

ผลิตภาพของดินและดัชนีความยั่งยืนระบบปลูกพืชเชิงอนุรักษ์ในพื้นที่ลาดชัน Soil Productivity and Sustainability Indices of Conservation Cropping Systems on Sloping Area

อรพิชา วรภักดี¹
ณัฐพล จิตมัตย์²
เสาวนุช ถาวรพฤษย์³

¹นักสำรวจดินปฏิบัติการ สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 10 กรมพัฒนาที่ดิน ราชบุรี

E-mail : onphicha1986@gmail.com

²อาจารย์ ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

E-mail : fagrnpc@ku.ac.th

³ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

E-mail : agrsnt@ku.ac.th

บทคัดย่อ: การศึกษาดัชนีผลิตภาพของดินและความยั่งยืนของระบบปลูกพืชเชิงอนุรักษ์ในพื้นที่ลาดชัน มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอิทธิพลของระบบการปลูกพืชเชิงอนุรักษ์บนพื้นที่ลาดชันต่อการเปลี่ยนแปลง ดัชนีผลิตภาพของดินและดัชนีความยั่งยืน ในพื้นที่ฟาร์มตัวอย่างตามพระราชดำริของสมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์ บำบัดบ่อหวี ตำบลตะนาวศรี อำเภอสวนผึ้ง จังหวัดราชบุรี ทำการศึกษาในแปลงทดลอง วางแผนในแปลงทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) จำนวน 3 ซ้ำ มี 6 ตำรับการทดลอง ประเมินดัชนีความยั่งยืนของระบบปลูกจากดัชนีพืชและดัชนีธาตุอาหารในแต่ละ ตำรับการทดลอง พบว่า ระบบการปลูกพืชแซมที่มีข้าวโพดแซมด้วยมะเขือ/ถั่วเขียว ขวางทิศทางความลาดเท มีการไถพรวนแบบดั้งเดิมและใส่ปุ๋ย (T2) มีผลต่อการดูดใช้ธาตุอาหาร การนำเข้า การนำออก ของธาตุอาหาร และสมดุลธาตุอาหาร (ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม) ไม่แตกต่างจากระบบ การปลูกข้าวโพดเชิงเดี่ยว ขวางทิศทางความลาดเท มีการไถพรวนแบบดั้งเดิมและใส่ปุ๋ย (T1) ซึ่งทั้งสองตำรับมีค่าสูงกว่าตำรับอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้ระบบการปลูกพืชแซมร่วมกับแถบ พืช (T4 และ T6) มีผลทำให้เกิดการสะสมปริมาณธาตุฟอสฟอรัสและธาตุโพแทสเซียมในดินสูงกว่า ตำรับอื่นๆ ผลการประเมินดัชนีพืช (CI) และดัชนีธาตุอาหาร (NI) พบว่า T2 มีดัชนีพืชและดัชนีธาตุอาหาร สูงกว่าตำรับอื่นๆ มีค่าเท่ากับ 1.47 และ 1.09 ในปีที่ 1 และในปีที่ 2 มีค่าเท่ากับ 1.42 และ 1.15 ตาม ลำดับ ผลการศึกษาความสัมพันธ์ของข้อมูล พบว่า ดัชนีพืชมีสหสัมพันธ์กับน้ำหนักมวลชีวภาพทั้งหมด แคลเซียมที่สกัดได้ และความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ส่วนดัชนีธาตุอาหาร มีสหสัมพันธ์กับฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และอัตราร้อยละความอิ่มตัวด้วยเบส อย่างมีนัยสำคัญทาง

สถิติ ผลการศึกษาสรุปได้ว่า ระบบการปลูกพืชแซมแบบ T2 ส่งเสริมให้การเจริญเติบโต และผลผลิตข้าวโพดสูงกว่าตำรับอื่นๆ ดังนั้น หากจะนำระบบการปลูกพืชแซมร่วมกับถั่วพืชม (ถั่วกระถิน) ไปใช้ในพื้นที่ลาดชัน จำเป็นต้องมีการจัดการธาตุอาหารให้กับพืชที่ปลูกใกล้ถั่วพืชมเพื่อลดการแก่งแย่งการดูดธาตุอาหารของถั่วพืชม

คำสำคัญ: ผลผลิตดิน, ความยั่งยืน, สมดุลธาตุอาหาร, พื้นที่ลาดชัน

Abstract: Soil Productivity and sustainable indices of conservation cropping systems was investigated. The research objective was to study effects of sloping-area cropping systems on changes of soil productivity and sustainability indices in the demonstration farm under the Royal Patronage of H.M. the Queen Sirikit, Ban Bor-wee, Suanphung, Ratchaburi Province. The field experimental design was six different cropping systems arranged in RCBD with three replications. The crop index (CI) and nutrient index (NI) were analyzed as the sustainability indices. The results showed that the intercropping of maize with eggplant/mung bean along contour and conventional tillage with fertilizer application (T2) and monocropping of maize along contour and conventional tillage with fertilizer application (T1) were not different in nutrient uptake, addition, removal, and balance of nitrogen (N), phosphorus (P), and potassium (K); but were significantly higher than those of other treatments. On the other hand, the intercropping system with alley crops (i.e., T4 and T6) has an impact on higher accumulation of available phosphorus and potassium than other cropping treatments do. The intercropping system (T2) gave the highest CI and NI of 1.47 and 1.09 in the 1st crop year and of 1.42 and 1.15 in the 2nd crop year, respectively. The CI has a highly significant correlation with total biomass, extractable Ca, and cation exchange capacity, while the NI significantly correlates with available P and base saturation percentage. Therefore, the intercropping system (T2) has an impact on maize growth and grain yields higher than other treatments. Our results suggest that if the intercropping system with alley crops (i.e., *Leucaena hedgerows*) is applied in sloping area, nutrient management will need to be applied in order to avoid competition of nutrient uptake between main and alley crops.

Key Words: Soil productivity, Sustainability, Nutrient balance, Sloping area

1. บทนำ

การเกษตรในพื้นที่ลาดชันได้ขยายวงกว้าง มีการใช้ประโยชน์ที่ดินบนพื้นที่ลาดชันด้วยวิธีการปฏิบัติในการปลูกพืชเชิงเดี่ยวที่ไม่คำนึงถึงการอนุรักษ์ดินต่อเนื่องเป็นเวลานาน ก่อให้เกิดความเสียหายกับพื้นที่เพาะปลูก เกิดการกร่อนของดิน ทำให้ดินสูญเสียความอุดมสมบูรณ์ทำให้คุณสมบัติทางด้านเคมี กายภาพและชีวภาพของดินเปลี่ยนแปลง [1] ซึ่งส่งผลให้ผลผลิตของดินและคุณภาพน้ำลดลงตามมา ปัจจุบันจึงมีการนำระบบการปลูกพืชเชิงอนุรักษ์เข้ามาใช้ในพื้นที่ลาดชันหลายวิธีร่วมกัน เช่น การไถพรวนน้อย การปลูกพืชหมุนเวียน การคลุมด้วยวัสดุอินทรีย์ การไถกลบเศษซากพืช และการใช้แถบพืช เช่น การปลูกพืชแซมซึ่งเป็นระบบการปลูกพืชอีกอย่างหนึ่งที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการอนุรักษ์และลดการกร่อนของดิน รักษาความสมบูรณ์ของดินและเพิ่มปริมาณธาตุอาหารให้เพียงพอกับความต้องการของพืชโดยไม่ทำให้ดินเสื่อมโทรม [2] และเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ที่ดินมากกว่าระบบการปลูกพืชเชิงเดี่ยว [3] การจัดการเพื่อรักษาคุณภาพดินและเพิ่มผลผลิตของพืช เป็นสิ่งจำเป็นในการอนุรักษ์ดินและน้ำ [4,5] โดยทั่วไปอินทรีย์วัตถุในดินและการเปลี่ยนแปลงสมบัติของดินใช้เป็นตัวชี้วัดคุณภาพดินที่ได้รับการยอมรับมากที่สุด [6,7,8] ปัจจุบันการศึกษาด้านความยั่งยืนของระบบการปลูกพืชได้รับความสนใจมากขึ้น และเป็นเครื่องมือในการประเมินความยั่งยืนของระบบการจัดการดิน โดยอาศัยการคำนวณจากปัจจัยทางดิน ได้แก่ ดัชนีจุลินทรีย์ดิน (soil microbial index) ดัชนีธาตุอาหารในดิน (soil nutrient index) และดัชนีพืช (crop index)[9] ซึ่งการศึกษาส่วนใหญ่ศึกษาในพื้นที่ราบ การศึกษาความยั่งยืนของระบบการ

ปลูกพืชในพื้นที่ลาดชันโดยอาศัยดัชนีความยั่งยืนและผลผลิตของดินยังมีน้อยมาก ความยั่งยืนและผลผลิตของพื้นที่ลาดชันขึ้นอยู่กับปัจจัยทั้งทางธรรมชาติและอิทธิพลของสิ่งมีชีวิต เช่น ลักษณะโครงสร้างทางธรณีวิทยา ความยากง่ายในการกร่อนดินของดิน ลักษณะสภาพภูมิอากาศในแต่ละพื้นที่ การกระทำของมนุษย์และสัตว์ต่างๆ เป็นต้น ดังนั้น ความลาดชันในแต่ละพื้นที่จึงมีรูปแบบและลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินของแต่ละพื้นที่แตกต่างกันไป [10]

ในประเทศไทยมีหลายหน่วยงานของรัฐที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการใช้ประโยชน์ การอนุรักษ์ดินและน้ำในพื้นที่สูง เช่น โครงการหลวง กรมพัฒนาที่ดิน กรมป่าไม้ กรมอุทยานแห่งชาติสัตว์ป่าและพันธุ์พืช สำนักงานปฎิรูปที่ดินเพื่อเกษตรกรรม นอกจากนี้พื้นที่สูงยังเป็นพื้นที่เขตรับผิดชอบของทหารที่กำกับดูแลโครงการพัฒนาการเกษตรพื้นที่สูงอันเนื่องมาจากพระราชดำริ ซึ่งผลที่ได้จากงานวิจัยนี้จะ เป็นประโยชน์ต่อหน่วยงานของรัฐที่เกี่ยวข้องในการเลือกและส่งเสริมรูปแบบการจัดการและการอนุรักษ์ดินให้เหมาะสมกับพื้นที่ลาดชัน และสามารถนำไปบูรณาการ เพื่อรักษาความอุดมสมบูรณ์ของดินให้เกื้อกูลต่อการเกษตรในพื้นที่ลาดชันให้ได้ผลดีและยั่งยืนต่อไปอีกด้วย

2. วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาอิทธิพลของระบบการปลูกพืชเชิงอนุรักษ์ต่อการเปลี่ยนแปลงดัชนีผลผลิตของดินและดัชนีความยั่งยืนบนพื้นที่ลาดชัน เพื่อใช้เป็นแนวทางในการประเมินความเหมาะสมและความยั่งยืนของระบบปลูกพืชเพื่อลดการสูญเสียและคุณภาพดินบนพื้นที่ที่มีความลาดชันสูง

3. การทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ทรัพยากรดินเมื่อมีวิธีการจัดการทางการเกษตรที่ไม่เหมาะสมทำให้สมบัติของดินเปลี่ยนแปลงและส่งผลกระทบต่อคุณภาพดิน ซึ่งพบมากบริเวณที่มีความลาดชันสูง ระบบการปลูกพืชแซมเป็นระบบหนึ่ง que เพิ่มประสิทธิภาพการใช้ที่ดินมากกว่าระบบการปลูกพืชเชิงเดี่ยว [11] สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการอนุรักษ์และลดการกร่อนของดิน ทำให้ดินมีความอุดมสมบูรณ์และเพิ่มปริมาณธาตุอาหารให้แก่ดิน ทำให้เกิดระบบการเกษตรที่ยั่งยืน [12] จากการศึกษาการเปรียบเทียบระบบการปลูกพืช 2 ระบบคือ การปลูกพืชแซมระหว่างแคฝรั่งและข้าวโพด กับระบบการปลูกข้าวโพดเพียงอย่างเดียว ในช่วงระยะเวลา 7 ปี และ 10 ปี พบว่า ในระบบการปลูกพืชแซมระหว่างแคฝรั่งและข้าวโพด เมื่อมีการตัดแต่งกิ่งแคฝรั่ง ทำให้มีปริมาณการหมุนเวียนคาร์บอนอินทรีย์ เท่ากับ 0.8–4.8 มิลลิกรัมคาร์บอนต่อเฮกตาร์ ซึ่งมากกว่าปลูกข้าวโพดเพียงอย่างเดียวถึง 1.6 เท่า แสดงให้เห็นถึงระบบการปลูกพืชแซมสามารถตรึงคาร์บอนได้มากกว่าในดินที่ปลูกข้าวโพดเพียงอย่างเดียว [13]

Dahmardeh *et al.* (2010) [14] ได้ศึกษาการปลูกพืชแซมโดยใช้ถั่วพุ่มปลูกแซมข้าวโพด ซึ่งมีอัตราส่วนระหว่างข้าวโพด:ถั่วพุ่ม (100:100, 50:100, 25:75, 75:25, 50:50, 0:100 และ 100:0) พบว่า การปลูกพืชแซมทำให้ปริมาณธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียมเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับ การปลูกข้าวโพดเพียงอย่างเดียว (100:0) นอกจากนั้นการปลูกถั่วพุ่มเพียงอย่างเดียว (0:100) และการปลูกข้าวโพด:ถั่วพุ่ม เท่ากับอัตราส่วน 100:100 พบว่า เพิ่มปริมาณธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม

สูงที่สุด แต่ไม่แตกต่างจากการปลูกข้าวโพด:ถั่วพุ่ม เท่ากับ 50:100 และปริมาณธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียมพบน้อยที่สุดในการปลูกข้าวโพดเพียงอย่างเดียว (100:0) แสดงให้เห็นว่าการปลูกพืชแซมมีผลต่อความอุดมสมบูรณ์ของดิน โดยเพิ่มธาตุอาหารในดิน อีกทั้งยังเป็นการอนุรักษ์ความอุดมสมบูรณ์ของดิน และเพิ่มผลผลิตทำให้ได้ผลผลิตเมล็ดเพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับ การปลูกพืชเพียงอย่างเดียว

Heseeb *et al.* (2010) [15] ศึกษาผลของการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราต่างๆ ต่อผลผลิตของข้าวโพดที่ปลูกเชิงเดี่ยวและข้าวโพดที่ปลูกร่วมกับถั่วพุ่ม (*Vigna unguiculata* L.) พบว่า ดำริบที่มีการปลูกข้าวโพดร่วมกับถั่วพุ่มและใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 225 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ ให้ผลผลิตของข้าวโพดและถั่วสูงกว่าดำริบอื่นเท่ากับ 6.65 ตันต่อเฮกตาร์ และ 1.26 ตันต่อเฮกตาร์ตามลำดับ นอกจากนี้การปลูกแถบกระถินขวางความลาดเทเป็นวิธีการที่ช่วยลดการชะล้างพังทลายของดินได้ดี เนื่องจากแถบกระถินช่วยกรองตะกอนและน้ำไหลบ่าได้ดี [16] จากการศึกษาประเมินค่าดัชนีคุณภาพดินและความยั่งยืนของการปลูกข้าวสาลีที่เป็นพืชหลักร่วมกับระบบการปลูกพืชโดยประเมินค่าจากพื้นที่สามเหลี่ยม (triangle area) ที่ประกอบด้วยดัชนีด้านจุลินทรีย์ ดัชนีพืช และดัชนีธาตุอาหาร ในการศึกษาการปลูกระยะยาวพบว่า การใส่ปุ๋ยคอกในระบบการปลูกข้าวสาลี-ข้าว/ข้าวโพด มีค่าดัชนีจุลินทรีย์ ดัชนีพืช และดัชนีธาตุอาหารเพิ่มมากขึ้น ในขณะที่การใช้ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียวในระบบการปลูกพืชหมุนเวียนระหว่างข้าวสาลี-ข้าว พบว่าดัชนีจุลินทรีย์ในดินมีค่าต่ำมาก ส่วนระบบการปลูกข้าวสาลี-ข้าวโพด เมื่อใส่ปุ๋ยคอก 10 ตันต่อเฮกตาร์ ก่อนการปลูกข้าวโพด

พบว่า มีค่าดัชนีความยั่งยืนมากกว่าการใช้ปุ๋ย ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม 100 เปอร์เซ็นต์ เพียงอย่างเดียว โดยมีค่าดัชนีความยั่งยืนเท่ากับ 2.43 และ 0.93 ตามลำดับ [9]

4. ระเบียบวิธีวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยเชิงปริมาณโดยวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) ของข้อมูลและเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) และวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของข้อมูลด้วยวิธี Pearson's correlation และ bivariate analysis ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ โดยมีวิธีการศึกษาดังนี้

4.1 พื้นที่ศึกษา

ทำการศึกษาในแปลงทดลองตั้งอยู่ในพื้นที่ไหล่เขาบริเวณพื้นที่ฟาร์มตัวอย่างตามพระราชดำริของสมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์ บำบัดน้ำท่วม ตำบลตะนาวศรี อำเภอสวนผึ้ง จังหวัด

ราชบุรี ซึ่งเป็นพื้นที่ที่สมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์ พระบรมราชินีนาถ มีพระราชดำริให้ดำเนินงานโครงการฟาร์มตัวอย่างตามพระราชดำริ จังหวัดราชบุรี เพื่อเป็นแหล่งผลิตอาหาร และเผยแพร่ความรู้ด้านการเกษตรตลอดจนเป็นการจ้างแรงงานแก่ราษฎร โดยทำการทดลองในช่วงเดือนพฤษภาคม 2555-เดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2557 ดินที่ทำการทดลองเป็นชุดดินท่ายาง จำแนกตามระบบอนุกรมวิธานดินระดับวงศ์ดินได้เป็น Loamy-skeletal, siliceous, isohyperthermic, Kanhaplic Haplustults[17] สภาพพื้นที่ทั่วไปเป็นพื้นที่ลาดชัน มีความลาดเทในพิสัยร้อยละ 10-30

4.2 วิธีการศึกษา

ทำการเก็บข้อมูลภายใต้ระบบการปลูกพืช และการจัดการดิน 6 แบบดำรับทดลอง (ตารางที่ 1) โดยมีการไถพรวนดินและจัดการปุ๋ยด้วย มีการวางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) จำนวน 3 ซ้ำ

ตารางที่ 1 ดำรับทดลองระบบปลูกและการจัดการ

ดำรับ ทดลอง	ชนิดพืชที่ปลูกขวางทิศทาง ความลาดเท	การไถพรวน	การใส่ปุ๋ย
T1	ระบบปลูกพืชเชิงเดี่ยว -ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์	แบบดั้งเดิม -จอบขุดเปิดหน้าดิน	ใส่ปุ๋ย N-P-K
T2	ระบบปลูกพืชแซม -ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์แซมด้วย มะเขือเปราะ หรือถั่วเขียว	แบบดั้งเดิม -จอบขุดเปิดหน้าดิน	ใส่ปุ๋ย N-P-K
T3	ระบบปลูกพืชแซม -ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์แซมด้วย มะเขือเปราะ หรือถั่วเขียว	ไถพรวนน้อย -จอบขุดเฉพาะหลุม ปลูก	ใส่ปุ๋ย N-P-K
T4	ระบบปลูกพืชแซมร่วมกับแถบ กระถิน -ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์แซมด้วย มะเขือเปราะ หรือถั่วเขียว	ไถพรวนน้อย -จอบขุดเฉพาะหลุม ปลูก	ใส่ปุ๋ย N-P-K
T5	ระบบปลูกพืชแซม -ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์แซมด้วย มะเขือเปราะ หรือถั่วเขียว	ไถพรวนน้อย -จอบขุดเฉพาะหลุม ปลูก	ไม่ใส่ปุ๋ย
T6	ระบบปลูกพืชแซมร่วมกับ แถบกระถิน -ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์แซมด้วย มะเขือเปราะ หรือถั่วเขียว	ไถพรวนน้อย -จอบขุดเฉพาะหลุม ปลูก	ไม่ใส่ปุ๋ย

แปลงทดลองมีขนาดกว้าง 4 เมตร ยาว 13 เมตร (52 ตารางเมตร) จำนวนทั้งหมด 18 แปลง มีระยะห่างระหว่างแปลง 1 เมตร แต่ละแปลง ล้อมรอบด้วยคอนกรีตสำหรับกั้นน้ำไหลบ่าออกจากแปลงและเข้าแปลง การไถพรวนแบบดั้งเดิม ทำโดยใช้จอบขุดลึกประมาณ 15 เซนติเมตร เปิดหน้าดินขึ้นทั่วแปลง ส่วนการไถพรวนน้อย คือการใช้จอบขุดเปิดหลุมปลูกพืชเท่านั้น (ภาพที่ 1)

ส่วนดำรับที่มีการใส่ปุ๋ย ทำการใส่ปุ๋ยข้าวโพด ดังนี้ ปุ๋ยไนโตรเจนในรูปของยูเรีย (46-0-0) ปุ๋ยฟอสฟอรัสในรูปของ ทริปเปิลซูเปอร์ ฟอสเฟต (0-46-0) และปุ๋ยโพแทสเซียมในรูปของ โพแทสเซียมคลอไรด์ (0-0-60) โดยแบ่งใส่จำนวน 2 ครั้ง ที่ข้าวโพดอายุ 20 วัน และ 60 วัน ครั้งที่ 1 ใส่ปุ๋ย N-P-K ในอัตรา 11-8.9-11.8 กิโลกรัม ต่อไร่ ครั้งที่ 2 ใส่ปุ๋ย N-P-K ในอัตรา 11-0-0 กิโลกรัมต่อไร่ โดยการโรยปุ๋ยตามแนวด้านบน ของแถวข้าวโพดแล้วกลบลงดิน และหลังจาก การเก็บเกี่ยวผลผลิต นำเศษซากข้าวโพดเลี้ยง สัตว์ (ส่วนเหนือดินของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ทั้งหมด ยกเว้นฝัก) ใส่กลับลงไปในแต่ละแปลงเป็นระยะ เวลา 4 เดือน แล้วจึงจะทำการเก็บตัวอย่างดิน หลังปลูกเพื่อการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการและ เก็บข้อมูลทั้งหมด 2 ฤดูปลูก

เก็บข้อมูลการเจริญเติบโตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ เมื่ออายุ 120 วัน โดยสุ่มเก็บต้นข้าวโพดจำนวน 8 ต้นต่อแถว ได้แก่ ความสูงของต้นข้าวโพด น้ำหนักของต้นข้าวโพด น้ำหนักของเมล็ดข้าวโพด และน้ำหนักของตอซัง จากนั้นคำนวณผลผลิต ต่อหน่วยพื้นที่ และทำการเก็บตัวอย่างดิน โดย เก็บตัวอย่างที่ระดับความลึก 0-20 เซนติเมตร จากผิวดิน โดยวิธี composite sampling จาก

นั้นวิเคราะห์สมบัติทางฟิสิกส์และเคมีพื้นฐาน โดยวิธีมาตรฐานของ National Soil Survey Center [18] การวิเคราะห์พีช ได้แก่ ปริมาณ ไนโตรเจนทั้งหมด โดยวิธี Kjeldahl method [19] ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด โดยวิธี Vanado-molybdo-phosphoric acid [20] ปริมาณ โพแทสเซียมทั้งหมด ด้วยเครื่อง atomic absorption spectrophotometer [21] และ คำนวณดัชนีพืช (crop index; CI) จากการนำ ข้อมูลของ 4 ตัวแปร ได้แก่ น้ำหนักเมล็ดข้าวโพด ปริมาณการดูดใช้ธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และ โพแทสเซียมของข้าวโพด โดยคำนวณได้จาก สมการที่ 1

$$CI = \frac{1}{4} \sum_{j=1}^4 I_{ij} \quad (1)$$

โดยที่
$$I_{ij} = \frac{A_{ij}}{Th_j}$$

A_{ij} ได้มาจากค่าวิเคราะห์จริงของตัวแปร
 Th_j คือ ค่า Threshold ของค่าเฉลี่ยใน แต่ละตัวแปร

และดัชนีธาตุอาหาร (nutrient index; NI) จากการนำข้อมูลสมบัติทางเคมีบางประการจำนวน 5 ตัวแปร ซึ่งใช้ในการประเมินระดับความอุดม สมบูรณ์ของดิน ได้แก่ ปริมาณอินทรีย์วัตถุ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ โพแทสเซียมที่เป็น ประโยชน์ ร้อยละความอิ่มตัวด้วยเบส และความ จุลภาคเปลี่ยนแคตไอออน นำมาคำนวณโดยแทน ค่าในสมการที่ 2

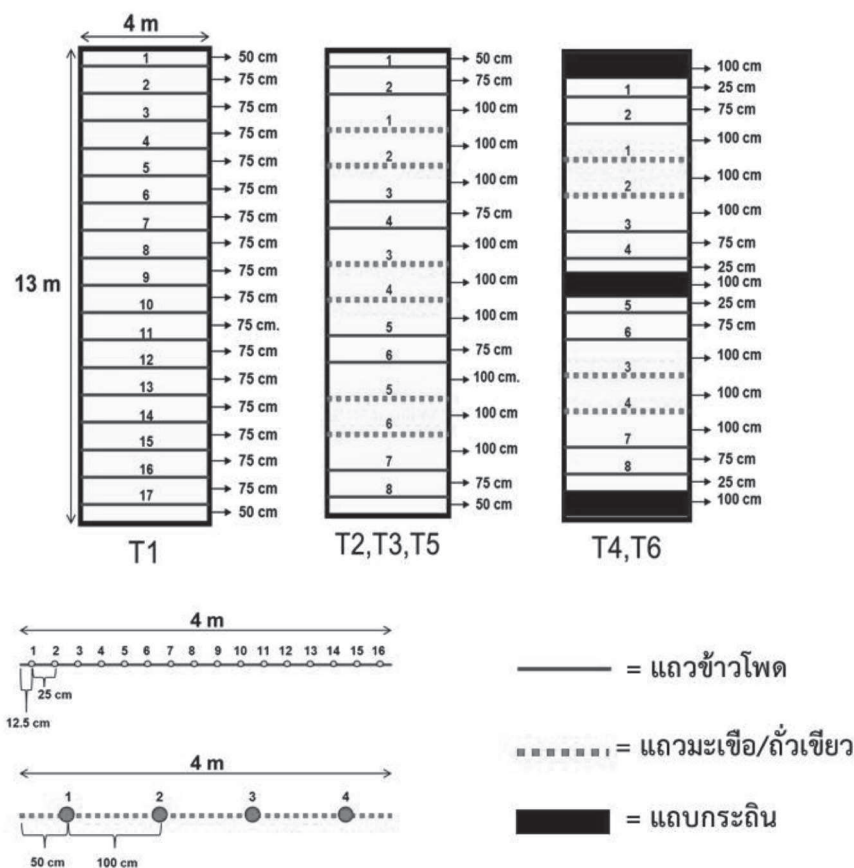
$$NI = \frac{1}{5} \sum_{j=1}^5 I_{ij} \quad (2)$$

$$I_{ij} = \frac{A_{ij}}{Th_j}$$

โดยที่

A_{ij} ได้มาจากค่าวิเคราะห์จริงของตัวแปร
 Th_j คือ ค่า Threshold ของค่าเฉลี่ยใน
แต่ละตัวแปร

เมื่อได้ค่า Threshold นำมาเป็นตัวหาร
ของค่าแต่ละตัวแปร โดยดัดแปลงจาก Kanget
al.(2005)[9] และทำการศึกษาสมมูลธาตุอาหาร
ในช่วงระยะเวลา 2 ปี โดยประเมินจากผลต่าง
ปริมาณธาตุอาหารนำเข้า (addition) ที่ได้จาก
การใส่ปุ๋ย (NPK) และปริมาณธาตุไนโตรเจน
ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมของต้นข้าวโพดที่
ใส่กลับสู่ดิน และนำออก (removal) ที่ได้จาก
ปริมาณการดูดใช้ธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและ
โพแทสเซียมของเมล็ดข้าวโพด และวิเคราะห์ผล
ทางสถิติ



ภาพที่ 1 ระยะปลูกและผังแปลงแต่ละดำรับทดลอง

5. ผลการวิจัยและอภิปรายผล

5.1 อิทธิพลของระบบการปลูกพืชต่อการ การใช้ธาตุอาหารและความสมดุลของธาตุอาหาร

อิทธิพลของระบบการปลูกพืชที่แตกต่างกัน
ขึ้นอยู่กับปัจจัยเกี่ยวกับชนิดพืช ระยะปลูก วิธีการ
จัดการ ช่วงระยะเวลาการใส่ปุ๋ยจะมีผลต่อการดูด
ใช้ธาตุอาหารและความสมดุลของธาตุอาหาร
ที่แตกต่างกัน จากการทดลอง พบว่า

การดูดใช้ธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และ
โพแทสเซียมของต้นข้าวโพดในปีที่ 1 พบว่า
ตำรับที่ 2 (T2) มีการดูดใช้ในโตรเจนเท่ากับ
43.69 กก./ไร่ ฟอสฟอรัสเท่ากับ 15.26 กก./ไร่
และโพแทสเซียมเท่ากับ 45.30 กก./ไร่ สูงกว่า
ตำรับอื่นๆ โดยมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติกับ
ตำรับที่ 1 (T1) ซึ่งมีการดูดใช้ในโตรเจนเท่ากับ

37.94 กก./ไร่ ฟอสฟอรัสเท่ากับ 11.23 กก./
ไร่ และโพแทสเซียมเท่ากับ 35.51 กก./ไร่ ซึ่งทั้ง
T1 และ T2 แตกต่างจากตำรับอื่นๆ อย่างมีนัย
สำคัญทางสถิติ ในขณะที่การดูดใช้ธาตุ NPK ใน
ปีที่ 2 ให้ผลสอดคล้องกับปีที่ 1 แต่มีค่าการดูด
ใช้ธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม
ของต้นข้าวโพดต่ำกว่าปีที่ 1 (ตารางที่ 2) ทั้งนี้
เป็นผลเนื่องจากตำรับทดลองที่ 1 และ 2 มีการ
ไถพรวน ซึ่งเป็นผลทำให้ดินมีการระบายน้ำและ
อากาศได้ดี ส่งผลให้มีการดูดใช้ธาตุอาหารได้
สูงกว่าตำรับทดลองอื่นๆ ซึ่งมีการไถพรวนน้อย
นอกจากนี้อิทธิพลของระบบปลูกพืชแซมทำให้
เกิดการแก่งแย่งการดูดใช้ธาตุอาหารระหว่างพืช
หลักและพืชแซมได้

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบปริมาณการดูดใช้ธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียมของตำรับทดลอง

ตำรับการ ทดลอง	ไนโตรเจน (กก./ไร่)		ฟอสฟอรัส (กก./ไร่)		โพแทสเซียม (กก./ไร่)	
	ปีที่ 1	ปีที่ 2	ปีที่ 1	ปีที่ 2	ปีที่ 1	ปีที่ 2
T1	37.94	13.60	11.23	2.03	35.51	15.59
T2	43.69	12.44	15.26	2.01	45.30	17.13
T3	36.13	9.15	9.04	1.46	28.58	10.75
T4	29.83	9.70	6.65	1.22	32.87	10.94
T5	16.63	4.33	5.67	0.79	14.19	4.88
T6	23.08	6.18	5.39	0.95	20.97	7.44
F-test	*	*	*	*	*	*
CV.	36.9	34.4	42.5	35.9	35.1	38.7

หมายเหตุ ปีที่ 1 = ปีพ.ศ. 2555, ปีที่ 2 = ปีพ.ศ. 2556

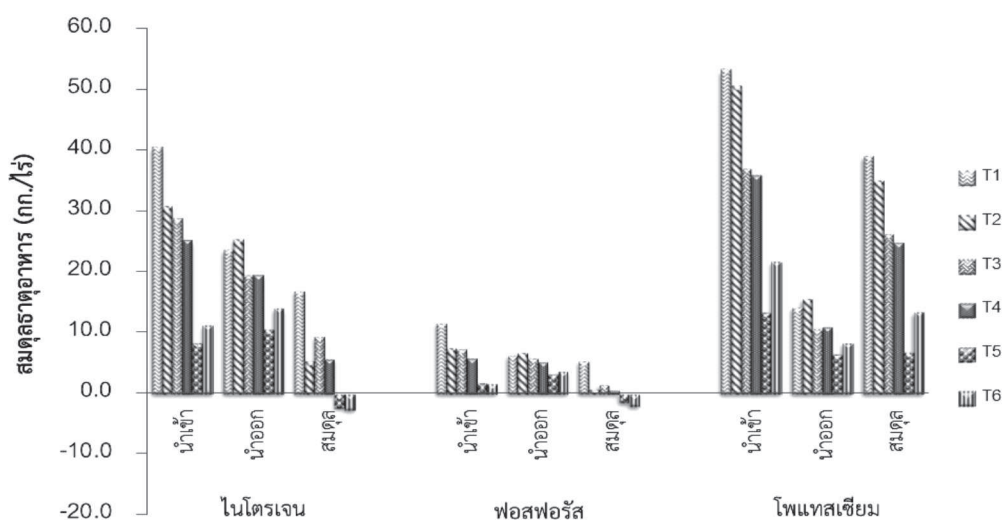
* ตัวอักษรที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับอย่างนัยสำคัญ 0.05

การศึกษาสมดุลธาตุอาหารในช่วงระยะเวลา 2 ปี โดยประเมินจากผลต่างปริมาณธาตุอาหารนำเข้า (addition) จากการใส่ปุ๋ย (NPK) และปริมาณการดูดใช้ธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมของต้นข้าวโพด และนำออก (removal) จากปริมาณการดูดใช้ธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมของเมล็ดข้าวโพด พบว่า ปริมาณธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมที่นำเข้าของ T1 มีปริมาณไนโตรเจนเท่ากับ 40.57 กก./ไร่ ฟอสฟอรัสเท่ากับ 11.63 กก./ไร่ และโพแทสเซียมเท่ากับ 53.28 กก./ไร่ ซึ่งสูงกว่าตำรับอื่นๆ รองลงมา คือ T2 ซึ่งมีปริมาณนำเข้าของธาตุไนโตรเจนเท่ากับ 30.82 กก./ไร่ ฟอสฟอรัสเท่ากับ 7.50 กก./ไร่ และโพแทสเซียมเท่ากับ 50.56 กก./ไร่ ทั้งนี้เป็นผลเนื่องจากระบบการปลูกพืชเชิงเดี่ยว มีปริมาณชีวมวลต่อพื้นที่ที่ผลิตได้สูงกว่าตำรับอื่นๆ ทำให้ปริมาณชีวมวลที่ใส่กลับสู่ดินมากกว่าตำรับอื่นๆ เป็นผลทำให้ปริมาณการนำเข้าธาตุอาหารของ T1 สูงกว่าตำรับอื่นๆ

ส่วนปริมาณธาตุอาหารที่นำออกจากพื้นที่ พบว่า T2 มีปริมาณนำออกของธาตุไนโตรเจนเท่ากับ 25.44 กก./ไร่ ฟอสฟอรัสเท่ากับ 6.79

กก./ไร่ และโพแทสเซียมเท่ากับ 15.55 กก./ไร่ ซึ่งสูงกว่าตำรับอื่นๆ รองลงมาคือ T1 มีปริมาณนำออกของธาตุไนโตรเจนเท่ากับ 23.65 กก./ไร่ ฟอสฟอรัสเท่ากับ 6.28 กก./ไร่ และโพแทสเซียมเท่ากับ 14.19 กก./ไร่ ซึ่งทั้ง 2 ตำรับมีการนำธาตุอาหารออกสูงกว่าตำรับอื่นๆ ซึ่งเป็นผลเนื่องจากทั้ง T1 และ T2 มีปริมาณการดูดใช้ธาตุทั้งสามสูงที่สุด และเป็นผลจากการจัดการไถพรวนและการใส่ปุ๋ยซึ่งส่งเสริมการเจริญเติบโตของข้าวโพด

เมื่อพิจารณา สมดุลธาตุอาหารซึ่งได้จากผลต่างของธาตุอาหารนำเข้าและนำออก พบว่า T1 มีสมดุลของธาตุไนโตรเจนเท่ากับ 16.92 กก./ไร่ ฟอสฟอรัสเท่ากับ 5.34 กก./ไร่ และโพแทสเซียมเท่ากับ 39.09 กก./ไร่ สูงกว่าตำรับอื่นๆ และ T3 ให้สมดุลของธาตุไนโตรเจนและฟอสฟอรัสสูงรองจากตำรับที่ 1 ในขณะที่ T2 ให้สมดุลของธาตุโพแทสเซียมรองจาก T1 จากการทดลอง จะเห็นได้ว่า ธาตุโพแทสเซียมมีความสมดุลของธาตุอาหารเชิงบวกในทุกตำรับทดลอง แสดงให้เห็นว่า ระบบการปลูกพืชและการจัดการดินในทุกตำรับทดลองมีปริมาณโพแทสเซียมที่เพิ่มเติมสู่ดินมีปริมาณเพียงพอและมากกว่าการนำออกไปจากดิน (ภาพที่ 2)



ภาพที่ 2 เปรียบเทียบสมมูลธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมของแต่ละตำรับทดลอง

ในขณะที่สมมูลธาตุไนโตรเจนและฟอสฟอรัสของ T5 และ T6 มีสมมูลของธาตุอาหารเชิงลบ แสดงให้เห็นว่า ระบบปลูกพืชแซมทั้งที่มีและไม่มีแถบกระถิน โดยไม่มีการใส่ปุ๋ยเพิ่มเติม ทำให้ปริมาณธาตุอาหารโดยเฉพาะไนโตรเจนและฟอสฟอรัสเกิดความไม่สมดุล ซึ่งทำให้พืชขาดธาตุทั้งสองได้ และยังอาจเกิดการแก่งแย่งธาตุระหว่างพืชแซม แถบกระถิน และพืชหลัก ซึ่งทำให้ผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ซึ่งเป็นพืชหลักลดลง ดังนั้นจำเป็นต้องมีการเพิ่มปริมาณธาตุไนโตรเจนและฟอสฟอรัสเพื่อให้เกิดความสมดุลของธาตุอาหารในดินในระบบปลูกพืชแซม ซึ่งปัจจัยธาตุอาหารที่ใส่เข้าไปในรูปของเศษเหลือทิ้งสู่แปลงไม่เพียงพอต่อการเพิ่มปริมาณธาตุอาหารในดินและทำให้ทั้ง 2 ตำรับ มีผลผลิตข้าวโพดค่อนข้างต่ำ (ภาพที่ 2)

5.2 การเปลี่ยนแปลงสมบัติทางฟิสิกส์และสมบัติทางเคมีของดินในแต่ระบบการปลูกพืช

สมบัติทางฟิสิกส์และเคมีของดินก่อนปลูก-หลังปลูกปีที่ 1 และปีที่ 2 พบว่า ความเสถียรของเม็ดดิน ปริมาณอินทรีย์วัตถุ ปริมาณไนโตรเจนรวม (ภาพที่ 3 ก) และค่า C/N ratio ทั้ง 6 ตำรับ การทดลองมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ แสดงให้เห็นว่า อิทธิพลของระบบปลูกและวิธีการจัดการที่แตกต่างกันนี้ไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติเหล่านี้ในระยะสั้นได้ ซึ่งการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางฟิสิกส์ของดินและสมบัติที่เกี่ยวข้องกับสมบัตินี้ จะเปลี่ยนแปลงได้ช้ากว่าสมบัติทางเคมีของดิน (ตารางที่ 3) โดยตำรับทดลองมีผลอย่างชัดเจนต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ของดินหลังปลูกปีที่ 1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยพบว่า T2 และ T3 มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์เท่ากับ 41.8 และ 41.1 มก./กก. ตามลำดับ และมีค่าสูงกว่าตำรับ

อื่นๆ ที่มีค่าอยู่ในพิสัย 15.9-29.9 มก./กก. อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาพที่ 3 ข) เป็นผลเนื่องจากระบบการปลูกพืชแซมโดยที่ไม่มีแถบกระถินและมีการใส่ปุ๋ย ทำให้มีฟอสฟอรัสคงเหลือในดินจากเศษเหลือในแปลง และอาจเป็นผลเนื่องจากการแปรปรวนของระบบดิน และความหนาแน่นของพืช ซึ่งมีผลต่อการดูดใช้ฟอสฟอรัสและเก็บไว้ในรูปชีวมวลมากกว่าในรูปของผลผลิตซึ่งมีน้อยกว่าระบบการปลูกพืชเชิงเดี่ยว ซึ่งฟอสฟอรัสจะสูญเสียไปในรูปของผลผลิตเมล็ดมากกว่าระบบอื่นๆ

ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ของดินก่อนปลูกปีที่ 1 พบว่า T4 มีค่าปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์สูงสุดเท่ากับ 230.7 มก./กก. รองลงมาคือ T6 มีค่าเท่ากับ 229.9 มก./กก. ซึ่งทั้งสองตำรับแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากตำรับอื่นๆ เนื่องจากก่อนทำการทดลองได้มีการใช้พื้นที่ในการปลูกพืชอาจมีผลถึงปริมาณโพแทสเซียมเป็นประโยชน์ก่อนปลูกปีที่ 1 แตกต่างกัน ซึ่งมีค่าอยู่ในพิสัย 150.5 – 175.0 มก./กก. และปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ดินก่อนปลูกปีที่ 2 ซึ่งมีแนวโน้มในทิศทางเดียวกับดินก่อนปลูกปีที่ 1 โดยที่ T4 มีค่าปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์สูงสุดมีค่าเท่ากับ 220.7 มก./กก. รองลงมาคือ T2 มีค่าเท่ากับ 199.65 มก./กก. ส่วนสมบัติดินหลังปลูกปีที่ 2 พบว่า T6 มีปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์สูงสุดเท่ากับ 204.57 มก./กก. รองลงมาคือ T4 มีค่าเท่ากับ 169.63 มก./กก. ซึ่งทั้งสองตำรับแตกต่างจากตำรับอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาพที่ 3 ค) จากผลการทดลอง แสดงให้เห็นว่า T4 และ T6 ทำให้ดินมีสมบัติทางฟิสิกส์และทางเคมีของดิน

ดีกว่าตำรับอื่นๆ ทั้งเป็นผลเนื่องจากระบบการปลูกพืชแซมร่วมกับแถบกระถินเป็นระบบที่ลดการไหลบ่าน้ำผิวดินและเป็นแนวดักตะกอนดินลดการสูญเสียดินและธาตุอาหารได้ดีกว่าระบบการปลูกพืชเชิงเดี่ยวและพืชแซมเพียงอย่างเดียว การไถพรวนน้อยช่วยลดการสูญเสียดินจากการกระแทกของเม็ดฝน ซึ่งมีอิทธิพลต่อการปรับปรุงคุณสมบัติของดิน ถึงแม้ว่าจะมีการใส่ปุ๋ยและไม่ใส่ปุ๋ยร่วมด้วยก็ตาม ผลของการศึกษานี้มีผลสอดคล้องกับการศึกษาการปลูกข้าวโพด-ถั่วเหลือง-ข้าวสาลีและถั่วพุ่ม มีประสิทธิภาพต่อการบำรุงรักษาและเสริมสร้างคุณภาพดินมากกว่าการปลูกพืชเชิงเดี่ยว [22] ในขณะที่การไถพรวนน้อยมีส่วนช่วยลดการชะล้างธาตุอาหารในดิน และส่งผลดีหลายอย่างต่อคุณภาพดิน [23] อย่างไรก็ตามจะเห็นได้ว่า ระบบการปลูกพืชที่มีการใช้แถบกระถินร่วมด้วยจะมีปริมาณธาตุฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมค่อนข้างสูง แต่กลับให้ผลผลิตที่ต่ำกว่าการปลูกข้าวโพดเพียงเชิงเดี่ยว ทั้งนี้เป็นเพราะการใช้แถบกระถินเพื่อการอนุรักษ์ดินและน้ำทำให้เกิดการแก่งแย่งปัจจัยต่างๆ เช่น น้ำ ธาตุอาหาร และแสงแดด ระหว่างพืชหลักและแถบกระถิน [24]

5.3 อิทธิพลของระบบปลูกต่อความยั่งยืนของระบบปลูกพืชที่ประเมินจากดัชนีพืช (CI) และดัชนีธาตุอาหาร (NI)

ในการประเมินความยั่งยืนของระบบปลูกจำเป็นต้องพิจารณาดัชนีพืช ซึ่งเป็นตัวบ่งชี้ถึงผลิตภาพของพืชในระบบนั้นๆ และดัชนีธาตุอาหารซึ่งเป็นดัชนีผลิตภาพของดินภายใต้ระบบปลูกพืชแบบหนึ่งๆ หากระบบปลูกพืชที่มีความยั่งยืนจะต้องมีค่าดัชนีทั้งสองอย่างสูงจากการนำข้อมูลน้ำหนักเมล็ดปริมาณการดูด

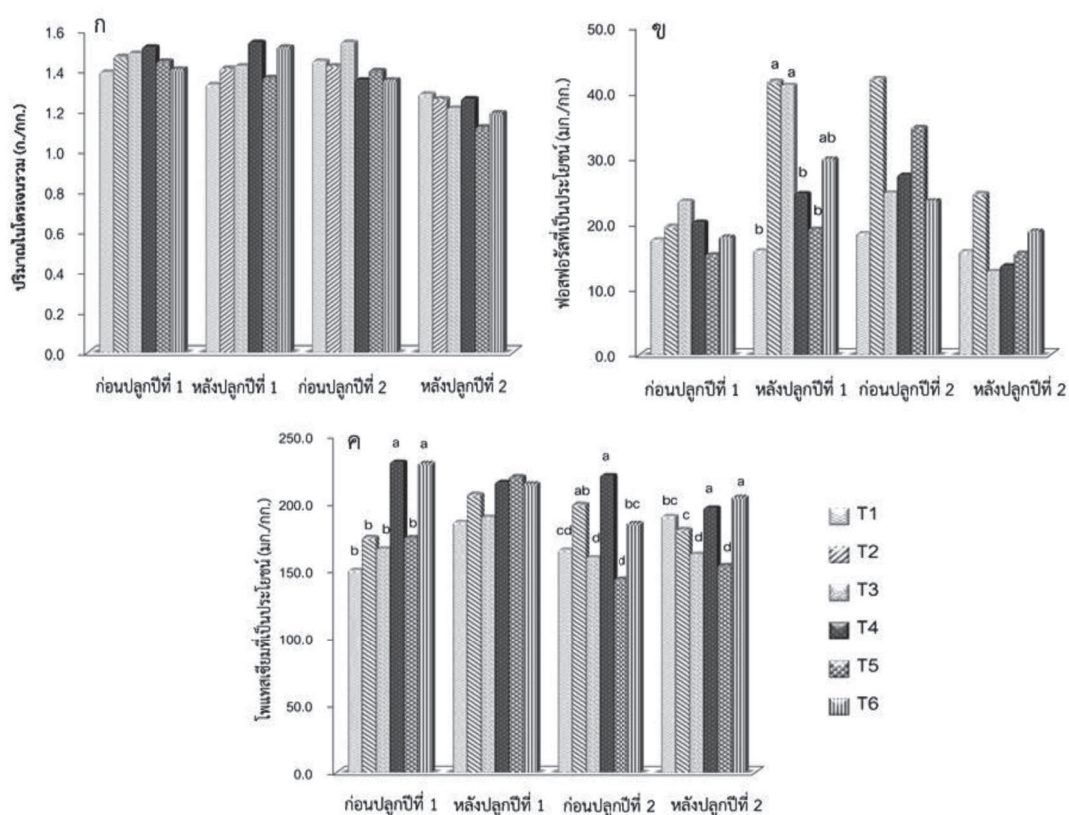
ใช้ธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมของข้าวโพด มาคำนวณค่าดัชนีพืชและดัชนีธาตุอาหารตามวิธีของ Kang et al. [9] ในช่วงปีที่ 1 และ 2 พบว่า ระบบการปลูกพืชแบบ T2 มีดัชนีพืชเท่ากับ 1.47 และ 1.42 ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่าค่ารับอื่นๆ รองลงมาระบบการปลูกพืชแบบ T1 มีค่าดัชนีพืชในปีที่ 1 และปีที่ 2 เท่ากับ 1.22 และ 1.41 ตามลำดับ ซึ่งทั้งสองค่ารับมีค่าสูงกว่าค่ารับอื่นๆ โดยเฉพาะสูงกว่าค่ารับที่ 5 และ 6 (ตารางที่ 4) ซึ่งจะเห็นได้ว่าการปลูกพืชแบบ T2 และ

T1 ในปีที่ 1 พืชมีการเจริญเติบโตที่ดีมีผลผลิตเมล็ดสูงกว่าค่ารับอื่นๆ มีค่าเท่ากับ 474.18 และ 447.33 กก./ไร่ ตามลำดับ นอกจากนั้นน้ำหนักแห้งของต้นข้าวโพดของ T2 และ T1 มีผลสอดคล้องกันกับผลผลิตเมล็ดที่เพิ่มมากขึ้น มีค่าเท่ากับ 968.27 และ 961.92 กก./ไร่ ตามลำดับ ทำให้ดัชนีพืชทั้ง 2 ค่ารับสูงกว่าค่ารับอื่นๆ ในขณะปีที่ 2 มีผลสอดคล้องทิศทางเดียวกันกับปีที่ 1 (ตารางที่ 5)

ตารางที่ 3 การเปลี่ยนแปลงของความเสถียรของเม็ดดิน ปริมาณอินทรีย์วัตถุ และอัตราคาร์บอนต่อไนโตรเจนในดินระหว่างปีเพาะปลูกที่ 1 และ 2

ค่ารับ ทดลอง	ความเสถียรของเม็ดดิน (%)				ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (ก./กก.)				อัตราคาร์บอนต่อไนโตรเจน			
	ก่อนปลูก		หลังปลูก		ก่อนปลูก		หลังปลูก		ก่อนปลูก		หลังปลูก	
	ปีที่ 1	ปีที่ 2	ปีที่ 1	ปีที่ 2	ปีที่ 1	ปีที่ 2	ปีที่ 1	ปีที่ 2	ปีที่ 1	ปีที่ 2	ปีที่ 1	ปีที่ 2
T1	32.30	35.74	30.73	28.36	21.49	22.73	22.51	21.35	9.02	9.16	9.93	9.67
T2	30.97	38.13	29.46	31.97	21.03	24.07	23.86	22.04	8.40	9.84	9.87	10.17
T3	35.73	39.11	34.12	33.96	23.49	23.19	23.59	21.45	9.18	8.76	9.69	10.29
T4	39.58	30.70	35.31	35.35	24.47	22.15	24.77	22.29	9.37	9.19	9.38	10.30
T5	33.51	35.43	33.74	31.25	22.02	21.83	23.50	20.42	8.86	9.48	10.06	10.65
T6	36.91	36.33	39.01	31.34	23.14	21.60	25.47	20.74	9.71	9.29	9.76	10.17
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV.	15.45	13.12	17.15	15.02	13.12	9.84	9.13	31.82	6.67	6.8	4.51	5.97

หมายเหตุ ปีที่ 1 = ปีพ.ศ. 2555, ปีที่ 2 = ปีพ.ศ. 2556



ภาพที่ 3 การเปลี่ยนแปลงของปริมาณไนโตรเจนรวม (ก) ปริมาณฟอสฟอรัส (ข) และโพแทสเซียม (ค) ในดินระหว่างปีเพาะปลูกปีที่ 1 และ 2

ตารางที่ 4 ดัชนีธาตุอาหารและดัชนีพืชในปี พ.ศ. 2555-2556

ตัวรับการทดลอง	ดัชนีธาตุอาหาร (NI)		ดัชนีพืช (CI)	
	ปีที่ 1	ปีที่ 2	ปีที่ 1	ปีที่ 2
T1	0.91	0.98	1.22	1.41
T2	1.09	1.15	1.47	1.42
T3	1.08	0.97	1.05	1.03
T4	1.03	1.04	0.95	0.97
T5	0.94	0.98	0.60	0.49
T6	1.05	1.01	0.71	0.67

หมายเหตุ ปีที่ 1 = ปีพ.ศ. 2555, ปีที่ 2 = ปีพ.ศ. 2556

ตารางที่ 5 หน้าหนักแห้งของต้นข้าวโพดและเมล็ดข้าวโพดในปี พ.ศ.2555-2556

ดำรับการ ทดลอง	ปีที่ 1		ปีที่ 2	
	น้ำหนักแห้ง (กก./ไร่)		น้ำหนักแห้ง (กก./ไร่)	
	ต้น	เมล็ด	ต้น	เมล็ด
T1	961.92	447.33	384.03	295.79
T2	968.27	474.18	365.62	311.68
T3	756.88	395.52	246.40	230.51
T4	668.43	383.78	225.46	227.67
T5	358.80	279.56	139.70	77.31
T6	425.87	233.62	131.12	159.61

หมายเหตุ ปีที่ 1 = ปีพ.ศ. 2555, ปีที่ 2 = ปีพ.ศ. 2556

ดัชนีธาตุอาหารในปีที่ 1 และปีที่ 2 พบว่าระบบการปลูกพืชแบบ T2 มีดัชนีธาตุอาหารเท่ากับ 1.09 และ 1.15 ตามลำดับมีแนวโน้มสูงขึ้นในปีที่สองและสูงกว่าตัวรับอื่นๆ ในขณะที่ ดัชนีธาตุอาหารปีที่ 1 ของ T3, T6 และ T4 มีค่ามากรองลงมา เท่ากับ 1.08 และ 1.05 และ 1.03 ตามลำดับ และไม่เปลี่ยนแปลงในปีที่ 2 ส่วน T1 และ T5 มีค่าดัชนีธาตุอาหารในปีที่ 1 เท่ากับ 0.91 และ 0.94 ตามลำดับ มีค่าต่ำกว่าตัวรับอื่นๆ และมีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในปีที่ 2 จะเห็นได้ว่า ระบบการปลูกพืช T2 มีค่า CI และ NI สูงกว่าตัวรับอื่นๆ ดังนั้นจึงเป็นปัจจัยที่แสดงถึงการรักษาผลผลิตและความยั่งยืนของระบบการปลูกพืชดังกล่าว สูงกว่า T1 ซึ่งเป็นการปลูกพืชเชิงเดี่ยว ถึงแม้จะมีค่าดัชนีพืชที่ไม่แตกต่างกันกับ T2 แต่เมื่อพิจารณาดัชนีธาตุอาหาร พบว่า มีค่าต่ำกว่า ซึ่งแสดงให้เห็นว่าในระยะยาว การปลูกพืชเชิงเดี่ยวจะส่งผลให้ดัชนีธาตุอาหารของระบบปลูกพืชเชิงเดี่ยวลดลงและจะส่งผลต่อผลผลิตพืชสอดคล้องกับการปลูกพืชที่มีการใช้ปุ๋ยเคมีเพียง

อย่างเดียวซึ่งไม่สามารถเพิ่มระดับธาตุอาหารในดินในระยะยาวได้ [9] และสอดคล้องกับการศึกษาการใส่ปุ๋ยเคมี (NPK) เป็นระยะ 8 ปี ไม่สามารถรักษาสภาพผลผลิตของพืชในระยะยาวได้ [25]

5.4 สหสัมพันธ์ระหว่างสมบัติดินและดัชนีพืชและดัชนีธาตุอาหาร

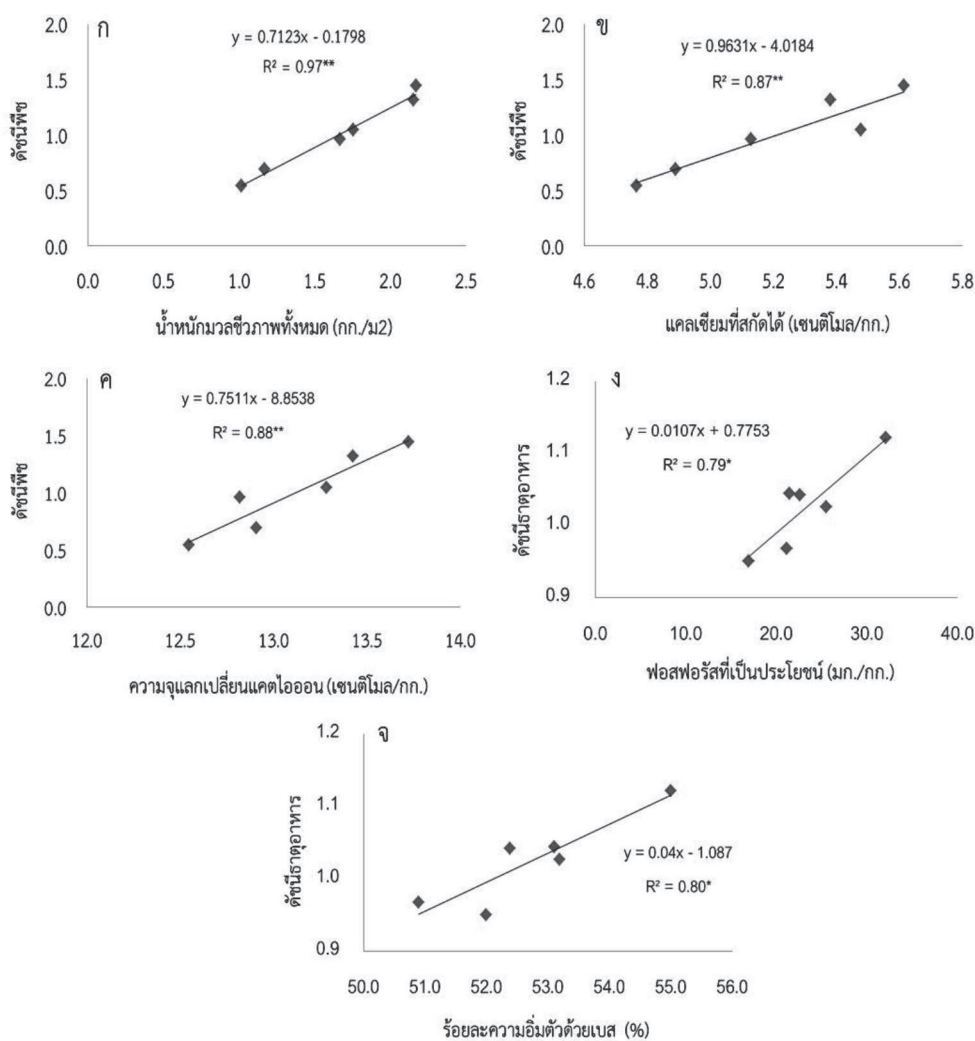
ผลการศึกษาสหสัมพันธ์ระหว่างดัชนีพืชและดัชนีธาตุอาหารกับสมบัติต่างๆ ของดิน และตัวแปรด้านการเจริญเติบโตของพืช พบว่า ดัชนีพืชมีสหสัมพันธ์เชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญกับน้ำหนักมวลชีวภาพทั้งหมด (ภาพที่ 4 ก) แคลเซียมที่สกัดได้ (ภาพที่ 4 ข) และความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน (ภาพที่ 4 ค) โดยมีสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ $r^2=0.97^{**}$, 0.87^{**} และ 0.88^{**} ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่า ค่าดัชนีพืชที่มีค่าสูงใน T2 และ T1 เป็นผลเนื่องมาจาก T2 และ T1 มีปริมาณมวลชีวภาพสูง โดยปริมาณมวลชีวภาพที่สูงขึ้นส่งผลทำให้ค่าดัชนีพืชสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ปริมาณมวลชีวภาพที่สูงขึ้นนี้ เป็นผลมาจากดินมีความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนสูง มี

ปริมาณแคลเซียมและมีเบสในดินสูง ซึ่งเบสส่วนใหญ่เป็นธาตุอาหารพืช แสดงให้เห็นว่า T2 นั้นเป็นระบบปลูกที่ส่งเสริมให้สมบัติดินเหล่านี้เป็นประโยชน์ต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของข้าวโพดสูงกว่าดำรับอื่น ๆ

เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ของดัชนีธาตุอาหาร ซึ่งเป็นตัวบ่งชี้ความอุดมสมบูรณ์ของดินกับสมบัติดินและตัวแปรอื่น ๆ พบว่า ดัชนีธาตุอาหารมีสหสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (ภาพที่ 4 ง) และร้อยละความอิ่มตัวด้วยเบส (ภาพที่ 4 จ) โดยมีสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ $r^2=0.79^*$ และ 0.80^* ตามลำดับ

ความสัมพันธ์ของดัชนีธาตุอาหารกับฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ เมื่อนำมาวิเคราะห์ความแตกต่างของปริมาณธาตุอาหารในแต่ละดำรับ พบว่า ระบบการปลูกพืชแบบ T2 มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์สูงกว่าดำรับอื่นๆ แสดงว่า ระบบการปลูกพืชแบบ T2 มี

ความสัมพันธ์กับดัชนีธาตุอาหารโดยเฉพาะธาตุฟอสฟอรัส แต่ไม่มีความสัมพันธ์กับการดูดใช้ธาตุไนโตรเจน และโพแทสเซียม แสดงให้เห็นว่า ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และปริมาณเบสที่เพิ่มสูงขึ้น เป็นตัวชี้วัดความอุดมสมบูรณ์ของการทดลองนี้และเป็นผลทำให้ดัชนีพืชสูงขึ้นด้วย โดยธาตุฟอสฟอรัสที่พืชดูดใช้ จะเก็บสะสมฟอสฟอรัสอยู่ในรูปของไฟเตต (phytate) และสามารถเก็บสะสมไว้ในส่วนของเนื้อเยื่อพืชในแวคิวโอล เมื่อพืชสร้างเมล็ด ฟอสฟอรัสที่อยู่ในแวคิวโอลจะถูกนำไปใช้[26] แสดงให้เห็นว่า T2 มีปริมาณฟอสฟอรัสเป็นประโยชน์และดัชนีธาตุอาหารในดินสูงกว่าดำรับอื่นๆ ส่งผลให้ผลผลิตของข้าวโพดมีปริมาณสูงขึ้น ทั้งนี้เนื่องจาก T2 ได้รับปุ๋ยเคมี และมีการไถพรวนแบบดั้งเดิม พืชจึงสามารถดูดใช้ธาตุอาหารได้มากกว่าดำรับอื่นๆ



ภาพที่ 4 สหสัมพันธ์ระหว่างดัชนีพืชกับน้ำหนักรวมของน้ำในดินทั้งหมด (กก./ม²) (ก), แคลเซียมที่สกัดได้ (เซนติโมล/กก.) (ข), ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน (เซนติโมล/กก.) (ค), และสหสัมพันธ์ของดัชนีธาตุอาหารกับฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (มก./กก.) (ง) และร้อยละความอืดด้วยเบส (%) (จ)

6. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

จากผลการศึกษาอิทธิพลของระบบปลูกต่อการเปลี่ยนแปลงดัชนีผลิตภาพของดินและความยั่งยืน แสดงให้เห็นว่า ระบบการปลูกพืชแซมขวางทิศทางการลาดเท มีการไถพรวนแบบดั้งเดิมและใส่ปุ๋ย (T2) ส่งผลให้การเจริญเติบโตและผลผลิตข้าวโพดสูงกว่าดำรับอื่นๆ และทำให้มีดัชนีความยั่งยืน ทั้งดัชนีพืชและดัชนีธาตุอาหารของดินสูงที่สุด แต่ไม่แตกต่างจากระบบการปลูกการปลูกข้าวโพดเชิงเดี่ยว ขวางแนวลาดเท มีการไถพรวนแบบดั้งเดิมและใส่ปุ๋ย (T1) ทั้งนี้เป็นไปได้ที่ระบบการปลูกพืชแซม ยังไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติของดินในระยะเวลานาน แต่อาจส่งผลในระยะยาวได้ ดังนั้นการปลูกข้าวโพดกับการปลูกพืชแซมจึงไม่แตกต่างกัน นอกจากนั้นดำรับ T1 และ T2 มีการไถพรวนแบบดั้งเดิมและใส่ปุ๋ย ทำให้พืชสามารถดูดใช้ธาตุอาหารได้ดีกว่าการไม่มีการไถพรวน ซึ่งเป็นการดีหากมีการนำระบบการปลูกพืชแซมเข้ามาใช้แทนการปลูกพืชเชิงเดี่ยวในพื้นที่ลาดชัน จะทำให้ดินคงผลิตภาพที่สูงและเกิดความยั่งยืน แต่ต้องมีมาตรการในการลดการกร่อนดินร่วมด้วย

ส่วนระบบการปลูกพืชแซมร่วมกับแถบกระถิน ขวางทิศทางการลาดเท มีการไถพรวนน้อยและใส่ปุ๋ย (T4) และการปลูกพืชแซมร่วมกับแถบกระถิน ขวางทิศทางการลาดเท มีการไถพรวนน้อยและไม่ใส่ปุ๋ย (T6) ทั้งสองระบบทำให้เกิดการสะสมปริมาณธาตุฟอสฟอรัสและธาตุโพแทสเซียมในดินสูงกว่าระบบการปลูกพืชแบบอื่น ๆ แต่กลับให้ผลผลิตของข้าวโพดต่ำกว่าระบบปลูกพืชเชิงเดี่ยว ซึ่งเป็นผลจากมีข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกในระบบปลูกพืชนี้ มีการดูดใช้ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมได้ต่ำ

และยังทำให้ขาดสมดุลของธาตุไนโตรเจนและฟอสฟอรัส

อย่างไรก็ตาม การจัดการดินและระบบปลูกในพื้นที่ลาดชัน เพื่อให้เกิดความยั่งยืน ควรเน้นระบบปลูกพืชที่ทำให้เกิดการกร่อนดินน้อยที่สุดควบคู่กันไปด้วย จากผลการศึกษายืนยันได้ว่า การใช้แถบพืช (แถบกระถิน) ในระบบปลูกสามารถช่วยให้มีการสะสมปริมาณธาตุฟอสฟอรัสและธาตุโพแทสเซียมในดินและลดการสูญเสียธาตุอาหารพืชไปกับตะกอนดินและน้ำไหลบ่า แต่มีข้อควรระวังในการใช้แถบพืชร่วมกับการปลูกพืชหลัก ซึ่งอาจส่งผลต่อการดูดใช้ธาตุอาหาร และทำให้ผลผลิตพืชหลักลดลงได้ ฉะนั้นหากจะนำแถบพืชมาใช้ในพื้นที่ลาดชัน จำเป็นต้องจัดการแถบกระถินและพืชแซม ไม่ให้รบกวนการดูดใช้ธาตุอาหารของพืชหลัก ซึ่งทำให้โดยเว้นระยะระหว่างแถบกระถินกับพืชปลูกให้ห่างกันมากขึ้นเพื่อลดการแย่งแย่งน้ำ แสงแดด และธาตุอาหาร และควรใส่ปุ๋ยให้กับพืชหลัก โดยเฉพาะไนโตรเจนและฟอสฟอรัส และเศษเหลือทิ้งจากการเก็บเกี่ยวพืชหลักและเศษของพืชแถบกลับสู่ดิน เพื่อให้เกิดความสมดุลของธาตุอาหารในระบบ

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากสถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (KURDI) และผู้วิจัยขอขอบคุณโครงการฟาร์มตัวอย่างตามพระราชดำริของสมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์ บำบัดน้ำท่วม อำเภอสวนผึ้ง จังหวัดราชบุรี ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้พื้นที่ในการทดลอง

บรรณานุกรม

- [1] Islam, K.R. and Weil, R.R., 2000. Land use effects on soil quality in a tropic forest ecosystem of Bangladesh. *Agric. Ecosyst. Environ.*, 79 : 9-16.
- [2] Gham, P.H. and Vance, C.P., 2000. Nitrogen fixation in perspective: an overview of research and extension needs. *Field Crops Res.*, 65 : 93-106.
- [3] Banik, P. and Sharma, R.C., 2009. Yield and resource utilization efficiency in baby corn-legume intercropping system in the eastern plateau of India. *Journal of Sustainable Agriculture*, 33 : 379-395.
- [4] Aziz, I., Mahmood, T., Raut, Y., Lewis, W., Islam, R. and Weil, R.R., 2009. Active Organic Matter as a Simple Measure of Field Soil Quality. *ASA International Meetings*, Pittsburg, PA.
- [5] Coulter, J.A., Nafziger, E.D. and Wander, M.M., 2009. Soil Organic Matter Response to Cropping System and Nitrogen Fertilization. *Agron. J.*, 101 : 592-599.
- [6] Gregorich, E.G., Carter, M.R., Angers, D.A., Monreal, C.M. and Ellert, B.H., 1994. Towards a minimum data set to assess soil organic matter quality in agricultural soils. *Canadian Soil Sci. J.*, 74 : 367-385.
- [7] Wander, M.M. and Drinkwater, L.E., 2000. Fostering soil stewardship through soil quality assessment. *Applied Soil Ecol.*, 15 : 61-73.
- [8] Brady, N.C. and Weil, R.R., 2008. *The Nature and Properties of Soil*. 14th Edition. New Jersey : Pearson.
- [9] Kang, G. S., Beri, V., Sidhu, B.S. and Rupela, O.P., 2005. A new index to assess soil quality and sustainability of wheat-based cropping systems. *Biology and Fertility of Soils*, 41 : 389-398.
- [10] ธวัชชัย จำรัสแสง, 2539. ผลกระทบของการปลูกสวนป่าต่อลักษณะดินในพื้นที่ลาดชันบริเวณดอยอ่างขาง จังหวัดเชียงใหม่. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- [11] Banik, P. and Sharma, R.C., 2009. Yield and resource utilization efficiency in baby corn-legume intercropping system in the eastern plateau of India. *Journal of Sustainable Agriculture*, 33 : 379-395
- [12] Grakam, P.H. and Vance, C.P., 2000. Nitrogen fixation in perspective : an overview of research and extension needs. *Field Crops Res.*, 65 : 93-106
- [13] Makumba, W., Akinnifesi, F.K., Janssen, B. and Oenema, O., 2007. Long-term impact of a gliricidia-maize intercropping system on carbon sequestration in southern Malawi. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 118 : 237-243.
- [14] Dahmardeh, M., Ghanbari, A., Syahsar, B.A. and Ramrodi, M., 2010. The role of intercropping maize (*Zea mays* L.) and Cowpea (*Vigna unguiculata* L.) on yield and soil chemical properties. *Afr. J. Agric. Res.*, 5 : 631-636.
- [15] Haseeb-ur, R., Ali, A., Muhammad, W., Tanveer, A., Tahir, M., Nadeem, M. A., and Zamir, M. S., 2010. Impact of Nitrogen Application on Growth and Yield of Maize (*Zea mays* L.) Grown Alone and in Combination with Cowpea (*Vigna unguiculata* L.). *American-Eurasian J. Agric. Environ. Sci.*, 7(1) : 43-47.
- [16] Kinama, J.M., Stigter, C.J., Ong, C.K., Ng'ang'a, J.K. and Gichuki, F.N., 2007. Contour Hedgerows and grass strips in erosion and runoff control on sloping land in semi-arid Kenya. *Arid Land Research & Management*, 21(1) : 1-19.
- [17] Soil Survey Staff, 2014. *Keys to Soil Taxonomy*. 12th Edition. Natural Resources Conservation Service, USDA, Washington, D.C.
- [18] National Soil Survey Center, 1996. *Soil Survey Laboratory Method Manual*. Soil Survey Investigation. Report No. 42, Version 3.0. National Resources Conservation Service, United States Department of Agriculture.
- [19] Jackson, M.L., 1965. *Soil Chemical Analysis-Advanced Course*. Department of Soils, University of Wisconsin, USA.
- [20] Murphy, J. and Riley, J.P., 1962. A modified single solution method for determination of phosphate in natural waters. *Anal. Chim. Acta.*, 27 : 31-36.

- [21] Westerman, R.L., 1990. Soil Testing and Plant Analysis. 3rd Edition. American Society of Agronomy and Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin.
- [22] Aziz, I., Ashraf, M., Mahmood, T. and Islam, K.R., 2011. Carbon Rotation Impact on soil quality. Pak. J. Bot., 43(2) : 949-960.
- [23] Imaz, M.J., Virto, I., Bescansa, P., Enrique, A., Fernandez-Ugalde, O. and Karlen, D.L., 2010. Soil quality indicator response to tillage and residue management on semi-arid Mediterranean cropland. Soil & Tillage Research, 107 : 17-25.
- [24] Dercon, G., Deckers, J., Poesen, J., Govers, G., Sánchez, H., Ramírez M., Vanegas, R., Tacuri, E., Loaiza, G., 2006. spatial variability in crop response under contour hedgerow systems in the Andes region of Ecuador. Soil & Tillage Research, 86 : 15-26.
- [25] Biswas, C.R. and Benbi, D.K., 1997. Sustainable yield trends of irrigated maize and wheat in a long-term experiment on a loamy sand in semi-arid India. Nutr Cycl. Agroecosyst., 46 : 225-234.
- [26] Kakie, T., 1969. Phosphorus fractions in tobacco plants as affected by phosphate application. Soil Sci. Plant Nutr., 15 : 81-85.