แบบรายงานผลการวิจัยฉบับสมบูรณ์

ทะเบียนวิจัยเลขที่ 62 63 01 12 010000 017 102 02 24

ชื่อโครงการ การเปลี่ยนแปลงอินทรีย์คาร์บอน และปริมาณธาตุอาหารในดินจากการจัดระบบการปลูกมันสำปะหลังในพื้นที่ลาดเท

ผู้รับผิดชอบโครงการ นางนิรชา เจ็กชื่น ตำแหน่ง นักวิชาการเกษตรชำนาญการ
สังกัด กลุ่มวิชาการเพื่อการพัฒนาที่ดิน สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 5

ที่ปรึกษาโครงการ ผู้อำนวยการกลุ่มวิชาการเพื่อการพัฒนาที่ดิน สพข. 5

ผู้ร่วมโครงการ นางสาวชนันท์ภรณ์ สวัสดิรัตน์ ตำแหน่ง นักสำรวจดินชำนาญการพิเศษ
นางสาววลัยพร ธรรมบำรุง ตำแหน่ง เศรษฐกรชำนาญการ
สังกัด สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 5

เริ่มต้นเดือน ตุลาคม 2561 **สิ้นสุดเดือน** ธันวาคม 2563

รวมระยะเวลาทั้งสิ้น 2 ปี 3 เดือน

สถานที่ดำเนินการ	จุดพิกัด	กลุ่มชุดดิน	ชุดดิน	ชนิดดิน
บ้านวังหว้า หมู่ 8 ต.บ้านแฮด อ.บ้านแฮด จ.ขอนแก่น	48Q : 0266199 E 1793778 N	41	บ้านไผ่ (Bps-lsB)	ดินทรายปนดินร่วน

ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานทั้งสิ้น

รายการ	ค่าจ้างชั่วคราว	ค่าตอบแทนใช้สอยวัสดุ	รวม
งบประมาณปี 2562	-	190,000.-	190,000.-
งบประมาณปี 2563	-	100,000.-	100,000.-
รวม	**-**	**290,000.-**	**290,000.-**

แหล่งงบประมาณที่ใช้ : งบประมาณแผ่นดิน (สำนักงานวิจัยแห่งชาติ (วช.)

พร้อมนี้ได้แนบรายละเอียดประกอบตามแบบฟอร์มที่กำหนดมาด้วยแล้ว

ลงชื่อ.....
(นางนิรชา เจ็กชื่น)
ผู้รับผิดชอบโครงการ

ลงชื่อ.....
(นายสากล ณฤทธิ์)
ประธานคณะทำงานกลั่นกรองโครงการวิจัยระดับหน่วยงาน
วันที่ 29 เดือน กรกฎาคม พ.ศ 2564

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

ทะเบียนวิจัยเลขที่ 62 63 01 12 010000 017 102 02 24

ชื่อโครงการ การเปลี่ยนแปลงอินทรีย์คาร์บอน และปริมาณธาตุอาหารในดินจากการจัดระบบการปลูกมันสำปะหลังในพื้นที่ลาดเท

The variation of soil organic carbon contents and soil nutrients under sloping area of the cassava growing system.

กลุ่มชุดดินที่ 41 ชุดดิน บ้านไผ่

ผู้ดำเนินการ นางนิรชา เจ็กชื่น Mrs. Niracha Jekchuen

ผู้ร่วมโครงการ นางสาวชนันท์ภรณ์ สวัสดิรัตน์ Miss. Chananpon Sawatdirat

นางสาววลัยพร ธรรมบำรุง Miss. Valaiporn Tumbumrung

บทคัดย่อ

การศึกษาการเปลี่ยนแปลงอินทรีย์คาร์บอน และปริมาณธาตุอาหารในดินจากการจัดระบบการปลูกมันสำปะหลังในพื้นที่ลาดเท ในกลุ่มชุดดินที่ 41 ชุดดินบ้านไผ่ (Bpi - lsB) พื้นที่ บ้านวังหว้า ตำบลบ้านแฮด อำเภอบ้านแฮด จังหวัดขอนแก่น ในปี พ.ศ. 2562-2563 เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของอินทรีย์คาร์บอน และปริมาณธาตุอาหารในดิน ผลิตมันสำปะหลัง ถั่วพร้า และ ถั่วพุ่ม ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจจากระบบการปลูกพืชวางแผนการทดลองแบบ RCBD ประกอบด้วย 6 ตำรับ 3 ซ้ำ ตำรับที่ 1 ไม่ปลูกพืช ตำรับที่ 2 ไถพรวนตามความลาดเท ร่วมกับปุ๋ยเคมีตามวิธีเกษตรกร ตำรับที่ 3 ไถพรวนขวางความลาดเท ถั่วลิสง (พืชแซม) ตำรับที่ 4 ไถพรวนขวางความลาดเท ถั่วพร้า (พืชแซม) ตำรับที่ 5 ไถพรวนขวางความลาดเท ถั่วลิสง (พืชแซม) ร่วมกับแถบหญ้าแฝกขวางความลาดเท และ ตำรับที่ 6 ไถพรวนขวางความลาดเท ถั่วพร้า (พืชแซม) ร่วมกับแถบหญ้าแฝกขวางความลาดเท โดย ตำรับที่ 3 ตำรับที่ 4 ตำรับที่ 5 และ ตำรับที่ 6 ปลูกถั่วพร้าแล้วไถกลบเป็นปุ๋ยพืชสด ใช้ปุ๋ยเคมีและโดโลไมท์อัตราตามคำแนะนำค่าวิเคราะห์ดิน

ผลการทดลอง พบว่า ตำรับที่ 4 การไถพรวนขวางความลาดเท ใช้ถั่วพร้าเป็นปุ๋ยพืชสด ปลูกถั่วพร้าเป็นพืชแซม ร่วมกับการใช้ปุ๋ยเคมี และโดโลไมท์อัตราตามคำแนะนำค่าวิเคราะห์ดิน ส่งผลให้ SOC SOM CEC AWC pH และ Exch. K เพิ่มขึ้นในดินหลังการทดลอง และช่วงหลังไถกลบถั่วพร้าเป็นปุ๋ยพืชสด 30 วัน (วันที่ 89) SOC เพิ่มขึ้นสูงสุด 0.42 % (Net SOC 0.23 %) ใกล้เคียงกับช่วงหลังเก็บเกี่ยวผลผลิตแล้วไถกลบเศษซากพืชกลับลงในแปลง ปล่อยย่อยสลาย 3 เดือน (วันที่ 539) SOC เพิ่มขึ้นเป็น 0.39 % (Net SOC 0.20 %) สำหรับการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่าง SOC กับสมบัติดิน พบว่า มีความสัมพันธ์กับ SOM AWC CEC และ BD ในระดับสูง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 % (P value<0.01) โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) เท่ากับ 0.948** 0.932** 0.904** และ -0.897 ตามลำดับ และมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) เท่ากับ 0.90, 0.87 0.82 และ 0.81 ตามลำดับ รวมทั้งมีความสัมพันธ์กับธาตุอาหารที่เป็นประจุบวกในระดับรองลงมา ส่วนผลผลิตและผลตอบแทนทางด้านเศรษฐกิจ พบว่า ให้ผลผลิตมันสำปะหลังสูงสุด 6,622 กิโลกรัมต่อไร่ ผลผลิตถั่วพร้า 155 กิโลกรัมต่อไร่ และให้ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจรวมกันสูงสุด 12,040 บาทต่อไร่

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

Abstract

To study variation of soil organic carbon contents and soil nutrients under sloping area of the cassava growing system on soil group No.41 (Bpi - lsB soil series) in Ban Wang Wa ,Ban Had Sub-district, Ban Had District, Khon Kaen Province was started on 2019-2020. The objectives of this study were :1) to study variation of soil organic carbon and nutrients, 2) to yield of cassava, jack bean and peanut and 3) to study the economic returned from crop system. Experimental design was RCBD with 6 treatments and 3 replications, were : T1 = no crops, T2 = ploughing along slope combination with chemical fertilizers according to the farmer method, T3 = ploughing contour combination with peanut intercrop, T4 = ploughing contour combination with Jack bean intercrop, T5 = ploughing contour combination with peanut intercrop and lines of vetiver grass, T6 = ploughing contour combination with Jack bean intercrop and lines of vetiver grass. Where the T3,T4,T5 and T6 applying green manure (jack bean) chemical fertilizers and dolomite as recommended rate.

The results showed that ploughing contour combination with Jack bean intercrop (T4) applying green manure (jack bean) chemical fertilizers and dolomite as recommended rate, as a results of SOC SOM CEC AWC pH and Exch. K increased in soil after experiment. After 30 days of plowed up jack bean as green manure (Day 89), the highest SOC increased by 0.42 % (Net SOC 0.23 %), close to the post-harvest period and plowed up crop residue back into the plot for 3 months of degradation (Day 539), SOC increased to 0.39 % (Net SOC 0.20 %). The systematic result led to an interpretation found that the relationship between SOC and soil properties, there was a significant correlation with SOM, AWC, CEC and BD. Statistics at 99 % confidence level (P value<0.01) with correlation coefficients (r) of 0.948**, 0.932**, 0.904** and BD, respectively and decision coefficients (R^2) of 0.90, 0.87, 0.82 and 0.81, respectively as well as having a relationship with nutrients that were positively charged at a secondary level. As for yield and economic returned, it was found that the highest yield of cassava was 6,622 kg/rai. Yield of Jack bean was 155 kg/rai and provide a combined economic returns of up to 12,040 baht /rai.

หลักการและเหตุผล

ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ส่วนใหญ่เป็นที่ราบสูงพื้นที่ลอนลาด เป็นดินร่วนปนทราย ดินขาดความอุดมสมบูรณ์ อินทรียวัตถุ หรืออินทรีย์คาร์บอนในดินต่ำ (Kheoruenromne, ๑๙๙๑) ซึ่งอินทรีย์คาร์บอนเป็นองค์ประกอบคาร์บอนของอินทรียวัตถุในดินที่ได้จากพืชและสัตว์โดยตรง (Charman and Roper, ๑๙๙๑) มีบทบาทสำคัญต่อคุณภาพและความความอุดมสมบูรณ์ของดิน ในพื้นที่ทำการเกษตร อินทรีย์คาร์บอนมีความสัมพันธ์เชิงบวกต่อความอุดมสมบูรณ์ของดิน ช่วยให้การผลิตพืชมีความยั่งยืน (Bauer and Black, ๑๙๙๔) ดังนั้น คาร์บอนที่กักเก็บไว้ในดินจึงช่วยลดคาร์บอนในบรรยากาศ ในขณะเดียวกันก็ช่วยเพิ่มคุณภาพของดินและผลผลิตทางการเกษตรในระยะยาว (Watson et al., ๒๐๐๐) เมื่อปริมาณอินทรียวัตถุในดินชั้นบนที่เป็นดินทรายมีค่าต่ำกว่า ๐.๕ เปอร์เซ็นต์ (ปัทมา,๒๕๕๖) ซึ่งอยู่ในระดับต่ำมาก มีความสามารถในการอุ้มน้ำต่ำ ปริมาณธาตุอาหารต่ำ ส่งผลต่อการเพาะปลูกพืชเศรษฐกิจที่สำคัญโดยเฉพาะมันสำปะหลัง ซึ่งเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญ และสร้างรายได้ให้กับเกษตรกรในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เนื่องจากเป็นพืชที่ทนแล้ง สามารถปลูกได้ในสภาพดินที่เป็นทราย และความอุดมสมบูรณ์ต่ำ แต่ต้องมีการระบายน้ำได้ดี ทั้งนี้ผลผลิตที่ได้รับขึ้นอยู่กับความอุดมสมบูรณ์ของดิน รวมถึงข้อจำกัดในด้านพื้นที่ที่ส่งผลกระทบอย่างมากกับการปลูกมันสำปะหลัง โดยเฉพาะในพื้นที่ลาดเทมีการชะล้างพังทลายของดินอย่างต่อเนื่อง เป็นภัยเงียบที่ส่งผลกระทบต่อความอุดมสมบูรณ์ของดิน รวมทั้งการทำเขตกรรมที่ไม่เหมาะสม มีการไถพรวนดินตามแนวลาดเท และการแผ้วถางเผาทำลายซากวัสดุทางการเกษตร ทำให้มีการสูญเสียหน้าดิน และจุลินทรีย์ดินที่เป็นประโยชน์ รวมถึงแหล่งอินทรีย์คาร์บอนในดิน และธาตุอาหารที่จำเป็นสำหรับพืช นอกจากนี้การปลูกพืชเชิงเดี่ยวติดต่อกันเป็นเวลานาน ไม่มีการหมุนเวียนการปลูกพืชชนิดอื่น ขาดการปรับปรุงบำรุงดิน ส่งผลให้โครงสร้างของดินเสื่อมสภาพ ปริมาณธาตุอาหารลดลง (Midmore, ๑๙๙๓) ทำให้มีการใช้ปุ๋ยเคมีในปริมาณที่เพิ่มขึ้น เพื่อให้ได้ผลผลิตที่มากขึ้น เป็นการเพิ่มต้นทุนในการผลิตในภาคเกษตร กระทบต่อสภาพชีวิตความเป็นอยู่ของเกษตรกร ดังนั้น การเพิ่มอินทรีย์คาร์บอนในดินทรายที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำเพื่อเพิ่มผลผลิตมันสำปะหลัง จึงเป็นแนวทางในการเพิ่มผลิตภาพของดิน ทำการไถพรวนดินขวางความลาดเท และปลูกพืชแถบโดยใช้หญ้าแฝกป้องกันการชะล้างพังทลายของดิน เพิ่มแหล่งอินทรีย์คาร์บอน และไนโตรเจนโดยการใช้ปุ๋ยพืชสดร่วมด้วย และปลูกพืชตระกูลถั่วแซมในร่องแปลงมันสำปะหลัง เป็นการควบคุมวัชพืช และเพิ่มความหลากหลายทางชีวภาพ ตัดวงจรโรคและแมลง ช่วยลดการสูญเสียหน้าดินและธาตุอาหารที่สำคัญ ร่วมกับการใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน ซึ่งเกษตรกรสามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตจากพืชแซมเพื่อเป็นรายได้เสริมจากการปลูกมันสำปะหลัง และสับกลบซากพืชเพื่อย่อยสลายเป็นปุ๋ยอินทรีย์ต่อไป ซึ่งวิธีการดังกล่าวฯ นี้จะสามารถช่วยเพิ่มแหล่งอินทรีย์คาร์บอนในดิน และปริมาณธาตุอาหารให้เพียงพอต่อการปลูกมันสำปะหลังในพื้นที่ลาดเทให้มีประสิทธิภาพสูงสุดในสภาพดินทราย รวมทั้งลดการสูญเสียหน้าดิน ลดการเสื่อมโทรมของดิน และสร้างความหลากหลายทางชีวภาพ ทำให้ดินมีศักยภาพในการผลิตพืชได้เต็มที่ ลดต้นทุนการผลิตทางการเกษตรในระยะยาวได้ ช่วยให้เกษตรกรในพื้นที่มีรายได้ที่เพิ่มขึ้น ชีวิตความเป็นอยู่ที่ดีขึ้น และเป็นการแก้ไขปัญหาดินเสื่อมโทรมได้อย่างยั่งยืน

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

วัตถุประสงค์

1) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของอินทรีย์คาร์บอน และปริมาณธาตุอาหารในดินหลังการจัดระบบการปลูกมันสำปะหลังในพื้นที่ลาดเท
2) ศึกษาผลผลิตมันสำปะหลังและผลตอบแทนทางเศรษฐกิจจากระบบการปลูกพืช

การตรวจเอกสาร

1. ภาวะการผลิต และการตลาดมันสำปะหลัง

ประเทศไทยผลิตมันสำปะหลังรายใหญ่เป็นอันดับ 3 ของโลก รองจากประเทศบราซิลและไนจีเรีย แต่ไทยเป็นประเทศผู้ส่งออกมันสำปะหลังรายใหญ่ที่สุดของโลก ผลผลิตมันสำปะหลังในประเทศไทย ปี 2558/59 คาดว่ามีพื้นที่เก็บเกี่ยว 8.71 ล้านไร่ ผลผลิต 31.04 ล้านตัน ผลผลิตต่อไร่ 3.56 ตัน เมื่อเทียบกับปี 2557/58 พบว่า พื้นที่เก็บเกี่ยวเพิ่มขึ้นร้อยละ 0.43 ผลผลิตและผลผลิตต่อไร่ลดลงร้อยละ 0.61 การตลาด ราคาหัวมันสำปะหลังสด เฉลี่ยกิโลกรัมละ 2.03 บาท ราคามันเส้นเฉลี่ยกิโลกรัมละ 5.63 บาท ราคาขายส่งในประเทศ ราคาขายส่งมันเส้น เฉลี่ยกิโลกรัมละ 6.56 บาท ราคาขายส่งแป้งมันสำปะหลังชั้นพิเศษ เฉลี่ยกิโลกรัมละ 13.40 บาท ราคาส่งออก เอฟ.โอ.บี ราคาส่งออกมันเส้น เฉลี่ยตันละ 7,357 บาท ราคาส่งออกแป้งมันสำปะหลังเฉลี่ยตันละ 13,683 บาท พื้นที่เก็บเกี่ยวมันสำปะหลังในภาคตะวันออกเฉียงเหนือในปี 2559 มีพื้นที่ 4.7 ล้านไร่ ผลผลิต 16.1 ล้านตัน ผลผลิตเฉลี่ย 3.43 ตันต่อไร่ ในจังหวัดขอนแก่นมีพื้นที่เก็บเกี่ยว 195,052 ไร่ ผลผลิต 1.8 ล้านตัน ผลผลิตเฉลี่ย 3.28 ตันต่อไร่ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2559)

2. การปลูกมันสำปะหลังและการจัดการดิน

มันสำปะหลังเป็นพืชทนทนความแห้งแล้งได้ดี สามารถขึ้นได้ในที่มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยปีละ 500-1500 มิลลิเมตร หรือมากกว่า แต่ไม่สามารถทนต่อสภาพน้ำท่วมขังได้ และดินที่เหมาะสำหรับการเจริญเติบโตของมันสำปะหลัง ควรเป็นดินทราย หรือดินร่วนปนทราย มีการระบายน้ำดี และมีความอุดมสมบูรณ์พอสมควร มีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ระหว่าง 5.5-8.0 ต้องการปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจน 10-20 กิโลกรัมต่อไร่ ฟอสฟอรัส 6-10 กิโลกรัมต่อไร่ และโพแทสเซียม 8-12 กิโลกรัมต่อไร่ มีอุณหภูมิอยู่ในช่วง 10-30 องศาเซลเซียส ปลูกในช่วงต้นฤดูฝนเดือนมีนาคม ถึง พฤษภาคม โดยการไถเตรียมดินไถด้วยผาลสาม 1 ครั้ง ตากดินไว้ 7-10 วัน พรวนดินด้วยผาลเจ็ด 1 ครั้ง ในพื้นที่ลาดเอียง ให้ไถยกร่องขวางแนวลาดเอียง ความสูงสันร่อง 30-40 เซนติเมตร ควรปลูกแฝกตามแนวระดับ ระหว่างแถวมันสำปะหลังเพื่อป้องกันการชะล้างพังทลายของดิน ระยะปลูกมันสำปะหลังที่เหมาะสม คือ 80 x 80, 80 x 100 หรือ 100 x 100 เซนติเมตร ให้ปุ๋ยเคมีครั้งเดียวหลังปลูก 1-2 เดือน โดยใส่ปุ๋ยเคมี 15-7-18 หรือ 15-15-15 หรือ 16-8-14 อัตรา 70 กิโลกรัมต่อไร่ สำหรับดินร่วนปนทราย และอัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ การเก็บเกี่ยวในช่วงอายุ 10-12 เดือน แต่ไม่ควรต่ำกว่า 8 เดือน เพราะมีผลต่อคุณภาพหัวมันสำปะหลังเปอร์เซ็นต์แป้งต่ำ การเก็บเกี่ยวในฤดูแล้งจะมีเปอร์เซ็นต์แป้งสูงขึ้น (กรมวิชาการเกษตร, 2545)

3. อินทรีย์คาร์บอนในดิน

คาร์บอนในดินแบ่งได้เป็น 2 ชนิด คือ อนินทรีย์คาร์บอน และอินทรีย์คาร์บอน โดยอนินทรีย์คาร์บอนส่วนมากจะพบในรูปของคาร์บอเนต (CO_3) และมักพบในพื้นที่ที่มีฝนตกน้อย อินทรีย์คาร์บอนจะพบอยู่ในรูปของอินทรียวัตถุในดินซึ่งมีค่าเป็น 1.724 เท่าของอินทรีย์คาร์บอน การสะสมอินทรีย์คาร์บอน มีต้น

กำเนิดมาจากการย่อยสลายของอินทรียวัตถุ ซึ่งเป็นการย่อยสลายของพืชและสัตว์ด้วยจุลินทรีย์ การย่อยสลายของพืชหรือลำต้นที่ถูกไถกลบลงไปในดินแล้วจะมีลักษณะเช่นเดียวกับการย่อยสลายของสัตว์ที่ตายลง อินทรีย์คาร์บอนจะส่งผลต่อโครงสร้างของดิน โดยเริ่มจากมวลชีวภาพถูกเปลี่ยนสภาพในกระบวนการย่อยสลายพร้อมทั้งมีจุลินทรีย์ในดินมาย่อยสลายมวลชีวภาพอินทรีย์คาร์บอนที่มาจากแต่ละขั้นตอนซึ่งมีองค์ประกอบและคุณสมบัติแตกต่างกัน บางครั้งการแตกตัวของอินทรีย์คาร์บอนจะเป็นอินทรีย์คาร์บอนชนิดเฉื่อยต่อการทำปฏิกิริยาซึ่งมาจากจุลินทรีย์ที่อยู่ใต้ดิน และอาศัยอยู่ใต้ดินมาเป็นเวลาพันปี (Tippayachan, 2006) นอกจากนั้น คาร์บอนเข้าสู่ดินโดยพืชสีเขียวดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์โดยกระบวนการสังเคราะห์แสงเปลี่ยนให้เป็นสารประกอบในรูปคาร์บอนต่างๆ เช่น เซลลูโลส และลิกนิน จากนั้นคาร์บอนในพืชจะเข้าสู่แหล่งสะสมอินทรีย์คาร์บอนในดินโดยเศษซากพืช รากพืช และสารที่ซึมออกมาจากรากพืช หรือย่อยสลายโดยสัตว์ต่างๆ สารที่ได้จากการที่สัตว์ย่อยสลายขนาดของเศษซากพืชที่มีขนาดเล็กลง ซึ่งกระบวนการเหล่านี้ส่วนมากจะเกิดขึ้นใกล้กับผิวดิน ดังนั้นคาร์บอนจึงมีการสะสม ในดินได้ง่ายและจะสูญเสียได้ง่ายเช่นเดียวกัน ถ้าเกิดการกัดกร่อนดินหรือมีการไถพรวนอย่างรุนแรงเพิ่มขึ้น ในบางครั้งคาร์บอนและธาตุที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช (Essential elements) ได้กลายเป็นแหล่งอาหารของสัตว์ที่อาศัยอยู่ในดินรวมถึงแบคทีเรีย เชื้อรา และสัตว์ที่อาศัยอยู่ในดิน (Follent, 2001) (เอกอนงค์, 2552) รวมทั้ง การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินจากป่าไม้มาเป็นข้าวโพดมีผลต่อการลดลงของอินทรีย์คาร์บอนอย่างมาก ในขณะที่ระบบการปลูกข้าวโพดแบบทั่วไป หลังบุกเบิกป่า มีการเพิ่มขึ้นของอินทรีย์คาร์บอนในดินน้อยมาก อย่างไรก็ตาม เมื่อมีการจัดการดินอย่างเข้มข้น พบว่าอินทรีย์คาร์บอนในเพิ่มขึ้นกว่าเดิมที่เป็นป่าถึง 2 เท่า (สถาพร,2553)

การเก็บกักคาร์บอนในดิน เรียกว่าคาร์บอนอินทรีย์ในดิน (soil organic carbon) การเพิ่มขึ้นของปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดินขึ้นอยู่กับการจัดการดินในการปลูกพืช เช่น การใส่ปุ๋ยหมักปุ๋ยคอกและปุ๋ยพืชสดเป็นต้น ดินเป็นแหล่งสะสมคาร์บอนที่สำคัญ ซึ่งการกระจายคาร์บอนอยู่ในดินลึกประมาณ 1 เมตร ในประเทศไทยพบว่าปริมาณคาร์บอนอินทรีย์รวมทั้งหมด 6,211,706 ล้านกิโลกรัม หรือเท่ากับ 6.21 เพนตากรัมคาร์บอน คิดเป็น 0.046% ของปริมาณอินทรีย์คาร์บอนทั้งหมดในโลก (ลดาวัลย์, 2547) แหล่งสะสมคาร์บอนบนได้แก่ ดิน บรรยากาศ และน้ำ ดินเป็นแหล่งเก็บกักที่มีบทบาทสำคัญของวัฏจักรคาร์บอนในโลก โดยพบว่ามีอินทรีย์คาร์บอนเก็บกักอยู่ประมาณ 1,550 เพนตากรัมคาร์บอน (Pg C) 2 และมีอินทรีย์คาร์บอนเก็บกักอยู่ 750 เพนตากรัมคาร์บอน ซึ่งรวมแล้วดินเก็บกักคาร์บอนทั้งหมด 2,300 เพนตากรัมคาร์บอน และมากกว่าพืชพรรณบนผิวโลกที่มี 610 เพนตากรัมคาร์บอน (Batjes, 1996) 1 ใน 3 ของคาร์บอนเป็นเชื้อเพลิงฟอสซิลซึ่งพบใต้ดิน และ 1 ใน 25 ของคาร์บอนจะอยู่ในน้ำ สำหรับการแลกเปลี่ยนคาร์บอนระหว่างพื้นดินและบรรยากาศนั้น ดินจะมีการปลดปล่อยคาร์บอนสู่บรรยากาศในปริมาณเท่ากับที่พืชใช้ในการสังเคราะห์แสงและถ้าเป็นการเปลี่ยนแปลงปริมาณคาร์บอนในดินเนื่องมาจากการชะล้างพังทลายของดินจะทำให้ปริมาณคาร์บอนในดินลดลงได้ (Tippayachan, 2006)

Kongrattanachok (2005) ได้ศึกษาปริมาณการสะสมคาร์บอนในมันสำปะหลังบริเวณพื้นที่จังหวัดระยอง เพื่อประเมินปริมาณการสะสมคาร์บอนในหนึ่งรอบการเพาะปลูกมันสำปะหลังทั้งส่วนเหนือดินบนผิวดินและใต้ดิน เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของอินทรีย์คาร์บอนในดินกับคุณสมบัติของดินที่ระดับความลึก 0-30 เซนติเมตร พบว่า ในหนึ่งรอบการเพาะปลูกมันสำปะหลังมีปริมาณสะสมคาร์บอนทั้งสิ้น 8,368 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งประกอบด้วยการสะสมคาร์บอนในต้นมันสำปะหลัง พืชผิวดินและในดิน 960, 154 และ 7,255 กิโลกรัมต่อไร่ตามลำดับ ตั้งแต่ระยะปลูกจนถึงระยะเก็บเกี่ยวในไร่มันสำปะหลังมีการสะสมคาร์บอนในดินเพิ่มขึ้น 1,631 กิโลกรัมต่อไร

จากผลการศึกษาการแจกกระจายของปริมาณอินทรีย์คาร์บอน ในดินตัวแทนหลัก 20 ชุดดิน ในดินที่ระดับความลึก 0-25 เซนติเมตร พบว่าปริมาณอินทรีย์คาร์บอนมีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 0.01-2.0

โดยส่วนใหญ่มีปริมาณอินทรีย์คาร์บอนอยู่ในระดับต่ำกว่าร้อยละ 0.5 ซึ่งครอบคลุมเกือบทุกพื้นที่ เมื่อพิจารณาปริมาณ อินทรีย์คาร์บอนในดิน (100 เซนติเมตร) ของดินตัวแทนหลัก 20 ชุดดินพบว่า มีปริมาณอินทรีย์คาร์บอน สะสมอยู่ในช่วง 3.2 - 13.7 ตันคาร์บอนต่อไร่ โดยพบสูงสุดในชุดดินกันทรวิชัย (13.7ตันคาร์บอนต่อไร่) รองลงมาคือ ชุดดินธาตุพนม (12.5 ตันคาร์บอนต่อไร่) ส่วนชุดดินบ้านไผ่มีปริมาณอินทรีย์คาร์บอนต่ำสุด (3.2 ตันคาร์บอนต่อไร่) และพบว่าดินส่วนใหญ่มีสัดส่วนของปริมาณการสะสมอินทรีย์คาร์บอนในดินสูงที่ ความลึก 0 - 30 เซนติเมตร คิดเป็นร้อยละ 45 - 77 ของปริมาณอินทรีย์คาร์บอนทั้งหมด รวมทั้งปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดินชุดดินบ้านไผ่ที่ปลูกมันสำปะหลัง ที่ความลึก 0 - 25 เซนติเมตร มีปริมาณอินทรีย์คาร์บอนต่ำสุด 0.24 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับชุดดินบ้านไผ่ที่ปลูกอ้อย และ ปลูกยูคาลิปตัส ซึ่งมีปริมาณอินทรีย์คาร์บอนสูงสุด 0.48 เปอร์เซ็นต์ สำหรับการย่อยสลายตัวซากพืช พบว่า ใบพลวง ใบมะขาม ซากถั่วลิสง และฟางข้าว มีอัตราการสลายตัวสูงในช่วงที่ 1 คือ อยู่ระหว่าง 0.633-1.589 สัปดาห์ โดยเฉพาะฟางข้าว รองลงมาคือ ซากถั่วลิสง ส่วนช่วงที่ 2 เริ่มมีการสลายตัวช้า โดยเฉพาะใบพลวง และกรณีศึกษาในชุดดินโคราช พบว่า ซากถั่วลิสงเป็นซากที่มีคุณภาพสูง โดยมีปริมาณคาร์บอน 388 กรัมต่อกิโลกรัม ไนโตรเจนสูง 22.8 กรัมต่อกิโลกรัม อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน 17.1 รวมทั้งมีลิกนินและโพลีฟีนอลต่ำ (อรรณพ,2559)

4. การจัดการดินและระบบการปลูกพืชร่วมกับมันสำปะหลัง

ดินที่ใช้ปลูกมันสำปะหลังในประเทศไทยส่วนใหญ่มีความอุดมสมบูรณ์ของดินต่ำเป็นดินทราย ปริมาณอินทรียวัตถุต่ำ ไม่อุ้มน้ำ ส่งผลให้ผลผลิตมันสำปะหลังตกต่ำ ทำให้มีต้นทุนในการใช้ปุ๋ยเคมีที่เพิ่มขึ้น ซึ่งนับเป็นปัญหาที่สำคัญของเกษตรกรอย่างยิ่ง ดังนั้นการจัดการดินและใช้ระบบพืชที่เหมาะสมในพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังจึงเป็นอีกทางเลือกสำหรับเกษตรกรผู้ปลูกมันสำปะหลัง โดยเฉพาะในพื้นที่ที่มีความลาดเท เมื่อมีการไถพรวนยิ่งจะส่งผลให้เกิดการสูญเสียหน้าดินเพิ่มขึ้น การแก้ไขปัญหาโดยการปลูกพืชแซม การปลูกพืชคลุมหน้าดิน หรือ การปลูกแถบพืช จึงเป็นอีกทางเลือกที่น่าจะช่วยแก้ไขปัญหาดังกล่าวได้

สำหรับพืชที่สามารถใช้ปลูกแซมระหว่างแถวมันสำปะหลัง ได้แก่ ถั่วเขียว ถั่วลิสง ถั่วเหลือง และข้าวโพดหวาน ซึ่งการปลูกพืชแซมมันสำปะหลังทำให้ประสิทธิภาพการใช้พื้นที่สูงขึ้น และเป็นการอนุรักษ์ดินได้ดีกว่าการปลูกพืชเชิงเดี่ยว โดยการปลูกพืชร่วมและการปลูกพืชหลายชนิดร่วมกัน เป็นวิธีการที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พื้นที่ การตอบสนองตอบความต้องการอาหารของผู้บริโภค และการเพิ่มคุณภาพดิน (Midmore, 1993) ซึ่งการปลูกพืชร่วม หมายถึง การปลูกพืชตั้งแต่สองชนิดขึ้นไปในเวลาเดียวกันในพื้นที่เดียวกันโดยปฏิบัติอย่างกว้างขวางใน จีน เอเชียใต้ แอฟริกา อเมริกาใต้ และ อินเดีย นอกจากนี้การปลูกพืชตระกูลถั่วเป็นพืชร่วมกับพืชเศรษฐกิจมีความสำคัญต่อพื้นที่ที่มีไนโตรเจนในดินต่ำเพราะพืชตระกูลถั่วจะเป็นแหล่งให้ไนโตรเจน (Bedoussac and Justes, 2011

5. มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำในพื้นที่ลาดเท

การไถพรวนตามแนวระดับสามารถป้องกันปัญหาการชะล้างพังทลายของดิน ได้โดยเฉพาะช่วง 1-3 เดือนแรกที่ปลูกมันสำปะหลังควรเตรียมดินด้วยผาน 3 และผาน 7 ยกร่องปลูกในแนวระดับโดยให้ระยะห่าง ระหว่างร่อง 80 เซนติเมตร ระยะห่างระหว่างต้น 80 เซนติเมตร และใส่ปุ๋ยเคมีร่วมด้วย จะช่วยให้มันสำปะหลัง เจริญเติบโตได้ดี มีพุ่มใบปกคลุมผิวดินได้รวดเร็ว ลดการ สูญเสียดิน และทำให้ได้ผลผลิตสูง หรือปลูกหญ้าแฝกเป็น แถวขวางความลาดเทตามแนวระดับระหว่างแถวมันสำปะหลัง เพื่อป้องกันการชะล้างพังทลายของดินทุกระยะ 20-30 เมตร ระยะห่างระหว่างกล้าหญ้าแฝก 5-10 เซนติเมตร หรือจำนวนแถวของหญ้าแฝกอาจขึ้นอยู่กับความลาดเทของพื้นที่ (กรมพัฒนาที่ดิน,2548)

ระบบอนุรักษ์ดินและน้ำบนพื้นที่สูงที่กรมพัฒนาที่ดินได้พัฒนาและใช้ดำเนินการอยู่ในปัจจุบัน ได้มีการนำมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำทั้งวิธีกลและวิธีพืชมาใช้โดยมาตรการและวิธีการที่ใช้แตกต่างไปตาม

สภาพปัญหาของพื้นที่ เช่น พื้นที่สูงที่มี ความลาดชันระดับต่าง ๆ เกิดปัญหาหน้าดินถูกชะล้างพังทลาย สูญเสียธาตุอาหารพืช และไม่สามารถกักเก็บน้ำไว้ได้จึงได้นำมาตรการทั้งวิธีกล เช่น คูรับน้ำขอบเขา การทำขั้นบันไดดิน คันดิน และวิธีพืช เช่น การปลูกพืชคลุมดิน ปลูกพืชหมุนเวียน ปลูกพืชสลับส่งเสริมการปลูกพืชเชิงอนุรักษ์แบบผสมผสาน รวมถึงการเขตกรรม เช่น การไถพรวนน้อยครั้ง หรือไม่ไถพรวน สามารถลดการสูญเสียหน้าดิน ลดการสูญเสียธาตุอาหารพืช และเก็บกักน้ำได้ดีขึ้น มีการจัดการน้ำที่เหมาะสม และนำหญ้าแฝก มาใช้ประโยชน์ในการอนุรักษ์ดินและน้ำ โดยปลูกร่วมกับมาตรการวิธีกล คูรับน้ำขอบเขา (hillside ditch) เป็นมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำบนพื้นที่ลาดชัน ที่นับว่ามีประสิทธิภาพในด้านการป้องกันตะกอนดินไม่ให้ลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ เป็นการทำคูรับน้ำตามแนวระดับขวางความลาดเท เว้นช่วงเป็นระยะ ๆ ประมาณ 10-12 เมตร และมีความกว้างคูน้ำแบบผนังด้านนอกเอียงเข้า 2 เมตร โดยระยะห่างคูรับน้ำขอบเขาผันแปรไปตาม ความลาดชันของพื้นที่หรือระยะห่างในแนวดิ่ง (vertical interval) ซึ่งสามารถคำนวณค่าระยะตามแนวดิ่ง (vertical interval, V.I.) ได้จากสูตร V.I. = (S+6)/10 เมื่อ S เป็นค่าเปอร์เซ็นต์ของความลาดชัน (กรมพัฒนาที่ดิน, 2534) นอกจากนี้เมื่อมีการนำเอาหญ้าแฝกซึ่งเป็นพืชที่มีระบบรากลึก เข้ามาร่วมในระบบการอนุรักษ์ดินและน้ำ ทำให้สามารถยึดและกักตะกอนดินไม่ให้ลงสู่ แหล่งน้ำธรรมชาติได้ และจากผลการศึกษาเกี่ยวกับมาตรการปลูกแถบหญ้าที่มีระยะห่างต่าง ๆ กันในการอนุรักษ์ดินและน้ำ บนพื้นที่สูงของวาสุเทพ และคณะ (2543) พบว่า การปลูกข้าวไร่ระหว่างแถบหญ้าแฝกโดยมีค่า V.I. = 3 เมตร และวิธีการปลูกข้าวระหว่างแถบหญ้ารูซี่ตามค่า V.I. = 3 เป็นวิธีการที่ดีที่สุดในด้านการอนุรักษ์ดินและน้ำ เพราะวิธีการทั้งสอง สามารถชะลอปริมาณน้ำไหลบ่าให้ลงดินได้มากขึ้น ช่วยกรองตะกอน และไม่เสียพื้นที่เพาะปลูกไปมากนัก

ระยะเวลาและสถานที่ดำเนินการ

ระยะเวลาดำเนินการ : เริ่มต้น เดือน ตุลาคม พ.ศ. 2561 **สิ้นสุด** เดือน ธันวาคม พ.ศ. 2563
สถานที่ดำเนินการ : บ้านวังหว้า ตำบลบ้านแฮด อำเภอบ้านแฮด จังหวัดขอนแก่น
ปริมาณน้ำฝน อำเภอบ้านแฮด : ปี พ.ศ 2562 = 906 มิลลิเมตร ปี พ.ศ.2563 = 1,096 มิลลิเมตร

Sitecharacterization : ชุดดินในพื้นที่ดำเนินการ เป็นชุดดินบ้านไผ่ (Ban Phai Series: Bpi) กลุ่มชุดดินที่ 41 สามารถจำแนกดินเป็น loamy, siliceous, isohyperthermic Arenic Paleustalfs การกำเนิดเกิดจากตะกอนของหินตะกอนเนื้อหยาบชะมาทับถมอยู่บนพื้นผิวของการเกลี่ยผิวแผ่นดิน สภาพพื้นที่ ลูกคลื่นลอนลาดเล็กน้อยถึงลูกคลื่นลอนลาด มีความลาดชัน 2-12 % การระบายน้ำ ดี การไหลบ่าของน้ำบนผิวดิน เร็วในดินบนและช้าในดินล่าง การซึมผ่านได้ของน้ำ เร็วถึงปานกลาง พืชพรรณธรรมชาติและการใช้ประโยชน์ ปลูกพืชไร่และไม้ผล การแพร่กระจาย พบในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีการจัดเรียงชั้น Ap-E-Bt ลักษณะและสมบัติดิน เป็นดินลึกมาก ดินบนเป็นดินทรายปนดินร่วนหรือดินทราย สีน้ำตาลอ่อน ถัดลงไปเป็นดินทรายปนดินร่วน สีเทาปนชมพู ดินล่างเป็นดินร่วนปนทรายหรือดินร่วนเหนียวปนทราย สีน้ำตาลแก่หรือน้ำตาลปนเหลือง มีจุดประสีแดงปนเหลืองหรือสีแดง ปฏิกิริยาดินเป็นกรดจัดมากถึงเป็นกรดปานกลาง (pH 5.0-6.0)

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

อุปกรณ์และวิธีดำเนินการ

อุปกรณ์

1. ท่อนพันธุ์มันสำปะหลัง พันธุ์ระยอง 86-13
2. หญ้าแฝก พันธุ์ สาขลา 3
3. เมล็ดพันธุ์ถั่วพร้า
4. เมล็ดถั่วลิสง พันธุ์ไทนาน 9
5. ปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 0-0-60 18-46-0 15-15-15 และ 16-8-8
6. โดโลไมท์
7. อุปกรณ์ในการเก็บตัวอย่างดิน ประกอบด้วย สว่านเจาะดิน พลั่วสนามถุงพลาสติก ปากกเคมี และเชือก
8. อุปกรณ์ในการบันทึกข้อมูล ประกอบด้วย เครื่องชั่งผลผลิตพืช เครื่องวัดเปอร์เซ็นต์แป้ง ตลับเมตร ไม้เมตร ถุงเก็บตัวอย่างผลผลิตพืช
9. วัสดุอุปกรณ์การเกษตร อื่นๆ ที่จำเป็นในการวิจัย

วิธีการทดลอง

การวางแผนการทดลอง โครงการวิจัยนี้ดำเนินการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) ประกอบด้วย 6 ตำรับ จำนวน 3 ซ้ำการทดลองดังนี้

ตำรับที่ 1 ไม่ปลูกพืช
ตำรับที่ 2 วิธีเกษตรกร (ไถพรวนตามความลาดเท)
ตำรับที่ 3 พืชปุ๋ยสด (ถั่วพร้า)+พืชแซม (ถั่วลิสง)+ไถพรวนขวางความลาดเท
ตำรับที่ 4 พืชปุ๋ยสด (ถั่วพร้า)+พืชแซม (ถั่วพร้า)+ไถพรวนขวางความลาดเท
ตำรับที่ 5 พืชปุ๋ยสด (ถั่วพร้า) +พืชแซม (ถั่วลิสง)+แถบหญ้าแฝก (ระยะ 10 เมตร) +ไถพรวนขวางความลาดเท
ตำรับที่ 6 พืชปุ๋ยสด (ถั่วพร้า)+พืชแซม (ถั่วพร้า)+ แถบหญ้าแฝก (ระยะ 10 เมตร) +ไถพรวนขวางความลาดเท

หมายเหตุ ตำรับที่ 2 วิธีเกษตรกรจะไถพรวนตามความลาดเท และใส่ปุ๋ยเคมีตามวิธีเกษตรกร

สูตร	15-15-15	อัตรา	30	กิโลกรัมต่อไร่
สูตร	16-8-8	อัตรา	30	กิโลกรัมต่อไร่

ตำรับที่ 3-6 การไถพรวนจะไถขวางความลาดชันและใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน

โดโลไมท์		อัตรา	380	กิโลกรัมต่อไร่
สูตร	46-0-0	อัตรา	31	กิโลกรัมต่อไร่
สูตร	18-46-0	อัตรา	14	กิโลกรัมต่อไร่
สูตร	0-0-60	อัตรา	8	กิโลกรัมต่อไร่

วิธีการดำเนินงานวิจัย : แบบงานวิจัย/วิธีการทางสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์

ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน

1. คัดเลือกพื้นที่การเกษตรบนพื้นที่ดอนซึ่งมีความลาดชันไม่เกิน 5 เปอร์เซ็นต์ ของเกษตรกรในพื้นที่ ตำบลบ้านแฮด อำเภอบ้านแฮด จังหวัดขอนแก่น
2. ตรวจสอบชุดดิน โดยการเจาะดินที่ระดับความลึก 150 เซนติเมตร และเก็บตัวอย่างดินเพื่อส่งตรวจวิเคราะห์ ในห้องปฏิบัติการ
3. ดำเนินการจัดทำแปลงทดลองโดยแบ่งแปลงทดลองตามตำรับการทดลอง ให้มีขนาดแปลงย่อย 10 x 30 เมตร จำนวน 18 แปลง
4. ดำเนินการเตรียมดินเพื่อปลูกพืชตามตำรับการทดลอง
   4.1) ตำรับที่ 1 ไม่ทำการไถ และไม่ปลูกพืช
   4.2) ตำรับที่ 2-6 ไถเตรียมแปลง และปลูกถั่วพร้าในตำรับที่ 3-6 แล้วไถกลบเป็นปุ๋ยพืชสดในช่วงออกดอกอายุ 45 วัน โดยจะปลูกถั่วพร้าช่วงเดือนเมษายน – มิถุนายน อัตรา 10 กิโลกรัมต่อไร่
   4.3) ตำรับที่ 2 วิธีเกษตรกร จะไถพรวนตามความลาดชัน ยกร่องปลูกมันสำปะหลัง ระยะ 1 x 1 เมตร และใส่ปุ๋ยเคมีตามวิธีเกษตรกร
   4.4) ตำรับที่ 3-6 ไถพรวนขวางความลาดชัน ยกร่องปลูกมันสำปะหลัง ระยะ 1 x 1 เมตร และใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินของโปรแกรมปุ๋ยรายแปลง
   4.5) ตำรับที่ 3 ปลูกถั่วลิสงเป็นพืชแซมในร่องแปลงมันสำปะหลัง ระยะปลูก 1 x 0.30 เมตร ตำรับที่ 5 ปลูกถั่วพร้าในร่องแปลง ระยะปลูก 1 X 0.70 เมตร)
   4.6) ตำรับที่ 5 ปลูกถั่วลิสงเป็นพืชแซมในร่องแปลงมันสำปะหลัง ระยะปลูก 1 x 0.30 เมตร ตำรับที่ 6 ปลูกถั่วพร้าในร่องแปลง ระยะปลูก 1 X 0.70 เมตร และปลูกหญ้าแฝกเป็นแถบขวางความลาดเททุกระยะ 10 เมตร โดยสามารถคำนวณค่าระยะตามแนวดิ่ง (Vertical Interval, V.I.) ได้จากสูตร V.I. = (S+6)/10 เมื่อ S เป็นค่าเปอร์เซ็นต์ของความลาดชัน (กรมพัฒนาที่ดิน, 2534)
5. ดูแลรักษาและกำจัดวัชพืชในแปลงทดลองด้วยแรงงานคน
6. การบันทึกข้อมูล

   6.1 ข้อมูลดิน

      6.1.1 สมบัติทางเคมีของดิน

      การเก็บตัวอย่างดินใช้วิธีสุ่มเก็บตัวอย่างแบบ Composite Sampling ในแต่ละแปลงทดลอง แปลงละ 3 ตัวอย่าง ที่ระดับความลึก 3 ระดับ ดังนี้ 0-15 และ 15-30 เซนติเมตร โดยเก็บตัวอย่าง ในแปลงทดลองก่อน และหลังการทดลอง เพื่อนำไปวิเคราะห์สมบัติทางเคมี ได้แก่

      1) ความเป็นกรดเป็นด่าง (ดิน:น้ำ = 1 : 1) โดยใช้ pH meter
      2) ปริมาณอินทรียวัตถุ (Organic matter) และอินทรีย์คาร์บอน (Organic carbon) โดย วิธี Walkley and Black (1947) ซึ่งอินทรีย์คาร์บอน ทำการวิเคราะห์ 5 ช่วงเวลา คือ ก่อนการทดลอง หลังไถกลบปุ๋ยพืชสด ระหว่างทดลอง หลังการทดลอง หลังไถกลบซากวัสดุเกษตรกรลงแปลง
      3) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เปนประโยชนต่อพืช (available phosphorous : avail. P) โดยวิธี Bray II (Bray and Kurtz, 1945)
      4) ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยน (Exchangeable : Exch.K^{+}) โดยใช้ 1 N NH_4OAc pH7 เป็นสารสกัด และวัดด้วย Flamephotometer
      5) ปริมาณแคลเซียม และแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยน (Exchangeable : Exch.Ca^{2+} และ

Exch.Mg^{2+}) โดยใช้ 1 N NH_4OAc pH7 เป็นสารสกัด

6) ความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (Cation Exchangeable Capacity; CEC) โดยวิธี Ammonium Acetate method ใช้ 1 NH_4OAc เป็นน้ำยาสกัดหาปริมาณประจุบวกด้วย 0.1 HCl แล้วไตเตรดด้วย 0.1 N NaOH

6.1.2 สมบัติทางกายภาพของดิน

1) ความหนาแน่นรวมของดิน เก็บดินแบบไม่รบกวนโครงสร้างของดิน (core method) ที่ระดับความลึก 0-15 และ 15-30 เซนติเมตร ก่อนและหลังการทดลอง เพื่อวิเคราะห์ ความหนาแน่นในดิน (Bulk Density :BD) โดยวิธีการอบน้ำหนักแห้งของดินคงสภาพในกระอกโลหะ (Undisturbed Soil Core) ที่ทราบปริมาตร (100 ลูกบาสก์เซนติเมตร) ที่ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง หรือจนน้ำหนักคงที่ แล้วนำไปคำนวณดังสมการ B.D.= M/V เมื่อ M=น้ำหนักแห้งของดิน (ลูกบาสก์เซนติเมตร)

2) ความชื้นที่เป็นประโยชน์กับพืช (Available water capacity: AWC) โดยวิธีใช้ความต่างของดินที่ความชื้นภาคสนาม กับความชื้นของดินที่จุดเหี่ยวถาวร คือ FC - PWP = AWC โดยที่ FC (Field Capacity) คือ ระดับความชื้นของดินที่ยังคงเหลืออยู่ เมื่อดินอิ่มตัวด้วยน้ำแล้ว 2-3 วัน หลังจากที่ไม่มีการไหลของน้ำด้วยอิทธิพลของแรง โน้มถ่วงและ PWP (Permanent Wilting Point) คือ จุดเหี่ยวถาวรระดับความชื้นที่พืชเริ่มแสดง อาการเหี่ยว และไม่ฟื้นตัวแม้จะอยู่ในบรรยากาศ ที่ชื้นจัดเป็นเวลาข้ามคืน

6.2 ข้อมูลพืช

6.2.1 มันสำปะหลัง

1) เก็บข้อมูลด้านองค์ประกอบผลผลิต ได้แก่ ความสูงต้น น้ำหนักส่วนเหนือดิน น้ำหนักสดหัวต่อต้น และเปอร์เซ็นต์แป้งมันสำปะหลัง

2) ข้อมูลผลผลิตมันสำปะหลัง (ตันต่อไร่)

6.2.2 ถั่วพร้า และถั่วลิสง

1) เก็บผลผลิตถั่วลิสง เมื่ออายุ 100 วัน ชั่งน้ำหนัก (ผลผลิตต่อไร่) และสับกลบซากต้นในร่องแปลงเพื่อบำรุงดิน

2) ทยอยเก็บผลผลิตถั่วพร้าเมื่อฝักเริ่มมีสีน้ำตาล อายุระหว่าง 140 และ 150 วัน ผึ่งลมในร่มให้แห้ง ประมาณ 14 วัน แล้วกะเทาะเปลือก ชั่งน้ำหนักเมล็ด (ผลผลิตต่อไร่)

6.2.3 เก็บตัวอย่างพืช ได้แก่ ถั่วพร้า ฝักถั่วพร้า เมล็ดถั่วพร้า หญ้าแฝก ถัวลิสง ต้นมันสำปะหลัง และหัวมันสำปะหลัง เพื่อส่งวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหาร ดังนี้

1) ปริมาณอินทรีย์คาร์บอน โดยการดัดแปลง (Modified) มาจากวิธี Walkley-Black (1934 และ 1947) และ Graham (1948)

2) ปริมาณไนโตรเจน โดยวิธี Kjeldahl method

3) ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในสารละลาย โดยวิธี Vanadomolybdate (Barton) method

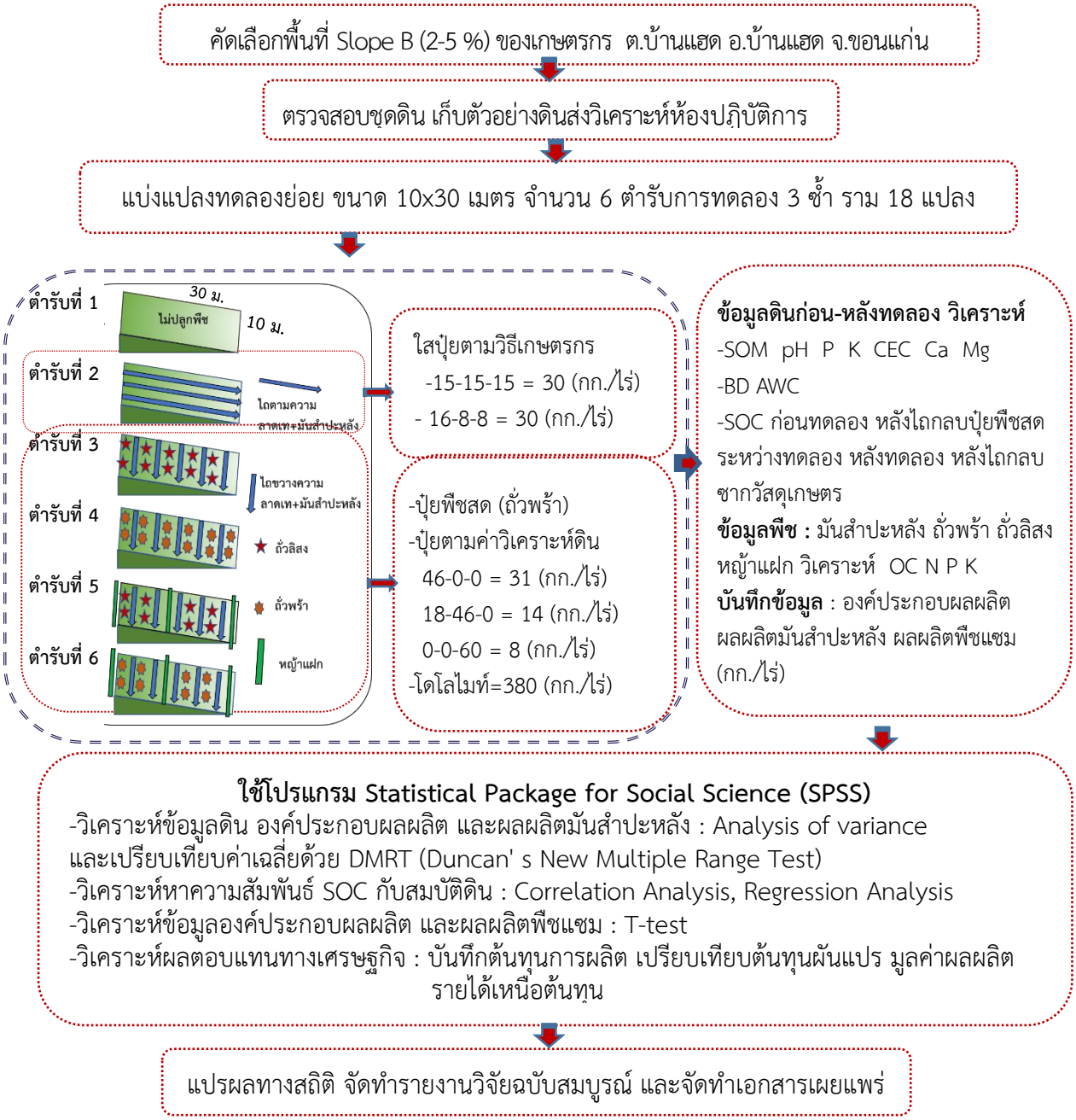
4) ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดในสารละลายที่สกัดจากตัวอย่างพืช (aliquot) โดยตรงจากเครื่อง Flame photometer

7. วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรม Statistical Package for Social Science (SPSS) วิเคราะห์ข้อมูลดิน องค์ประกอบผลผลิต และผลผลิตมันสำปะหลังทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของประชากรด้วย Analysis

of variance และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วย DMRT (Duncan' s New Multiple Range Test) วิเคราะห์หาความสัมพันธ์ SOC กับสมบัติดิน ด้วย Correlation Analysis, Regression Analysis และวิเคราะห์ข้อมูลองค์ประกอบผลผลิต และผลผลิตพืชแซม ด้วย T-test

8. บันทึกต้นทุนการผลิต และกำไรสุทธิ เพื่อวิเคราะห์ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ
9. แปรผล จัดทำเอกสารเผยแพร่ และรายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

ผังแสดงขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย



ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

ผลการทดลองและวิจารณ์

1.การเปลี่ยนแปลงสมบัติทางกายภาพของดิน

1.1 ความหนาแน่นรวม (Bulk Density : BD)

ความหนาแน่นรวมของดิน ก่อนการทดลอง (0-15 เซนติเมตร) มีค่าเท่ากับ 1.49 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร หลังทดลอง พบว่า มีค่าเฉลี่ยระหว่าง 1.42-1.53 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยในตำรับที่ 1 และ ตำรับที่ 3 ถึง ตำรับที่ 6 มีค่าความหนาแน่นรวมลดลงเล็กน้อย อาจเนื่องมาจากตำรับที่ 1 ไม่ไถแปลงไม่รบกวนดิน ส่วนตำรับที่ 3 ถึงตำรับที่ 6 มีการปลูกปุ๋ยพืชสดบำรุงดินก่อนปลูกมันสำปะหลัง และมีการปลูกถั่วลิสงเป็นพืชแซม และสับกลบซากในตำรับที่ 3 และ ตำรับที่ 5 ส่วนตำรับที่ 4 และตำรับที่ 6 ปลูกถั่วพร้าเป็นพืชแซม การย่อยสลายเศษซากพืชคลุมดินได้อินทรียสารต่าง ๆ ช่วยให้อนุภาคดินเกาะตัวกันเป็นเม็ดดินได้ดีขึ้น ส่วนตำรับที่ 2 มีค่าเพิ่มขึ้นเป็น 1.53 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร (ตารางที่ 1) ซึ่งเป็นวิธีการไถตามความลาดเท และไม่ได้ปลูกพืชแซมช่วยคลุมดิน อินทรียวัตถุลดลง รวมถึงเกิดการไหลบ่าของน้ำทำให้โครงสร้างดินแน่นขึ้นได้ โดยทั่วไปในดินทราย หรือทรายปนร่วน ที่มีค่าความหนาแน่นรวมของดินน้อยกว่าหรือเท่ากับ 1.60 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ระบบรากพืชยังคงเจริญเติบโตได้ เมื่อค่าความหนาแน่นรวม เพิ่มขึ้นเป็น 1.69 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร เริ่มมีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของรากพืช ถ้ามากกว่า 1.8 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร จะเกิดข้อจำกัดในด้านการเจริญเติบโตของรากพืช (USDA,2008) โดยทั่วไปค่าความหนาแน่นรวม ของดินชั้นบนที่มีโครงสร้างที่ดีมีค่าประมาณ 1.30 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร (วิทยา,2541) ส่วนความหนาแน่นรวมของดิน ก่อนการทดลอง (15-30 เซนติเมตร) พบว่ามีค่าเฉลี่ย 1.47 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร หลังดำเนินการทดลอง มีค่าอยู่ระหว่าง 1.50-1.57 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยที่ตำรับที่ 2 มีค่าความหนาแน่นสูงสุด 1.57 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ส่วนตำรับที่ 1 ตำรับที่ 3 ถึง ตำรับที่ 6 มีค่าเฉลี่ยใกล้เคียงกัน ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 1)

1.2 ปริมาณน้ำที่พืชใช้ประโยชน์ได้ (Available Water Capacity : AWC)

ปริมาณน้ำที่พืชใช้ประโยชน์ได้ ก่อนการทดลอง (0-15 เซนติเมตร) มีค่าเฉลี่ย 2.30 เปอร์เซ็นต์ หลังการทดลอง พบว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยใน ตำรับที่ 3 ถึง ตำรับที่ 6 มีค่าเฉลี่ยสูงใกล้เคียงกัน ซึ่งอยู่ระหว่าง 4.87-5.10 เปอร์เซ็นต์ ส่วนตำรับที่ 1 และ ตำรับที่ 2 มีค่าเฉลี่ยใกล้เคียงกันคือ 3.40 และ 2.60 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตาราง 1) อาจเป็นไปได้ว่าการไถแปลงขวางความลาดเท (ตำรับที่ 3 ถึง ตำรับที่ 6) ช่วยชะลอการไหลบ่าของน้ำ ส่งผลให้น้ำซึมลงสู่ดินชั้นล่างได้มากขึ้น รวมทั้งมีการปลูกพืชแซมช่วยในเรื่องคลุมดิน และแถบหญ้าแฝกช่วยป้องกันการชะล้างหน้าดิน ช่วยรักษาระดับความชื้นในดินได้ดี ซึ่งการไถพรวนตามแนวระดับขวางความลาดเทที่มีความลาดชันไม่เกิน 8 % ช่วยให้ชะลอการไหลบ่าของน้ำ ช่วยให้น้ำฝนซึมลึกลงไปในดิน รักษาหน้าดินให้คงอยู่ และลดการสูญเสียหน้าดินได้มากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ (กรมพัฒนาที่ดิน,2550) ส่วนปริมาณน้ำที่พืชใช้ประโยชน์ได้ ก่อนการทดลอง (15-30 เซนติเมตร) มีค่า เฉลี่ย 2.86 เปอร์เซ็นต์ หลังการทดลอง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าเฉลี่ยระหว่าง 3.88-5.97 เปอร์เซ็นต์ โดยตำรับที่ 5 มีค่าเฉลี่ยสุงสุด 5.97 เปอร์เซ็นต์ ใกล้เคียงกับตำรับที่ 3 มีค่าเฉลี่ย 5.73 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติกับ ตำรับที่ 4 และ ตำรับที่ 6 ทั้งนี้ค่าปริมาณน้ำที่พืชใช้ประโยชน์ได้สูงกว่าดินที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร เพียงเล็กน้อย (ตารางที่ 1)

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

ตารางที่ 1 สมบัติทางกายภาพของดินที่ระดับความลึก 0-15 และ 15-30 เซนติเมตร

ตำรับทดลอง	ก่อนการทดลอง			
	BD (g cm^{-3})		AWC (%)	
	ดินความลึก 0-15 ซม.	ดินความลึก 15-30 ซม.	ดินความลึก 0-15 ซม.	ดินความลึก 15-30 ซม.
	1.49	1.47	2.30	2.86
	หลังการทดลอง			
ตำรับ 1	1.48^{b}	1.53^{b}	3.40^{b}	5.24^{b}
ตำรับ 2	1.53^{a}	1.57^{a}	2.60^{c}	3.88^{c}
ตำรับ 3	1.43^{bc}	1.51^{b}	4.96^{a}	5.73^{ab}
ตำรับ 4	1.45^{bc}	1.52^{b}	5.10^{a}	5.07^{b}
ตำรับ 5	1.42^{c}	1.51^{b}	5.07^{a}	5.97^{a}
ตำรับ 6	1.44^{bc}	1.50^{b}	4.87^{a}	5.24^{b}
F-test	**	*	**	**
Cv (%)	1.67	1.35	9.84	6.88

หมายเหตุ : ตัวเลขในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยวิธี DMRT
* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์
** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

2. การเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีของดิน

2.1 ปริมาณอินทรียวัตถุในดิน (Soil Organic Matter : SOM)

SOM ก่อนการทดลอง (0-15 เซนติเมตร) พบว่า มีค่าเฉลี่ย 0.34 เปอร์เซ็นต์ อยู่ในระดับต่ำมาก ซึ่งหากไม่มีการเพิ่มอินทรียวัตถุให้กับดินจะมีปริมาณลดลงอย่างรวดเร็ว เนื่องจากเกิดการสลายไปกับสภาพของภูมิอากาศ ซึ่งได้แก่ อุณหภูมิ และน้ำฝน (ปรัชญา,2534) ทั้งนี้ ก่อนทำการทดลอง ได้ทำการปลูกถั่วพร้าและไถกลบเพื่อปรับปรุงบำรุงดินก่อนปลูกมันสำปะหลัง ในตำรับที่ 3 ถึง ตำรับที่ 6 เมื่อเก็บเกี่ยวผลผลิตมันสำปะหลังแล้ว พบว่า SOM มีค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้นเล็กน้อย มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยในตำรับที่ 3 ถึง ตำรับที่ 6 มีค่าเฉลี่ยระหว่าง 0.35-0.37 เปอร์เซ็นต์ ส่วนตำรับที่ 1 และ ตำรับที่ 2 มีค่าเฉลี่ยลดลงเมื่อเทียบกับก่อนการทดลอง (ตารางที่ 2) ซึ่งจะเห็นได้ว่าการไถพรวนขวางความลาดเท ปลูกถั่วพร้า หรือถั่วลิสงเป็นพืชแซม ร่วมกับแถบหญ้าแฝก ส่งผลให้อินทรียวัตถุในดินเพิ่มขึ้นได้ อาจเนื่องจากมีการสูญเสียหน้าดินน้อยลง มีพืชคลุมดิน รวมทั้งมีเศษซากพืชร่วงหล่นลงไปและเกิดการย่อยสลาย จึงทำให้อินทรียวัตถุในดินเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับ เกษตร (2561) พบว่า หลังสับกลบถั่วพร้า 30 วัน ในชุดดินสันทราย ส่งผลให้อินทรียวัตถุเพิ่มขึ้นจาก 0.57 เป็น 0.86 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ อินทรียวัตถุในดินมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย อาจเนื่องมาจากเป็นลักษณะของการสูญเสียอินทรียวัตถุในดินในสภาพดินทรายเกิดการชะล้างได้ง่าย และสภาพแวดล้อมของดินที่อยู่ในเขตร้อนชื้นช่วยส่งเสริมกิจกรรมของจุลินทรีย์ให้มีการย่อยสลายเร็วขึ้น ถ้าขาดการปรับปรุงดินด้วยปุ๋ยอินทรีย์ หรือปุ๋ยคอก ยิ่งส่งผลให้ปริมาณอินทรียวัตถุต่ำลง ถึงแม้จะมีการใช้ปุ๋ยเคมีก็ตาม (ศิราณี และบัญชา,2556) ส่วน SOM ก่อนการทดลอง (15-30 เซนติเมตร) มีค่าเฉลี่ย 0.33 เปอร์เซ็นต์ หลังการทดลอง พบว่า มีค่าลดลง อยู่ระหว่าง 0.15-0.20 เปอร์เซ็นต์ อยู่ในระดับต่ำมาก และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยตำรับที่ 3 มีค่าเฉลี่ยสูงสุด 0.21 เปอร์เซ็นต์ มีค่าใกล้เคียงกับ ตำรับที่ 1 ตำรับที่ 4 ถึงตำรับที่ 6 ส่วนตำรับที่ 2 มีค่าเฉลี่ยต่ำสุด 0.15 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 3)

2.2 ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดิน (Soil Organic Carbon : SOC)

SOC ก่อนการทดลอง (0-15 เซนติเมตร) มีค่าเฉลี่ย 0.19 เปอร์เซ็นต์ อยู่ในระดับต่ำมาก หลังการทดลอง พบว่า SOC ในตำรับที่ 3 ถึง ตำรับที่ 6 มีค่าเฉลี่ยสูงขึ้นเล็กน้อย และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ มีค่าอยู่ระหว่าง 0.20-0.22 เปอร์เซ็นต์ โดยตำรับที่ 3 และตำรับที่ 5 มีค่าเฉลี่ยสูงสุดเท่ากัน คือ 0.22 ปอร์เซ็นต์ แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติกับตำรับที่ 4 และตำรับที่ 6 ส่วนตำรับที่ 1 และ ตำรับที่ 2 มีค่าลดลงเมื่อเทียบกับก่อนการทอดลอง (ตารางที่ 2) ซึ่งจะเห็นได้ว่า การไถพรวนขวางความลาดเท ปลูกถั่วพร้าหรือถั่วลิสงเป็นพืชแซม ร่วมกับแถบหญ้าแฝก ส่งผลให้อินทรีย์คาร์บอนเพิ่มขึ้น และมีความสัมพันธ์กับอินทรียวัตถุ สอดคล้องกับ สุรพงษ์ (2548) พบว่า การปลูกหญ้าแฝกร่วมกับพืชตระกูลถั่ว ช่วยลดการชะล้างพังทลายของดินได้ เนื่องจากวัดตะกอนดินได้ 330 กิโลกรัมต่อไร่ น้อยกว่าวิธีการของเกษตรกรที่ไถพวนตามความลาดเท ซึ่งวัดตะกอนดินได้ 1,246 กิโลกรัมต่อไร่ ทั้งนี้ ปริมาณอินทรีย์คาร์บอน จะขึ้นกับวัตถุต้นกำเนิดดิน เนื้อดิน การใช้ประโยชน์ที่ดิน และการจัดการดิน ซึ่งชุดดินบ้านไผ่ มีข้อจำกัดด้านความอุดมสมบูรณ์ต่ำ เนื้อดินเป็นทราย เช่นเดียวกับ อรรณพ (2559) พบว่า ชุดดินบ้านไผ่มีปริมาณอินทรีย์คาร์บอนต่ำสุด ในดินตัวแทนหลักที่ทำการศึกษาการกระจายตัวของ อินทรีย์คาร์บอนในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ รวมทั้งปริมาณ อินทรีย์คาร์บอน ในพื้นที่ปลูกมันสำปะหลัง ที่ความลึก 0-25 เซนติเมตร มีปริมาณอินทรีย์คาร์บอนต่ำสุด 0.24 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับชุดดินบ้านไผ่ที่ปลูกยูคาลิปตัส มีปริมาณอินทรีย์คาร์บอน สูงสุด 0.48 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ การใช้ถั่วลิสงเป็นพืชแซมระหว่างร่องแปลงมันสำปะหลัง ในตำรับที่ 3 และ ตำรับที่ 5 สามารถเพิ่มปริมาณ อินทรีย์คาร์บอน ได้ในช่วงหลังสับกลบซากลงในแปลงระหว่างร่องมันสำปะหลังแล้วเกิดการย่อยสลาย ซึ่งซากถั่วลิสงเป็นซากที่มีคุณภาพสูงมีปริมาณ อินทรีย์คาร์บอน (OC) 388 กรัมต่อกิโลกรัม ไนโตรเจน (N) 22.8 กรัมต่อกิโลกรัม C/N ratio 17.1 รวมถึงมีลิกนิน และโพลีฟีนอลต่ำง่ายต่อการย่อยสลาย (อรรณพ,2559) ส่วน SOC ก่อนการทดลอง (15-30 เซนติเมตร) มีค่าเฉลี่ย 0.17 เปอร์เซ็นต์ หลังการทดลอง พบว่า มีค่าลดลง อยู่ระหว่าง 0.08-0.12 เปอร์เซ็นต์ อยู่ในระดับต่ำมาก และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยที่ตำรับที่ 2 มีค่าเฉลี่ยลดลงต่ำสุด 0.08 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 3)

2.3 ปฏิกิริยาดิน (pH)

pH ก่อนการทดลอง (0-15 เซนติเมตร) พบว่า มีค่าเฉลี่ย 5.01 อยู่ในระดับกรดจัด เมื่อปรับปรุงดินด้วยโดโลไมท์ อัตรา 380 กิโลกรัมต่อไร่ ตามอัตราแนะนำ ทำให้ค่า pH สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยตำรับที่ 3 ถึง ตำรับที่ 6 มีค่าเฉลี่ยระหว่าง 5.57-5.80 ยกเว้น ตำรับที่ 1 และ ตำรับที่ 2 มีค่าเฉลี่ย 4.77 และ 5.17 อยู่ในระดับกรดจัด (ตารางที่ 2) ซึ่งจะเห็นได้ว่า โดโลไมท์ช่วยทำให้ pH ในดินเพิ่มขึ้นได้ ช่วยลดความเป็นพิษของเหล็ก (Fe) และอลูมินั่ม (Al) ในดินที่มีสภาวะเป็นกรดได้ (ธนากร, 2552) ส่วนค่า pH ก่อนทดลอง (15-30 เซนติเมตร) มีค่าเฉลี่ย 4.88 หลังทดลองเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย อยู่ระหว่าง 4.83-5.53 อยู่ในระดับกรดแก่ถึงกรดปานกลาง และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยตำรับที่ 6 มีค่าเฉลี่ยสูงสุด 5.53 ใกล้เคียงกับตำรับที่ 3 ตำรับที่ 4 และ ตำรับที่ 5 ส่วนตำรับที่ 1 และ 2 มีค่าเฉลี่ยลดลงในระดับที่ใกล้เคียงกัน และเป็นกรดจัด (ตารางที่ 3)

2.4 ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Available phosphorous : Avai. P)

Avai.P ก่อนการทดลอง (0-15 เซนติเมตร) มีค่าเฉลี่ย 16.16 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม อยู่ในระดับค่อนข้างสูง หลังการทดลอง มีค่าลดลง อยู่ระหว่าง 12.07-15.43 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม อยู่ในระดับปานกลาง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนตำรับที่ 2 ไถพรวนขวางความลาดเท มีค่าลดลงต่ำสุด 12.00 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ตารางที่ 2) เนื่องจากฟอสฟอรัสเป็นธาตุอาหารหลักที่จำเป็นต่อการสร้างราก และการติดดอกออกผลของพืชทุกชนิด ถึงแม้จะใช้ในปริมาณน้อยกว่าไนโตรเจน และโพแทสเซียม แต่ในการผลิต

มันสำปะหลัง การจัดการปุ๋ยฟอสฟอรัสเป็นสิ่งจำเป็น และจะต้องพิจารณาเลือกชนิดปุ๋ย และวิธีการใส่ที่เหมาะสม ควบคู่ไปกับการปรับปรุงค่าปฏิกิริยาดินให้เหมาะสม ซึ่งฟอสฟอรัสในชั้นดินบนส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปฟอสเฟตอินทรีย์ ซึ่งมีแนวโน้มปริมาณมากหรือน้อยตามปริมาณของอินทรียวัตถุในดิน และผลตกค้างจากปุ๋ยฟอสฟอรัสที่ใส่ลงไป (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา,2548) และจะเห็นได้ว่า การไถพรวนตามความลาดเท มีค่าลดลงต่ำสุด อาจเนื่องมาจากเกิดการชะล้างหน้าดินได้ง่ายเมื่อเข้าสู่ช่วงฤดูฝน ส่วน Avai.P ก่อนการทดลอง (15-30 เซนติเมตร) มีค่าเฉลี่ย 12.62 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม อยู่ในระดับต่ำปานกลาง หลังการทดลอง มีค่าลดลงอยู่ระหว่าง 3.75-6.53 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม อยู่ในระดับต่ำ และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยตำรับที่ 4 ไถพรวนขวางความลาดเท ปลูกถั่วพร้าเป็นพืชแซม มีค่าสูงสุด 6.53 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตำรับที่ 2 ไถพรวนตามความลาดเท มีค่าต่ำสุด 3.75 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ตารางที่ 3)

2.5 โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ (Exchangeable potassium : Exch. K)

Exch. K ก่อนการทดลอง (0-15 เซนติเมตร) มีค่าเฉลี่ย 0.04 เซนติโมลต่อกิโลกรัม อยู่ในระต่ำมาก หลังการทดลองทุกตำรับ มีค่าเพิ่มขึ้นระหว่าง 0.10-0.17 เซนติโมลต่อกิโลกรัม มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดย ตำรับที่ 4 ไถพรวนขวางความลาดเท ปลูกถั่วพร้าเป็นพืชแซม มีค่าสูงสุด 0.17 เซนติโมลต่อกิโลกรัม อยู่ในระดับสูง รองลงมาคือ ตำรับที่ 6 ไถพรวนขวางความลาดเท ปลูกถั่วพร้าเป็นพืชแซม มีค่าเฉลี่ย 0.16 เซนติโมลต่อกิโลกรัม อยู่ในระดับปานกลาง มีค่าเฉลี่ยใกล้เคียงกับ ตำรับที่ 3 ตำรับที่ 5 ส่วนตำรับที่ 1 มีค่าต่ำสุด 0.10 เซนติโมลต่อกิโลกรัม อยู่ในระดับต่ำ (ตารางที่ 2) ซึ่งจะเห็นได้ว่า ตำรับที่ 4 มีปริมาณโพแทสเซียมสูงสุด อาจเนื่องมาจากการปลูกถั่วพร้าในร่องแปลงมันสำปะหลัง แล้วมีการร่วงหล่นของใบถั่วพร้าและใบมันสำปะหลังลงในแปลงแล้วเกิดการย่อยสลายได้โพแทสเซียมเพิ่มขึ้นได้ โดย อานุช (2559) พบว่า การย่อยสลายของซากใบไม้ที่ร่วงหล่นในเขตป่าชุมชน สามารถปลดปล่อยโพแทสเซียมได้สูงถึง 4.79 กิโลกรัมต่อไร่ รวมทั้ง ได้อินทรีย์วัตถุเพิ่มขึ้นทำให้ความสามารถในการดูดซับธาตุไอออนบวกได้สูง และขั้นตอนในการสลายตัวของอินทรีย์สารมีการปลดปล่อยโพแทสเซียมออกมาบางส่วนให้กับดินได้อีก ส่วน Exch. K ก่อนการทดลอง (15-30 เซนติเมตร) มีค่าเฉลี่ย 0.03 เซนติโมลต่อกิโลกรัม อยู่ในระต่ำมาก หลังการทดลองทุกตำรับมีค่าเพิ่มขึ้น อยู่ระหว่าง 0.06-0.09 เซนติโมลต่อกิโลกรัม มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยตำรับที่ 1 และ ตำรับที่ 4 มีค่าสูงสุดท่ากัน 0.09 เซนติโมลต่อกิโลกรัม ส่วนตำรับที่ 2 มีค่าต่ำสุด 0.06 เซนติโมลต่อกิโลกรัม (ตารางที่ 3)

2.6 ปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได (Exchangeable calcium : Exch. Ca)

Exch. Ca ก่อนการทดลอง (0-15 เซนติเมตร) มีค่าเฉลี่ย 0.55 เซนติโมลต่อกิโลกรัม ซึ่งอยู่ในระดับต่ำมาก หลังการทดลอง พบว่า Exch. Ca อยู่ระหว่าง 0.43-0.60 เซนติโมลต่อกิโลกรัม อยู่ในระดับต่ำมาก และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยตำรับที่ 4 มีค่าเฉลี่ยสูงสุด 0.60 เซนติโมลต่อกิโลกรัม ใกล้เคียงกันกับตำรับที่ 3 ตำรับที่ 5 และตำรับที่ 6 ส่วนตำรับที่ 2 มีค่าเฉลี่ยต่ำสุดคือ 0.43 เซนติโมลต่อกิโลกรัม (ตารางที่ 2) การที่แคลเซียมมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย อาจเนื่องมาจากแคลเซียมเป็นธาตุอาหารรองที่พืชมีความต้องการในปริมาณมาก เพื่อการเจริญเติบโตและการแบ่งเซลล์ของรากพืช และในการทดลองครั้งนี้ มีทั้งพืชหลักและพืชแซม อาจมีการใช้ธาตุอาหารในดินเพิ่มขึ้นโดยเฉพาะถั่วลิสงต้องการแคลเซียมมากกว่า 1 เซนติโมลต่อกิโลกรัม (กรมวิชาการ,2545) อาจส่งผลให้ปริมาณแคลเซียมหลังการทดลองลดลง อีกทั้งปริมาณแคลเซียมในชุดดินบ้านไผ่ก่อนการทดลองอยู่ในระดับต่ำมาก ถึงแม้จะมีการปรับปรุงดินด้วยโดโลไมท์ก่อนการทดลองแล้วก็ตาม ส่วน Exch. Ca ก่อนการทดลอง (15-30 เซนติเมตร) มีค่าเฉลี่ย 0.49 เซนติโมลต่อกิโลกรัม ซึ่งอยู่ในระดับต่ำมาก หลังการทดลองพบว่า ปริมาณแคลเซียมลดลง อยู่ระหว่าง 0.30-0.46 เซนติโมลต่อกิโลกรัม อยู่ในระดับต่ำมาก มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 3)

2.7 ปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได (Exchangeable magnesium : Exch. Mg)

Exch. Mg ก่อนการทดลอง (0-15 เซนติเมตร) มีค่าเฉลี่ย 0.12 เซนติโมลต่อกิโลกรัม อยู่ในระดับปานกลาง หลังการทดลอง พบว่า Exch. Mg อยู่ระหว่าง 0.06-0.12 เซนติโมลต่อกิโลกรัม ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดย ตำรับที่ 3 และ ตำรับที่ 6 มีปริมาณแมกนีเซียมใกล้เคียงกันคือ 0.12 และ 0.11 เซนติโมลต่อกิโลกรัม ตามลำดับ แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับ ตำรับที่ 4 และ ตำรับที่ 5 ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากันคือ 0.10 เซนติโมลต่อกิโลกรัม สำหรับตำรับที่ 1 และ ตำรับที่ 2 มีค่าลดลงเป็น 0.08 และ 0.06 เซนติโมลต่อกิโลกรัม (ตารางที่ 2) ทั้งนี้ แมกนีเซียมมีการเปลี่ยนแปลงที่ลดลง อาจเนื่องมาจากเป็นธาตุอาหารรองที่พืชมีความต้องการในปริมาณค่อนข้างสูง ในการสร้างคลอโรฟิลล์ในพืช รวมถึงการแบ่งเซลล์ของพืช การปลูกพืชหลายชนิดในพื้นที่เดียวกันอาจส่งผลให้มีการใช้แมกนีเซียมในปริมาณมากขึ้น ถึงแม้แมกนีเซียมจะได้มาจากการสลายตัวของอินทรียสารด้วยก็ตาม (ถวิล, 2540) ส่วน Exch. Mg ก่อนการทดลอง (15-30 เซนติเมตร) มีค่าเฉลี่ย 0.08 เซนติโมลต่อกิโลกรัม อยู่ในระดับต่ำ หลังการทดลอง พบว่าปริมาณแมกนีเซียมมีค่าอยู่ระหว่าง 0.07-0.14 เซนติโมลต่อกิโลกรัม ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยตำรับที่ 4 มีค่าสูงสุด 0.14 เซนติโมลต่อกิโลกรัม ส่วนตำรับที่ 3 และตำรับที่ 5 มีปริมาณต่ำสุดเท่ากันคือ 0.07 เซนติโมลต่อกิโลกรัม ตามลำดับ (ตารางที่ 3)

2.8 ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (Cation Exchange Capacity : CEC)

CEC ก่อนการทดลอง (0-15 เซนติเมตร) มีค่าเฉลี่ย 1.22 เซนติโมลต่อกิโลกรัม หลังการทดลองพบว่า มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 1.20-1.44 เซนติโมลต่อกิโลกรัม อยู่ในระดับต่ำมาก แต่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ โดยตำรับที่ 4 มีค่าสูงสุด 1.44 เซนติโมลต่อกิโลกรัม แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับ ตำรับที่ 3 และ ตำรับที่ 5 ส่วนตำรับที่ 2 มีค่าต่ำสุด คือ 1.20 เซนติโมลต่อกิโลกรัม (ตารางที่ 2) ซึ่งจะเห็นได้ว่า การไถพรวนขวางความลาดเท ปรับปรุงบำรุงดินด้วยปุ๋ยพืชสดช่วยเพิ่มอินทรียวัตถุให้กับดิน การปลูกพืชแซมช่วยคลุมดิน และแถบหญ้าแฝกช่วยลดการชะล้างหน้าดิน ช่วยให้ค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกเพิ่มขึ้นได้ในดินทรายเนื้อหยาบ ซึ่งจะมีความสัมพันธ์กับเนื้อดิน และปริมาณอินทรียวัตถุในดิน (Young, 1976) โดยกลุ่มดินเนื้อหยาบ มีปริมาณอินทรียวัตถุต่ำ ทำให้ค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกต่ำ ส่งผลให้ดินมีปริมาณธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในรูปของประจุบวกอยู่ในปริมาณต่ำด้วย นอกจากนี้กระบวนการชะละลายภายในหน้าตัดดิน และกระบวนการกร่อนและพัดพาไปยังพื้นที่ต่ำกว่านั้นจะทำให้มีการเคลื่อนย้ายประจุบวกที่เป็นด่างออกไปจากหน้าตัดดิน เป็นผลให้เหลือประจุแลกในการแลกเปลี่ยนประจุบวกน้อยลง (Sanchez, 1976) ส่วน CEC ก่อนการทดลอง (15-30 เซนติเมตร) มีค่าเฉลี่ย 1.26 เซนติโมลต่อกิโลกรัม หลังการทดลอง พบว่า มีค่าอยู่ระหว่าง 0.77-1.21 เซนติโมลต่อกิโลกรัม อยู่ในระดับต่ำมาก แต่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ โดยตำรับที่ 4 มีค่าสูงสุด 1.22 เซนติโมลต่อกิโลกรัม ส่วนตำรับที่ 2 มีค่าต่ำสุด 0.77 เซนติโมลต่อกิโลกรัม (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 2 สมบัติทางเคมีของดิน ที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร

ตำรับทดลอง	SOC (%)	SOM (%)	pH (1:1 H_2O)	Avai.P (mg kg^{-1})	Exch. (cmol kg^{-1})			CEC (cmol kg^{-1})
					K	Ca	Mg	
	0.19	0.34	5.01	16.16	0.04	0.55	0.12	1.22
	หลังการทดลอง							
ตำรับ 1	0.19^{c}	0.32^{c}	5.17^{b}	13.53	0.10^{c}	0.49^{bc}	0.08^{bc}	1.26^{c}
ตำรับ 2	0.17^{d}	0.30^{c}	4.77^{c}	12.07	0.13^{bc}	0.43^{c}	0.06^{c}	1.20^{c}
ตำรับ 3	0.22^{a}	0.36^{ab}	5.80^{a}	13.57	0.15^{ab}	0.51^{abc}	0.12^{a}	1.41^{ab}
ตำรับ 4	0.21^{ab}	0.37^{a}	5.73^{a}	15.43	0.17^{a}	0.60^{a}	0.10^{ab}	1.44^{a}
ตำรับ 5	0.22^{a}	0.36^{ab}	5.65^{a}	12.30	0.14^{abc}	0.54^{ab}	0.10^{ab}	1.41^{ab}
ตำรับ 6	0.20^{b}	0.35^{b}	5.57^{a}	14.23	0.16^{ab}	0.55^{ab}	0.11^{a}	1.35^{b}
F-test	**	**	**	ns	*	*	*	**
Cv (%)	3.01	2.59	3.84	14.16	14.22	9.30	16.82	2.97

หมายเหตุ : ตัวเลขในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยวิธี DMRT

* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางที่ 3 สมบัติทางเคมีของดิน ที่ระดับความลึก 15-30 เซนติเมตร

ตำรับทดลอง	SOC (%)	SOM (%)	pH (1:1 H_2O)	Avai.P (mg kg^{-1})	Exch.(cmol kg^{-1})			CEC (cmol kg^{-1})
					K	Ca	Mg	
	0.17	0.33	4.88	12.62	0.03	0.49	0.08	1.26
	หลังการทดลอง							
ตำรับที่ 1	0.12^{a}	0.20^{a}	4.83^{c}	6.00^{ab}	0.09^{a}	0.45^{a}	0.09^{bc}	1.10^{a}
ตำรับที่ 2	0.08^{b}	0.15^{b}	4.97^{cd}	3.75^{c}	0.06^{c}	0.32^{b}	0.08^{bc}	0.77^{b}
ตำรับที่ 3	0.13^{a}	0.21^{a}	5.07^{b}	5.30^{b}	0.08^{ab}	0.46^{a}	0.07^{c}	1.20^{a}
ตำรับที่ 4	0.11^{a}	0.19^{ab}	5.30^{b}	6.53^{a}	0.09^{a}	0.45^{a}	0.14^{a}	1.22^{a}
ตำรับที่ 5	0.12^{a}	0.20^{a}	5.13^{bc}	5.32^{b}	0.07^{bc}	0.30^{b}	0.07^{bc}	1.20^{a}
ตำรับที่ 6	0.11^{a}	$0.19a^{b}$	5.53^{a}	5.72^{ab}	0.08^{ab}	0.38^{ab}	0.10^{b}	1.21^{a}
F-test	**	*	**	**	*	**	**	**
Cv (%)	8.37	8.04	2.24	9.87	8.74	23.34	15.42	9.80

หมายเหตุ : ตัวเลขในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยวิธี DMRT

* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

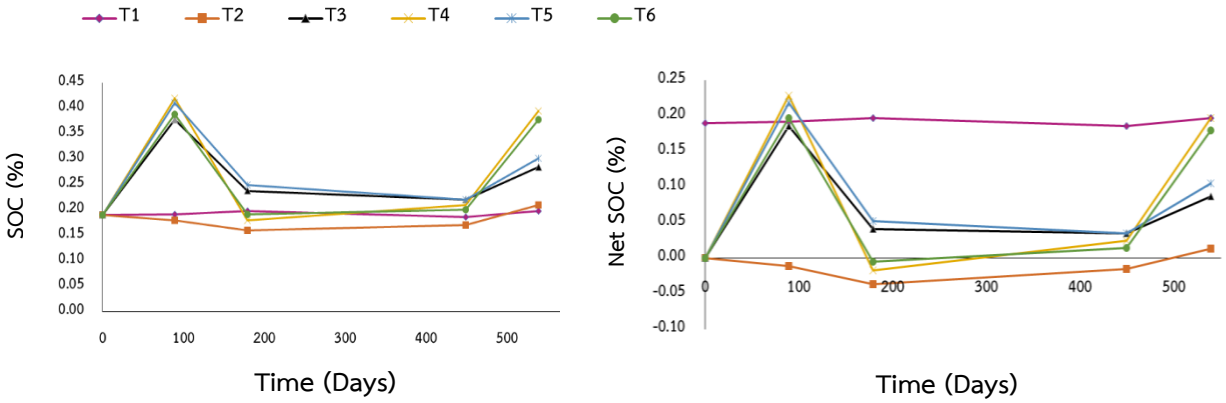
ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

3. การเปลี่ยนแปลงของอินทรีย์คาร์บอนในดิน (SOC) แต่ละช่วงเวลา

การเปลี่ยนแปลงอินทรีย์คาร์บอนในดินกับระยะเวลาในการย่อยสลายในระบบการปลูกพืชที่แตกต่างกัน พบว่า ก่อนทดลอง (วันที่ 0) อินทรีย์คาร์บอนในดิน มีค่าเฉลี่ย 0.19 เปอร์เซ็นต์ หลังไถกลบถั่วพร้าเป็นปุ๋ยพืชสด ปล่อยย่อยสลาย 30 วัน (วันที่ 89) มีปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดินสูงขึ้นระหว่าง 0.38-0.42 เปอร์เซ็นต์ ในตำรับที่ 3 ถึง ตำรับที่ 6 ซึ่งมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ มีอินทรีย์คาร์บอนในดินสุทธิ (Net SOC) สูงสุดอยู่ในช่วง 0.20-0.23 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งอินทรีย์คาร์บอนในดินสุทธิ ได้จากการนำค่า

อินทรีย์คาร์บอนในช่วงเวลานั้น ลบกับค่าอินทรีย์คาร์บอนในช่วงเวลาเดียวกันของตำรับที่ 1 แต่เมื่อมีการปลูกมันสำปะหลังได้อายุ 4 เดือน (วันที่ 209) จะเห็นได้ว่าอินทรีย์คาร์บอนในดินลดลงในทุกตำรับ ซึ่งตำรับที่ 2 ค่าอินทรีย์คาร์บอนในดินลดลงอย่างชัดเจน มีค่าเฉลี่ย 0.16 เปอร์เซ็นต์ และมีอินทรีย์คาร์บอนในดินสุทธิติดลบ (-0.04 เปอร์เซ็นต์) อาจเป็นไปได้ว่าช่วงนี้มันสำปะหลังกำลังเจริญเติบโต มีการแตกราก แตกใบและใช้ธาตุอาหารสูง (กรมวิชาการเกษตร,2551) ส่วน ตำรับที่ 3 และ ตำรับที่ 5 มีการปลูกถั่วลิสงแซมระหว่างร่องแปลงมันสำปะหลัง มีค่าอินทรีย์คาร์บอนในดินเพิ่มขึ้นเล็กน้อย 0.24 และ 0.25 เปอร์เซ็นต์ และมีอินทรีย์คาร์บอนในดินสุทธิเพิ่มขึ้น (0.04 และ 0.05 เปอร์เซ็นต์) อาจเนื่องมาจาก การปลูกถั่วลิสงแซมร่องแปลงมันสำปะหลังเมื่อซากถั่วลิสงมีการย่อยสลายบางส่วนอาจส่งผลให้อินทรีย์คาร์บอนในดินเพิ่มขึ้นได้ โดยจากค่าวิเคราะห์ซากถั่วลิสงจากห้องปฏิบัติการ มีปริมาณอินทรีย์คาร์บอนค่อนข้างสูง 44.21 เปอร์เซ็นต์ มี C/N ratio 23.2 (ตารางภาคผนวกที่ 1 ภาพที่ 1)

ส่วนหลังการเก็บเกี่ยวผลผลิตมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือน (วันที่ 449) ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดินลดลงอยู่ระหว่าง 0.17-0.22 เปอร์เซ็นต์ โดยเฉพาะ ตำรับที่ 2 มีค่าอินทรีย์คาร์บอนในดินสุทธิติดลบ (-0.02 เปอร์เซ็นต์) เนื่องจากผ่านระยะเวลาการเจริญเติบโต และมีการใช้ธาตุอาหารสูงสุดในการสะสมอาหารและเคลื่อนย้ายธาตุอาหารไปสะสมไว้ที่ราก ส่งผลให้น้ำหนักแห้งที่หัวมันสูงสุด จึงทำให้อินทรีย์คาร์บอนในดินลดลง (กรมวิชาการเกษตร,2551) แต่เมื่อทำการไถกลบซากพืชที่เหลือในแปลงทั้งหมดลงในดินปล่อยย่อยสลาย 3 เดือน (วันที่ 539) พบว่า ตำรับที่ 4 และ ตำรับที่ 6 ที่ปลูกถั่วพร้าเป็นพืชแซม หลังเก็บผลผลิตแล้วทำการไถกลบซากต้น และเปลือกฝักแห้งลงในดินให้ย่อยสลายเป็นเวลา 3 เดือน ส่งผลให้ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดินเพิ่มขึ้นเป็น 0.39 และ 0.38 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และมีค่าอินทรีย์คาร์บอนในดินสุทธิเพิ่มขึ้น (0.20 และ 0.18 เปอร์เซ็นต์) ใกล้เคียงกับช่วงที่ไถกลบถั่วพร้าเป็นปุ๋ยพืชสด (ภาพที่ 1) และจะเห็นได้ว่า ซากพืชแต่ละชนิดที่เหลือในแปลงทดลองมีปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดินค่อนข้างสูง (ตารางภาคผนวกที่ 1) เมื่อทำการไถกลบ จึงส่งผลให้ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดินเพิ่มขึ้นได้ สอดคล้องกับ สุรชัย (2556) พบว่าหลังไถกลบถั่วพร้าเป็นปุ๋ยพืชสดเป็นเวลา 30 วัน ในชุดดินตาคลี ช่วยให้ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดินเพิ่มขึ้นจาก 1.26 เปอร์เซ็นต์เป็น 1.88 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้ ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดินที่ถูกกักเก็บไว้ในดินมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย ปัจจัยทางด้านพืชพรรณเป็นตัวกำหนดเศษวัสดุ และถ้าเป็นการปลูกพืชเกษตรกรรม ปริมาณ อินทรีย์คาร์บอนในดินจะขึ้นกับชนิดพืช การจัดการธาตุอาหาร การไถพรวน ระบบปลูกพืช รวมทั้งสภาพภูมิอากาศร้อนชื้น ทำให้มีการย่อยสลายของอินทรียวัตถุในดิน และปลดปล่อยคาร์บอนสู่บรรยากาศได้อย่างรวดเร็ว อีกทั้งป่าไม้ในเขตร้อนมีการใช้ Co_2 สูงที่สุด เนื่องจากมีการสังเคราะห์แสงสูง แต่มีการสะสมคาร์บอนกลับไม่มากตามไปด้วย เนื่องจากเกิดการสลายตัวของอินทรียวัตถุอย่างรวดเร็ว (IPCC,2001) นอกจากนี้ การกัดกร่อนผิวดินก็เป็นตัวเร่งให้เกิดการสูญเสียอินทรีย์คาร์บอนในดินออกไปจากพื้นที่อีกด้วย ดังนั้นจึงควรมีวิธีการจัดการดินปุ๋ย น้ำ และพืชอย่างเหมาะสมและมีประสิทธิภาพ เพื่อลดการสูญเสีย และหรือสลายตัวของวัสดุอินทรีย์ในพื้นที่ ทำให้เกิดการกักเก็บคาร์บอนไว้ในดินได้มากขึ้น เพื่อให้ดินเป็นเสมือนธนาคารในการกักเก็บคาร์บอน เช่นเดียวกับ ศุภกาญจน์ (2560) พบว่า การจัดการดินและปุ๋ยที่เหมาะสมสำหรับการผลิตมันสำปะหลังต้องมีการใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน และไถกลบเศษซากพืชหรือใส่ปุ๋ยอินทรีย์เพื่อเพิ่มการกักเก็บคาร์บอนไว้ในดิน



ภาพที่ 1 การเปลี่ยนแปลงของ SOC ในแต่ละช่วงเวลา ภายใต้การจัดการดินที่แตกต่างกันในแต่ละตำรับการทดลอง

หมายเหตุ วันที่ ๐ : SOC ก่อนการทดลอง
วันที่ ๘๙ : SOC หลังจากหว่านถั่วพร้า อายุ ๔๕ วัน และไถกลบปล่อยย่อยสลาย ๓๐ วัน
วันที่ ๒๐๙ : SOC หลังมันสำปะหลังอายุ ๔ เดือน
วันที่ ๔๔๙ : SOC หลังการทดลอง (มันสำปะหลังอายุ ๑๒ เดือน)
วันที่ ๕๓๙ : SOC หลังไถกลบซากพืชทุกชนิดลงในแปลง

3. ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดิน (SOC) กับสมบัติบางประการของดิน

จากการศึกษาความสัมพันธ์ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนหลังการทดลอง (0-15 เซนติเมตร) กับสมบัติดิน พบว่า SOC มีความสัมพันธ์กับ SOM CEC pH Exch.K Exch.Ca Exch.Mg BD และ AWC อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดย SOC มีความสัมพันธ์กับ SOM มากที่สุด (r=0.948**) รองลงมาคือ AWC (r=0.932**) CEC (r=0.904**) และมีความสัมพันธ์เชิงลบกับ BD (-0.897**) นอกจากนี้ยังพบว่า สมบัติดินยังมีความสัมพันธ์กันเองในระดับสูง คือ SOM และ pH มีความสัมพันธ์กับธาตุอาหารที่เป็นประจุบวก รวมทั้งสัมพันธ์กับค่า AWC (ตารางที่ 4) เนื่องจาก SOC มีความสัมพันธ์กับ AWC และ BD โดยตรง เช่นเดียวกับ พุทธรักษ์ (2562) พบว่า ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับความชื้นในดิน และมีความสัมพันธ์เชิงลบกับความหนาแน่นรวมในพื้นที่บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยห้วยหินดาด จังหวัดระยอง

ตารางที่ 4 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ระหว่าง SOC กับสมบัติดิน ที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร

Soil properties	SOC	SOM	pH	Avai.P	Exch.K	Exch.Ca	Exch.Mg	CEC	BD
SOC									
SOM	0.948**								
pH	0.864**	0.770**							
Avai.P	0.372	0.417	0.206						
Exch.K	0.559*	0.638**	0.510*	0.387					
Exch.Ca	0.624**	0.692**	0.491*	0.434	0.516*				
Exch.Mg	0.725**	0.685**	0.731**	0.248	0.549*	0.477*			
CEC	0.904**	0.967**	0.738**	0.346	0.596**	0.639**	0.649**		
BD	-0.897**	-0.841**	-0.728	-0.336	-0.502**	-0.490*	-0.678**	-0.819**	
AWC	0.932**	0.945**	0.792**	0.424	0.672**	0.677**	0.702**	0.944**	-0.909**

หมายเหตุ : ** มีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง อย่างมีนัยสำคัญ $p < 0.01$ * มีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงอย่างมีนัยสำคัญ $p < 0.0 5$

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

จากการศึกษาความสัมพันธ์ของปริมาณอินทรีย์คาร์บอนหลังการทดลอง (15-30 เซนติเมตร) กับสมบัติดิน พบว่า SOC มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับ SOM (r=0.843**) Avai.P (r=0.475*) และ CEC (r=0.851**) AWC (r=0.879**) และมีความสัมพันธ์เชิงลบกับ BD (-0.804**) นอกจากนี้ยังพบว่า สมบัติดินยังมีความสัมพันธ์กันเองในระดับสูง คือ CEC มีความสัมพันธ์กับ SOM Avai.P BD และ AWC (ตารางที่ 5) ทั้งนี้ CEC มีความสัมพันธ์กับ Avai. P อาจเนื่องมาจากผลตกค้างของปุ๋ยเคมีที่ใส่ลงไปในแปลงทดลองซึ่งอาจยังสลายตัวไม่หมดในดินชั้นล่าง รวมทั้งฟอสฟอรัสเป็นธาตุอาหารที่ไม่เคลื่อนย้ายจึงตกค้างในดินบางส่วน (กรมวิชาการ,2551) และจะเห็นได้ว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) มีค่าไม่สูง อาจเนื่องมาจากดินทรายมีความแปรปรวนด้านธาตุอาหารค่อนข้างสูงเมื่อเปรียบเทียบกับดินชนิดอื่น ๆ โดยเฉพาะในดินล่างที่มีความลึกมากกว่า 20 เซนติเมตร (อรรณพ,2559)

ตารางที่ 5 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ระหว่าง SOC กับสมบัติดิน ระดับความลึก 15-30 เซนติเมตร

Soil properties	SOC	SOM	pH	Avai.P	Exch.K	Exch.Ca	Exch.Mg	CEC	BD
SOC									
SOM	0.843**								
pH	-0.057	-0.10							
Avai.P	0.475*	0.483	0.243						
Exch.K	0.294	0.380	0.240	0.613**					
Exch.Ca	0.307	0.348	-0.118	0.430	0.575*				
Exch.Mg	0.020	0.000	0.352	0.556*	0.330	0.371			
CEC	0.851**	0.755**	0.346	0.595**	0.278	0.270	0.334		
BD	-0.804**	-0.678**	-0.374	-0.453	-0.176	-0.065	-0.174	-0.894**	
AWC	0.879**	0.674**	0.166	0.388	0.187	0.092	-0.054	0.794**	-0.798**

หมายเหตุ : ** มีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง อย่างมีนัยสำคัญ $p < 0.01$ * มีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงอย่างมีนัยสำคัญ $p < 0.0 5$

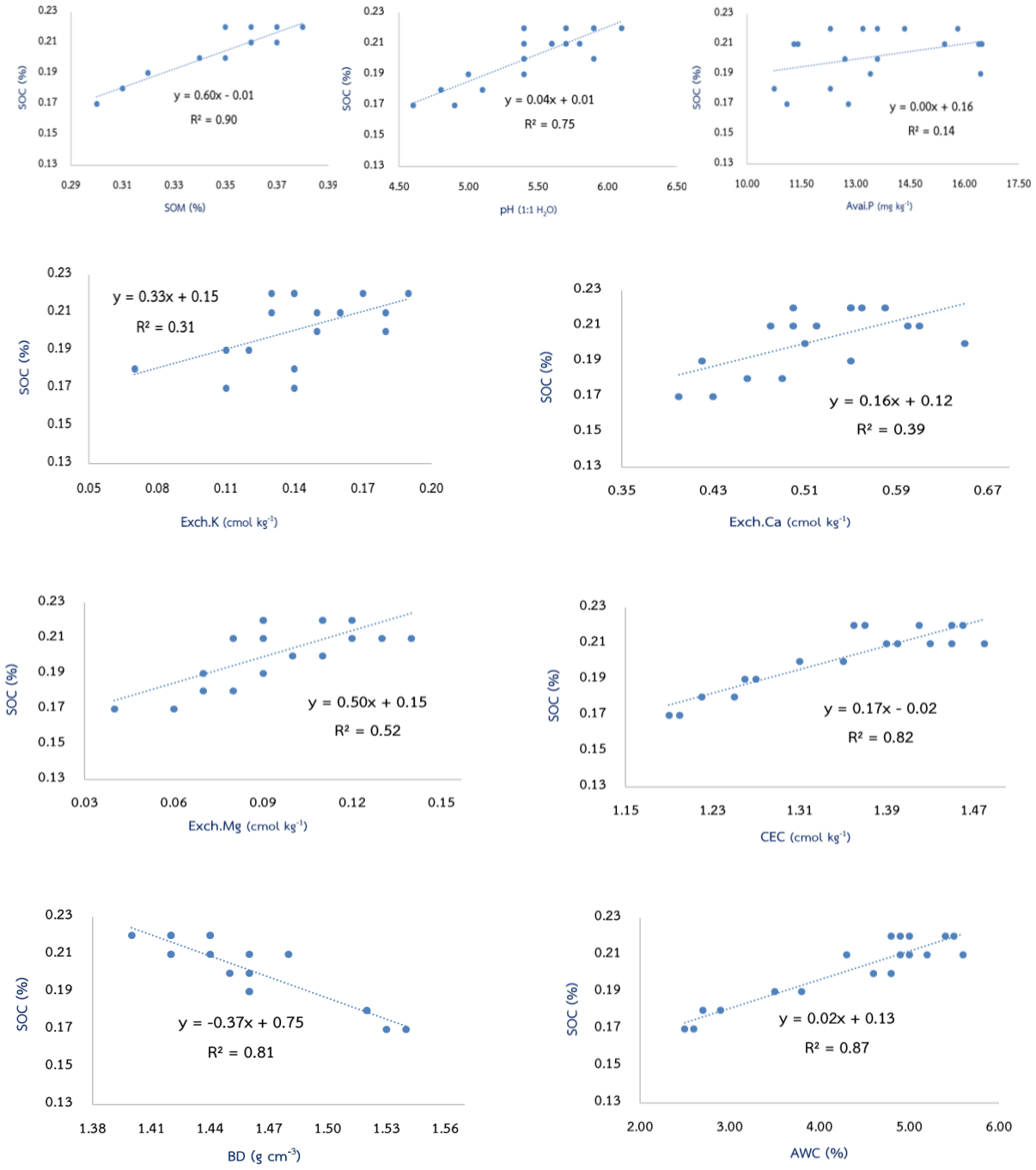
4. การวิเคราะห์การถดถอยเพื่อหาความสัมพันธ์ของตัวแปร

4.1 เมื่อวิเคราะห์การถดถอยเพื่อหาความสัมพันธ์ และวิเคราะห์ตัวแปรอิสระเข้าสู่สมการเส้นตรง ในดินที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร พบว่า การจัดการดินด้วยวิธีการต่าง ๆ เพื่อปลูกมันสำปะหลังในพื้นที่ลาดเท ส่งผลให้ปริมาณ SOC แตกต่างกัน และมีค่าสัมประสิทธิ์ในการตัดสินใจ (R^2) ที่แตกต่างกัน ซึ่งจะเห็นได้ว่าสมบัติดิน 4 ประการ มีอิทธิพลต่อปริมาณ SOC และมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับ SOM AWC CEC และ BD มากที่สุด โดยมีค่า R^2=0.90 0.87 0.82 และ 0.81 ตามลำดับ และมีความสัมพันธ์กับ pH Exch.Mg Exch.Ca และ Exch.K ในระดับที่ไม่สูง โดยมีค่า R^2=0.75 0.52 0.39 และ 0.31 ตามลำดับ (ภาพที่ 2)

จากความสัมพันธ์จะเห็นได้ว่าปริมาณอินทรีย์คาร์บอน (SOC) มีความสัมพันธ์กับอินทรียวัตถุ (SOM) โดยตรง เนื่องจากอินทรีย์คาร์บอนเป็นองค์ประกอบของอินทรียวัตถุถึง 58 เปอร์เซ็นต์ (ปัทมา,2556) อีกทั้ง อินทรีย์คาร์บอนมีผลเหนี่ยวนำให้เกิดการเกาะตัวของเม็ดดิน ส่งผลให้ดินกักเก็บความชื้นได้ดีขึ้น อินทรีย์คาร์บอนจึงมีความสัมพันธ์กับปริมาณน้ำที่พืชใช้ประโยชน์ได้ (AWC) และค่าความสามารถการแลกเปลี่ยนประจุวก (CEC) ค่อนข้างสูง ซึ่งค่าความสามารถการแลกเปลี่ยนประจุบวกจะสัมพันธกับผลรวมของปริมาณประจุบวกในดิน จึงใช้ในการประเมินความอุดมสมบูรณของดินในภาพรวมทั้งหมด รวมถึงศักยภาพในการตอบสนองตอการใช้ปุยเคมีของดิน และส่งผลต่อธาตุอาหารพืชที่เป็นประจุบวก (cation) ได้แก่ แคลเซียม แมกนีเซียม โพแทสเซียม เกิดความคงทนตอการถูกชะล้าง เปนธาตุอาหารที่เป็นประโยชนตอพืชโดยตรง เพราะรากพืชสามารถดึงเอาประจุบวก ไปใชไดโดยกระบวนการที่เรียกวา contact exchange (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา,2548)

ส่วนค่าปฏิกิริยาดิน (pH) ที่มีความสัมพันธ์กับปริมาณอินทรีย์คาร์บอน (SOC) และธาตุอาหารต่างๆ อาจเนื่องมาจากก่อนการทดลองค่า pH มีค่าเฉลี่ย 5.01 อยู่ในระดับกรดจัด (ตารางที่ 1) เมื่อปรับปรุงดินด้วยโดโลไมท์ จึงส่งผลให้ค่าปฏิกิริยาดินเพิ่มสูงขึ้นอยู่ในระดับกรดปานกลาง (5.57-5.80) ขณะที่รูปแบบการจัดการดินแบบเขตกรรมที่ต่างกันในแต่ละตำรับทดลอง อาจส่งผลให้อินทรีย์คาร์บอนมีปริมาณเพิ่มขึ้นด้วยเช่นกัน จึงเกิดความสัมพันธ์ทางอ้อม ทั้งนี้เมื่อปฏิกิริยาดินเพิ่มขึ้นในระดับที่เอื้ออำนวยต่อการปลดปล่อยธาตุอาหารของพืชที่เป็นประจุบวกได้นั้น จึงเกิดความสัมพันธ์ระหว่าง ปฏิกิริยาดิน โพแทสเซียม แคลเซียม และ แมกนีเซียม ได้เช่นกัน ดังนั้น ในสภาพดินที่มีการชะละลายมากจะมีผลทำให้อนุมูลของธาตุอาหารพืชซึ่งเป็นประจุบวก ที่มีสภาวะเป็นด่างถูกชะล้างออกไปจากอนุภาคของดินมากขึ้น และในขณะเดียวกันประจุบวกไฮโดรเจน (H^+) จากน้ำ และประจุบวกอะลูมินั่ม (Al^+) จะเข้าไปแทนที่ ทำให้ดินมีโอกาสเกิดความเป็นกรดมากขึ้น ประกอบกับวัตถุต้นกำเนิดดินมาจากหินประเภทที่เป็นกรด คือหินทราย จึงปรากฏความเป็นกรดจัดมาก ในชุดดินบ้านไผ่ การใช้โดโลไมท์ในการปรับค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินจึงส่งผลให้ดินมีค่าปฏิกิริยาดินที่เพิ่มขึ้นได้ (วนิดา, 2550)

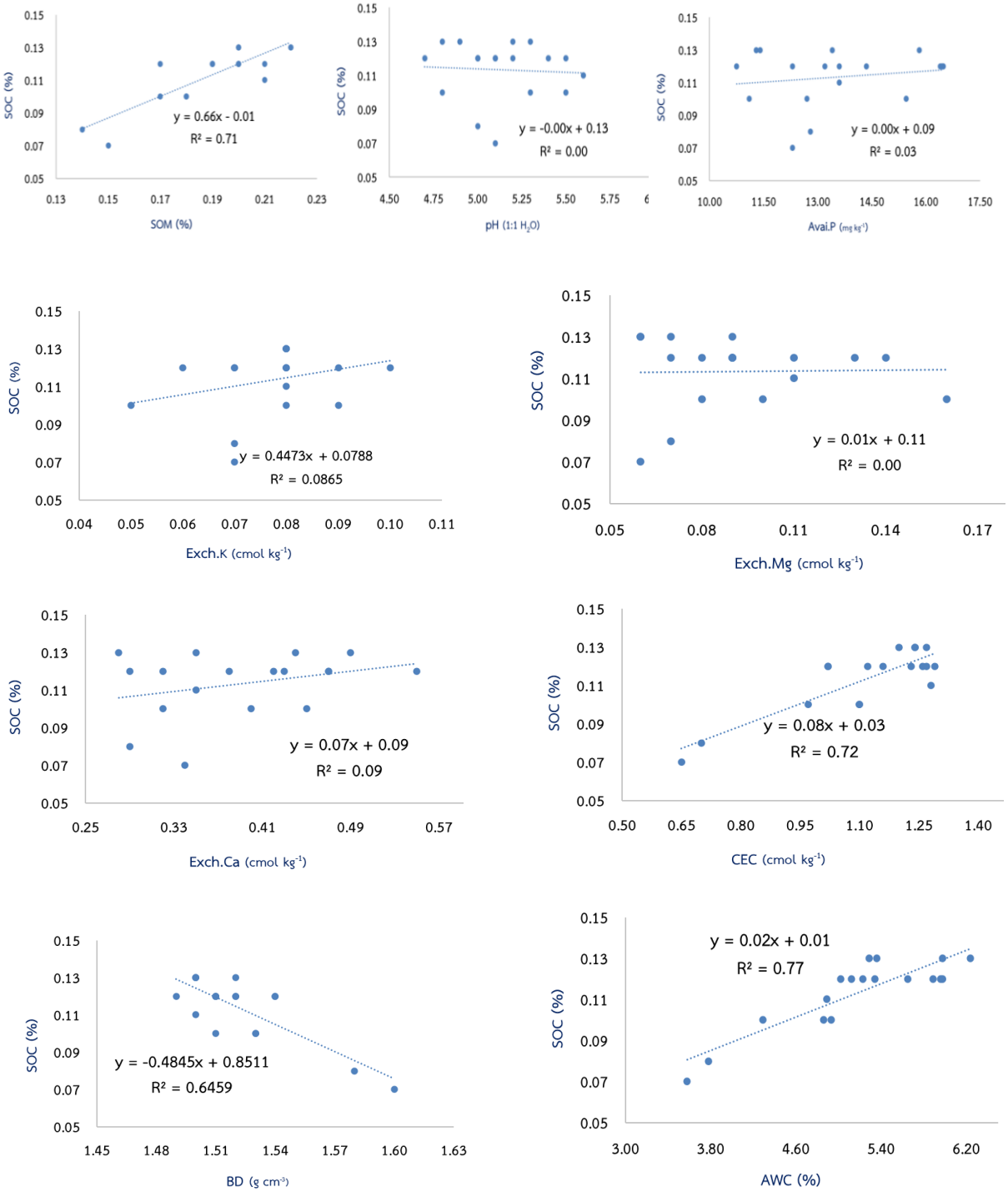
ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน



ภาพที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่าง SOC กับ SOM pH Avai.P Exch.K Exch.Ca Exch.Mg CEC BD และ AWC ในดินที่ระดับ ความลึก 0-15 เซนติเมตร

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

4.2 เมื่อวิเคราะห์การถดถอยเพื่อหาความสัมพันธ์ และวิเคราะห์ตัวแปรอิสระเข้าสู่สมการเส้นตรง ในดินที่ระดับความลึก 15-30 เซนติเมตร พบว่า SOC มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับ AWC มากที่สุด รองลงมา คือ CEC SOM และ BD โดยมีค่า R^2=0.77 0.72 0.71 และ 0.64 ตามลำดับ แต่มีความสัมพันธ์กับปริมาณธาตุอาหารอื่นๆ ค่อนข้างต่ำ (ภาพที่ 3) เนื่องจากความแปรปรวนของธาตุอาหาร และสภาพแวดล้อมในระบบรากในการหาอาหารของพืชในชั้นดินที่ลึกลงไป



ภาพที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่าง SOC กับ SOM pH Avai.P Exch.K Exch.Ca Exch.Mg CEC BD และ AWC ในดินที่ระดับ ความลึก 15-30 เซนติเมตร

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

5. การเจริญเติบโตและผลผลิตมันสำปะหลังในแปลงทดลอง

5.1 ความสูงของต้นมันสำปะหลัง

ความสูงมันสำปะหลังอายุ 3 เดือน พบว่ามีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 69.3-72.8 เซนติเมตร ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ส่วนความสูงมันสำปะหลังอายุ 6 เดือน มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยใน ตำรับที่ 3 มีค่าเฉลี่ยสูงสุด 125.5 เซนติเมตร ใกล้เคียงกันกับ ตำรับที่ 5 อาจเนื่องมาจาก มีการสับกลบซากต้นถั่วลิสงลงดินในช่วงอายุ 100 วัน แล้วเกิดการย่อยสลายได้ธาตุอาหารไนโตรเจน จึงส่งผลให้มันสำปะหลังมีการเจริญเติบโตทางด้านลำต้นได้ดีกว่าวิธีการอื่นๆ สำหรับมันสำปะหลังอายุ 9 เดือน และ 12 เดือน (เก็บเกี่ยวผลผลิต) ความสูงไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 139.9-147.9 เซนติเมตร และ 156.3-164.7 เซนติเมตร ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่ามันสำปะหลังมีความสูงไม่ค่อยแตกต่างกันมาก เนื่องจากมีการปรับสภาพความเป็นกรดเป็นด่างของดินด้วยโดโลไมท์ และใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินในอัตราที่เท่ากัน จึงส่งผลให้มันสำปะหลังมีการเจริญเติบโตทางด้านลำต้นไม่แตกต่างกันมาก (ตารางที่ 6)

5.2 น้ำหนักส่วนเหนือดิน (ต้นและใบ)

น้ำหนักต้นและใบมันสำปะหลัง หลังเก็บเกี่ยวผลผลิต พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าเฉลี่ย 2,504.3-2,693.3 กิโลกรัมต่อไร่ จากค่าเฉลี่ยใน ตำรับที่ 3 มีแนวโน้มทำให้น้ำหนักต้นและใบสูงสุด ส่วน ตำรับที่ 2 ให้ค่าเฉลี่ยต่ำสุด (ตารางที่ 6)

5.3 ผลผลิตมันสำปะหลัง

ผลผลิตมันสำปะหลัง เมื่ออายุเก็บเกี่ยว 12 เดือน พบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ คือ ตำรับที่ 4 ให้ผลผลิตเฉลี่ยสูงสุด 6,622.3 กิโลกรัมต่อไร่ รองลงมาคือ ตำรับที่ 6 ให้ผลผลิตเฉลี่ย 6,312.7 กิโลกรัมต่อไร่ ส่วน ตำรับที่ 3 และ ตำรับที่ 5 ให้ผลผลิตใกล้เคียงกัน คือ 5,812.1 กิโลกรัมต่อไร่ และ 5,652.6 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ ส่วน ตำรับที่ 2 ให้ผลผลิตต่ำสุด 3,840.0 กิโลกรัมต่อไร่ จะเห็นได้ว่า การไถพรวนขวางความลาดเท ปลูกถั่วพร้าเป็นพืชแซม และใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับโดโลไมท์ให้ผลผลิตสูง ส่วนการไถแปลงตามความลาดเท และใช้ปุ๋ยตามวิธีเกษตรกร ให้ผลผลิตต่ำสุด อาจเนื่องมาจากการไถพรวนขวางความลาดเท ช่วยลดการชะล้างหน้าดิน ดินมีการกักเก็บความชื้นได้ดี พืชใช้ธาตุอาหารจากปุ๋ยเคมีได้เต็มที่ รวมทั้งการปลูกพืชตระกูลถั่วแซมยังช่วยเรื่องการคลุมดิน และปรับปรุงบำรุงดิน ส่วนการใส่โดโลไมท์ช่วยปรับสภาพดินให้มีความเป็นกลางสามารถปลดปล่อยธาตุอาหารออกมาให้กับพืชใช้ประโยชน์ได้อย่างเต็มที่ สอดคล้องกับ นิรชา (2557) ที่พบว่าการใช้โดโลไมท์ ร่วมกับปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน ช่วยให้ผลผลิตมันสำปะหลังเพิ่มขึ้นได้ถึง 9,992 กิโลกรัมต่อไร่ ในชุดดินมหาสารคาม รวมทั้ง สุรนัย (2543) กล่าวว่า การใช้โดโลไมท์ร่วมกับปุ๋ยเคมี จะช่วยให้การใช้ประโยชน์จากปุ๋ยเคมีมีประสิทธิภาพมากขึ้น และการปลูกพืชตระกูลถั่วแซมร่องแปลง ปลูกหญ้าแฝกช่วยรักษาความชื้นให้กับดิน ช่วยปรับโครงสร้างของดินทำให้เกิดสภาวะแวดล้อมที่เอื้อประโยชน์ในการใช้ธาตุอาหารของพืชได้ดีขึ้นด้วย (ตารางที่ 6)

5.4 เปอร์เซ็นต์แป้งมันสำปะหลัง

เปอร์เซ็นต์แป้งมันสำปะหลัง เมื่อเก็บเกี่ยวผลผลิตมันสำปะหลังแล้ววัดผลทันทีหลังจากเก็บเกี่ยวจากแปลง พบว่า ทุกตำรับการทดลองให้เปอร์เซ็นต์แป้งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ซึ่งอยู่ระหว่าง 24.6-25.3 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 6) โดยทั่วไปมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 86-13 มีแป้งเฉลี่ย 26-27 เปอร์เซ็นต์ (กรมวิชาการเกษตร,2551)

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

ตารางที่ 6 องค์ประกอบผลผลิต ผลผลิต และเปอร์เซ็นต์แป้งมันสำปะหลัง

ตำรับทดลอง	ความสูง (ซม.)				ต้นใบ	ผลผลิต	แป้ง
	3 เดือน	6 เดือน	9 เดือน	12 เดือน	(กก./ไร่)	(กก./ไร่)	(%)
ตำรับที่ 1	-	-	-	-	-	-	-
ตำรับที่ 2	70.2	104.9 ^{c}	139.9	156.3	2,650.7	3,840.5^{d}	24.6
ตำรับที่ 3	72.8	125.5 ^{a}	144.5	159.3	2,693.3	5812.1^{c}	25.2
ตำรับที่ 4	69.3	114.9 ^{ab}	147.9	164.4	2,544.3	6622.3^{a}	25.1
ตำรับที่ 5	67.2	118.1 ^{ab}	143.4	157.5	2,618.7	5652.6^{c}	25.3
ตำรับที่ 6	72.4	110.8 ^{ab}	145.8	155.7	2,504.0	6312.7^{b}	24.8
F-test	ns	*	ns	ns	ns	**	ns
Cv (%)	7.79	6.75	9.13	5.83	6.87	6.06	2.01

หมายเหตุ : ตัวเลขในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยวิธี DMRT

* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

6. การเจริญเติบโต องค์ประกอบผลผลิต และผลผลิตพืชแซม (ถั่วลิสง และถั่วพร้า)

6.1 ถั่วลิสง

การเจริญเติบโต องค์ประกอบผลผลิต และผลผลิตถั่วลิสง ที่อายุเก็บเกี่ยว 100 วัน พบว่า การเจริญเติบโต และผลผลิต ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดย ตำรับที่ 3 และ ตำรับที่ 5 ถั่วพร้ามีความสูงใกล้เคียงกันคือ 35.1±3.1 เซนติเมตร และ33±3.2 เซนติเมตร ขนาดทรงพุ่ม 26.7±4.3 เซนติเมตร และ 25.6±3.2 เซนติเมตร ตามลำดับ น้ำหนักซังแห้งถั่วลิสง ในตำรับที่ 3 และ ตำรับที่ 5 มีค่า 366.4+7.3 และ 373.0±8.6 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ ผลผลิตใน ตำรับที่ 3 และ ตำรับที่ 5 มีค่า 70.6±3.6 และ 69.7±4.2 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ จำนวนเมล็ดสมบูรณ์ร้อยละ 62 และ 59 น้ำหนัก 100 เมล็ด 40.1 และ 39.2 กรัม ส่วนความงอกร้อยละ 68 และ 66 ตามลำดับ (ตารางที่ 7) ซึ่งจะเห็นได้ว่า การเจริญเติบโต องค์ประกอบผลผลิต และผลผลิตถั่วลิสง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เนื่องจากมีการจัดการดินและปุ๋ยด้วยวิธีการเดียวกัน ต่างกันที่ ตำรับที่ 5 มีการปลูกหญ้าแฝกเป็นแถบขวางความลาดเทเท่านั้น ซึ่งผลผลิตที่ได้รับค่อนข้างต่ำ เนื่องจากใช้ระยะปลูก ระหว่างแถว 100 เซนติเมตร ระหว่างต้น 30 เซนติเมตร ตามระยะของร่องแปลงมันสำปะหลัง จึงทำให้จำนวนต้นต่อไร่ลดลง รวมทั้งเกิดดินสไลด์ลงทับโคนต้นถั่วลิสง ส่งผลให้ฝักเน่าเสียบางส่วน โดยทั่วไปถั่วลิสงพันธุ์ไทนาน 9 ให้ผลผลิตฝักแห้ง 236 กิโลกรัมต่อไร่ ที่ระยะปลูก 20 x 50 เซนติเมตร น้ำหนัก 100 เมล็ด 54 กรัม (สารัส,2537) ทั้งนี้ ดารากร (2563) พบว่า การปลูกถั่วลิสงเป็นพืชแซมนั้นช่วยส่งผลให้ผลผลิตมันสำปะหลังเพิ่มสูงขึ้นกว่าการปลูกมันสำปะหลังเป็นพืชเดี่ยว 20-51 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากช่วยรักษาความชื้นบริเวณหน้าดิน และลดการชะล้างหน้าดิน รวมทั้งได้ผลผลิตถั่วลิสง 85 กิโลกรัมต่อไร่ ที่ระยะปลูก 100x30 เซนติเมตร สร้างรายได้เสริมให้กับเกษตรกร

6.2 ถั่วพร้า

การเจริญเติบโต องค์ประกอบผลผลิต และผลผลิตถั่วพร้า ที่อายุเก็บเกี่ยวระหว่าง 150-170 วัน พบว่า การเจริญเติบโต และผลผลิต ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดย ตำรับที่ 4 และ ตำรับที่ 6 ถั่วพร้ามีความสูงใกล้เคียงกันคือ 72.0±3.8 เซนติเมตร และ 67.4±2.6 เซนติเมตร ขนาดทรงพุ่ม 55.9±3.8

เซนติเมตร และ 52.3±3.5 เซนติเมตร ตามลำดับ น้ำหนักซังแห้งถั่วพร้า ในตำรับที่ 4 และ ตำรับที่ 6 มีค่า 581.3+2.0 และ 574.2+7.3 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ ผลผลิตในตำรับที่ 4 และตำรับที่ 6 มีค่า 155.23±8.18 และ 147.15±4.35 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ จำนวนเมล็ดสมบูรณ์ 78 และ 75 เปอร์เซ็นต์ น้ำหนัก 100 เมล็ด 125.1 และ 124.8 กรัม ส่วนความงอก 93 และ 95 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 7) ซึ่งจะเห็นได้ว่า การเจริญเติบโต องค์ประกอบผลผลิต และผลผลิตถั่วพร้า ไม่มีความแตกต่างกัน เนื่องจากมีการจัดการดินและปุ๋ยด้วยวิธีการเดียวกัน ต่างกันที่ ตำรับที่ 6 มีการปลูกหญ้าแฝกเป็นแถบขวางความลาดเทเท่านั้น ทั้งนี้ผลผลิตที่ได้รับยังอยู่ในเกณฑ์ที่ดี แต่เนื่องจากใช้ระยะปลูก ระหว่างแถว 100 เซนติเมตร ระหว่างต้น 70 เซนติเมตร ตามระยะของร่องแปลงมันสำปะหลัง จึงทำให้จำนวนต้นต่อไร่ลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับการปลูกถั่วพร้าแบบทั่วไป โดยระยะปลูกที่กรมพัฒนาที่ดินได้ส่งเสริมให้ปลูกเพื่อผลิตเมล็ดพันธุ์ปุ๋ยพืชสด ระหว่างแถว 75 เซนติเมตร ระหว่างต้น 50 เซนติเมตร ใช้เมล็ดพันธุ์ 4-6 กิโลกรัมต่อไร่ โดยหยอดเป็นหลุมๆ ละ 2-3 เมล็ด ผลผลิตอยู่ที่ 100-300 กิโลกรัมต่อไร่ ขึ้นกับการดูแลรักษา และการจัดการดินและปุ๋ย (กรมพัฒนาที่ดิน ,2554) เช่นเดียวกับ วัชราพร (2554) พบว่าการเก็บเกี่ยวถั่วพร้าอายุ 150-160 วัน ช่วยให้ผลผลิตสูงสุด ความชื้นต่ำสุด 13.26 เปอร์เซ็นต์ ยืดอายุการเก็บรักษาได้นานขึ้น ส่วนเปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดถั่วพร้า พบว่า เก็บเกี่ยวเมื่ออายุ 150 วัน มีความงอกสูงที่สุด

ตารางที่ 7 การเจริญเติบโต องค์ประกอบผลผลิต ผลผลิตถั่วลิสง และถั่วพร้า (พืชแซม)

ตำรับ	ความสูง (ซม.)	ทรงพุ่ม (ซม.)	น้ำหนักซังแห้ง (กก./ไร่)		ผลผลิต (กก./ไร่)	น้ำหนัก 100 เมล็ด (ก.)	เมล็ดสมบูรณ์ (%)	ความงอก (%)
			ถั่วพร้า	ถั่วลิสง				
3	35.1±3.1	26.7±4.3	-	366.4+7.3	70.6±3.6	40.1	62	68
5	33.2±3.2	25.6±3.2	-	373.0±8.6	69.7±4.2	39.2	59	66
t	**1.02**	**2.35**	**-**	**1.01**	**1.56**	**-**	**-**	**-**
sig	ns	ns		ns	ns	-	-	-
4	72.0±3.8	55.9+3.6	581.3±2.0	-	155.2 ±8.1	125.1	78	93
6	67.4±2.6	52.3+3.5	574.2±7.3	-	147.1±4.3	124.8	75	95
t	**1.04**	**3.20**	**1.61**	**-**	**1.49**	**-**	**-**	**-**
sig	ns	ns	ns		ns	-	-	-

หมายเหตุ : ตำรับที่ 3 ตำรับที่ 5 (ถั่วลิสง), ตำรับที่ 4 ตำรับที่ 6 (ถั่วพร้า)

7. ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ

จากการศึกษาผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ พบว่า การไถพรวนขวางความลาดเท ปลูกถั่วพร้าเป็นพืชแซม (ตำรับที่ 4) ให้ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจสูงสุด 12,040 บาทต่อไร่ เนื่องจากได้ผลผลิตมันสำปะหลังและผลผลิตถั่วพร้าสูงสุด รวมทั้งมีต้นทุนด้านวัสดุเกษตร และค่าแรงงานค่อนข้างต่ำ เมื่อเปรียบเทียบกับตำรับอื่น เนื่องจากการปลูกถั่วพร้าเป็นพืชแซมช่วยให้มีรายได้เสริมแล้ว ยังช่วยลดค่าแรงงานในการกำจัดวัชพืช เพราะทรงพุ่มของถั่วพร้าช่วยคลุมดินเต็มพื้นที่ทำให้วัชพืชในแปลงทดลองมีน้อยมาก ส่วนการไถพรวนขวางความลาดเท ปลูกถั่วพร้าเป็นพืชแซม ร่วมกับการใช้แถบหญ้าแฝก (ตำรับที่ 6) ให้ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจรองลงมา คือ 10,042 บาทต่อไร่ ซึ่งวิธีการนี้ได้ผลผลิตมันสำปะหลัง และถั่วพร้ารองลงมา และมีต้นทุนด้านวัสดุเกษตรสูงกว่าคือ ค่าพันธุ์หญ้าแฝก และแรงงานในการจัดการ ส่วนการไถพรวนขวางความลาดเท ปลูกถั่วลิสงเป็นพืชแซม (ตำรับที่ 3) ให้ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ 8,548 บาทต่อไร่ และการไถพรวนขวางความลาดเท ปลูกถั่วลิสงเป็นพืชแซม ร่วมกับการใช้แถบหญ้าแฝก (ตำรับที่ 5) ให้ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ 6,990 บาท

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

ต่อไร่ ซึ่งทั้งสองวิธีการนี้ได้ผลผลิตมันสำปะหลังใกล้เคียงกัน แต่ได้ผลผลิตถั่วลิสงค่อนข้างต่ำ รวมทั้งต้นทุนในด้านวัสดุเกษตร และแรงงานในการจัดการสูง จึงส่งผลให้ผลตอแทนทางด้านเศรษฐกิจต่ำกว่าการปลูกถั่วพร้าเป็นพืชแซม ส่วนการไถพรวนตามความลาดเท และใส่ปุ๋ยตามวิธีการของเกษตรกร (ตำรับที่ 2) ให้ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจต่ำสุด 4,289 บาทต่อไร่ (ตารางที่ 8)

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

ตารางที่ 8 ต้นทุนผันแปร ผลผลิต มูลค่าผลผลิต และรายได้เหนือต้นทุน ในการผลิตมันสำปะหลัง ถั่วลิสง และถั่วพร้า

ตำรับทดลอง	ผลผลิต (กก./ไร่)			มูลค่าผลผลิต (บาท/ไร่)			ต้นทุนผันแปร (บาท/ไร่)				รายได้เหนือต้นทุน (บาท/ไร่)
	มันสำปะหลัง	ถั่วพร้า	ถั่วลิสง	มันสำปะหลัง	ถั่วพร้า	ถั่วลิสง	เตรียมดิน	แรงงาน	เก็บเกี่ยว	วัสดุเกษตร	
ตำรับที่ 1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ตำรับที่ 2	3,840	-	-	9,600	-	-	800	1,650	1,536	1,325	4,289
ตำรับที่ 3	5,812	-	70	14,530	-	2,450	1,000	1,854	2,575	3,003	8,548
ตำรับที่ 4	6,622	155	-	16,555	3,100	-	1,000	1,183	3,049	2,383	12,040
ตำรับที่ 5	5,652	-	69	14,130	-	2,415	1,000	2,041	2,511	4,003	6,990
ตำรับที่ 6	6,312	147	-	15,780	2,940	-	1,000	1,370	2,925	3,383	10,042

หมายเหตุ ราคาขาย มันสำปะหลัง 2.5 บาทต่อกิโลกรัม ถั่วลิสงฝักแห้ง 35 บาทต่อกิโลกรัม ถัวพร้า 20 บาทต่อกิโลกรัม

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงอินทรีย์คาร์บอน และปริมาณธาตุอาหารในดินจากการจัดระบบการปลูกมันสำปะหลังในพื้นที่ลาดเท กลุ่มชุดดินที่ 41 ชุดดินบ้านไผ่ ในพื้นที่ บ้านวังหว้า ตำบลบ้านแฮด อำเภอบ้านแฮด จังหวัดขอนแก่น ระหว่างปี พ.ศ. 2562-2563 สรุปผลการทดลองดังนี้

1. การเปลี่ยนแปลงสมบัติทางด้านกายภาพ และทางเคมีของดิน พบว่า ตำรับที่ 4 การไถพรวนขวางความลาดเท ใช้ถั่วพร้าเป็นปุ๋ยพืชสด ปลูกถั่วพร้าเป็นพืชแซม ใช้ปุ๋ยเคมีร่วมกับโดโลไมท์อัตราตามคำแนะนำค่าวิเคราะห์ดิน ส่งผลให้ SOC SOM CEC AWC pH และ Exch. K เพิ่มขึ้นหลังการทดลอง และช่วงหลังไถกลบถั่วพร้าเป็นปุ๋ยพืชสด 30 วัน (วันที่ 89) SOC เพิ่มขึ้นสูงสุด 0.42 % (Net SOC 0.23 %) ใกล้เคียงกับช่วงหลังเก็บเกี่ยวผลผลิตแล้วไถกลบเศษซากพืชกลับลงในแปลง ปล่อยย่อยสลาย 3 เดือน (วันที่ 539) SOC เพิ่มขึ้นเป็น 0.39 % (Net SOC 0.20 %)

2. การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณอินทรีย์คาร์บอนกับสมบัติดิน พบว่า มีความสัมพันธ์กับ SOM AWC CEC และ BD ในระดับสูง โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) เท่ากับ 0.948** 0.932** 0.904** และ -0.897 ตามลำดับ ส่วนการวิเคราะห์การถดถอยเพื่อหาความสัมพันธ์ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนกับสมบัติดิน พบว่า มีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) เท่ากับ 0.90 0.87 0.82 และ 0.81 ตามลำดับ รวมทั้งมีความสัมพันธ์กับธาตุอาหารที่เป็นประจุบวกในระดับรองลงมา

3. ผลผลิตและผลตอบแทนทางด้านเศรษฐกิจ พบว่า ตำรับที่ 4 การไถพรวนขวางความลาดเท ใช้ถั่วพร้าเป็นปุ๋ยพืชสด ปลูกถั่วพร้าเป็นพืชแซม ใช้ปุ๋ยเคมีร่วมกับโดโลไมท์อัตราตามคำแนะนำ ให้ผลผลิตมันสำปะหลังสูงสุด 6,622 กิโลกรัมต่อไร่ ผลผลิตเมล็ดถั่วพร้า 155 กิโลกรัมต่อไร่ และให้ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจรวมกันสูงสุด 12,040 บาทต่อไร่ รองลงมาเป็นการไถพรวนขวางความลาดเท ใช้ถั่วพร้าเป็นปุ๋ยพืชสด ปลูกถั่วพร้าเป็นพืชแซม ใช้ปุ๋ยเคมีร่วมกับโดโลไมท์อัตราตามคำแนะนำ และใช้แถบหญ้าแฝกขวางความลาดเท ให้ผลผลิตมันสำปะหลัง 6,312 กิโลกรัมต่อไร่ ผลผลิตเมล็ดถั่วพร้า 147 กิโลกรัมต่อไร่ และให้ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจรวมกัน 10,044 บาทต่อไร่

ประโยชน์ที่ได้รับ

1. ได้องค์ความรู้ด้านการจัดระบบการปลูกมันสำปะหลัง เพื่อเพิ่มศักยภาพของดิน ให้สามารถเพิ่มผลผลิตพืชหลัก พร้อมสร้างรายได้เสริมจากพืชแซม เป็นการลดต้นทุน เพิ่มผลผลิตให้กับเกษตรกรในพื้นที่ที่ดินขาดความอุดมสมบูรณ์ได้

2. ทราบมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำที่เหมาะสมกับการปลูกมันสำปะหลังในพื้นที่ดินทรายที่มีความลาดเท รวมทั้งวิธีการจัดการดินเพื่อปลูกพืชร่วม ลดการปลูกพืชเชิงเดี่ยวในพื้นที่ ซึ่งเสี่ยงต่อการสูญเสียปริมาณธาตุอาหารในดิน รวมทั้งเป็นการจัดหาแหล่งอินทรีย์คาร์บอนให้กับดินได้อย่างเป็นระบบ

3. เป็นการตีแผ่นวัตกรรมของกรมพัฒนาที่ดินให้เกิดการยอมรับมากขึ้น ในด้านการป้องกันการชะล้างหน้าดินในพื้นที่ลาดเท ลดการสูญเสียธาตุอาหาร โดยการไถพรวนขวางความลาดเท

4. เกษตรกรในพื้นที่สามารถนำระบบการปลูกพืชไปปรับใช้ในพื้นที่ตนเอง ร่วมกับการใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินของกรมพัฒนาที่ดิน เพื่อลดต้นทุนในการทำงาน ช่วยให้เกษตรกรมีรายได้เพิ่ม และชีวิตความเป็นอยู่ที่ดีขึ้นได้

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

ข้อเสนอแนะ

1. การจัดการดินในพื้นที่ดินทราย ยังมีข้อจำกัดในด้านการนำงานจัดระบบอนุรักษ์ดินและน้ำเข้ามาใช้ในแต่ละพื้นที่ เนื่องจากสภาพดินทรายนั้น อนุภาคของเม็ดดินยึดเกาะกันไม่แน่น อีกทั้งปริมาณอินทรีย์คาร์บอนและอินทรียวัตถุต่ำ เกิดการกัดเซาะและการชะล้างหน้าดินได้ง่าย เกิดภัยเงียบอย่างต่อเนื่องเป็นระยะเวลายาวนาน เกิดการสูญเสียธาตุอาหาร ซึ่งคิดเป็นมูลค่าเงินเป็นจำนวนมาก การคัดเลือกมาตรการจึงเป็นสิ่งสำคัญมาก ต้องตอบโจทย์ความต้องการของเกษตรกร ลดต้นทุน ลดแรงงาน สอดคล้องสภาพของพื้นที่ รวมทั้งสภาพภูมิอากาศ เกิดความคุ้มค่ากับการลงทุน และสร้างความยั่งยืนได้อย่างแท้จริง

2. การปลูกพืชแซมเพื่อสร้างรายได้เสริม พร้อมปรับปรุงบำรุงดินในแปลงปลูกมันสำปะหลังที่เป็นพื้นที่ดินทรายที่มีความลาดเท ควรใช้พืชแซมที่เก็บผลผลิตในส่วนเหนือดิน เช่น ถั่วพร้า ถั่วเหลือง หรือถั่วเขียว แต่ต้องคำนึงถึงความต้องการใช้ประโยชน์จากพืชแซมด้วยว่าต้องการใช้เก็บเมล็ดพันธุ์ไว้เพื่อใช้ในครัวเรือน หรือจำหน่ายเพื่อสร้างรายได้เสริม สำหรับการทดลองครั้งนี้ การใช้ถั่วลิสงเป็นพืชแซม ต้องมีการจัดการดินที่ละเอียดยิ่งขึ้น เพราะการปลูกในร่องแปลง เกิดปัญหาดินสไลด์ เนื่องจากสภาพพื้นที่ลาดเทและเป็นดินทราย การไถขวางความลาดเท ดินไม่สามารถเกิดการชะล้างไปตามร่องแปลงจากที่สูงลงสู่ที่ต่ำได้ ดินจึงสะสมในร่องแปลงทับโคนต้นถั่วลิสง เกิดความเสียหายบางส่วนจึงได้ผลผลิตต่ำ และถ้าจะปลูกระหว่างต้นมันสำปะหลังบนสันร่อง อาจเกิดการแย่งธาตุอาหารกันกับพืชหลัก ซึ่งอาจทำให้ผลผลิตพืชหลักลดลงได้ ดั้งนั้น การปลูกถั่วลิสงบนสันร่องระหว่างต้นมันสำปะหลังจึงเป็นสิ่งที่น่าศึกษา และควรมีการจัดการดินและปุ๋ยของพืชแซมเพิ่มขึ้น ให้เกิดความสมดุลของการใช้ธาตุอาหารให้กับพืชปลูกได้อย่างสมดุล เพื่อผลตอบแทนทางด้านเศรษฐกิจที่เพิ่มขึ้นคุ้มค่ากับการลงทุน

การเผยแพร่งานวิจัย

1) เอกสารแผ่นพับประกอบการฝึกอบรมหมอดินอาสาจังหวัดขอนแก่น ปี ๒๕๖๔
2) ผลงานฉบับเต็มขอประเมินเพื่อแต่งตั้งให้ดำรงตำแหน่งนักวิชาการเกษตรชำนาญการพิเศษ ปี ๒๕๖๔

เอกสารอ้างอิง

กรมพัฒนาที่ดิน.2534.คู่มือเจ้าหน้าทของรัฐ เรื่อง การอนุรักษ์ดินและน้ำ. กรุงเทพฯ: กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

กรมพัฒนาที่ดิน.2544 .การอนุรักษ์ดินและน้ำด้วยวิธีพืช มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ กรมพัฒนาที่ดิน, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ

กรมพัฒนาที่ดิน.2548. โดโลไมท์ สารปรับปรุงดินกรด เอกสารเผยแพร่ กรมพัฒนาที่ดิน, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ

กรมพัฒนาที่ดิน.2548.กลยุทธ์ในการเพิ่มผลผลิตมันสำปะหลัง.สำนักนิเทศและถ่ายทอดเทคโนโลยีการพัฒนาที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

กรมพัฒนาที่ดิน.2550.กลยุทธ์ในการเพิ่มผลผลิตมันสำปะหลัง เอกสารเพื่อการถ่ายทอดเทคโนโลยี ชุดความรู้และเทคโนโลยีกรมพัฒนาที่ดิน กลุ่มวิชาการเพื่อการพัฒนาที่ดิน สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 3 กรมพัฒนาที่ดิน, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

กรมพัฒนาที่ดิน.2550.การไถพรวนและการปลูกพืชตามแนวระดับ เอกสารเพื่อการถ่ายทอดเทคโนโลยี ชุดความรู้และเทคโนโลยีกรมพัฒนาที่ดิน สำนักวิจัยและพัฒนาการจัดการดิน กรมพัฒนาที่ดิน,กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

กรมวิชาการเกษตร.2545ก. เกษตรดีที่เหมาะสมสำหรับมันสำปะหลัง.กรมวิชาการเกษตร.กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.22 หน้า

กรมวิชาการเกษตร. 2545ข. เกษตรดีที่เหมาะสมสำหรับถั่วลิสง.กรมวิชาการเกษตร , กระทรวงเกษตรและสหกรณ. 22 หนา.

กรมวิชาการเกษตร. 2556.พันธุ์มันสำปะหลัง พันธุ์ระยอง 86-13 .ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร. กรมวิชาการเกษตร.สืบค้น 21 เมษายน 2564, จาก https://at.doa.go.th/cassava/index.php?MM=1

กรมวิชาการเกษตร.2564.คำแนะนำการใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน สำหรับพืชไร่เศรษฐกิจ.กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร.กรมวิชาการเกษตร,กระทรวงเกษตรและสหกรณ.100 หน้า

เกษตร สันติวงศ์, เนตรนภา อินสลุด, วิชญ์ภาส สังพาลีและ เพ็ญนภา จักรสมศักดิ์. 2561. การเปรียบเทียบเจริญเติบโต และการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติดินบางประการของพืชตระกูลถั่ว 4 ชนิด ในชุดดินสันทราย. แก่นเกษตร (ฉบับพิเศษ) 46(1) : 551-555

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา.2548. ปฐพีวิทยาเบื้องต้น. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ดารากร อัคฮาดศรี และ จุไรรัตน์ ฝอยถาวร.2563.ปลูกถั่วบำรุงดินในแปลงมันสำปะหลัง.สถาบันวิจัยและพัฒนาที่สูง (องค์การมหาชน). ค้นเมื่อ 20 มีนาคม 2564, จาก https://www.hrdi.or.th/Articles/Detail/110

ถวิล ครุฑกุล.2540.เกษตรยั่งยืน: การใช้ดิน-ปุ๋ย.ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ.

ธนากร พันธนียะ.2552. ยา-สารเคมีที่ใช้ในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ.ค้นเมื่อ 15 มิถุนายน 2553,จาก http://www.nicaonline.com/articles7/site/ view_article.asp?idarticle=100

นิรชา เจ็กชื่น.2557. การมีส่วนร่วมของเกษตรกรในการจัดการดินเพื่อเพิ่มผลผลิตมันสำปะหลังในพื้นที่ดินทราย.รายงานโครงการวิจัยฉบับสมบูรณ์,กรมพัฒนาที่ดิน

ปรัชญา ธัญญาดี ประชา นาคะประเวศ พิทยากร ลิ่มทอง แววตา วาสนานุกูล ปรีดี ดีรักษา สุภาพร จันรุ่งเรืองและพันธิพา ไชยานะ.2534. ศึกษาการไถกลบตอซังเพื่อเพิ่มอินทรียวัตถุให้แก่ดิน ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคเหนือ รายงานผลการวิจัยและปรับปรุงบำรุงดินด้วยอินทรียวัตถุ (2526-2532) กลุ่มอินทรียวัตถุและวัสดุเหลือใช้กองอนุรักษ์ดินและนากรมพัฒนาที่ดิน หน้า 159- 166

ปัทมา วิตยากร.2554. การฟื้นฟูดินเสื่อมโทรมโดยการจัดการอินทรียวัตถุและเพิ่มการเก็บกักคาร์บอนของดิน รายงานโครงการวิจัยฉบับสมบูรณ์, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

พุทธรักษ์ วงศ์สิริชัย สุภัทรา ถึกสถิต นฤมล แก้วจำ และ รจนา ตั้งกลบริบร .2562. ผลของการใช้ประโยชน์ที่ดินต่อการกักเก็บคาร์บอนในดิน บริเวณพื้นที่ล่มน้ำย่อยห้วยหินดาด จังหวัดระยอง วารสารวนศาสตร์ 38 (2), 83-97

ลดาวัลย์ พวงจิตร.2547. สมดุลของคาร์บอนในระบบนิเวศป่าเขตร้อน, น. 156-184. ใน บุญวงศ์ ไทยอตุสาห์ และลดาวัยย์ พวงจิตร (รวบรวมและเรียบเรียง),การจัดการระบบนิเวศป่าเขตร้อนแบบผสมผสาน : ประสบการณ์จากสถานีวิจัยลุ่มน้ำแม่กลอง. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ.

วาสุเทพ กาญจนดุล, นิพนธ์ อุดปวง, พิทักษ์ อินทพันธุ์และสวัสดี บุญชี.2543. เปรียบเทียบการสูญเสียดินและความชื้นในดินโดยการใช้แถบปลูกพืชรูปแบบต่างๆ เพื่อการอนุรักษ์ดินและน้ำบนพื้นที่สูงชัน. ในรายงานบทคัดย่อผลงานวิจัย กองอนุรักษ์ดินและน้ำ พ.ศ. 2533-2542. น. 249. ส านักวิจัยและพัฒนาการจัดการที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน, กรุงเทพฯ.

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

วิทยา ตรีโลเกศ .2541.เอกสารประกอบการสอนวิชา 112 และ 201 ปฐพีศาสตร์เบื้องต้น ฟิสิกส์ของดิน. ภาควิชาปฐพีศาสตร์.คณะเกษตรศาสตร์,มหาวิทยาลัยขอนแก่น

วนิดา พานิกร และศิวพร ศีลเตโช.2560.ผลของการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกับปุ๋ยเคมี ต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของแตงโม ในดินทราย ชุดดินบ้านไผ่ จังหวัดมหาสารคาม.เอกสารประชุมวิชาการกรมพัฒนาที่ดิน ปี 2560 วันที่ 19 - 21 กรกฎาคม 2560

วัชราพร จันทบุตร.2554.การศึกษาระยะเวลาเก็บเกี่ยวที่มีผลต่อผลผลิตและคุณภาพ ของเมล็ดพันธุ์ถั่วพร้า. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์.กรมพัฒนาที่ดิน

ศิราณี วงศ์กระจ่าง และบัญชา รัตนีทู. 2556. การจัดการดินทรายจัด เพื่อใช้ประโยชน์ทางการเกษตร. วารสารมหาวิทยาลัย นราธิวาสราชนครินทร์.

สารัถ สัตยารักษ์.2537.ผลของอายุเก็บเกี่ยวต่อลักษณะต่างๆ และคุณภาพทางเมล็ดพันธุ์ถั่วลิสง.วารสารเทคโนโลยีสุรนารี.ปีที่ 1 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม - ธันวาคม 2537

สุรนัย รัมมะฉัตร เมธี คำหุ่ง และสุภาพ ชูพันธุ์ .2543. ศึกษาการปรับปรุงดินในการปลูกมันสำปะหลังโดยใช้มูลไก่ร่วมกับปุ๋ยเคมี. ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น สถาบันวิจัยพืชไร่ กระทรวงเกษตร และสหกรณ์.

สุรพงษ์ เจริญรัถ.2548.การศึกษาประสิทธิภาพและผลกระทบของเทคโนโลยีมันสำปะหลัง.ผลงานฉบับเต็มขอประเมินเพื่อแต่งตั้งให้ดำรงตำแหน่งนักวิชาการเกษตร 8ว.กลุ่มวิจัยเศรษฐกิจพืชไร่ สถาบันวิจัยพืชไร่, กรมวิชาการเกษตร

สารัถ สัตยารักษ์.2537.ผลของอายุเก็บเกี่ยวต่อลักษณะต่างๆ และคุณภาพทางเมล็ดพันธุ์ถั่วลิสง.วารสารเทคโนโลยีสุรนารี.ปีที่ 1 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม - ธันวาคม 2537

สุรชัย สุวรรณชาติ และ ศักดา รักชนะ.2556.การศึกษาชนิดพืชปุ๋ยสดเพื่อการปรับปรุงบำรุงดินในชุดดินตาคลี (กลุ่ม ชุดดินที่52) เอกสารวิชาการและเผยแพร.สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 1 กรมพัฒนาที่ดิน

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร.2559.การผลิตสินค้าการเกษตร. ค้นเมื่อ 2 ตุลาคม 2560.จาก, http://www.oae.go.th/download/prcai/DryCrop/cassava.pdf.

สถาพร ใจอารีย์. 2553 ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินที่มีต่ออินทรีย์คาร์บอนในดินในประเทศไทย รายงานโครงการวิจัย,กรมพัฒนาที่ดิน.สืบค้น 25 กันยายน 2560,จาก http://www1.ldd.go.th/WEB_PSD/Employee%20Assessment/wean/pch/pch15/2.pdf

เอกอนงค์ ฟุ้งลัดดา. 2552. การกักเก็บคาร์บอนในดินที่ปลูกมันสำปะหลังอินทรีย์ ณ ตำบลมะเกลือใหม่อำเภอสูงเนิน จังหวัดนครราชสีมา.วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์. 123 น.

อรรณพ พุทธโส .2559.การกักเก็บคาร์บอนในดินตัวแทนหลักภาคตะวันออกเฉียงเหนือ.เอกสารวิชาการเลขที่ 01/06/59 กลุ่มศึกษาวิเคราะห์สถานการณ์ทรัพยากรดิน กองสำรวจดินและวิจัยทรัพยากรดิน กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.191 หน้า

อานุช คีรีรัฐ นิคม สุภฎา คีรีรัฐ นิคม และทิพย์ทิวา สัมพันธมิตร.2559. การย่อยสลายของซากพืช และการปลดปล่อยธาตุอาหาร ในป่าชุมชน บ้านหนองถิน อำเภอป่าพะยอม จังหวัดพัทลุง วารสารมหาวิทยาลัยทักษิณปีที่ 19 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม – ธันวาคม 2559

USDA.2008. Soil Quality Indicators Bulk Density. Soil Quality Physical Indicator Information Sheet Series.Natural Resources ConservationService soil. [Online] https://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/detail/soils/health/assessment/?cid=stelprdb1237387 23 May 2021

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

Bedoussac, L., and Justes, E. 2011. A comparison of commonly used indices for evaluating speciesinteractions and intercrop efficiency: Application to durum wheat-winter pea intercrops. Field Crops Research. 124(1):25-36.

Bajtes, N.H.: 1996, Total carbon and nitrogen in the soils of the world, *Eur. J. Soil Sci.* 47, 151–163.

Bauer, A. and A.L. Black. 1994. Quantification of the effect of soil organic matter content on soil productivity. **Soil Sci. Soc. Am. J.** 58: 185–193.

Charman, P.E. and M.M. Roper. 1991. Soil organic matter, pp. 206-214. In P.E. Charman and B.W. Murphy (eds.), **Soils-Their Properties and Management: A Soil Conservation Handbook for New South Wales.** Sydney University Press, Australia.

Follent, M.C. 2001. Soil management concepts and carbon sequestration in cropland soils. Soil Tillage Res. 6:77-92.

IPCC. 2001. Climate Change 2001: Synthesis Report: - A contribution of Working Groups I, II and III to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), Cambridge University Press, Cambridge

Kongrattanachok, P. 2005. Carbon Sequestration in Cassava and Para Rubber Plantation, Rayong Province. Unpublished master's thesis, Mahidol University, Faculty of Environment and Resource Studies. 98 pp

Kheoruenromne, I. 1991. **Soils of Thailand**. Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Kasetsart University. (in Thai)

Midmore, D.J. 1993. Agronomic modification of resource use and intercrop productivity. Field Crops Res. 34:357-380.

Sanchez, P.A. 1976. Properties and Management of Soils in the Tropics. John Wiley and Sons, Inc., New York.

Tippayachan, H. 2006. The Determination of Carbon Loss by Soil Erosion and Sediment Transport Process in Mea Thang Watershed, Rong Kwang district, Phrae provincr. Unpublished master's thesis, Mahidol University, Faculty of Environment and Resource Studies, Department of Appropriate Technology for Resource and Environment Development. 169 pp

Watson, M. E. and S. Zolvinski. 1996. Testing Manure: What You Need to Know. DTN Network.

Young, A. 1976. Tropical Soils and Soil Survey. Cambridge Univ. Press, Cambrid.

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

ภาคผนวก

ตารางภาคผนากที่ 1 อินทรีย์คาร์บอน (OC) และธาตุอาหารต่าง ๆ ในมันสำปะหลัง ถั่วพุ่ม ถั่วพร้า และหญ้าแฝก

พืช		ปริมาณธาตุอาหาร (%)				C/N ratio
		OC	P	K	N	
มันสำปะหลัง	ต้น และใบ	44.21 ^{b}	0.38 ^{b}	1.65 ^{b}	1.91 ^{c}	23.15^{b}
(อายุ 12 เดือน)	หัวมันสำปะหลัง	47.92 ^{a}	0.05 ^{d}	0.71 ^{d}	2.07 ^{b}	23.15^{b}
ถั่วลิสง	ราก ต้น และใบ	44.12 ^{b}	0.11 ^{c}	1.34 ^{b}	1.93 ^{c}	23.22^{b}
(อายุ 100 วัน)	ฝัก	44.25 ^{b}	0.67 ^{a}	1.62 ^{b}	1.90 ^{c}	23.28^{b}
	เมล็ด	47.97 ^{a}	0.39 ^{b}	0.87 ^{d}	2.05 ^{b}	23.40^{b}
ถั่วพร้า (อายุ 45 วัน)	ราก ต้น และใบ	48.32 ^{a}	0.25^{b}	2.12^{a}	2.71^{a}	17.83^{a}
ถั่วพร้า	ราก ต้น และใบ	44.64 ^{b}	0.08 ^{cd}	1.15 ^{c}	1.92 ^{c}	23.25^{b}
(อายุ 160 วัน)	ฝัก	44.51 ^{b}	0.05 ^{d}	1.94 ^{b}	1.92 ^{c}	23.18^{b}
	เมล็ด	47.75 ^{a}	0.34 ^{b}	0.86 ^{d}	2.06 ^{b}	23.18^{b}
หญ้าแฝก (อายุ 6 เดือน)	ต้นและใบ	48.29 ^{a}	0.07 ^{cd}	0.87 ^{d}	2.08 ^{b}	23.21^{b}
หญ้าแฝก (อายุ 12 เดือน)	ต้นและใบ	48.34 ^{a}	0.10 ^{b}	1.13 ^{c}	2.08 ^{b}	23.22^{b}
	F-test	*	*	**	**	**
	Cv (%)	3.42	16.64	13.86	3.71	2.14

หมายเหตุ : ตัวเลขในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยวิธี DMRT

** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ตารางภาคผนวกที่ 2 เนื้อดิน และเปอร์เซ็นต์เนื้อดิน ทราย ร่วน และ เหนียว ในดินระดับความลึก 0-150 เซนติเมตร (ชุดดิน บ้านไผ่)

Soil seres	Depth (cm.)	Particle size Analysis			Texture
		sand (%)	silt (%)	clay (%)	
Bpi-lsB	0-15	86.4	8.2	5.4	LS
(จุดที่ 1)	15-50	80.9	9.1	9.9	LS
	50-90	70.5	7.9	21.7	SCL
	90-120	71.4	8.0	20.7	SCL
	120-150	70	7.9	22.1	SCL
Bpi-lsB	0-15	88.3	7.3	4.4	S
(จุดที่ 2)	15-50	84.8	8.1	7.1	LS
	50-90	75.0	6.9	18.1	SL
	90-120	65.9	6.4	27.7	SCL
	120-150	67.1	5.6	27.2	SCL

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

ภาพกิจกรรมการดำเนินงาน

วัดขนาดแปลง เพื่อแบ่งแปลงย่อย

เก็บตัวอย่าง soil core

เก็บตัวอย่างดิน

ไถดะกำจัดวัชพืช

ไถเตรียมแปลง และหว่านถั่วพร้า

ถั่วพร้าอายุ 3 สัปดาห์

ไถกลบถั่วพร้าที่อายุ 45 วัน

ไถเตรียมแปลง แบ่งแปลง และยกร่องสำหรับปลูกมันสำปะหลัง

ปลูกหญ้าแฝกเป็นแถบ พร้อมหยอดเมล็ดถั่วพร้า และถั่วลิสง ในร่องแปลงตามตำรับการทดลอง

การบันทึกข้อมูลการเจริญเติบโตของมันสำปะหลัง ถั่วพร้า ถั่วลิสง และตัดแต่งใบหญ้าแฝกในแปลงทดลอง

ทยอยเก็บฝักถั่วพร้า ผึ่งลม กะเทาะเปลือก และชั่งน้ำหนัก ตามตำรับการทดลอง

เก็บเกี่ยวถั่วลิสงที่อายุ 100 วัน ชั่งน้ำหนัก ตากลมลดความชื้น

เก็บเกี่ยวผลผลิตมันสำปะหลัง พร้อมชั่งน้ำหนัก บันทึกข้อมูลน้ำหนักหัวสดทุกตำรับทดลอง

วัดเปอร์เซ็นต์แป้งมันสำปะหลัง และเก็บตัวอย่างไว้สำหรับนำส่งตรวจวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหาร

เก็บตัวอย่างดินหลังการทดลองเพื่อส่งวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ

ไถกลบรวมกับเศษซากพืชเพื่อปรับปรุงบำรุงดินต่อไป

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน