 0.96 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจะเห็นว่าแต่ละดำรับการทดลองมีค่าค่อนข้างใกล้เคียงกัน โดยการใส่ปุ๋ยเคมีและปลูกถั่วพรางเป็นปุ๋ยพืชสด มีปริมาณไฮโดรเจนในดินสูงสุด สำหรับปริมาณออกซิเจนในดินพบว่าเพิ่มขึ้นทุกดำรับมีค่าใกล้เคียงกันอยู่ในช่วงระหว่าง 73.29 – 73.96 เปอร์เซ็นต์ โดยดำรับที่ 1 แปลงควบคุมมีค่าสูงสุด ส่วนปริมาณไนโตรเจนในดินหลังการทดลองมีค่าเพิ่มขึ้นอยู่ในช่วงระหว่าง 0.06 – 0.16 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งการใส่ปุ๋ยเคมีและปลูกถั่วมะแฮะเป็นปุ๋ยพืชสด มีปริมาณสูงสุด และปริมาณซัลเฟอร์ในดินหลังการทดลองมีค่าเพิ่มขึ้นยกเว้นการใส่ปุ๋ยเคมีและปลูกถั่วพุ่มเป็นปุ๋ยพืชสด มีค่าลดลงและมีค่าน้อยที่สุด โดยปริมาณซัลเฟอร์ในดินมีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 0.002 – 0.016 เปอร์เซ็นต์ และการใส่ปุ๋ยเคมีและปลูกปอเทืองเป็นปุ๋ยพืชสด มีปริมาณซัลเฟอร์ในดินสูงสุด จากการทดลองจะเห็นว่าการใส่ปุ๋ยเคมีและปลูกถั่วมะแฮะเป็นปุ๋ยพืชสดเป็นวิธีที่ดีที่สุดในการเพิ่มปริมาณธาตุต่าง ๆ ในดิน โดยเฉพาะปริมาณคาร์บอนและไนโตรเจนในดิน

ตารางที่ 6 ปริมาณธาตุในดินหลังการทดลอง ปีที่ 1

ตัวรับการทดลอง	ปริมาณธาตุในดิน (%)				
	คาร์บอน	ไฮโดรเจน	ออกซิเจน	ไนโตรเจน	ซัลเฟอร์
ก่อนการทดลอง	0.05	0.01	1.46	0.01	0.001
หลังการทดลอง					
แปลงควบคุม	1.65	0.85	73.96	0.06	0.008
ปุ๋ยเคมี	1.77	0.85	73.82	0.07	0.009
ปุ๋ยเคมี+ถั่วพุ่ม	1.68	0.85	73.94	0.06	0.002
ปุ๋ยเคมี+ปอเทือง	1.60	0.90	73.92	0.09	0.016
ปุ๋ยเคมี+ถั่วพริ้ว	1.75	0.96	73.71	0.09	0.015
ปุ๋ยเคมี+ถั่วมะแฮะ	2.15	0.91	73.29	0.16	0.013
F-test	ns	ns	ns	ns	ns
C.V. (%)	18.75	13.62	0.62	57.61	91.23

หมายเหตุ ns ไม่แสดงความแตกต่างทางสถิติ

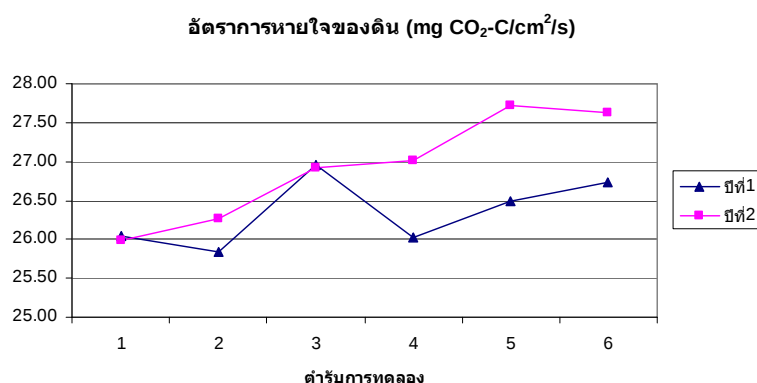
2. อัตราการหายใจของดิน

วัดอัตราการหายใจของดินที่ความชื้น 25 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งอัตราการหายใจของดินคือ อัตราการหายใจที่เกิดขึ้นจากการย่อยสลายอินทรีย์วัตถุในดินโดยจุลินทรีย์ในดิน กรณีที่อัตราการหายใจของดินมีค่าสูงแสดงว่ามีปริมาณธาตุอาหารพืชที่อยู่ในอินทรีย์วัตถุในดินถูกปลดปล่อยออกมาเป็นประโยชน์ต่อพืชสูงตามด้วย การศึกษาพบว่าอัตราการหายใจของดินไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยอัตราการหายใจของดินปีที่ 1 (2553/54) มีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 25.84 – 26.96 มิลลิกรัมคาร์บอนไดออกไซด์คาร์บอนต่อตารางเซนติเมตรต่อวินาที ($\text{mg CO}_2\text{-C/cm}^2\text{/sec}$) ดังแสดงในตารางที่ 7 และภาพที่ 1 จัดว่ามีปฏิกิริยาทางดินปานกลาง (รายละเอียดตารางภาคผนวกที่ 8) ซึ่งการใส่ปุ๋ยเคมีและปลูกถั่วพุ่มเป็นปุ๋ยพืชสด มีอัตราการหายใจของดินสูงสุด และการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว มีอัตราการหายใจของดินต่ำสุด ส่วนอัตราการหายใจของดินปีที่ 2 (2554/55) มีค่าสูงกว่าปีแรกเล็กน้อย จะเห็นว่าการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว การใส่ปุ๋ยเคมีและปลูกปอเทืองเป็นปุ๋ยพืชสด การใส่ปุ๋ยเคมีและปลูกถั่วพริ้วเป็นปุ๋ยพืชสด และการใส่ปุ๋ยเคมีและปลูกถั่วมะแฮะเป็นปุ๋ยพืชสด มีอัตราการหายใจของดินสูงกว่าปีที่ 1 อย่างชัดเจน โดยอัตราการหายใจของดินในปีที่ 2 มีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 25.99 – 27.72 มิลลิกรัมคาร์บอนไดออกไซด์คาร์บอนต่อตารางเซนติเมตรต่อวินาที จัดว่ามีปฏิกิริยาทางดินปานกลาง โดยการใส่ปุ๋ยเคมีและปลูกถั่วพริ้วเป็นปุ๋ยพืชสด มีการหายใจของดินสูงสุดในขณะที่แปลงควบคุม มีการหายใจของดินน้อยที่สุด จากการศึกษาอัตราการหายใจของดินของ Evanylo และ McGuinn (2009) ในการปลูกมะเขือเทศ ประกอบด้วย 4 ตัวรับการทดลอง ได้แก่ ปุ๋ยเคมี เศษวัสดุจากต้นฝ้าย มูลสุกร และเศษวัสดุที่เหลือจากการเก็บเกี่ยว ผลการทดลองพบว่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่มูลสุกรมีอัตราการหายใจของดินสูงสุด รองลงมาคือ เศษวัสดุจากต้นฝ้าย เศษวัสดุที่เหลือจากการเก็บเกี่ยว และปุ๋ยเคมี ตามลำดับ และพบว่าเศษวัสดุจากต้นฝ้าย และเศษวัสดุที่เหลือจากการเก็บเกี่ยวมีค่าใกล้เคียงกัน ซึ่งสอดคล้องกันกับผลการศึกษานี้ โดยจะเห็นว่าตัวรับการทดลองที่ปลูกพืชปุ๋ยสดเป็นพืชแซมทั้ง 4 ตัวรับการทดลองมีค่าใกล้เคียงกันทั้ง 2 ปี

ตารางที่ 7 อัตราการหายใจของดินที่ความชื้น 25 เปอร์เซ็นต์ ปีที่ 1 และปีที่ 2

ตำรับการทดลอง	อัตราการหายใจของดิน ($\text{mg CO}_2\text{-C}/\text{cm}^2/\text{sec}$)	
	ปีที่ 1	ปีที่ 2
แปลงควบคุม	26.04	25.99
ปุ๋ยเคมี	25.84	26.26
ปุ๋ยเคมี+ถั่วพุ่ม	26.96	26.93
ปุ๋ยเคมี+ปอเทือง	26.03	27.01
ปุ๋ยเคมี+ถั่วพราง	26.50	27.72
ปุ๋ยเคมี+ถั่วมะแฮะ	26.73	27.64
F-test	ns	ns
C.V. (%)	2.56	3.34

หมายเหตุ ns ไม่แสดงความแตกต่างทางสถิติ



ภาพที่ 1 อัตราการหายใจของดินที่ความชื้น 25 เปอร์เซ็นต์ ปีที่ 1 และปีที่ 2

3. ปริมาณคาร์บอนในพืชหลังการทดลอง

3.1 ปริมาณคาร์บอนในต้นและใบมันสำปะหลัง

ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างต้นและใบมันสำปะหลังจากการสุ่มเก็บตัวอย่างต้นและใบมันสำปะหลังในแต่ละตำรับการทดลองหลังการทดลอง พบว่าปริมาณคาร์บอน (C) ออกซิเจน (O) ไนโตรเจน (N) และซัลเฟอร์ (S) ในต้นและใบมันสำปะหลังไม่แตกต่างกันทางสถิติ ส่วนปริมาณไฮโดรเจน (H) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ปริมาณคาร์บอนในต้นและใบมีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 46.54 – 48.45 เปอร์เซ็นต์ ดังแสดงในตารางที่ 8 ซึ่งจะเห็นว่ามีค่าค่อนข้างใกล้เคียงกัน โดยการใส่ปุ๋ยเคมีและปลูกถั่วพุ่มเป็นปุ๋ยพืชสด มีปริมาณคาร์บอนในต้นและใบสูงสุด สำหรับแปลงควบคุม พบว่ามีปริมาณไฮโดรเจนและซัลเฟอร์ในต้นและใบสูงสุด โดยปริมาณไฮโดรเจนในต้นและใบมีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 7.08 – 7.58 เปอร์เซ็นต์ ส่วนปริมาณซัลเฟอร์มีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 0.20 – 0.25 เปอร์เซ็นต์ ตำรับที่มีค่าออกซิเจนและไนโตรเจนในต้นและใบสูงสุดคือการใส่ปุ๋ยเคมีและปลูกปอเทืองเป็นปุ๋ยพืชสด ซึ่งมีปริมาณออกซิเจนในต้นและใบมีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 15.68 – 17.67 เปอร์เซ็นต์ และมีปริมาณไนโตรเจนอยู่ในช่วงระหว่าง 4.58 – 5.01 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อพิจารณาค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) แล้วพบว่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนของต้นและใบมันสำปะหลังมีค่าแคบ แสดงว่าสามารถย่อยสลายเป็นอินทรีย์วัตถุในดินได้เร็ว ดังนั้นหากสับกลบต้นและใบมันสำปะหลังลงดินจะเป็นการช่วยเพิ่มอินทรีย์วัตถุในดินซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อพืชต่อไป นอกจากนี้จะเห็นว่าการใส่ปุ๋ยเคมีและปลูกปอเทืองเป็นปุ๋ยพืชสด สามารถย่อยสลาย

เป็นอินทรีย์วัตถุในดินได้เร็วที่สุดเนื่องจากมีค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนแคบที่สุดเท่ากับ 9 สามารถย่อยสลายเป็นอินทรีย์วัตถุในดินได้เร็วกว่าปุ๋ยหมักซึ่งมีค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนเท่ากับ 20 (สำนักเทคโนโลยีชีวภาพทางดิน, 2551)

ตารางที่ 8 ปริมาณธาตุในต้นและใบมันสำปะหลังหลังการทดลอง ปีที่ 1

ดำรับการทดลอง	ปริมาณธาตุในต้นและใบมันสำปะหลัง (%)					C/N ratio
	คาร์บอน	ไฮโดรเจน	ออกซิเจน	ไนโตรเจน	ซิลเฟอร์	
แปลงควบคุม	47.40	7.58 a	16.62	4.68	0.25	10
ปุ๋ยเคมี	47.68	7.11 b	16.79	4.71	0.24	10
ปุ๋ยเคมี+ถั่วพุ่ม	48.45	7.20 b	15.68	4.96	0.23	10
ปุ๋ยเคมี+ปอเทือง	46.54	7.08 b	17.67	5.01	0.24	9
ปุ๋ยเคมี+ถั่วพริ้ว	48.15	7.15 b	16.44	4.58	0.20	11
ปุ๋ยเคมี+ถั่วมะแฮะ	47.84	7.13 b	16.37	4.97	0.21	10
F-test	ns	*	ns	ns	ns	ns
C.V. (%)	2.53	2.95	8.26	8.07	11.94	7.89

หมายเหตุ ตัวอักษรที่เหมือนกันในสดมภ์เดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ด้วยวิธี DMRT
ns ไม่แสดงความแตกต่างทางสถิติ
* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

3.2 ปริมาณคาร์บอนในหัวมันสำปะหลัง

ปริมาณคาร์บอน (C) ไฮโดรเจน (H) ออกซิเจน (O) ไนโตรเจน (N) และซิลเฟอร์ (S) ในหัวมันสำปะหลังหลังการทดลอง ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ปริมาณคาร์บอนและซิลเฟอร์ในหัวมันสำปะหลังในแปลงที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีและปลูกปอเทืองเป็นปุ๋ยพืชสด มีค่าสูงสุด โดยปริมาณคาร์บอนมีค่าค่อนข้างใกล้เคียงกันอยู่ในช่วงระหว่าง 41.49 – 42.06 เปอร์เซ็นต์ และปริมาณซิลเฟอร์มีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 0.004 – 0.015 เปอร์เซ็นต์ จะเห็นว่าค่าต่ำสุดและค่าสูงสุดค่อนข้างแตกต่างกัน โดยการใส่ปุ๋ยเคมีและปลูกถั่วพุ่มเป็นปุ๋ยพืชสด มีค่าน้อยที่สุด ส่วนปริมาณไฮโดรเจนในหัวมันสำปะหลังมีค่าใกล้เคียงกันอยู่ในช่วงระหว่าง 6.87 – 7.45 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งแปลงควบคุม มีค่าไฮโดรเจนสูงสุด และการใส่ปุ๋ยเคมีและปลูกถั่วมะแฮะเป็นปุ๋ยพืชสด มีปริมาณออกซิเจนและไนโตรเจนสูงสุด ดังแสดงในตารางที่ 9 โดยมีปริมาณออกซิเจนในหัวมันสำปะหลังมีค่าใกล้เคียงกันอยู่ในช่วงระหว่าง 27.10 – 27.73 เปอร์เซ็นต์ และมีปริมาณไนโตรเจนอยู่ในช่วงระหว่าง 0.23 – 0.42 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจะเห็นว่าการใส่ปุ๋ยเคมีและปลูกถั่วพริ้วเป็นปุ๋ยพืชสด มีปริมาณไนโตรเจนน้อยที่สุด

ตารางที่ 9 ปริมาณธาตุในหัวมันสำปะหลังหลังการทดลอง ปีที่ 1

ตำรับการทดลอง	ปริมาณธาตุในหัวมันสำปะหลัง (%)				
	คาร์บอน	ไฮโดรเจน	ออกซิเจน	ไนโตรเจน	ซัลเฟอร์
แปลงควบคุม	41.52	7.45	27.28	0.27	0.011
ปุ๋ยเคมี	41.68	7.06	27.47	0.30	0.006
ปุ๋ยเคมี+ถั่วพุ่ม	41.66	6.96	27.51	0.39	0.004
ปุ๋ยเคมี+ปอเทือง	42.06	6.97	27.10	0.38	0.015
ปุ๋ยเคมี+ถั่วพราง	41.85	7.06	27.37	0.23	0.013
ปุ๋ยเคมี+ถั่วมะแฮะ	41.49	6.87	27.73	0.42	0.011
F-test	ns	ns	ns	ns	ns
C.V. (%)	1.32	4.18	2.15	36.97	75.62

หมายเหตุ ns ไม่แสดงความแตกต่างทางสถิติ

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบปริมาณคาร์บอน (C) ไฮโดรเจน (H) ออกซิเจน (O) ไนโตรเจน (N) และซัลเฟอร์ (S) ในหัว ต้น และใบมันสำปะหลังแล้ว พบว่าปริมาณคาร์บอนในต้นและใบมันสำปะหลังสูงกว่าในหัวมันสำปะหลังเล็กน้อย แตกต่างกันประมาณร้อยละ 10 - 14 ส่วนปริมาณไฮโดรเจนมีปริมาณค่อนข้างใกล้เคียงกัน แตกต่างกันน้อยกว่าร้อยละ 3 แต่ปริมาณออกซิเจนที่วิเคราะห์ได้ พบว่าในต้นและใบมันสำปะหลังมีค่าต่ำกว่าในหัวมันสำปะหลัง แตกต่างกันประมาณร้อยละ 35 - 41 ส่วนปริมาณไนโตรเจนในต้นและใบมันสำปะหลังมีปริมาณสูงกว่าในหัวมันสำปะหลังมากถึงร้อยละ 91 - 95 และปริมาณซัลเฟอร์ที่วิเคราะห์ได้พบว่ามีปริมาณในต้นและใบมันสำปะหลังมีปริมาณสูงกว่าในหัวมันสำปะหลังมาก แตกต่างกันร้อยละ 94 - 98 เนื่องจากไนโตรเจนและซัลเฟอร์เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตในส่วนเหนือดิน ได้แก่ ส่วนยอดและกิ่งก้านสาขาของพืชมากกว่าส่วนราก ดังนั้นปริมาณไนโตรเจนและซัลเฟอร์ในต้นและใบมันสำปะหลังจึงมีปริมาณสูงกว่าในหัวมันสำปะหลัง

3.3 ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนที่กักเก็บลงดิน

ปริมาณอินทรีย์คาร์บอน (Organic Carbon) ที่กักเก็บลงดิน ในปีที่ 1 (2553/54) พบว่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยต้นและใบมันสำปะหลังมีปริมาณคาร์บอนสะสมอยู่ในช่วงระหว่าง 373 - 544 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี ตำรับการทดลองที่มีปริมาณคาร์บอนที่กักเก็บลงดินมากที่สุดคือ การใส่ปุ๋ยเคมีและปลูกถั่วพรางเป็นปุ๋ยพืชสด รองลงมาคือการใส่ปุ๋ยเคมีและปลูกถั่วพุ่มเป็นปุ๋ยพืชสด การใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว การใส่ปุ๋ยเคมีและปลูกถั่วมะแฮะเป็นปุ๋ยพืชสด แปลงควบคุม และการใส่ปุ๋ยเคมีและปลูกปอเทืองเป็นปุ๋ยพืชสด มีปริมาณอินทรีย์คาร์บอนที่สามารถสับกลบลงดินเท่ากับ 528 508 449 433 และ 373 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 10 สำหรับปีที่ 2 (2554/55) จากการคำนวณปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดินและพืช พบว่ามีผลการวิเคราะห์เหมือนกับปีแรกคือ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่มีปริมาณน้ำหนักระหว่างต้นและใบมันสำปะหลังมากกว่าปีแรกจึงทำให้มีปริมาณคาร์บอนสะสมสูงกว่าโดยมีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 372 - 788 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี การใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว มีปริมาณคาร์บอนที่กักเก็บลงดินสูงสุด เนื่องจากมีปริมาณน้ำหนักระหว่างต้นและใบมันสำปะหลังมากกว่าตำรับการทดลองอื่นปริมาณอินทรีย์คาร์บอนที่สะสมอยู่จึงมีปริมาณมากด้วย รองลงมาคือ การใส่ปุ๋ยเคมีและปลูกถั่วพรางเป็นปุ๋ยพืชสด แปลงควบคุม การใส่ปุ๋ยเคมีและปลูกถั่วมะแฮะเป็นปุ๋ยพืชสด การใส่ปุ๋ยเคมีและปลูกถั่วพุ่มเป็นปุ๋ยพืชสด และการใส่ปุ๋ยเคมีและปลูกปอเทืองเป็นปุ๋ยพืชสด มีปริมาณอินทรีย์คาร์บอนที่สามารถสับกลบลงดินเท่ากับ 745 741 689 491 และ 372 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี ตามลำดับ จะเห็นว่าการใส่ปุ๋ยเคมีและปลูกปอเทืองเป็นปุ๋ยพืชสด มีปริมาณ

อินทรีย์คาร์บอนน้อยที่สุดทั้ง 2 ปี เมื่อคำนวณปริมาณอินทรีย์คาร์บอนที่สามารถสับกลบลงดินต่อเนื่องกัน 2 ปี พบว่าจะมีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 745 - 1,296 กิโลกรัมต่อไร่ โดยแปลงที่ใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียวมีค่าสูงที่สุด เนื่องจากมีปริมาณมวลชีวภาพต้นและใบมันสำปะหลังสูงสุด (ตารางที่ 14) จึงมีปริมาณอินทรีย์คาร์บอนที่ถูกสับกลบลงดินสูง

ตารางที่ 10 ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนที่กักเก็บลงดิน ปีที่ 1 และปีที่ 2

ดำรับการทดลอง	อินทรีย์คาร์บอน (กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี)		
	ปีที่ 1	ปีที่ 2	รวม
แปลงควบคุม	433	741	1,183
ปุ๋ยเคมี	508	788	1,296
ปุ๋ยเคมี+ถั่วพุ่ม	528	491	1,018
ปุ๋ยเคมี+ปอเทือง	373	372	745
ปุ๋ยเคมี+ถั่วพราง	544	745	1,289
ปุ๋ยเคมี+ถั่วมะแฮะ	449	689	1,136
F-test	ns	ns	ns
C.V. (%)	32.25	66.96	39.00

หมายเหตุ ns ไม่แสดงความแตกต่างทางสถิติ

เมื่อคำนวณการสูญเสียคาร์บอนในรูปก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) ในปีที่ 1 (2553/54) หากเผาต้นและใบมันสำปะหลังแทนการสับกลบลงดินจะมีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ถูกปลดปล่อยสู่บรรยากาศจำนวน 1,367 - 1,994 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์ต่อไร่ต่อปี ส่วนในปีที่ 2 (2554/55) พบว่าจะเกิดการปลดปล่อยปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สู่บรรยากาศจำนวน 1,365 - 2,890 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์ต่อไร่ต่อปี ดังแสดงในตารางที่ 11 รวมปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่จะถูกปลดปล่อยสู่บรรยากาศรวม 2 ปี จำนวน 2,731 - 4,750 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์ต่อไร่

ตารางที่ 11 ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปลดปล่อยสู่บรรยากาศ ปีที่ 1 และปีที่ 2

ดำรับการทดลอง	ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปลดปล่อย (กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์ต่อไร่ต่อปี)		
	ปีที่ 1	ปีที่ 2	รวม
แปลงควบคุม	1,586	2,716	4,338
ปุ๋ยเคมี	1,861	2,890	4,750
ปุ๋ยเคมี+ถั่วพุ่ม	1,937	1,800	3,733
ปุ๋ยเคมี+ปอเทือง	1,367	1,365	2,731
ปุ๋ยเคมี+ถั่วพราง	1,994	2,731	4,728
ปุ๋ยเคมี+ถั่วมะแฮะ	1,646	2,526	4,167
F-test	ns	ns	ns
C.V. (%)	32.25	66.96	39.00

หมายเหตุ ns ไม่แสดงความแตกต่างทางสถิติ

ในปีที่ 1 (2553/54) เนื่องจากฝนทิ้งช่วงหลังจากปลูกมันสำปะหลังจึงเลื่อนเวลาการปลูกพืชปุ๋ยสดออกไปทำให้ปลูกช้ากว่ากำหนด ประกอบกับเกิดน้ำท่วมขังในพื้นที่แปลงทดลองทำให้พืชปุ๋ยสดยืนต้นตายในปีแรกจึงไม่ได้เก็บตัวอย่างพืชปุ๋ยสด สำหรับปีที่ 2 (2553/55) เมื่อเปรียบเทียบน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งพืชปุ๋ยสดหลังการทดลองแล้วพบว่า ถั่วพรี มีปริมาณน้ำหนักสดสูงสุด 650 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี รองลงมาได้แก่ ถั่วมะแฮะ 420 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี ปอเทือง 322 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี และถั่วพุ่ม 312 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี จะเห็นว่าถั่วพรีมีน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งสูงสุด ในขณะที่ถั่วพุ่มและปอเทืองมีน้ำหนักสดและหนักแห้งใกล้เคียงกัน แต่เมื่อวิเคราะห์ข้อมูลเปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งทางสถิติแล้วพบว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งถั่วพุ่ม ปอเทือง และถั่วพรีไม่แตกต่างกัน แต่แตกต่างกันกับถั่วมะแฮะ ซึ่งจะเห็นว่าถั่วมะแฮะมีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งสูงสุด 33 เปอร์เซ็นต์ ทำให้มีมวลชีวภาพที่จะถูกสับกลบลงดินสูงสุด นอกจากนี้จะเห็นว่าพืชปุ๋ยสดมีน้ำหนักสดน้อยกว่าปกติประมาณ 70 – 90 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากพืชปุ๋ยสดโดนต้นมันสำปะหลังบังแสงแดดทำให้เจริญเติบโตได้ไม่เต็มที่ เมื่อเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์น้ำหนักสดต่อน้ำหนักแห้งของพืชปุ๋ยสดจะเห็นว่าถั่วมะแฮะมีค่าสูงสุดแตกต่างกันทางสถิติกับพืชปุ๋ยสดชนิดอื่น ซึ่งแสดงว่าถั่วมะแฮะจะมีมวลชีวภาพสูงกว่าหากสับกลบพืชปุ๋ยสดชนิดต่าง ๆ ลงดินในปริมาณน้ำหนักสดที่เท่ากัน ดังแสดงในตารางที่ 12

ตารางที่ 12 น้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง และเปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งต่อน้ำหนักสดของพืชปุ๋ยสด ปีที่ 2

ดำรับการทดลอง	น้ำหนักสด (กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี)	น้ำหนักแห้ง (กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี)	น้ำหนักแห้ง/น้ำหนักสด (%)
แปลงควบคุม	-	-	-
ปุ๋ยเคมี	-	-	-
ปุ๋ยเคมี+ถั่วพุ่ม	312	74	23 b
ปุ๋ยเคมี+ปอเทือง	322	81	26 b
ปุ๋ยเคมี+ถั่วพรี	650	146	23 b
ปุ๋ยเคมี+ถั่วมะแฮะ	420	139	33 a
F-test	ns	ns	*
C.V. (%)	49.31	45.08	19.03

หมายเหตุ ตัวอักษรที่เหมือนกันในสมมุติเดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ด้วยวิธี DMRT

ns ไม่แสดงความแตกต่างทางสถิติ

* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

4. การเจริญเติบโตของต้นมันสำปะหลัง

ในปีที่ 1 (2553/54) ความสูงมันสำปะหลังอายุ 3 เดือน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่มันสำปะหลังอายุ 6 และ 11 เดือน ความสูงที่วัดได้ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ความสูงของต้นมันสำปะหลังในปีที่ 1 มีความสูงเฉลี่ยระหว่าง 3.20 – 3.48 เมตร โดยการใส่ปุ๋ยเคมีและปลูกปอเทืองเป็นพืชปุ๋ยสด มีความสูงเฉลี่ยมากที่สุด 3.48 เมตร รองลงมาคือการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว การใส่ปุ๋ยเคมีและปลูกถั่วพรีเป็นพืชปุ๋ยสด และการใส่ปุ๋ยเคมีและปลูกถั่วมะแฮะเป็นพืชปุ๋ยสด มีความสูงเฉลี่ยเท่ากันคือ 3.27 เมตร ส่วนการใส่ปุ๋ยเคมีและปลูกถั่วพุ่มเป็นพืชปุ๋ยสด มีความสูงเฉลี่ยเท่ากันคือ 3.27 เมตร และแปลงควบคุม มีความสูงเฉลี่ยน้อยที่สุด 3.20 เมตร ดังแสดงในตารางที่ 13

ความสูงของต้นมันสำปะหลังในปีที่ 2 (2554/55) มีความสูงเฉลี่ยระหว่าง 3.18 – 3.40 เมตร พบว่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยการใส่ปุ๋ยเคมีและปลูกปอเทืองเป็นปุ๋ยพืชสด มีความสูงเฉลี่ยมากที่สุด 3.40 เมตร รองลงมาคือ การใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว มีความสูงเฉลี่ย 3.39 เมตร การใส่ปุ๋ยเคมีและปลูกถั่วมะแฮะเป็นปุ๋ยพืชสด มีความสูงเฉลี่ย 3.27 เมตร การใส่ปุ๋ยเคมีและปลูกถั่วพุ่มเป็นปุ๋ยพืชสด มีความสูงเฉลี่ย 3.25 เมตร การใส่ปุ๋ยเคมีและปลูกถั่วพริ้วเป็นปุ๋ยพืชสด มีความสูงเฉลี่ย 3.19 เมตร และแปลงควบคุม มีความสูงเฉลี่ยน้อยที่สุด 3.18 เมตร ซึ่งเมื่อพิจารณาความสูงของต้นมันสำปะหลังทั้ง 2 ปี พบว่าการใส่ปุ๋ยเคมีและปลูกปอเทืองเป็นปุ๋ยพืชสด มีความสูงเฉลี่ยมากที่สุด และแปลงควบคุม มีความสูงเฉลี่ยน้อยที่สุด เมื่อพิจารณาความสูงในช่วงอายุต่าง ๆ พบว่าในช่วงอายุ 3 เดือนแรก มันสำปะหลังมีการเจริญเติบโตด้านความสูงมากที่สุด รองลงมาคือช่วงอายุ 3 - 6 เดือน และช่วงอายุ 6 - 11 เดือน ต้นมันสำปะหลังมีการเจริญเติบโตด้านความสูงน้อยที่สุด

ตารางที่ 13 ความสูงของต้นมันสำปะหลัง ปีที่ 1 และปีที่ 2

ดำรับการทดลอง	ความสูงปีที่ 1 (เมตร)			ความสูงปีที่ 2 (เมตร)		
	3 เดือน	6 เดือน	11 เดือน	3 เดือน	6 เดือน	11 เดือน
แปลงควบคุม	2.02 b	3.03	3.20	1.90	-	3.18
ปุ๋ยเคมี	1.98 b	2.90	3.27	1.85	-	3.39
ปุ๋ยเคมี+ถั่วพุ่ม	2.32 a	2.81	3.22	2.05	-	3.25
ปุ๋ยเคมี+ปอเทือง	1.95 b	3.13	3.48	1.91	-	3.40
ปุ๋ยเคมี+ถั่วพริ้ว	1.78 b	3.04	3.27	1.83	-	3.19
ปุ๋ยเคมี+ถั่วมะแฮะ	2.05 ab	3.06	3.27	2.04	-	3.27
F-test	*	ns	ns	ns	-	ns
C.V. (%)	10.27	7.25	6.34	13.29	-	8.73

หมายเหตุ ความสูงปีที่ 2 (2554/55) เมื่อมันสำปะหลังอายุ 6 เดือน (พฤศจิกายน 2554) ไม่ได้วัด เนื่องจากเกิดน้ำท่วมหลายจังหวัดทำให้ไม่สามารถเดินทางไปแปลงทดลอง
ตัวอักษรที่เหมือนกันในสดมภ์เดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ด้วยวิธี DMRT
ns ไม่แสดงความแตกต่างทางสถิติ
* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

น้ำหนักสดต้นและใบมันสำปะหลังในปีที่ 1 (2553/54) ไม่แตกต่างกันทางสถิติ มีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 1,867 - 4,747 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี โดยแปลงควบคุมมีน้ำหนักสดต้นและใบสูงสุด ในขณะที่การใส่ปุ๋ยเคมีและปลูกถั่วมะแฮะเป็นปุ๋ยพืชสดมีน้ำหนักสดต้นและใบต่ำสุด แต่หากพิจารณาน้ำหนักแห้งต้นและใบของทุกดำรับการทดลองแล้วพบว่าน้ำหนักแห้งมีค่าใกล้เคียงกันโดยมีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 801 - 1,130 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี จะเห็นว่าการใช้ปุ๋ยพืชสดให้ผลไม่แตกต่างกับปุ๋ยเคมี เนื่องจากน้ำท่วมทำให้ต้นปุ๋ยพืชสดตายในปีแรก สำหรับในปีที่ 2 (2554/55) น้ำหนักสดต้นและใบมันสำปะหลังมีค่าสูงขึ้นอยู่ในช่วงระหว่าง 2,400 - 4,960 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี ส่วนน้ำหนักแห้งต้นและใบมีค่าสูงสุดเพิ่มขึ้นเล็กน้อยมีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 800 - 1,653 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี เมื่อพิจารณาน้ำหนักสดต้นและใบเฉลี่ยทั้ง 2 ปี แล้วพบว่าการใส่ปุ๋ยเคมีและปลูกปอเทืองเป็นปุ๋ยพืชสดมีน้ำหนักสดต้นและใบเฉลี่ยต่ำสุด 2,720 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี และมีน้ำหนักแห้งต้นและใบเฉลี่ยต่ำสุด 801 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี ในขณะที่การใส่ปุ๋ยเคมีและปลูกถั่ว

พว้าเป็นปุ๋ยพืชสดต้นและใบเฉลี่ยสูงสุด 4,213 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี ส่วนการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียวมีน้ำหนักแห้งต้นและใบเฉลี่ยสูงสุด 1,359 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี ดังตารางที่ 14

ตารางที่ 14 น้ำหนักต้นและใบมันสำปะหลัง ปีที่ 1 และปีที่ 2

ดำรับการทดลอง	น้ำหนักสดต้นและใบ (กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี)			น้ำหนักแห้งต้นและใบ (กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี)		
	ปีที่ 1	ปีที่ 2	เฉลี่ย	ปีที่ 1	ปีที่ 2	เฉลี่ย
แปลงควบคุม	4,747	3,467	4,107	913	1,563	1,238
ปุ๋ยเคมี	3,360	4,960	4,160	1,065	1,653	1,359
ปุ๋ยเคมี+ถั่วพุ่ม	3,680	2,613	3,147	1,091	1,013	1,052
ปุ๋ยเคมี+ปอเทือง	3,040	2,400	2,720	801	800	801
ปุ๋ยเคมี+ถั่วพว้า	4,213	4,213	4,213	1,130	1,547	1,339
ปุ๋ยเคมี+ถั่วมะแฮะ	1,867	3,627	2,747	938	1,440	1,189
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns
C.V. (%)	44.23	65.10	35.59	31.88	65.98	38.00

หมายเหตุ ns ไม่แสดงความแตกต่างทางสถิติ

5. ผลผลิตมันสำปะหลัง

ผลผลิตมันสำปะหลังในปีแรก (2553/54) ที่ปลูกโดยใช้ปุ๋ยเคมีอัตราเดียวกันแต่ปลูกปุ๋ยพืชสดเป็นพืชแซมระหว่างแปลงต่างชนิดกัน พบว่าให้ผลผลิตหัวสดมันสำปะหลังเฉลี่ยอยู่ในระดับค่อนข้างต่ำระหว่าง 2,358 – 4,196 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี เนื่องจากมีน้ำท่วมขังในแปลงทดลองในช่วงเดือนตุลาคม 2553 (เกิดเหตุการณ์น้ำท่วมในพื้นที่ อ.ปากช่อง จ.นครราชสีมา) ซึ่งมันสำปะหลังเป็นพืชที่ทนแล้งแต่ไม่ทนต่อสภาพน้ำขังจึงทำให้ต้นมันสำปะหลังบางส่วนเจริญเติบโตไม่เต็มที่ เมื่อวิเคราะห์ปริมาณผลผลิตเปรียบเทียบแต่ละดำรับการทดลองทางสถิติ พบว่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยการใส่ปุ๋ยเคมีและปลูกถั่วพว้าเป็นปุ๋ยพืชสดตามให้ผลผลิตสูงสุด 4,196 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี ดังแสดงในตารางที่ 15 รองลงมาคือ แปลงควบคุม 3,854 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี ซึ่งให้ผลผลิตใกล้เคียงกับการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว 3,680 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี ส่วนการใส่ปุ๋ยเคมีและปลูกปอเทืองเป็นปุ๋ยพืชสด ให้ผลผลิต 3,543 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี ดำรับที่ให้ผลผลิตรองลงมาคือ การใส่ปุ๋ยเคมีและปลูกถั่วพุ่มเป็นปุ๋ยพืชสด 2,650 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี และการใส่ปุ๋ยเคมีและปลูกถั่วมะแฮะเป็นปุ๋ยพืชสด ให้ผลผลิตในปีแรกต่ำที่สุด 2,358 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี จะเห็นได้ว่าในปีที่ 1 แปลงควบคุมกลับให้ผลผลิตหัวมันสดสูงกว่าแปลงที่ใส่ปุ๋ยเคมีและปลูกพืชปุ๋ยสดบางแปลง

ปริมาณน้ำในหัวสดมันสำปะหลังในปีแรก (2553/54) มีเปอร์เซ็นต์น้ำสูง 34 เปอร์เซ็นต์ ในทุกดำรับการทดลอง อาจเนื่องมาจากมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 80 เป็นพันธุ์ที่ให้เปอร์เซ็นต์น้ำค่อนข้างสูงและการเก็บเกี่ยวผลผลิตในเดือนเมษายนซึ่งอยู่ในช่วงฤดูแล้ง ดินมีความชื้นต่ำจะทำให้หัวมันสำปะหลังมีน้ำน้อยเป็นผลให้มีเปอร์เซ็นต์น้ำสูงกว่าการเก็บเกี่ยวในช่วงที่มีฝนตกชุก (กรมวิชาการเกษตร, 2547 จิตติมา, 2550)

ส่วนดัชนีการเก็บเกี่ยวคำนวณได้จากสัดส่วนน้ำหนักผลผลิตต่อน้ำหนักทั้งต้น ซึ่งค่าดัชนีการเก็บเกี่ยวของมันสำปะหลังที่พบจะมีค่าประมาณ 0.45 - 0.75 หรือประมาณ 45 – 75 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักทั้งต้นจะเป็นน้ำหนักผลผลิต (มูลนิธิสถาบันพัฒนามันสำปะหลังแห่งประเทศไทย และภาควิชาพืชไร่นา, มปป.) ซึ่งดัชนีการเก็บเกี่ยวของมันสำปะหลังจากการทดลองมีค่าอยู่ในช่วงค่าประมาณดังกล่าวโดยมีค่าเฉลี่ย 0.42 – 0.56 และพบว่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ซึ่งการใส่ปุ๋ยเคมีและปลูกถั่วมะแฮะเป็นปุ๋ยพืชสด

มีดัชนีการเก็บเกี่ยวสูงสุด 0.56 รองลงมาได้แก่ การใส่ปุ๋ยเคมีและปลูกปอเทืองเป็นปุ๋ยพืชสด การใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว การใส่ปุ๋ยเคมีและปลูกถั่วพรีเป็นปุ๋ยพืชสด แปลงควบคุม และการใส่ปุ๋ยเคมีและปลูกถั่วพุ่มเป็นปุ๋ยพืชสด มีค่าดัชนีการเก็บเกี่ยว 0.54 0.52 0.50 0.45 และ 0.42 ตามลำดับ

ตารางที่ 15 น้ำหนักสดผลผลิต ต้นและใบ ปริมาณแป้ง และดัชนีการเก็บเกี่ยวมันสำปะหลัง ปีที่ 1

ดำรับการทดลอง	ผลผลิตหัวสด (กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี)	ปริมาณแป้ง (%)	ดัชนีการเก็บเกี่ยว
แปลงควบคุม	3,854	34.00	0.45
ปุ๋ยเคมี	3,680	34.00	0.52
ปุ๋ยเคมี+ถั่วพุ่ม	2,650	34.00	0.42
ปุ๋ยเคมี+ปอเทือง	3,543	34.00	0.54
ปุ๋ยเคมี+ถั่วพรี	4,196	34.00	0.50
ปุ๋ยเคมี+ถั่วมะแฮะ	2,358	34.00	0.56
F-test	ns	-	ns
C.V. (%)	31.59	-	20.27

หมายเหตุ ns ไม่แสดงความแตกต่างทางสถิติ

หลังการทดลองในปีที่ 2 (2554/55) พบว่าผลผลิตหัวสดมันสำปะหลังสูงขึ้น โดยมีปริมาณผลผลิตเฉลี่ย 5,222 – 6,989 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี เมื่อวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ การใส่ปุ๋ยเคมีและปลูกถั่วมะแฮะเป็นปุ๋ยพืชสด ให้ผลผลิตหัวมันสดสูงที่สุด 6,989 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี (ตารางที่ 16) รองลงมาคือการใส่ปุ๋ยเคมีและปลูกปอเทืองเป็นปุ๋ยพืชสด 6,024 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี การใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว 5,825 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี การใส่ปุ๋ยเคมีและปลูกถั่วพุ่มเป็นปุ๋ยพืชสด 5,446 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี แปลงควบคุม 5,338 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี และการใส่ปุ๋ยเคมีและปลูกถั่วพรีเป็นปุ๋ยพืชสด 5,222 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบปริมาณผลผลิตระหว่างปีที่ 1 และปีที่ 2 ดังภาพที่ 2 พบว่าปริมาณผลผลิตหัวมันสดเพิ่มขึ้นทุกดำรับการทดลอง โดยดำรับการทดลองที่ให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นสูงสุดคือ การใส่ปุ๋ยเคมีและปลูกถั่วมะแฮะเป็นปุ๋ยพืชสด เพิ่มขึ้นจากปีแรก 4,631 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี ส่วนการใส่ปุ๋ยเคมีและปลูกถั่วพรีเป็นปุ๋ยพืชสด เพิ่มขึ้นน้อยที่สุด 1,026 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี เมื่อพิจารณาถึงแนวโน้มปริมาณผลผลิตที่เพิ่มขึ้นในปีที่ 2 จะเห็นว่าดำรับการทดลองที่ปลูกพืชปุ๋ยสดเป็นพืชแซมจะให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น และเมื่อเปรียบเทียบผลผลิตของมันสำปะหลังทั้ง 2 ปี พบว่าปีที่ 1 มีผลผลิตมันสำปะหลังเฉลี่ย 3,380 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1067.92 ส่วนปีที่ 2 มีผลผลิตมันสำปะหลังเฉลี่ย 5,807 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1145.45 เมื่อทดสอบความแตกต่างของผลผลิตมันสำปะหลังทั้ง 2 ปีพบว่าแตกต่างกันอย่างนัยสำคัญทางสถิติ นั่นคือปีที่ 2 มีผลผลิตมันสำปะหลังมากกว่าปีที่ 1

สำหรับปริมาณแป้งในหัวสดมันสำปะหลังปีที่ 2 พบว่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ทั้งนี้ ปริมาณแป้งในหัวมันสำปะหลังขึ้นอยู่กับพันธุ์ อายุในช่วงเก็บเกี่ยว หรือปริมาณฝนในช่วงเก็บเกี่ยว (กมลภา, มปป.) โดยมีค่าค่อนข้างสูงใกล้เคียงกันอยู่ในช่วง 31.93 – 33.07 เปอร์เซ็นต์ โดยการใส่ปุ๋ยเคมีและปลูกถั่วพรีเป็นปุ๋ยพืชสด ให้เปอร์เซ็นต์แป้งสูงสุดเฉลี่ย 33.07 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาได้แก่ การใส่ปุ๋ยเคมีและปลูกปอเทืองเป็นปุ๋ยพืชสด 32.87 เปอร์เซ็นต์ การใส่ปุ๋ยเคมีและปลูกถั่วพุ่มเป็นปุ๋ยพืชสด 32.70 เปอร์เซ็นต์ การใส่ปุ๋ยเคมีและปลูกถั่วมะแฮะเป็นปุ๋ยพืชสด 32.47 เปอร์เซ็นต์ แปลงควบคุม 32.00 เปอร์เซ็นต์ และการใส่

ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว 31.93 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ จะเห็นว่าการใส่ปุ๋ยเคมีและปลูกถั่วพรีเป็นปุ๋ยพืชสด ให้ปริมาณผลผลิตหัวสดน้อยที่สุด แต่กลับให้เปอร์เซ็นต์แป้งในหัวสดสูงสุด

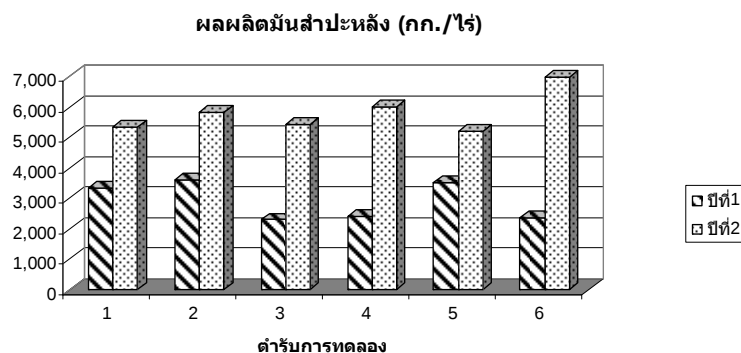
ดัชนีการเก็บเกี่ยวในปีที่ 2 มีค่าเฉลี่ยสูงขึ้นอยู่ในช่วงระหว่าง 0.54 – 0.72 เนื่องจากมีปริมาณผลผลิตหัวสดที่เพิ่มขึ้น โดยการใส่ปุ๋ยเคมีและปลูกปอเทืองเป็นปุ๋ยพืชสด มีดัชนีการเก็บเกี่ยวสูงสุดเท่ากับ 0.72 ส่วนการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว มีดัชนีการเก็บเกี่ยวต่ำที่สุด 0.54 ขณะที่การใส่ปุ๋ยเคมีและปลูกถั่วพรีเป็นปุ๋ยพืชสด แปลงควบคุม การใส่ปุ๋ยเคมีและปลูกถั่วมะแฮะเป็นปุ๋ยพืชสด และการใส่ปุ๋ยเคมีและปลูกถั่วพุ่มเป็นปุ๋ยพืชสด มีดัชนีการเก็บเกี่ยวเท่ากับ 0.55 0.61 0.66 และ 0.68 ตามลำดับ และไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ตารางที่ 16 น้ำหนักสดผลผลิต ต้นและใบ ปริมาณแป้ง และดัชนีการเก็บเกี่ยวมันสำปะหลัง ปีที่ 2

ดำรับการทดลอง	ผลผลิตหัวสด (กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี)	ปริมาณแป้ง (%)	ดัชนีการเก็บเกี่ยว
แปลงควบคุม	5,338	32.00	0.61
ปุ๋ยเคมี	5,825	31.93	0.54
ปุ๋ยเคมี+ถั่วพุ่ม	5,446	32.70	0.68
ปุ๋ยเคมี+ปอเทือง	6,024	32.87	0.72
ปุ๋ยเคมี+ถั่วพรี	5,222	33.07	0.55
ปุ๋ยเคมี+ถั่วมะแฮะ	6,989	32.47	0.66
F-test	ns	ns	ns
C.V. (%)	19.72	4.04	21.53

หมายเหตุ ns ไม่แสดงความแตกต่างทางสถิติ

เมื่อคำนวณผลผลิตหัวสดเฉลี่ย 2 ปี พบว่ามีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 4,048 - 4,783 (กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี) และไม่แตกต่างกันทางสถิติ อาจเนื่องมาจากดินในพื้นที่ทดลองค่อนข้างอุดมสมบูรณ์ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของภาควิชาพืชไร่นา และสำนักสำรวจและวางแผนการใช้ที่ดิน (2547) ซึ่งได้ศึกษาวิธีการจัดการดินที่เหมาะสมกับมันสำปะหลังที่ปลูกในดินกลุ่มชุดดินต่าง ๆ พบว่าการตอบสนองของมันสำปะหลังมีความสอดคล้องสัมพันธ์กับระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินเดิมที่ใช้ในการทดลอง กล่าวคือ ดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ มันสำปะหลังจะตอบสนองในระดับปานกลางถึงสูง ส่วนดินที่มีความอุดมสมบูรณ์สูงอยู่แล้ว มันสำปะหลังจะไม่ตอบสนองต่อดำรับทดลอง สำหรับผลการวิเคราะห์ผลทางสถิติของปริมาณแป้งในหัวสดมันสำปะหลัง พบว่าไม่แตกต่างกันทางสถิติและมีค่าเฉลี่ยสูงตั้งแต่ 32.97 - 33.53 เปอร์เซ็นต์ โดยการใส่ปุ๋ยเคมีและปลูกถั่วพรีเป็นปุ๋ยพืชสดให้เปอร์เซ็นต์แป้งสูงสุด สำหรับดัชนีการเก็บเกี่ยวเฉลี่ย 2 ปี พบว่ามีค่าใกล้เคียงกัน 0.53 – 0.63 ซึ่งการใส่ปุ๋ยเคมีและปลูกปอเทืองเป็นปุ๋ยพืชสดมีดัชนีการเก็บเกี่ยวสูงสุด ดังแสดงในตารางที่ 17



ภาพที่ 2 ผลผลิตมันสำปะหลังปีที่ 1 และปีที่ 2

ตารางที่ 17 น้ำหนักผลผลิต ต้นและใบมันสำปะหลัง เฉลี่ย 2 ปี

การทดลอง	ผลผลิตหัวสด (กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี)	ปริมาณแป้ง (%)	ดัชนีการเก็บเกี่ยว
แปลงควบคุม	4,596	33.00	0.53
ปุ๋ยเคมี	4,753	32.97	0.55
ปุ๋ยเคมี+ถั่วพุ่ม	4,048	33.35	0.57
ปุ๋ยเคมี+ปอเทือง	4,783	33.43	0.63
ปุ๋ยเคมี+ถั่วพริ้ว	4,709	33.53	0.55
ปุ๋ยเคมี+ถั่วมะแฮะ	4,674	33.23	0.61
F-test	ns	ns	ns
C.V. (%)	13.85	1.98	13.90

หมายเหตุ ns ไม่แสดงความแตกต่างทางสถิติ

6. ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของมันสำปะหลัง

ผลการตอบแทนทางเศรษฐกิจของมันสำปะหลัง ในปีที่ 1 (2553/54) ดังแสดงในตารางที่ 18 พบว่าแปลงควบคุม ให้ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจสูงสุดเฉลี่ย 3,316 บาทต่อไร่ เนื่องจากให้ผลผลิตมากเป็นอันดับที่ 2 และไม่มีค่าใช้จ่ายปุ๋ยเคมี รองลงมาได้แก่ การใส่ปุ๋ยเคมีและปลูกถั่วพริ้วเป็นปุ๋ยพืชสด การใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว และการใส่ปุ๋ยเคมีและปลูกปอเทืองเป็นปุ๋ยพืชสด ให้ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจเท่ากับ 2,899 1,558 และ 1,200 บาทต่อไร่ ตามลำดับ ส่วนการใส่ปุ๋ยเคมีและปลูกถั่วมะแฮะเป็นปุ๋ยพืชสด ขาดทุนมากที่สุด 1,879 บาทต่อไร่ รองลงมาคือการใส่ปุ๋ยเคมีและปลูกถั่วพุ่มเป็นปุ๋ยพืชสด ขาดทุน 1,121 บาทต่อไร่ สาเหตุที่เกิดการขาดทุนเนื่องจากปริมาณผลผลิตที่ได้ในปีนี้ได้รับผลกระทบจากน้ำท่วมแปลงทดลอง โดยมีราคาผลผลิตกิโลกรัมละ 2.60 บาท เมื่อคำนวณสัดส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (Kapp และ Vasta, 2003.) แล้ว พบว่าสอดคล้องกับผลตอบแทนทางเศรษฐกิจโดยมีสัดส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุนของแปลงควบคุม มีค่าสูงสุดเท่ากับ 0.49

ตารางที่ 18 ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ ปีที่ 1

ดำรับการทดลอง	ผลผลิต (กิโลกรัมต่อ ไร่ต่อปี)	มูลค่า ผลผลิต (บาทต่อไร่)	ต้นทุน (บาทต่อไร่)	ผลตอบแทน ทางเศรษฐกิจ (บาทต่อไร่)	สัดส่วน ผลตอบแทนต่อ ต้นทุน
แปลงควบคุม	3,854	10,021	6,705	3,316	0.49
ปุ๋ยเคมี	3,680	9,569	8,011	1,558	0.19
ปุ๋ยเคมี+ถั่วพุ่ม	2,650	6,890	8,011	-1,121	-0.14
ปุ๋ยเคมี+ปอเทือง	3,543	9,211	8,011	1,200	0.15
ปุ๋ยเคมี+ถั่วพรว้า	4,196	10,910	8,011	2,899	0.36
ปุ๋ยเคมี+ถั่วมะแฮะ	2,358	6,132	8,011	-1,879	-0.23

สำหรับผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของมันสำปะหลังปีที่ 2 (2554/55) พบว่าการใส่ปุ๋ยเคมีและปลูกถั่วมะแฮะเป็นปุ๋ยพืชสด ให้ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจสูงสุดเฉลี่ย 6,807 บาทต่อไร่ เนื่องจากในปีนี้ให้ผลผลิตสูงสุด รองลงมาได้แก่ การใส่ปุ๋ยเคมีและปลูกปอเทืองเป็นปุ๋ยพืชสด แปลงควบคุม การใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว การใส่ปุ๋ยเคมีและปลูกถั่วพุ่มเป็นปุ๋ยพืชสด และการใส่ปุ๋ยเคมีและปลูกถั่วพรว้า ให้ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจเฉลี่ย 4,587 4,278 4,130 3,257 และ 2,742 บาทต่อไร่ ตามลำดับ (ตารางที่ 19) โดยปีนี้มีราคาผลผลิตกิโลกรัมละ 2.30 บาท และมีค่าสัดส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (benefit cost ratio: BCR) เพิ่มขึ้นสอดคล้องกับผลตอบแทนเศรษฐกิจที่เพิ่มขึ้นโดยการใส่ปุ๋ยเคมีและปลูกถั่วมะแฮะเป็นปุ๋ยพืชสด มีค่าสัดส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุนสูงสุดเท่ากับ 0.73

ตารางที่ 19 ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ ปีที่ 2

ดำรับการทดลอง	ผลผลิต (กิโลกรัมต่อ ไร่ต่อปี)	มูลค่า ผลผลิต (บาทต่อไร่)	ต้นทุน (บาทต่อไร่)	ผลตอบแทน ทางเศรษฐกิจ (บาทต่อไร่)	สัดส่วน ผลตอบแทนต่อ ต้นทุน
แปลงควบคุม	5,338	12,278	8,000	4,278	0.53
ปุ๋ยเคมี	5,825	13,398	9,268	4,130	0.45
ปุ๋ยเคมี+ถั่วพุ่ม	5,446	12,525	9,268	3,257	0.35
ปุ๋ยเคมี+ปอเทือง	6,024	13,855	9,268	4,587	0.49
ปุ๋ยเคมี+ถั่วพรว้า	5,222	12,010	9,268	2,742	0.30
ปุ๋ยเคมี+ถั่วมะแฮะ	6,989	16,075	9,268	6,807	0.73

สรุปผลการทดลอง

การศึกษาการกักเก็บคาร์บอนในระบบการปลูกมันสำปะหลังโดยใช้พันธุ์ห้วยบง 80 ร่วมกับการใช้ปุ๋ยพืชสดจำนวน 4 ชนิดในชุดดินปากช่อง ระหว่างเดือนเมษายน 2553 ถึงเดือนเมษายน 2555 จำนวน 6 ดำรับการทดลอง คือ แปลงควบคุม การใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว การใส่ปุ๋ยเคมีและปลูกถั่วพุ่มเป็นปุ๋ยพืชสด การใส่ปุ๋ยเคมีและปลูกปอเทืองเป็นปุ๋ยพืชสด การใส่ปุ๋ยเคมีและปลูกถั่วพุ่มเป็นปุ๋ยพืชสด และการใส่ปุ๋ยเคมีและปลูกถั่วมะแฮะเป็นปุ๋ยพืชสด สรุปผลการทดลองได้ดังนี้

1. ผลการศึกษาระบบการปลูกมันสำปะหลังร่วมกับการใช้ปุ๋ยพืชสดบางชนิดต่อการเปลี่ยนแปลงของคาร์บอนในชุดดินปากช่อง เมื่อพิจารณาค่าการกักเก็บคาร์บอนในดินพบว่าวิธีการใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับการใช้ถั่วมะแฮะเป็นปุ๋ยพืชสดเป็นวิธีการที่เหมาะสมที่สุดโดยมีค่าการกักเก็บคาร์บอนในดินสูงสุดเท่ากับ 2.15 เปอร์เซ็นต์ ส่วนอัตราการหายใจของดินมีค่าเท่ากับ 27.64 มิลลิกรัมคาร์บอนไดออกไซด์คาร์บอนต่อตารางเซนติเมตรต่อวินาที ($\text{mg CO}_2\text{-C/cm}^2\text{/sec}$) มีปริมาณคาร์บอนในดินและใบมันสำปะหลังเท่ากับ 47.84 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณคาร์บอนในหัวมันสำปะหลังเท่ากับ 41.49 เปอร์เซ็นต์ เมื่อคำนวณปริมาณอินทรีย์คาร์บอนพบว่าจะมีคาร์บอนที่ถูกกักเก็บในดินหากสับกลบดินและไถดินเท่ากับ 689 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี และเมื่อคำนวณการสูญเสียคาร์บอนในรูปก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ พบว่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะถูกปลดปล่อยสู่บรรยากาศเท่ากับ 2,526 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์ต่อไร่ต่อปี หากเผาต้นและใบแทนการสับกลบดิน

2. ผลการศึกษาระบบการปลูกมันสำปะหลังร่วมกับการใช้ปุ๋ยพืชสดบางชนิดที่เหมาะสมต่อการเพิ่มผลผลิตมันสำปะหลัง พบว่าวิธีการจัดการดินโดยการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินจะช่วยเพิ่มปริมาณธาตุอาหารในดินให้เหมาะสมกับความต้องการของพืชและลดค่าใช้จ่ายในการซื้อปุ๋ยเคมี ส่วนการใช้ถั่วมะแฮะเป็นปุ๋ยพืชสดโดยการปลูกแซมระหว่างแถวมันสำปะหลังจะช่วยเพิ่มปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินให้อุดมสมบูรณ์อยู่เสมอ ส่งผลให้ปริมาณผลผลิตหัวสดมันสำปะหลังมีค่าสูงสุดเท่ากับ 6,989 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี และมีปริมาณแป้งในหัวสดมันสำปะหลังเท่ากับ 32.51 เปอร์เซ็นต์

3. ผลการศึกษาผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ พบว่าวิธีการจัดการดินโดยการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินและปลูกถั่วมะแฮะเป็นปุ๋ยพืชสดโดยการปลูกแซมระหว่างแถวมันสำปะหลังให้ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจสูงสุดเท่ากับ 6,807 บาทต่อไร่ และมีสัดส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุนสูงสุดเท่ากับ 0.73

ข้อเสนอแนะ

1. เนื่องจากการทดลองครั้งนี้ได้ทำการทดลองในพื้นที่เปิดใหม่ซึ่งดินค่อนข้างอุดมสมบูรณ์ และใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับการปลูกพืชปุ๋ยสดชนิดต่าง ๆ เป็นพืชแซม จึงไม่แสดงความแตกต่างทางสถิติ ดังนั้นควรทำการทดลองในพื้นที่ที่ดินขาดความอุดมสมบูรณ์ เช่น ดินเสื่อมโทรม หรือดินทราย เป็นต้น จะแสดงความแตกต่างของแต่ละดำรับการทดลองมากขึ้น

2. การจัดการน้ำในแปลงทดลองควรทำร่องระบายน้ำเพื่อป้องกันน้ำขังในฤดูฝนซึ่งจะส่งผลกระทบต่อปริมาณผลผลิตมันสำปะหลัง

3. การปลูกพืชปุ๋ยสดเป็นพืชแซมควรปลูกหลังจากปลูกมันสำปะหลังไม่เกิน 1 เดือน เพื่อให้แสงแดดส่องผ่านไปยังพืชแซมได้ เมื่อมันสำปะหลังอายุ 3 เดือน จะมีอัตราการเจริญเติบโตที่รวดเร็วทำให้ลำต้นและใบมันสำปะหลังบังแสงแดดพืชปุ๋ยสดได้ จึงควรศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับช่วงเวลาที่เหมาะสมในการปลูกพืชปุ๋ยสดแซมมันสำปะหลัง

ประโยชน์ที่ได้รับ

1. การศึกษาการใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับการปลูกพืชปุ๋ยสดแซมระหว่างแถวมันสำปะหลัง ได้แก่ ถั่วพุ่ม ปอเทือง ถั่วพริ้ว และถั่วมะแฮะ สามารถเพิ่มผลผลิตมันสำปะหลังเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณผลผลิตเฉลี่ยของมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 80 ซึ่งมีค่าเฉลี่ย 4.9 – 5.5 ตันต่อไร่ ในขณะที่ผลผลิตจากแปลงทดลองมีค่าเฉลี่ย 5,222 – 6,989 กิโลกรัมต่อไร่ ทำให้มีรายได้เพิ่มขึ้น และลดต้นทุนค่าปุ๋ยเคมี สามารถแนะนำให้เกษตรกร หน่วยงานทั้งภาครัฐ เอกชน และผู้ที่สนใจนำไปปฏิบัติเพื่อเพิ่มผลผลิตและรายได้
2. การสับกลบพืชปุ๋ยสด รวมทั้งต้นและใบมันสำปะหลังลงดิน เป็นการช่วยเพิ่มการกักเก็บคาร์บอนในดินและเพิ่มปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน เพื่อการรักษาความอุดมสมบูรณ์ของดินและลดภาวะโลกร้อน รวมทั้งเป็นการเพิ่มปริมาณอินทรีย์วัตถุและปริมาณคาร์บอนในดินด้วย

เอกสารอ้างอิง

- กรมลาภา วัฒนประพัฒน์. ไม่ระบุปีที่พิมพ์. การใช้เทคโนโลยีชีวภาพเพื่อเพิ่มผลผลิตมันสำปะหลังในชุดดินปากช่อง. สำนักวิจัยและพัฒนาการจัดการที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน.
- กรมพัฒนาที่ดิน. 2546. คู่มือการจัดการดินเพื่อปลูกมันสำปะหลังในระบบเกษตรอินทรีย์. กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- กรมพัฒนาที่ดิน. 2548. รายงานการจัดการทรัพยากรดินเพื่อการปลูกพืชเศรษฐกิจหลักตามกลุ่มชุดดินเล่มที่ 2 ดิบบนพื้นที่ดอน. กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- กรมพัฒนาที่ดิน. 2553. คู่มือวิทยากรยุวมอดิน โครงการเกษตรอินทรีย์ในโรงเรียนและยุวมอดิน ปี 2553. กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- กรมพัฒนาที่ดิน. 2556. ผลสำเร็จงานวิชาการกรมพัฒนาที่ดินในรอบกิ่งศตวรรษ. กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- กรมวิชาการเกษตร. 2547. เอกสารวิชาการมันสำปะหลัง. เอกสารวิชาการลำดับที่ 7/2547. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- กรมวิชาการเกษตร. 2548. คำแนะนำการใช้ปุ๋ยกับพืชเศรษฐกิจ. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- กรมวิชาการเกษตร. 2551. เอกสารประกอบการฝึกอบรมเกษตรกร โครงการการใช้ปุ๋ยเคมีอย่างมีประสิทธิภาพ. กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2546. เขตเหมาะสมสำหรับการปลูก ข้าว มันสำปะหลัง ยางพารา ปาล์มน้ำมัน อ้อยโรงงาน ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- กลุ่มงานศึกษาและวิเคราะห์สินค้าเกษตรประเภทมันสำปะหลัง. 2554. รายงานผลการศึกษาค้นคว้าเกษตรประเภทมันสำปะหลัง. กลุ่มงานศึกษาและวิเคราะห์สินค้าเกษตรประเภทมันสำปะหลัง สำนักงานคณะกรรมการกฤษฎีกาซื้อขายสินค้าเกษตรล่วงหน้า กระทรวงพาณิชย์.
- กลุ่มอนุรักษ์ดินและน้ำ. 2548. มันสำปะหลัง เอกสารวิชาการ ฉบับที่ 1001 – Do 46.01. กลุ่มอนุรักษ์ดินและน้ำ สำนักวิจัยและพัฒนาการจัดการที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- กันยารัตน์ บัวราษฎร์, ศุภชัย อำคา, ชัยสิทธิ์ ทองจุ และนวรรตน์ อุดมประเสริฐ. 2555. ผลของระบบการไถพรวนร่วมกับการใส่อินทรีย์วัตถุในดินต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และการกักเก็บคาร์บอนในดินของการปลูกข้าวพันธุ์ปทุมธานี 80. การประชุมวิชาการแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ครั้งที่ 9. (ออนไลน์) เข้าถึงได้จาก http://researchconference.kps.ku.ac.th/article_9/index.html วันที่สืบค้น 18 มีนาคม 2556.
- เกษมสุข ศรีแย้ม และสุภาพร จันรุ่งเรือง. ไม่ระบุปีที่พิมพ์. การปลูกมันสำปะหลังอินทรีย์ในกลุ่มชุดดินที่ 35. สำนักวิจัยและพัฒนาการจัดการที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน.
- คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2530. ปฐพีวิทยาเบื้องต้น. คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

- คณาจารย์ภาควิชาพืชไร่ฯ. 2542. พืชเศรษฐกิจ. คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.
- ฐิติมา วีระศิลป์. 2550. มันสำปะหลัง: คู่มือวิชาการสำหรับเจ้าหน้าที่ฝ่ายส่งเสริมและฝึกอบรมสถาบันส่งเสริมพืชไร่และพืชพลังงานไทย. สถาบันส่งเสริมพืชไร่และพืชพลังงานไทย.
- นงปวิณ์ บุตรามรา. 2549. การศึกษาการปรับปรุงบำรุงดินโดยใช้พืชปุ๋ยสดเพื่อเพิ่มผลผลิตของมันสำปะหลังในชุดดินมาบอบน น. 2/5-1 – 2/5-11 ใน เอกสารการประชุมการเสนอผลงานทางวิชาการภาคบรรยาย การประชุมวิชาการกรมพัฒนาที่ดิน ประจำปี 2549 วันที่ 17 – 19 กรกฎาคม 2549. กลุ่มวิชาการเพื่อการพัฒนาที่ดิน สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 2 กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- ปราณี สีพันธ์, อนุวัชร โพธิ์นาม และอุษา จักราช. 2551. การจัดการกลุ่มชุดดินที่ 35 ให้เหมาะสมเพื่อเพิ่มผลผลิตมันสำปะหลังในจังหวัดสกลนคร. รายงานการวิจัย กลุ่มวิชาการเพื่อการพัฒนาที่ดิน สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 5 กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- พจนีย์ มอญเจริญ และทวีศักดิ์ เวียรศิลป์. 2544. คาร์บอนในดินของประเทศไทย. กองวิเคราะห์ดิน กรมพัฒนาที่ดิน.
- พจนีย์ มอญเจริญ. (ออนไลน์) เข้าถึงได้จาก www.ddd.go.th/pldweb/tech/meet7/book1/f8.doc วันที่สืบค้น 25 กุมภาพันธ์ 2553.
- พจนีย์ มอญเจริญ. 2544. เอกสารวิชาการ การใช้ข้อมูลผลการวิเคราะห์ดินเพื่อการปรับปรุงบำรุงดินและการใช้ปุ๋ย. เอกสารวิชาการกองวิเคราะห์ดิน ฉบับที่ 2/2544. กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- พิทยากร ลิ้มทอง. 2551. รายงานผลการวิจัยเรื่อง การเปลี่ยนแปลงปริมาณธาตุอาหารพืชบางชนิดในดินของสภาพพืชพรรณและการใช้ประโยชน์ที่ดินที่แตกต่างกันของประเทศไทย. กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- ภาควิชาพืชไร่ฯ คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (ออนไลน์) เข้าถึงได้จาก http://www.rdi.ku.ac.th/kasetresearch53/group06/vicharn/index_04.html วันที่สืบค้น 24 กุมภาพันธ์ 2555.
- ภาควิชาพืชไร่ฯ และสำนักสำรวจและวางแผนการใช้ที่ดิน. 2547. รายงานฉบับสมบูรณ์ โครงการศึกษาวิธีการจัดการดินที่เหมาะสมกับมันสำปะหลังที่ปลูกในดินกลุ่มชุดดินต่าง ๆ. ภาควิชาพืชไร่ฯ คณะเกษตร สถาบันอินทรีจันทร์สถิตย์เพื่อการค้นคว้าและพัฒนาพืชศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และสำนักสำรวจและวางแผนการใช้ที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- มูลนิธิสถาบันพัฒนามันสำปะหลังแห่งประเทศไทย และภาควิชาพืชไร่ฯ. ไม่ระบุปีที่พิมพ์. มันสำปะหลังพันธุ์ใหม่ “ห้วยบง 80”. มูลนิธิสถาบันพัฒนามันสำปะหลังแห่งประเทศไทย ในพระราชูปถัมภ์สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี และภาควิชาพืชไร่ฯ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- มูลนิธิสถาบันพัฒนามันสำปะหลังแห่งประเทศไทย. 2547. เอกสารคำแนะนำการปรับปรุงดินมันสำปะหลังโดยวิธีการใช้ “ปุ๋ยพืชสด”. มูลนิธิสถาบันพัฒนามันสำปะหลังแห่งประเทศไทย ในพระราชูปถัมภ์สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี.

วินัย ชมบุตร. 2551. ทดสอบอัตราปุ๋ยเคมีที่เหมาะสมและประหยัดสำหรับปลูกมันสำปะหลังในพื้นที่ที่มีความอุดมสมบูรณ์ระดับต่าง ๆ จังหวัดมหาสารคาม. ส่วนวิจัยและพัฒนาการอนุรักษ์ดินและน้ำ สำนักวิจัยและพัฒนาการจัดการที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

ศุภกาญจน์ ล้วนมณี, ประพิศ แสงทอง, เข้มพร เพชรภรณ์, สมฤทัย ตันเจริญ, นงลักษณ์ ปั่นสาย, กอบเกียรติ ไพศาลเจริญ, ศิริขวัญ ภูนา, อนุสรณ์ เทียนศิริฤกษ์, ประภาศรี จงประดิษฐ์นันท์, มณฑนา มลิ้น และ Satoru Miyata. การสะสมคาร์บอนในดินจากการไถกลบเศษซากพืชและวัสดุอินทรีย์อย่างต่อเนื่องระยะยาวในการผลิตข้าวโพด. (ออนไลน์) เข้าถึงได้จาก <http://www.doa.go.th/apsrdo/> วันที่สืบค้น 18 มีนาคม 2556.

ศูนย์ปฏิบัติการข้อมูลการตลาดสินค้าเกษตรอินทรีย์. (ออนไลน์) เข้าถึงได้จาก www.organic.moc.go.th/uploadfile/32/doc/agri.doc วันที่สืบค้น 24 กุมภาพันธ์ 2553.

ศูนย์สารสนเทศการเกษตร. 2552. สถิติการค้าสินค้าเกษตรไทยกับต่างประเทศ ปี 2551. ศูนย์สารสนเทศการเกษตร สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

สถาบันวิจัยพืชไร่. 2554. เทคโนโลยีการผลิตมันสำปะหลัง. สถาบันวิจัยพืชไร่ กรมวิชาการเกษตร.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2553. สถิติการเกษตรของประเทศไทย ปี 2552. สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

สำนักเทคโนโลยีชีวภาพทางดิน. 2551. คู่มือ การจัดการอินทรีย์วัตถุเพื่อปรับปรุงบำรุงดินและเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดิน. กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

สุกิจ รัตนศรีวงศ์ และเบญจมาศ คำสืบ. ไม่ระบุปีที่พิมพ์. “สควโมเดล” กระบวนการถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตมันสำปะหลังที่เหมาะสมกับพื้นที่ ใน หนังสือครบรอบ 30 ปี สมาคมผู้ผลิตมันสำปะหลัง ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. สมาคมผู้ผลิตมันสำปะหลัง ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ.

สุภา รันดาเว, ชูจิตร สงวนทรัพย์การ และรุจิสา บุญประสิทธิ์พร. ไม่ระบุปีที่พิมพ์. การจัดการดินเพื่อเพิ่มผลผลิตมันสำปะหลังในกลุ่มชุดดินที่ 40. สำนักวิจัยและพัฒนาการจัดการที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน.

สุวรรณี ภูธรธราช. ไม่ระบุปีที่พิมพ์. การเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีของดินปลูกมันสำปะหลังเมื่อมีการปรับปรุงบำรุงดินกลุ่มชุดดินที่ 40. สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน.

อำนาจ ชิดไธสง และณัฐพล ลิไชยกุล. 2548. การกักเก็บและปลดปล่อยคาร์บอนในดินป่าดิบแล้ง ดินป่าปลูก และดินทำการเกษตร. การสัมมนาเรื่องการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศทางด้านป่าไม้ “ศักยภาพของป่าไม้ในการสนับสนุนพิธีสารเกียวโต”. กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช, ประเทศไทย.

Evanylo, G. and McGuinn, R. 2009. Agricultural Management Practices And Soil Quality: Measuring, assessing, and comparing laboratory and field test kit indicators of soil quality attributes. Virginia Cooperative Extension.

Kapp, K. M. and Vasta, N. 2003. White Paper: Performance-Based ROI. Department of Instructional Technology and Institute for Interactive Technologies.

Lal, R., 2004. Soil Carbon Sequestration Impacts on Global Climate Change and Food Security. Science 304: 1623-1627.

The Vegan-Organic Network. (ออนไลน์) เข้าถึงได้จาก www.veganorganic.net วันที่สืบค้น 18 มีนาคม 2556.

Woods End Research. 1997. Guide to solvita testing and managing your soil. Woods End Research Laboratory, Inc., Mt. Vernon, ME.

ภาคผนวก

ตารางภาคผนวกที่ 1 สมบัติทางเคมีและกายภาพของดินชั้นบนที่ปลูกมันสำปะหลังในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคตะวันออก

สมบัติของดิน	ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	ภาคตะวันออก
pH	4.8 – 6.3	5.0 – 6.2
อินทรีย์วัตถุ (%)	0.5 – 1.3	0.8 – 1.8
P-Bray 2 (ppm)	2.3 – 7.0	5.3 – 10.8
K (ppm)	25 – 68	38 – 63
Base saturation (%)	35 – 75	43 – 63
C.E.C. (Meq/100g)	2.5 – 5.0	2.0 – 6.0
Texture	Sand loam	sand

ที่มา : กรมวิชาการเกษตร, 2547

ตารางภาคผนวกที่ 2 ข้อมูลบางประการทางอุตุนิยมวิทยาและอื่น ๆ ที่พืชต้องการ

ปัจจัยที่ต้องการ	หน่วย	เหมาะสม	ต่ำสุด	สูงสุด
อุณหภูมิ	องศาเซลเซียส	18 – 23	10	35
ปริมาณน้ำฝน	มิลลิเมตร	1200 - 1500	500	4000
ความชื้นสัมพัทธ์	เปอร์เซ็นต์	60	50	
เนื้อดิน		ทุกชนิด ยกเว้นดินเหนียวจัด		
การระบายน้ำ		ต้องการดินที่มีการระบายน้ำดี		
ความเป็นกรด-ด่าง (pH)		6.0 – 7.0	5.0	8.5
ระยะวิกฤติต่อการขาดน้ำ		อายุ 2 – 3 เดือน		
อายุพืช	วัน	365		
สภาพจำกัดต่อการงอกของเมล็ด		อุณหภูมิต่ำกว่า 10°C		
แมลงศัตรู		ไรแดง ปลวก เพลี้ยหอย ตัวหนอนดียว		
โรค		ใบจุดสีน้ำตาล ใบไหม้ หัวเน่า		
ปริมาณธาตุอาหารที่ต้องการ	กิโลกรัมต่อไร่	N 20 P ₂ O ₅ 5 K ₂ O 25		

ที่มา : กลุ่มอนุรักษ์ดินและน้ำ, 2548

ตารางภาคผนวกที่ 3 การแปลผลการวิเคราะห์ค่าปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน

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

ที่มา: พจนีย์, 2544.

ตารางภาคผนวกที่ 4 การแปลผลการวิเคราะห์ความเป็นกรดเป็นด่างของดิน

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

ที่มา: สำนักสำรวจและวิจัยทรัพยากรดิน, 2554.

ตารางภาคผนวกที่ 5 การแปลผลการวิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน

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

ที่มา: พจนีย์, 2544.

ตารางภาคผนวกที่ 6 การแปลผลการวิเคราะห์ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในดิน

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

ที่มา: พจนีย์, 2544.

ตารางภาคผนวกที่ 7 คำแนะนำการใช้ปุ๋ยสำหรับมันสำปะหลัง

ปีที่	ปริมาณธาตุอาหารที่ต้องใส่เพิ่ม			สูตรปุ๋ยที่ใช้	อัตราปุ๋ย (กิโลกรัมต่อไร่)
	ไนโตรเจน (กิโลกรัมต่อไร่)	ฟอสฟอรัส (กิโลกรัมต่อไร่)	โพแทสเซียม (กิโลกรัมต่อไร่)		
1	9.60	4.00	3.00	27-6-6, 0-3-0	37.00, 50.00
2	9.60	2.00	3.00	25-7-7	38.40

คำแนะนำการใช้ปุ๋ยสำหรับมันสำปะหลัง: คำนวณอัตราการใช้ปุ๋ยเคมีจากโปรแกรมสำเร็จรูปเพื่อการจัดการดิน น้ำ และพืชเศรษฐกิจสำหรับประเทศไทย (Thai Soil Management 1.0, TSM)

สูตรและอัตราปุ๋ย ปีที่ 1

ปริมาณธาตุอาหารที่ต้องใส่เพิ่มให้เพียงพอสำหรับมันสำปะหลัง

ไนโตรเจน (N) 9.60 กิโลกรัมต่อไร่

ฟอสฟอรัส (P_2O_5) 4.00 กิโลกรัมต่อไร่

โพแทสเซียม (K_2O) 3.00 กิโลกรัมต่อไร่

ใช้ปุ๋ยเคมีสูตร 27-6-6 อัตรา 37.00 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับหินฟอสเฟต (0-3-0) อัตรา 50.00 กิโลกรัมต่อไร่

สูตรและอัตราปุ๋ย ปีที่ 2

ปริมาณธาตุอาหารที่ต้องใส่เพิ่มให้เพียงพอสำหรับมันสำปะหลัง

ไนโตรเจน (N) 9.60 กิโลกรัมต่อไร่

ฟอสฟอรัส (P_2O_5) 2.00 กิโลกรัมต่อไร่

โพแทสเซียม (K_2O) 3.00 กิโลกรัมต่อไร่

ใช้ปุ๋ยเคมีสูตร 25-7-7 อัตรา 38.40 กิโลกรัมต่อไร่

ตารางภาคผนวกที่ 8 อัตราการหายใจของดินประเทศไทย

อัตราการหายใจ ของดิน (mg CO ₂ -C/cm ² /s)	ระดับชั้น*	องค์ประกอบของดิน
0	ไม่มีปฏิกิริยาใดๆทางดิน	ดินปราศจากกิจกรรมทางด้านชีววิทยา และ ค่อนข้างปลอดเชื้อทางดิน
< 9.196	มีปฏิกิริยาทางดินต่ำมาก	ดินมีปริมาณความเป็นประโยชน์ของสารอินทรีย์ ลดลงมาก และมีกิจกรรมของจุลินทรีย์ในปริมาณ เล็กน้อย
9.196 - 15.988	มีปฏิกิริยาทางดินต่ำ	ดินมีปริมาณความเป็นประโยชน์ของสารอินทรีย์ ค่อนข้างลดลง และมีกิจกรรมของจุลินทรีย์ใน ปริมาณต่ำ
15.988 - 30.976	มีปฏิกิริยาทางดินปาน กลาง	ดินมีกิจกรรมจุลินทรีย์เข้าใกล้สู่สถานะในอุดมคติ
30.976 - 63.104	มีค่าที่ค่อนข้างเหมาะสม สำหรับกิจกรรมทางดิน	ดินมีกิจกรรมจุลินทรีย์สถานะในอุดมคติ และมี อินทรีย์วัตถุเพียงพอ และมีการใช้ประโยชน์ของ จุลินทรีย์
> 63.104	มีกิจกรรมทางดินค่อนข้าง สูง และไม่ปกติ	ดินมีกิจกรรมจุลินทรีย์สูงมาก และมีปริมาณอินทรีย์ วัตถุสูงมาก นอกจากนี้อาจมีปริมาณอินทรีย์วัตถุ ใหม่ หรือปุ๋ยคอกสูง

ที่มา : ดัดแปลงจากตารางของ Woods End Research, 1997.

ตารางภาคผนวกที่ 9 ค่าใช้จ่ายและผลตอบแทนการจัดการดินและใส่ปุ๋ยมันสำปะหลัง ปีที่ 1

กิจกรรม	ต้นทุนผันแปรฤดูปลูก 2553/54 (บาท/ไร่)					
	ตำรับที่ 1	ตำรับที่ 2	ตำรับที่ 3	ตำรับที่ 4	ตำรับที่ 5	ตำรับที่ 6
1. ค่าจ้างเหมาเตรียมดิน	600	600	600	600	600	600
2. ค่าจ้างเหมาปลูก	500	500	500	500	500	500
3. ค่าจ้างเหมาดูแลรักษา						
3.1 ใส่ปุ๋ยเคมี	0	500	500	500	500	500
3.2 กำจัดวัชพืช	550	550	550	550	550	550
3.3 ฉีดพ่นสารปราบ วัชพืช/ศัตรูพืช	900	900	900	900	900	900
4. ค่าจ้างเหมาเก็บเกี่ยว	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000
5. ค่าวัสดุ						
5.1 ปุ๋ยเคมี						
สูตร 27-6-6	0	666	666	666	666	666
สูตร 0-3-0	0	140	140	140	140	140
5.2 สารปราบวัชพืช/ ศัตรูพืช	1,155	1,155	1,155	1,155	1,155	1,155
รวมค่าใช้จ่าย: ต้นทุน (บาท/ไร่)	6,705	8,011	8,011	8,011	8,011	8,011
ผลผลิตต่อไร่ (กิโลกรัม/ไร่)	3,854	3,680	2,650	3,543	4,196	2,358
ราคาผลผลิต (บาท/กิโลกรัม)	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60
มูลค่าผลผลิตต่อไร่ (บาท/ไร่)	10,021	9,569	6,890	9,211	10,910	6,132
ผลตอบแทนเหนือค่าใช้จ่าย ผันแปร (บาท/ไร่)	3,316	1,558	-1,121	1,200	2,899	-1,879
ต้นทุนต่อกิโลกรัม (บาท/กิโลกรัม)	1.74	2.18	3.02	2.26	1.91	3.40
สัดส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (BCR)	0.49	0.19	-0.14	0.15	0.36	-0.23

หมายเหตุ : ตำรับที่ 1 = แปลงควบคุม (ไม่ใส่ปุ๋ยเคมีและไม่ปลูกพืชปุ๋ยสด)

ตำรับที่ 2 = ปุ๋ยเคมี (ไม่ปลูกพืชปุ๋ยสด)

ตำรับที่ 3 = ปุ๋ยเคมี + ถั่วพุ่ม

ตำรับที่ 4 = ปุ๋ยเคมี + ปอเทือง

ตำรับที่ 5 = ปุ๋ยเคมี + ถั่วพริ้ว

ตำรับที่ 6 = ปุ๋ยเคมี + ถั่วมะแฮะ

ตารางภาคผนวกที่ 10 ค่าใช้จ่ายและผลตอบแทนการจัดการดินและใส่ปุ๋ยมันสำปะหลัง ปีที่ 2

กิจกรรม	ต้นทุนผันแปรฤดูปลูก 2554/55 (บาท/ไร่)					
	ตำรับที่ 1	ตำรับที่ 2	ตำรับที่ 3	ตำรับที่ 4	ตำรับที่ 5	ตำรับที่ 6
1. ค่าจ้างเหมาเตรียมดิน	800	800	800	800	800	800
2. ค่าจ้างเหมาปลูก	600	600	600	600	600	600
3. ค่าจ้างเหมาดูแลรักษา						
3.1 ใส่ปุ๋ยเคมี	0	500	500	500	500	500
3.2 กำจัดวัชพืช	650	650	650	650	650	650
3.3 ฉีดพ่นสารปราบ วัชพืช/ศัตรูพืช	900	900	900	900	900	900
4. ค่าจ้างเหมาเก็บเกี่ยว	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000
5. ค่าวัสดุ						
5.1 ปุ๋ยเคมี						
สูตร 25-7-7	0	768	768	768	768	768
5.2 สารปราบวัชพืช/ ศัตรูพืช	1,050	1,050	1,050	1,050	1,050	1,050
รวมค่าใช้จ่าย: ต้นทุน (บาท/ไร่)	8,000	9,268	9,268	9,268	9,268	9,268
ผลผลิตต่อไร่ (กิโลกรัม/ไร่)	5,338	5,825	5,446	6,024	5,222	6,989
ราคาผลผลิต (บาท/กิโลกรัม)	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30
มูลค่าผลผลิตต่อไร่ (บาท/ไร่)	12,278	13,398	12,525	13,855	12,010	16,075
ผลตอบแทนเหนือค่าใช้จ่าย	4,278	4,130	3,257	4,587	2,742	6,807
ผันแปร (บาท/ไร่)						
ต้นทุนต่อกิโลกรัม (บาท/กิโลกรัม)	1.50	1.59	1.70	1.54	1.77	1.33
สัดส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (BCR)	0.53	0.45	0.35	0.49	0.30	0.73

หมายเหตุ : ตำรับที่ 1 = แปลงควบคุม (ไม่ใส่ปุ๋ยเคมีและไม่ปลูกพืชปุ๋ยสด)

ตำรับที่ 2 = ปุ๋ยเคมี (ไม่ปลูกพืชปุ๋ยสด)

ตำรับที่ 3 = ปุ๋ยเคมี + ถั่วพุ่ม

ตำรับที่ 4 = ปุ๋ยเคมี + ปอเทือง

ตำรับที่ 5 = ปุ๋ยเคมี + ถั่วพราง

ตำรับที่ 6 = ปุ๋ยเคมี + ถั่วมะแฮะ

ตารางภาคผนวกที่ 11 การเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ค่าเคมีดิน ปีที่ 1 และปีที่ 2

ปีที่	ความเป็นกรดเป็น ด่างของดิน	ปริมาณอินทรีย์วัตถุ ในดิน (%)	ฟอสฟอรัสที่เป็น ประโยชน์ในดิน (มิลลิกรัมต่อ กิโลกรัม)	โพแทสเซียมที่ แลกเปลี่ยนได้ในดิน (มิลลิกรัมต่อ กิโลกรัม)
1	6.51	3.05	37.33	784.06
2	6.36	2.87	17.89	619.67
F-test	ns	ns	*	*
C.V. (%)	247.73	485.05	154.38	162.06
หมายเหตุ	ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% * แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%			

ตารางภาคผนวกที่ 12 การเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ความสูง น้ำหนักผลผลิต น้ำหนักต้น และดัชนีการเก็บเกี่ยว ปีที่ 1 และปีที่ 2

ปีที่	ความสูง (เมตร)	น้ำหนักหัว สด (กิโลกรัม ต่อไร่)	น้ำหนักหัว แห้ง (กิโลกรัม ต่อไร่)	น้ำหนักสด ลำต้น (กิโลกรัม ต่อไร่)	น้ำหนักแห้ง ลำต้น (กิโลกรัม ต่อไร่)	ดัชนีการเก็บ เกี่ยว
1	3.25	3380.30	1040.72	3484.44	989.42	0.51
2	3.28	5807.41	1292.55	3546.67	1336.00	0.64
F-test	ns	*	ns	ns	ns	*
C.V. (%)	-947.83	-74.68	-209.57	-4861.48	-284.34	-138.43
หมายเหตุ	ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% * แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%					

ตารางภาคผนวกที่ 13 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความเป็นกรดเป็นด่างของดิน

ปีที่ 1	SS	df	MS	F	Sig.	C.V. (%)
Between Groups	0.284	5	0.057	0.957	0.481	3.72
Within Groups	0.713	12	0.059			
Total	0.998	17				
ปีที่ 2						
Between Groups	0.318	5	0.064	1.448	0.277	3.51
Within Groups	0.527	12	0.044			
Total	0.844	17				

ตารางภาคผนวกที่ 14 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของอินทรีย์วัตถุในดิน

ปีที่ 1	SS	df	MS	F	Sig.	C.V. (%)
Between Groups	3.762	5	0.752	2.335	0.106	21.94
Within Groups	3.867	12	0.322			
Total	7.629	17				
ปีที่ 2						
Between Groups	0.975	5	0.195	0.561	0.728	19.17
Within Groups	4.172	12	0.348			
Total	5.147	17				

ตารางภาคผนวกที่ 15 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในดิน

ปีที่ 1	SS	df	MS	F	Sig.	C.V. (%)
Between Groups	3159.333	5	631.867	0.628	0.682	80.18
Within Groups	12072.667	12	1006.056			
Total	15232.000	17				
ปีที่ 2						
Between Groups	1146.444	5	229.289	1.429	0.283	74.14
Within Groups	1925.333	12	160.444			
Total	3071.778	17				

ตารางภาคผนวกที่ 16 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในดิน

ปีที่ 1	SS	df	MS	F	Sig.	C.V. (%)
Between Groups	201538.944	5	40307.789	0.781	0.582	28.03
Within Groups	619520.000	12	51626.667			
Total	821058.944	17				
ปีที่ 2						
Between Groups	97848.667	5	19569.733	2.057	0.142	18.02
Within Groups	114143.333	12	9511.944			
Total	211992.000	17				

ตารางภาคผนวกที่ 17 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของอัตราการหายใจของดิน

ปีที่ 1	SS	df	MS	F	Sig.	C.V. (%)
Between Groups	58.720	5	11.744	2.980	0.056	2.56
Within Groups	47.288	12	3.941			
Total	106.008	17				
ปีที่ 2						
Between Groups	4.794	5	0.959	0.508	0.765	3.34
Within Groups	22.667	12	1.889			
Total	27.461	17				

ตารางภาคผนวกที่ 18 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของคาร์บอน

ในดิน	SS	df	MS	F	Sig.	C.V. (%)
Between Groups	0.595	5	0.119	1.123	0.399	18.75
Within Groups	1.272	12	0.106			
Total	1.868	17				
ในต้นและใบ						
Between Groups	6.678	5	1.336	0.892	0.517	2.53
Within Groups	17.975	12	1.498			
Total	24.653	17				
ในหัวมันสำปะหลัง						
Between Groups	0.699	5	0.140	0.374	0.857	1.32
Within Groups	4.480	12	0.373			
Total	5.179	17				

ตารางภาคผนวกที่ 19 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของไฮโดรเจน

ในดิน	SS	df	MS	F	Sig.	C.V. (%)
Between Groups	0.030	5	0.006	0.336	0.881	13.62
Within Groups	0.217	12	0.018			
Total	0.248	17				
ในต้นและใบ						
Between Groups	0.521	5	0.104	5.094	0.010	2.95
Within Groups	0.246	12	0.020			
Total	0.767	17				
ในหัวมันสำปะหลัง						
Between Groups	0.616	5	0.123	1.705	0.208	4.18
Within Groups	0.866	12	0.072			
Total	1.482	17				

ตารางภาคผนวกที่ 20 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของออกซิเจน

ในดิน	SS	df	MS	F	Sig.	C.V. (%)
Between Groups	0.969	5	0.194	0.918	0.502	0.62
Within Groups	2.533	12	0.211			
Total	3.503	17				
ในต้นและใบ						
Between Groups	6.311	5	1.262	0.591	0.707	8.26
Within Groups	25.607	12	2.134			
Total	31.918	17				
ในหัวมันสำปะหลัง						
Between Groups	0.696	5	0.139	0.322	0.890	2.15
Within Groups	5.197	12	0.433			
Total	5.893	17				

ตารางภาคผนวกที่ 21 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของไนโตรเจน

ในดิน	SS	df	MS	F	Sig.	C.V. (%)
Between Groups	0.022	5	0.004	2.382	0.101	57.61
Within Groups	0.022	12	0.002			
Total	0.044	17				
ในต้นและใบ						
Between Groups	0.504	5	0.101	0.585	0.712	8.07
Within Groups	2.067	12	0.172			
Total	2.570	17				
ในหัวมันสำปะหลัง						
Between Groups	0.086	5	0.017	1.231	0.353	36.97
Within Groups	0.168	12	0.014			
Total	0.254	17				

ตารางภาคผนวกที่ 22 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของซัลเฟอร์

ในดิน	SS	df	MS	F	Sig.	C.V. (%)
Between Groups	0.000	5	0.000	0.869	0.529	91.23
Within Groups	0.001	12	0.000			
Total	0.002	17				
ในต้นและใบ						
Between Groups	0.004	5	0.001	1.238	0.351	11.94
Within Groups	0.008	12	0.001			
Total	0.013	17				
ในหัวมันสำปะหลัง						
Between Groups	0.000	5	0.000	0.864	0.532	75.62
Within Groups	0.001	12	0.000			
Total	0.001	17				

ตารางภาคผนวกที่ 23 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของอินทรีย์คาร์บอนที่กักเก็บลงดิน

ปีที่ 1	SS	df	MS	F	Sig.	C.V. (%)
Between Groups	64832.737	5	12966.547	0.473	0.789	32.25
Within Groups	328782.529	12	27398.544			
Total	393615.267	17				
ปีที่ 2						
Between Groups	423051.775	5	84610.355	0.377	0.855	66.96
Within Groups	2692026.770	12	224335.564			
Total	3115078.545	17				

ตารางภาคผนวกที่ 24 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปลดปล่อยสู่บรรยากาศ

ปีที่ 1	SS	df	MS	F	Sig.	C.V. (%)
Between Groups	871634.407	5	174326.881	0.473	0.789	32.25
Within Groups	4420245.972	12	368353.831			
Total	5291880.379	17				
ปีที่ 2						
Between Groups	5687731.549	5	1137546.310	0.377	0.855	66.96
Within Groups	36192848.870	12	3016070.739			
Total	41880580.419	17				

ตารางภาคผนวกที่ 25 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของน้ำหนักพืชปุ๋ยสด

น้ำหนักสด	SS	df	MS	F	Sig.	C.V. (%)
Between Groups	222158.507	3	74052.836	2.248	0.160	49.31
Within Groups	263536.640	8	32942.080			
Total	485695.147	11				
น้ำหนักแห้ง						
Between Groups	12846.080	3	4282.027	2.424	0.141	45.08
Within Groups	14132.907	8	1766.613			
Total	26978.987	11				

ตารางภาคผนวกที่ 26 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความสูงต้นมันสำปะหลัง

ปีที่ 1	SS	df	MS	F	Sig.	C.V. (%)
Between Groups	0.263	5	0.053	1.373	0.301	6.34
Within Groups	0.460	12	0.038			
Total	0.722	17				
ปีที่ 2						
Between Groups	0.136	5	0.027	0.259	0.927	8.73
Within Groups	1.258	12	0.105			
Total	1.394	17				

ตารางภาคผนวกที่ 27 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของน้ำหนักต้นและใบมันสำปะหลัง

ปีที่ 1	SS	df	MS	F	Sig.	C.V. (%)
Between Groups	14978844.444	5	2995768.889	1.416	0.287	44.23
Within Groups	25395200.000	12	2116266.667			
Total	40374044.444	17				
ปีที่ 2						
Between Groups	13922133.333	5	2784426.667	0.436	0.815	65.10
Within Groups	76714666.667	12	6392888.889			
Total	90636800.000	17				

ตารางภาคผนวกที่ 28 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของน้ำหนักผลผลิตมันสำปะหลัง

ปีที่ 1	SS	df	MS	F	Sig.	C.V. (%)
Between Groups	7751885.881	5	1550377.176	1.599	0.234	31.59
Within Groups	11635818.044	12	969651.504			
Total	19387703.926	17				
ปีที่ 2						
Between Groups	6413673.648	5	1282734.730	0.969	0.474	19.72
Within Groups	15891305.339	12	1324275.445			
Total	22304978.988	17				



ภาพภาคผนวกที่ 1 การไถยกร่องเตรียมแปลงปลูก และท่อนพันธุ์มันสำปะหลัง



ภาพภาคผนวกที่ 2 การปลูkmันสำปะหลัง



ภาพภาคผนวกที่ 3 ดำรับการทดลองต่าง ๆ



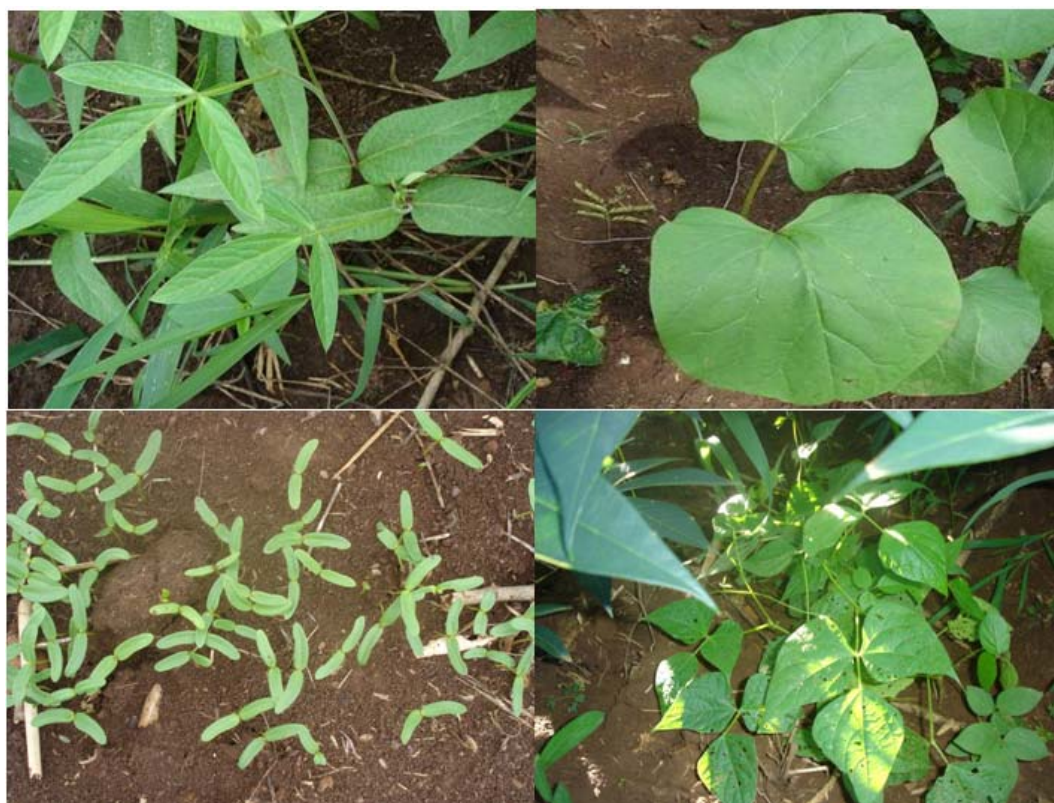
ภาพภาคผนวกที่ 4 มันสำปะหลังอายุประมาณ 10 วัน



ภาพภาคผนวกที่ 5 การกำจัดวัชพืชในแปลง



ภาพภาคผนวกที่ 6 การติดตั้งป้ายโครงการ



ภาพภาคผนวกที่ 7 การปลูกพืชปุ๋ยสดแซมระหว่างแถวมันสำปะหลัง



ภาพภาคผนวกที่ 8 การเจริญเติบโตของมันสำปะหลัง



ภาพภาคผนวกที่ 9 การวัดความสูงต้นมันสำปะหลัง



ภาพภาคผนวกที่ 10 ต้นมันสำปะหลังอายุ 3 – 4 เดือน



ภาพภาคผนวกที่ 11 ความเสียหายจากเหตุการณ์น้ำขังในแปลงทดลองเนื่องจากเหตุการณ์น้ำท่วม
อ.ปากช่อง จ.นครราชสีมา เมื่อเดือนตุลาคม พ.ศ. 2553



ภาพภาคผนวกที่ 12 เครื่องวัดเปอร์เซ็นต์น้ำมันสำหรับปะหลัง



ภาพภาคผนวกที่ 13 การเก็บผลผลิตมันสำปะหลัง อายุ 11 เดือน