สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ๒๕๗๗

รายงานผลการวิจัย

เรื่อง อิทธิพลของปุ๋ยเคมีต่อความหลากหลายทางชีวภาพในดินและสภาพแวดล้อมที่มีอิทธิพลต่อระยะปรับเปลี่ยนในระบบเกษตรอินทรีย์

Influence of chemical fertilizers on biodiversity and environment on the length of conversion period to organic farming production

โครงการย่อยภายใต้ชุดโครงการ: การจัดการดินและธาตุอาหารพืชเพื่อลดระยะเวลาปรับเปลี่ยนสู่ระบบการผลิตแบบเกษตรอินทรีย์อย่างยั่งยืน

Soil and Plant Nutrition Management on the Reduction of Convestion Period for Sustainble Organic Farming Production

ได้รับการจัดสรรงบประมาณวิจัย ประจำปี 2559

จำนวน 249,400 บาท

หัวหน้าโครงการ นางสาววีณา นิลวงศ์

ผู้ร่วมโครงการ สุลีรัก อารักษณ์ธรรม

งานวิจัยเสร็จสิ้นสมบูรณ์

31 กรกฎาคม 2560

สารบัญ

	หน้า
สารบัญตาราง	ข
สารบัญภาพ	ง
บทคัดย่อ	1
Abstract	2
คำนำ	3
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	3
การตรวจเอกสาร	3
อุปกรณ์และวิธีการวิจัย	7
ผลและวิจารณ์การวิจัย	12
สรุปผลการวิจัย	31
ข้อเสนอแนะ	31
เอกสารอ้างอิง	32

สารบัญตาราง

		หน้า
Table 1	Soil properties of field crop soils before the study.	11
Table 2	Coefficient of correlation of soil properties, total N (%), P (mg kg^{-1}) and K (mg kg^{-1}).	28
Table 3	Coefficient of correlation of soil properties, Ca, Mg, Mn, Fe, Zn, and Cu (mg kg^{-1}).	29
Table 4	Equation to predict the changes of soil properties	30

สารบัญภาพ

		หน้า
Figure 1	Changes of soil pH	16
Figure 2	Changes of soil OM (%)	17
Figure 3	Changes of soil phosphorus (mg kg^{-1})	18
Figure 4	Changes of soil potassium (mg kg^{-1})	19
Figure 5	Changes of soil calcium (mg kg^{-1})	20
Figure 6	Changes of soil magnesium (mg kg^{-1})	21
Figure 7	Changes of soil total N (%)	22
Figure 8	Changes of soil Zn (mg kg^{-1})	23
Figure 9	Changes of soil Mn (mg kg^{-1})	24
Figure 10	Changes of soil Fe (mg kg^{-1})	25
Figure 11	Changes of soil Cu (mg kg^{-1})	26

อิทธิพลของปุ๋ยเคมีต่อความหลากหลายทางชีวภาพในดินและสภาพแวดล้อมที่มี อิทธิพลต่อระยะปรับเปลี่ยนในระบบเกษตรอินทรีย์

Influence of chemical fertilizers on biodiversity and environment on the length of conversion period to organic farming production

วีณา นิลวงศ์ และสุลีรัก อารักษ์ธรรม

Weena Nilawonk and Suleerak Arraktham

คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

บทคัดย่อ

การปรับเปลี่ยนจากระบบเกษตรทั่วไปสู่เกษตรอินทรีย์ต้องใช้ระยะปรับเปลี่ยน 12-36 เดือน เพื่อลดผลกระทบที่จะเกิดจากการตกค้างของสารพิษและปุ๋ยเคมีในดิน การตกค้างของปุ๋ยเคมีเป็นประเด็นหนึ่งที่สำคัญต่อการกำหนดระยะปรับเปลี่ยน การทดลองครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของสมบัติทางเคมีของดินในช่วงระยะเวลา 12 เดือน และสร้างสมการคาดคะเนการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น โดยได้ทำการเก็บตัวอย่างจากบริเวณแปลงปลูกพืช 3 กลุ่ม ได้แก่ พืชผัก (แปลงวิจัยสาขาพืชสวน คณะผลิตกรรมการเกษตร ม. แม่โจ้ และ บริษัทเจียไต๋ อ. หางดง จ.เชียงใหม่) พืชไร่ (แปลงวิจัยพืชไร่ สาขาพืชไร่ คณะผลิตกรรมการเกษตร ม. แม่โจ้ และสถานีวิจัยพืชไร่ จ. เชียงใหม่) และไม้ผล (แปลงลำไยเกษตรกร อ.เชียงดาว จ. เชียงใหม่) ทำการเก็บตัวอย่างดินที่ 2 ระดับความลึก คือ 0-20 และ 40-60 ซม. ในแปลงพืชผักและพืชไร่บริเวณพื้นที่แปลงปลูก ในขณะที่แปลงไม้ผลเก็บที่บริเวณขอบทรงพุ่ม ความลึก 0-20 และ 80-100 ซม. เจาะเก็บตัวอย่างแต่ละแปลงโดยวางแผนเก็บตัวอย่างแบบ RCBD (Randomized Complete Block Design) จำนวน 3 ซ้ำ ผลการทดลองพบว่ามีสมบัติทางเคมีดินบางประการที่เปลี่ยนแปลงไปน้อยมากเมื่อเวลาผ่านไป 12 เดือน ได้แก่ ความเป็นกรด-ด่าง (pH) และปริมาณอินทรียวัตถุในดิน ในขณะที่ปริมาณ Total N, P, K, Ca, Mg, Mn, Fe, และCu มีปริมาณลดลงแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยมีความสัมพันธ์อย่างสูงกับปริมาณตอนเริ่มต้นและสมบัติทางเคมีบางประการ คือ ความเป็นกรดด่าง (pH) และ %Clay ซึ่งความสัมพันธ์ดังกล่าวทำให้สามารถสร้างสมการคาดคะเนส่วนที่จะหลงเหลืออยู่ในดินได้เมื่อเวลาผ่านไป 12 เดือน ภายใต้สภาวะแวดล้อมที่ได้ทำการเก็บตัวอย่างมาศึกษาในครั้งนี้ที่มีความแม่นยำสูง

คำสำคัญ: เกษตรอินทรีย์ ระยะปรับเปลี่ยน สมบัติทางเคมีของดิน สมการคาดคะเนผลตกค้าง

Abstract

The changes from typical to organic cropping systems need 12-36 months for the conversion period to protect the effect of chemical toxic and chemical fertilizers residual in the products. The chemical fertilizers residual is the important factors which is mention to decide the conversion period. Therefore, the objectives of this study were to study and create the equation to predict the changes of some soil properties during conversion period (12 months). The study was performed 12 months during June 2016 to July 2017. The soil sampling was collected from vegetable, annual crop, and longan fields. The soil depths were 0-20 and 40-60 cm. under vegetable and annual crop field, and 0-20 and 80-100 cm. under longan fields. The sampling was collected under RCBD (Randomized Complete Block Design) experimental design with 3 replications. The result showed that the content of total N, P, K, Ca, Mg, Mn, Fe, and Cu were significantly decreased, whereas soil pH and organic matter were slightly changed. The total N, P, K, Ca, Mg, Mn, Fe, and Cu content showed significant correlation ($p < 0.01$) with initial content of all and some soil properties (pH and %Clay) that due to the creating the high precision equation to predict the residual content at 12nd month.

Keywords: Organic farming, Conversion period, Soil chemical properties, Predicting equation of residual effect

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยเรื่อง "อิทธิพลของปุ๋ยเคมีต่อความหลากหลายทางชีวภาพในดินและสภาพแวดล้อมที่มี อิทธิพลต่อระยะปรับเปลี่ยนในระบบเกษตรอินทรีย์" (Influence of chemical fertilizers on biodiversity and environment on the length of conversion period to organic farming production) ได้สำเร็จลุล่วง โดยได้รับทุนอุดหนุนการทำวิจัยจากสำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ประจำปีงบประมาณ 2559 ผู้วิจัยขอขอบคุณ หลักสูตรพืชสวน และพืชไร่ คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้, บริษัทเจียไต๋ อ.หางดง จ.เชียงใหม่ และ ศูนย์วิจัยพืชไร่ จ.เชียงใหม่ ที่อนุเคราะห์เรื่องสถานที่ และ อ.ดร. ปรีดา นาเทเวศน์ และ ผศ.ดร. เนตรนภา อินสลุด ที่ช่วยประสานงานเรื่องการใช้พื้นที่ในการดำเนินการวิจัยครั้งนี้

คำนำ

ปัจจุบันประเทศไทยในฐานะที่เป็นประเทศที่ส่งออกสินค้าเกษตรรายใหญ่ของโลก ได้มีการพยายามปรับเปลี่ยนรูปแบบการเกษตรจากที่มีการใช้สารเคมีและปุ๋ยเคมีไปเป็นระบบเกษตรอินทรีย์ เพื่อรองรับความต้องการของสินค้าเกษตรอินทรีย์ในตลาดโลก โดยประเทศไทยได้เริ่มกำหนดมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ในปี พ.ศ. 2541 ภายใต้การดำเนินงานของสำนักงานมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ (มกท.) Organic Agriculture Certificaiton Thailand (ACT) ซึ่งได้กำหนดให้เกษตรกรที่ต้องการทำการเกษตรอินทรีย์ต้องผ่าน ***ระยะปรับเปลี่ยน*** ในกรณีการผลิตพืชล้มลุก (ผัก และพืชไร่) ช่วงระยะปรับเปลี่ยน 12 เดือน ในกรณีเป็นการผลิตไม้ยืนต้นอาจใช้เวลาปรับเปลี่ยน 18 เดือน แต่ในกรณีผลิตเพื่อส่งออกไปสหภาพยุโรป พืชล้มลุกมีระยะปรับเปลี่ยน 24 เดือน และพืชยืนต้นมีระยะปรับเปลี่ยน 36 เดือน ซึ่งหลักเกณฑ์นี้ได้มีการใช้เป็นมาตรฐานในหลายประเทศทั้งในเขตอบอุ่นและเขตร้อน แต่จากสภาพแวดล้อม ภูมิอากาศและที่ตั้งของพื้นที่ที่ทำการผลิตในระบบเกษตรอินทรีย์นั้นแตกต่างกันออกไป โดยเฉพาะประเทศในเขตร้อนที่มีสภาพภูมิอากาศที่แตกต่างจากประเทศในเขตอบอุ่นค่อนข้างมาก ดังนั้นจึงมีแนวคิดว่าการสูญเสียธาตุอาหารพืชจากการใช้ปุ๋ยเคมีอาจมีการเสื่อมสลายหรือสูญหายไปจากดินได้เร็วกว่าประเทศที่มีสภาพภูมิอากาศแตกต่างกันออกไป ปัญหาดังกล่าวนำมาสู่การศึกษาถึงอิทธิพลของปุ๋ยเคมีต่อความหลายหลายทางชีวภาพในดินและสภาพแวดล้อมที่มีอิทธิพลต่อระยะปรับเปลี่ยนในระบบเกษตรอินทรีย์ เพื่อให้ได้ข้อมูลความรู้ที่ชัดเจนในการกำหนด ***ระยะปรับเปลี่ยน*** สำหรับระบบเกษตรอินทรีย์ในประเทศไทย

วัตถุประสงค์

1.เพื่อศึกษาอิทธิพลของปุ๋ยเคมีที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณของธาตุอาหารพืช และสมบัติทางเคมีบางประการของดินในช่วงระยะเวลา 1 ปี ก่อนการปรับเปลี่ยนไปสู่ระบบเกษตรอินทรีย์

2.เพื่อสร้างสมการอย่างง่ายในการคาดคะเนการเปลี่ยนแปลงของธาตุอาหารพืชและสมบัติทางเคมีบางประการ

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

สามารถคาดคะเนปริมาณการตกค้างของธาตุอาหารพืชและการเปลี่ยนแปลงสมบัติดินที่เชื่อว่าเป็นผลกระทบจากการใช้ปุ๋ยเคมีในช่วงระยะเวลาปรับเปลี่ยน โดยการวิเคราะห์สมบัติของดินบางประการ

การตรวจเอกสาร

เกษตรอินทรีย์ (Organic farming) คือ ระบบการเกษตร (Farming System) ทางเลือกที่หลีกเลี่ยงการใช้สารสังเคราะห์ไม่ว่าจะเป็นปุ๋ยเคมี สารเคมีกำจัดศัตรูพืชและฮอร์โมนต่างๆ ที่กระตุ้นการเจริญเติบโตของพืชและสัตว์ เน้นการใช้อินทรียวัตถุ เช่น ปุ๋ยคอก ปุ๋ยหมัก ปุ๋ยพืชสดและปุ๋ยชีวภาพ

ในการปรับปรุงดิน เพราะฉะนั้นถ้าเกษตรกรที่เคยทำการผลิตพืชโดยใช้ปุ๋ยเคมีติดต่อเป็นเวลานาน ต้องการเปลี่ยนไปสู่ระบบเกษตรอินทรีย์ อาจต้องอาศัยระยะเวลาปรับเปลี่ยนตั้งแต่ 12-36 เดือน เพื่อไม่ให้มีการตกค้างของปุ๋ยเคมีที่จะส่งผลกระทบต่อการทำการเกษตรอินทรีย์ในอนาคต ซึ่งในช่วงนี้เกษตรกรสามารถทำการเพาะปลูกหรือทำการผลิตได้ตามปกติ แต่จะต้องเป็นไปตามข้อกำหนดของมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ และผลผลิตที่ได้ก็ไม่สามารถใช้ตรารับรองมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ได้ แต่ในประเทศไทยซึ่งมีสภาวะแวดล้อมที่ส่งผลต่อการสูญเสียธาตุอาหารพืชส่วนใหญ่ไปอย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะปัจจัยทางด้านอุณหภูมิที่สูงขึ้นในแต่ละปี และปริมาณน้ำฝนในช่วงฤดูฝน ซึ่งปัจจัยเหล่านี้น่าจะส่งผลให้ระยะเวลาในการปรับเปลี่ยนไปสู่เกษตรอินทรีย์สั้นกว่าในพื้นที่หรือประเทศต่างๆที่อยู่ในสภาวะแวดล้อมที่แตกต่างออกไป ดังนั้นจึงได้มีแนวคิดที่จะศึกษาถึงผลกระทบที่เกิดจากปุ๋ยเคมีต่อการเปลี่ยนแปลงของธาตุอาหารพืชและความหลากหลายทางชีวภาพในระยะเวลาประมาณ 1 ปี เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาใช้พิจารณาถึงระยะเวลาที่เหมาะสมสำหรับการปรับเปลี่ยนสู่ระบบเกษตรอินทรีย์ในดินในประเทศไทย

เกษตรอินทรีย์เป็นระบบการผลิตทางการเกษตรทางเลือกที่หลีกเลี่ยงการใช้สารสังเคราะห์ไม่ว่าจะเป็นปุ๋ยเคมี สารเคมีกำจัดศัตรูพืชและฮอร์โมนต่างๆ ที่กระตุ้นการเจริญเติบโตของพืชและสัตว์ ตลอดจนไม่ใช้พืชหรือสัตว์ที่เกิดจากการตัดต่อทางพันธุกรรมที่อาจเกิดมลพิษในในสภาพแวดล้อม เน้นการใช้อินทรียวัตถุ เช่น ปุ๋ยคอก ปุ๋ยหมัก ปุ๋ยพืชสด และปุ๋ยชีวภาพในการปรับปรุงดินให้มีความอุดมสมบูรณ์ การปลูกพืชหมุนเวียน รวมทั้งใช้หลักการควบคุมศัตรูพืชโดยชีวภาพ และเน้นการรักษาความอุดมสมบูรณ์ของดิน (Wookey, 1987) คำนิยามเกี่ยวกับเกษตรอินทรีย์ที่ได้รับการยอมรับกันแพร่หลาย ได้แก่ คำนิยามของสหพันธ์เกษตรอินทรีย์นานาชาติ (International Federation of Organic Agriculture Movements; IFOAM) ซึ่งได้ให้ความหมายของเกษตรอินทรีย์ไว้ว่า “ระบบเกษตรที่ผลิตอาหารและเส้นใยด้วยความยั่งยืนทางสิ่งแวดล้อม สังคมและเศรษฐกิจ โดยเน้นที่หลักการปรับปรุงดิน การเคารพต่อศักยภาพทางธรรมชาติของพืช สัตว์ และนิเวศการเกษตร เกษตรอินทรีย์จึงลดการใช้ปัจจัยการผลิตจากภายนอก และหลีกเลี่ยงการใช้สารเคมีสังเคราะห์ เช่น ปุ๋ย สารกำจัดศัตรูพืช และเวชภัณฑ์สำหรับสัตว์ แต่ในขณะเดียวกันก็พยายามประยุกต์ใช้ธรรมชาติในการเพิ่มผลผลิต และพัฒนาความต้านทานต่อโรคของพืช และสัตว์เลี้ยง” (อานัฐ, 2548)

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อินทรีย์จะต้องได้รับการตรวจสอบรับรองจากองค์กรหรือหน่วยงานที่เชื่อถือได้ โดยผ่านการตรวจรับรองมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ ซึ่งคลอบคลุมตั้งแต่การผลิต การจัดการ การบรรจุผลิตภัณฑ์ และการขนส่งแบบครบวงจรและผลิตภัณฑ์ก่อนถึงมือผู้บริโภค ประเทศไทยในฐานะที่เป็นประเทศที่ส่งออกสินค้าเกษตรรายใหญ่ของโลก จึงต้องมีการปรับเปลี่ยนรูปแบบการเกษตรจากที่มีการใช้สารเคมีและปุ๋ยเคมีมานาน เพื่อรองรับความต้องการของสินค้าเกษตรอินทรีย์ในตลาดโลก โดยประเทศไทยได้เริ่มกำหนดมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ในปี พ.ศ. 2541 ภายใต้การดำเนินงานของสำนักงานมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ (มกท.) Organic Agriculture Certificaiton Thailand (ACT) ซึ่งได้กำหนดให้เกษตรกรต้องผ่าน ***ระยะปรับเปลี่ยน*** ซึ่งผู้ผลิตต้องปฏิบัติตาม ในกรณีการผลิตพืชล้มลุก (ผัก

และพืชไร่) ช่วงระยะปรับเปลี่ยน 12 เดือน ในกรณีเป็นการผลิตไม้ยืนต้นอาจใช้เวลาปรับเปลี่ยน 18 เดือน แต่ในกรณีผลิตเพื่อส่งออกไปสหภาพยุโรป พืชล้มลุกมีระยะปรับเปลี่ยน 24 เดือน และพืชยืนต้นมีระยะปรับเปลี่ยน 36 เดือน (สำนักงานมาตรฐานเกษตรอินทรีย์, 2555)

ระยะปรับเปลี่ยนที่นานตั้งแต่ 24-36 เดือน ใช้เพื่อเป็นตัวชี้วัดถึงการที่ไม่มีผลกระทบจากการตกค้างของสารเคมี หรือปุ๋ยเคมีในดิน แต่ในประเทศไทยซึ่งมีสภาพแวดล้อมที่เอื้อต่อการสูญเสียไปของธาตุอาหารพืชในดินที่ได้รับจากการใส่ปุ๋ยเคมี อาจทำให้มีการสูญเสียของธาตุอาหารพืชไปในระยะเวลาที่สั้นกว่า อุณหภูมิโดยเฉลี่ยของประเทศไทยประมาณ 27 ^{0}C แต่จะมีอุณหภูมิค่อนข้างสูงในช่วงฤดูร้อนตั้งแต่กลางเดือนกุมภาพันธ์ ถึงกลางเดือนพฤษภาคม โดยเฉลี่ยประมาณ 35-40 ^{0}C ในขณะที่ปริมาณน้ำฝนโดยเฉลี่ย (ระหว่างปี 2503-2546) ประมาณ 1,618 มิลลิเมตรต่อปี (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2555) ซึ่งปัจจัยต่างๆ เหล่านี้ล้วนแต่เป็นตัวเร่งให้มีการสูญเสียธาตุอาหารพืชไปจากดินอย่างรวดเร็ว

ไนโตรเจน (N) ในดิน สามารถสูญเสียไปจากดินได้โดยหลายกระบวนการด้วยกัน อาจจะเกิดจากไนโตรเจนที่อยู่ในรูปของไนเตรท (NO_3^-) ถูกชะล้าง (Leaching) หรือถูกพัดพาโดยการกัดกร่อนของดิน (Erosion) และการไหลบ่าบนผิวหน้าดิน (Run off) โดยน้ำฝน หรือสูญเสียโดยผ่านกระบวนการดีไนตริฟิเคชั่น (Denitrification) และกระบวนการระเหย (Volatilization) ซึ่งถูกเร่งโดยอุณหภูมิที่สูงของดิน (ดังรูปที่ 1) นอกจากนี้ N ยังถูกปลดปล่อยออกมาจากอินทรียวัตถุที่มีอยู่ในดินด้วยอัตราเร็วและปริมาณที่แตกต่างกันออกไปโดยขึ้นอยู่กับชนิดของอินทรียวัตถุ (นงลักษณ์ และวีณา, 2557) หรือบางส่วนเกิดขึ้นเนื่องจากกิจกรรมของสิ่งมีชีวิตในดิน เช่น ไส้เดือน ซึ่งทำให้เกิดขุยไส้เดือนดินที่มี N อยู่ในรูปที่พืชพร้อมใช้ แต่จะสูญเสียไปจากดินอย่างรวดเร็ว (วีณา, 2556, 2557) อาจโดยการชะล้างหรือการนำกลับไปใช้โดยสิ่งมีชีวิตในดินประเภทอื่นๆ เช่น จุลินทรีย์ดิน

ฟอสฟอรัสในดินสามารถสูญเสียไปจากดินโดยการตรึง โดยเฉพาะในดินที่เป็นกรดซึ่งเป็นลักษณะดินที่พบมากในประเทศไทย เมื่อมีการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสลงดิน ส่วนฟอสเฟตที่ละลายน้ำได้ง่ายจะทำปฏิกิริยากับแร่ธาตุต่างๆ ในดินอย่างรวดเร็ว เกิดเป็นสารประกอบต่างๆ ส่วนฟอสเฟตที่ละลายน้ำได้ง่ายจะทำปฏิกิริยากับแร่ธาตุต่างๆในดินอย่างรวดเร็ว เกิดเป็นสารประกอบที่ลายน้ำยาก ซึ่งไม่สามารถเอาไปใช้ได้หรืออาจใช้ได้น้อย (Phosphate fixation) ซึ่งขึ้นอยู่กับสภาพดิน (Barrow, 1974) ฟอสเฟตอาจถูกตรึงถึง 80-90% อยู่ในดิน สารประกอบที่เกิดขึ้นจากการตกตะกอน (Precipitation) ส่วนใหญ่จะอยู่ใน Octa-cacium phosphate, Hydroxyl apatite และ Variscite หรืออาจเกิดเป็นสารประกอบ $CaNH_4PO_4.H_2O$ มีการศึกษาพบว่าการสะสมของ cacium phosphate, Hydroxyl apatite, Variscite และ $CaNH_4PO_4.H_2O$ อยู่บนอนุภาคทราย (Sanchez, 2007) ซึ่งสามารถถูก leaching ได้ง่าย ในส่วนของโพแทสเซียมสามารถสูญเสียไปได้ง่ายโดยการชะล้างเฉพาะในดินเนื้อหยาบ การสูญเสีย K จากการกร่อนของดินโดยน้ำกัดเซาะสามารถมีมากถึง 150 กก. ต่อเฮกตาร์ ในพื้นที่เพาะปลูกในสหรัฐ (เขตร้อนชื้น) และ 233 กก. ต่อเฮกตาร์ในดินป่าไม้บนที่สูงชันที่ถูกแผ้วถางเพื่อทำการเกษตร การสูญเสียโพแทสเซียมในน้ำไหลบ่าในพื้นที่ลูกคลื่นที่มีการปลูกอ้อยในเขต อ.เขาสวนกวาง พบว่ามีการสูญเสียโพแทสเซียมในน้ำไหลบ่ามากกว่าในตะกอนดิน โดยมีการสูญเสียโพแทสเซียมในน้ำไหลบ่าประมาณ ;8 กก.ต่อเฮกตาร์

ในขณะที่สูญเสียโพแทสเซียมในตะกอนดิน 2.2 กก.ต่อเฮกตาร์ (ปัทมาและวิทยา, 2547) นอกจากนี้ K ยังเปลี่ยนไปอยู่ในรูปที่ไม่เป็นประโยชน์ต่อพืชเมื่อถึงตรึงด้วยแร่ดินเหนียวกลุ่มสเมกไทต์ (ชนิด 2:1) (Nilawonk *et al.*, 2007, 2010)

อินทรียวัตถุในดิน (Organic Matter)

อินทรียวัตถุในดินมีการเปลี่ยนแปลงที่เป็นผลจากการใช้ปุ๋ยเคมี ซึ่งมีการศึกษาผลจากการใช้ปุ๋ยเคมีและซากพืชต่อผลผลิตของข้าวโพดและอินทรียวัตถุในดินในประเทศจีนตั้งแต่ปี 1981-2005 พบว่าผลผลิตของข้าวโพดเพิ่มขึ้นเมื่อมีการใส่ปุ๋ยมากขึ้น และการไม่ใช้ปุ๋ยเคมีทำให้มีผลผลิตของข้าวโพดและอินทรียวัตถุในดินลดลงแต่ะการใช้ตอซังข้าวโพดสามารถรักษาระดับผลผลิตและปริมาณอินทรียวัตถุในดินให้คงที่ ในขณะที่การใช้ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียวทำให้ปริมาณอินทรียวัตถุในดินลดลง (Yang *et al.*, 2012)

โลหะหนัก

การสะสมโลหะหนักในดินเป็นอีกปัญหาหนึ่งที่พบจากการใช้ปุ๋ยเคมีติดต่อกันเป็นระยะเวลานาน การสะสมของโลหะหนักในดินบางส่วนอาจมาจากปุ๋ยอินทรีย์ การผุพังของวัตถุต้นกำเนิดดินหรือกระบวนการในอุตสาหกรรมต่างๆ ได้มีการศึกษาผลตกค้างระยะยาวจากการใช้ปุ๋ยเคมีชนิดต่างๆต่อการสะสมของโลหะหนักและการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีของดิน โดยการศึกษาปริมาณโลหะหนักเทียม (pseudo-metal) และโลหะหนักที่สามารถเคลื่อนที่ได้ในดินที่ใช้ปลูกพืชหลังจากการใช้ปุ๋ยเคมีติดต่อกันเป็นเวลา 14 ปี และศึกษาผลตกค้างของปุ๋ยเคมีหลังจากหยุดการใช้ปุ๋ยเคมีไปแล้ว 8 ปี ในประเทศเยอรมณี ระหว่างการศึกษาพบว่าการใช้ปุ๋ยเคมีทำให้ pH ของดินลดลงอย่างมีนัยสำคัญ และมีการเพิ่มขึ้นของคาร์บอนในดินและความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดิน (CEC) ผลการทดลองครั้งนี้ชี้ชัดว่าการใช้ปุ๋ยเคมี (N, P, NP, และ NPK) ติดต่อกันเป็นระยะเวลา 14 ปี ทำให้มีปริมาณโลหะหนักเทียม (Cd, Cu, Mn, Pb, Zn) เพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับตำรับควบคุม ในขณะที่เมื่อหยุดการใช้ปุ๋ยเคมีไปแล้ว 8 ปี พบว่ามีการลดลงของปริมาณ Cd, Cu, Mn, Pb และ Zn ถึง 82.6, 54.2, 48.5, 74.4, และ 56.9% ตามลำดับ (Czarnecki and During, 2014)

การฟื้นฟูดินที่เสื่อมโทรมจากผลตกค้างของปุ๋ยเคมี

การฟื้นฟูดินเสื่อมโทรมที่เกิดจากการใช้ปุ๋ยเคมีติดต่อกันเป็นระยะเวลานานโดยการใช้วัสดุปรับปรุงดินชนิดต่างๆ มีการศึกษาผลระยะยาวของการใช้สารอินทรีย์ปรับปรุงดินต่อความอุดมสมบูรณ์ของดินโดยมุ่งศึกษาถึงการลดลงของอินทรียวัตถุในดินที่เป็นปัจจัยหลักที่ทำให้ดินเสื่อมโทรมในประเทศอิตาลี โดยการนำของเสียอินทรีย์จากโรงงานอุตสาหกรรมมาใช้ในการปรับปรุงดิน การศึกษาพบว่าการนำปุ๋ยอินทรีย์มาเพิ่มเติมในพื้นที่การเกษตรสามารถเพิ่มคาร์บอนชีวมวล (microbial biomass carbon) ถึง 100% และเพิ่มการสร้างเอมไซม์ 30% เมื่อมีการใช้กากตะกอน ในขณะที่การใช้วัสดุอินทรีย์ปรับปรุงดินยังเพิ่มอินทรีย์คาร์บอนในดิน 90% ในดินที่ไม่มีการใช้ปุ๋ยเคมีและเพิ่มเป็น 100% ในดินที่มีการใช้ปุ๋ยเคมี ในขณะที่การเพิ่มปุ๋ยหมักทำให้สมบัติทางฟิสิกส์ของดินดีขึ้น ได้แก่ การเพิ่มความคงทนของเม็ดดิน (soil aggregate stability) และลดความหนาแน่นรวมของดิน จากการศึกษายังพบว่าการใช้

วัสดุอินทรีย์ปรับปรุงดินทำให้ปุ๋ย N มีอัตราการปลดปล่อยลดลง ซึ่งผลผลิตเพิ่มขึ้น 250% เมื่อมีการใช้ปุ๋ยหมักที่ผลิตจากของเสีย ในขณะที่ผลตกค้างจากโลหะหนักไม่สามารถยืนยันเป็นที่แน่ชัดได้จากการใช้วัสดุปรับปรุงดินดังกล่าว (Diacono and Montermurro, 2010)

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของธาตุอาหารพืช ได้แก่ ไนโตรเจนทั้งหมดในดิน (Total-N) ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (Available P) โพแทสเซียมที่สกัดได้ (Extractable K) และสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์บางประการของดิน ได้แก่ ความเป็นกรดด่าง (pH) และปริมาณอินทรียวัตถุในดิน (Organic matter) ที่เป็นผลจากการใส่ปุ๋ยเคมีชนิดต่างๆ โดยวางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Designs (CRD) จำนวน 3 ซ้ำ ทำการศึกษาในพื้นที่แปลงเกษตรกรในจังหวัดเชียงใหม่ จำนวน 6 แปลง ได้แก่ พื้นที่ปลูกพืชไร่ 2 แปลง คือ แปลงวิจัยพืชไร่ สาขาพืชไร่ มหาวิทยาลัยแม่โจ้และแปลงวิจัยถั่วเหลือง ศูนย์วิจัยพืชไร่ จ.เชียงใหม่ พื้นที่ปลูกพืชผัก 2 แปลง คือ แปลงวิจัยพืชผัก สาขาพืชผัก มหาวิทยาลัยแม่โจ้และแปลงพัฒนาพันธุ์ผักบริษัทเจียไต๋ อ.หางดงแปลงปลูกพืชสวน 2 แปลง คือ แปลงลำไยของเกษตรกรในพื้นที่ อ.เชียงดาว ที่ระดับความลึก 0-20 และ 80-100 ซม. สำหรับพื้นที่ที่ปลูกพืชผักและพืชไร่เก็บที่ความลึก 0-20 และ 40-60 ซม. การกำหนดระดับความลึกของการเก็บตัวอย่างดินพิจารณาจากความลึกของรากพืช

2) การเก็บและวิเคราะห์ตัวอย่างดิน

- เก็บตัวอย่างดินตามระยะเวลาที่กำหนดโดยเริ่มตั้งแต่ 0, 2, 4, 6, 8 และ 12 เดือน เพื่อวิเคราะห์สมบัติดินตามที่กำหนด โดยใช้ Soil tube ซึ่งมีสเกลบอกความลึกเจาะลงไปในถังเก็บตัวอย่างดินขึ้นมา สำหรับแปลงลำไยได้มีการเก็บตัวอย่างดินที่บริเวณทรงพุ่มซึ่งเป็นแถบที่เกษตรกรใส่ปุ๋ยลงไป ตัวอย่างดินที่ได้จะถูกนำไปวางให้ดินแห้ง บดและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 และ 0.5 มม. เพื่อวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดิน (พัชรี, 2550) ได้แก่
  - อนินทรีย์ไนโตรเจน (NH_4^+-N, NO_3^--N) วิเคราะห์โดยการสกัดด้วย 2 *M* KCl แล้วนำไปกลั่นหา NH_4^+-N และ NO_3^--N โดยการกลั่นกับ MgO และ Devarda's alloy
  - ไนโตรเจนทั้งหมด (Total N) โดยการย่อยด้วย conc. H_2SO_4
  - ฟอสฟอรัส (P) วิเคราะห์โดยการสกัดด้วย Bray II แล้วนำไปพัฒนาสีโดยวิธีของ Murphy-Riley และอ่านค่าด้วย Spectrophotometer
  - โพแทสเซียม (K) สกัดโดยใช้ 1 *N* NH_4OAc pH 7 และนำไปตรวจวัดด้วย Atomic Absorption Spectrophotometer
  - ความเป็นกรดด่าง (pH) วัดโดยใช้อัตราส่วนดิน:น้ำ = 1:1
  - อินทรียวัตถุ (OM) วิเคราะห์โดยวิธี Walkley&Black
  - แมงกานีส (Mn) เหล็ก (Fe) สังกะสี (Zn) ทองแดง (Cu) วิเคราะห์โดยวิธีการ

สกัดด้วยน้ำยา Diethylene Triaminepenta Acetic Acid (DTPA)

2) การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์วิเคราะห์ความแตกต่างของสมบัติดินก่อนการทดลองและเมื่อเวลาผ่านไประยะต่างๆ โดยวิธี LSD (Least Significant Difference) วิเคราะห์ความสัมพันธ์ (Correlation) และ Multiple linear regression โดยใช้โปรแกรม IBM SPSS statistics 24

รายละเอียดและประวัติการใช้ที่ดินของพื้นที่ที่เก็บตัวอย่างดิน

1. **ชุดดินสันทราย;** พื้นที่แปลงทดลองพืชไร่ (Field crop 1) แปลงทดลองสาขาพืชผัก (Vegetable 1) คณะผลิตกรรมการเกษตร ม.แม่โจ้ และ แปลงทดลองพืชไร่ (Field crop 2) สถานีวิจัยพืชไร่ จ. เชียงใหม่

ลักษณะทั่วไปของชุดดินสันทราย (กรมพัฒนาที่ดิน, 2560)

การจำแนกดิน: Coarse-loamy, siliceous, subactive, isohyperthermic Aeric Endoaqualfs

การกำเนิด: เกิดจากตะกอนน้ำพาบริเวณตะพักลำน้ำ และที่ราบระหว่างเขา

สภาพพื้นที่: ราบเรียบถึงค่อนข้างราบเรียบ ความลาดชัน 0-2 %

การระบายน้ำ: ค่อนข้างเลว

การไหลบ่าของน้ำบนผิวดิน: ช้า

การซึมผ่านได้ของน้ำ: ช้า

พืชพรรณธรรมชาติและการใช้ประโยชน์ที่ดิน: นาข้าว อาจใช้ปลูกพืชไร่ เช่น ข้าวโพด ถั่ว หรือ พืชผัก: ก่อนหรือหลังปลูกข้าว

การแพร่กระจาย: พบมากบริเวณภาคเหนือตอนบน

การจัดเรียงชั้นดิน: Apg-Btg

ลักษณะและสมบัติดิน: เป็นดินลึกมาก ดินบนเป็นดินร่วนปนทราย หรือดินทรายปนดินร่วน สีน้ำตาลปนเทาหรือสีน้ำตาลปนเทาเข้ม มีจุดประสีน้ำตาลปนเหลืองหรือสีน้ำตาลแก่ ปฏิกิริยาดินเป็นกรดจัดมากถึงเป็นกลาง (pH 5.0-7.0) ดินล่างเป็นดินร่วนปนทรายถึงดินร่วนเหนียวปนทราย สีเทา สีเทาอ่อนหรือสีเทาปนชมพู มีจุดประสีน้ำตาลปนเหลืองหรือสีน้ำตาลแก่ ปฏิกิริยาดินเป็นกรดปานกลางถึงเป็นด่างปานกลาง (pH 6.0-8.0) อาจพบศิลาแลงอ่อนสีแดงบ้างเล็กน้อย

ความลึก (ซม.)	อินทรียวัตถุ	ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน	ความอิ่มตัวเบส	ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์	โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์	ความอุดมสมบูรณ์ของดิน
0-25	ต่ำ	ต่ำ	ปานกลาง	ต่ำ	ต่ำ	ต่ำ
25-50	ต่ำ	ต่ำ	ปานกลาง	ต่ำ	ต่ำ	ต่ำ
50-100	ต่ำ	ต่ำ	ปานกลาง	ต่ำ	ต่ำ	ต่ำ

ประวัติการใช้ที่ดิน

- แปลงพืชไร่ ม. แม่โจ้ มีการใช้ที่ดินย้อนหลัง 6 ปี เพื่อการปลูกถั่วเหลืองและเปลี่ยนมาปลูกข้าว 2 ปีหลังจนถึง ปัจจุบัน ปุ๋ยที่ใช้ได้แก่ 46-0-0, 16-20-0
- แปลงสถานีวิจัยพืชไร่ จ. เชียงใหม่ มีการปลูกพืชหมุนเวียนตลอด 10 ปีที่ผ่านมา ได้แก่ ข้าว ข้าวโพด และถั่วเหลือง ปุ๋ยที่ใช้ได้แก่ 46-0-0, 16-20-0, 15-15-15

2. ชุดดินหางดง; แปลงพัฒนาพันธุ์พืชบริษัทเจียไต๋ อ.หางดง จ.เชียงใหม่

ลักษณะทั่วไปของชุดดินหางดง

การจำแนกดิน Fine, mixed, semiactive, isohyperthermic Typic Endoaqualfs
การกำเนิด เกิดจากตะกอนน้ำพาบริเวณตะพักลำน้ำหรือที่ราบระหว่างเขา
สภาพพื้นที่ ราบเรียบถึงค่อนข้างราบเรียบ ความลาดชัน 0-2 %
การระบายน้ำ เลว
การไหลบ่าของน้ำบนผิวดิน ช้า
การซึมผ่านได้ของน้ำ ช้า
พืชพรรณธรรมชาติและการใช้ประโยชน์ที่ดิน นาข้าว อาจใช้ปลูกพืชไร่ เช่น ข้าวโพด ถั่ว หรือพืชผัก ก่อนหรือหลังปลูกข้าว
การแพร่กระจาย พบมากในภาคเหนือ
การจัดเรียงชั้นดิน Apg-Btg
ลักษณะและสมบัติดิน เป็นดินลึกมาก ดินบนเป็นดินร่วนปนดินเหนียวหรือดินร่วนเหนียวปนทรายแป้ง สีเทาถึงสีเทาเข้ม มีจุดประสีน้ำตาลปนเหลืองหรือสีน้ำตาลแก่ ปฏิกิริยาดินเป็นกรดจัดถึงเป็นกรดเล็กน้อย (pH 5.5-6.5) ดินล่างเป็นดินเหนียวหรือดินเหนียวปนทรายแป้ง สีเทา มีจุดประสีน้ำตาลปนเหลืองหรือสีน้ำตาลแก่ ปฏิกิริยาดินเป็นกรดเล็กน้อยถึงเป็นด่างปานกลาง (pH 6.5-8.0)

ความลึก (ซม.)	อินทรียวัตถุ	ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน	ความอิ่มตัวเบส	ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์	โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์	ความอุดมสมบูรณ์ของดิน
0-25	ปานกลาง	ปานกลาง	ปานกลาง	ปานกลาง	ปานกลาง	ปานกลาง
25-50	ต่ำ	ปานกลาง	ปานกลาง	ต่ำ	ปานกลาง	ปานกลาง
50-100	ต่ำ	ปานกลาง	สูง	ต่ำ	ปานกลาง	ปานกลาง

ประวัติการใช้ที่ดิน

- ทำการปลูกพืชผักและพืชไร่ชนิดต่างๆ หมุนเวียนในแปลง เช่น มะเขือเทศ พริก ข้าวโพด

3. **ชุดดินแม่แตง**; แปลงลำไย ของเกษตรกร อ.เชียงดาว จ.เชียงใหม่

ลักษณะทั่วไปของชุดดินแม่แตง

การจัดเรียงชั้นดินAp(A)-Bt ลักษณะและสมบัติดิน เป็นดินลึกมาก ดินบนเป็นดินร่วนปนทรายถึงดินร่วนเหนียวปนทราย สี น้ำตาลปนแดงเข้ม ปฏิกิริยาดินเป็นกรดจัดถึงเป็นกรดเล็กน้อย (pH 5.5-6.5) ดินล่างเป็นดินเหนียว สีแดงเข้มถึงสีแดง ปฏิกิริยาดินเป็นกรดจัดมากถึงเป็นกรดจัด (pH 4.5-5.5)

ความลึก (ซม.)	อินทรียวัตถุ	ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน	ความอิ่มตัวเบส	ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์	โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์	ความอุดมสมบูรณ์ของดิน
0-25	ต่ำ	ต่ำ	ต่ำ	ต่ำ	สูง	ต่ำ
25-50	ต่ำ	ต่ำ	ต่ำ	ต่ำ	สูง	ต่ำ
50-100	ต่ำ	ต่ำ	ต่ำ	ต่ำ	ปานกลาง	ต่ำ

ประวัติการใช้ที่ดิน

- ทำการปลูกลำไยมาตลอด 10 ปี ย้อนหลัง มีการใส่ปุ๋ยเคมีติดต่อกันมาตลอดโดยสูตรปุ๋ยที่ใช้ ได้แก่ สูตร 13-13-21 อัตรา 1-3 กก.ต่อต้น ระยะติดช่อดอก สูตร 15-15-15 อัตรา สูตร 9-9-24 อัตรา 1-2 กก. ต่อต้นเพื่อบำรุงต้นหลังการเก็บเกี่ยวและตัดแต่ง

ผลวิเคราะห์สมบัติของดินที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ดัง Table 1

สถานที่ทำการทดลอง

พื้นที่แปลงวิจัย (สาขาพืชผักและพืชไร่) มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ศูนย์วิจัยพืชไร่ จ.เชียงใหม่ แปลงลำไยของเกษตรกรในพื้นที่ อ.เชียงดาว และแปลงพัฒนาพันธุ์พืชบริษัทเจียไต๋ อ.หางดง

ระยะเวลาการทดลอง

เดือนมิถุนายน 2559 – กรกฎาคม 2560

พืชไร่ (Field crop)

Table 1 Soil properties of field crop soils before the study.

Soil	pH	OM (%)	Total N (%)	Avail. P	Exch. K	Texture		
						sand	silt	clay
				mg kg^{-1}			%	
Agronomy division field, MJU (Field crop 1)								
0-20 cm.	6.85	0.81	0.08	61	502	41.5	46.0	12.5
40-60 cm.	7.69	0.31	0.04	45	211	45.5	38.0	16.5
Chiangmai field crop research center (Field crop 2)								
0-20 cm.	7.52	0.69	0.06	85	348	51.5	38.0	10.5
40-60 cm	7.51	0.23	0.05	18	231	45.5	38.0	16.5
MJU field (Vegetable 1)								
0-20 cm.	8.14	0.57	0.076	252	753	49.5	36.0	14.5
40-60 cm.	7.88	0.67	0.033	13	327	39.5	34.0	26.5
Jiatai field (Vegetable 2)								
0-20 cm.	6.37	1.05	0.108	68	447	33.5	38.0	28.5
40-60 cm	6.14	0.92	0.061	57	421	53.5	22.0	24.5
Longan soil (Fruit)								
0-20 cm.	5.07	2.43	0.092	3.5	223	19.5	26.0	54.5
80-100 cm.	4.73	0.91	0.087	3.3	404	33.5	34.0	32.5

ผลและวิจารณ์การวิจัย

การเปลี่ยนแปลงของสมบัติทางเคมีและปริมาณธาตุอาหารพืชในดิน

จากผลการวิเคราะห์พบว่าการเปลี่ยนแปลงของความเป็นกรดด่าง ปริมาณอินทรียวัตถุ และปริมาณธาตุอาหารพืชมีการเปลี่ยนแปลงแตกต่างกันไปเมื่อเวลาผ่านไป 12 เดือน

- *ความเป็นกรดด่าง (pH)*

จากผลการทดลองพบว่าค่า pH ของดินทั้ง 5 แปลงการทดลอง ในทั้งดินบนและดินล่าง มีการเปลี่ยนแปลงน้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับค่าวิเคราะห์ดินตอนเริ่มต้นการทดลอง (Figure 1) โดยเฉลี่ยค่า pH ของทั้ง 5 แปลงมีการเปลี่ยนแปลงไม่เกิน 0.5 หน่วย ซึ่งดินในแปลงพืชไร่ทั้ง 2 แปลง มีค่า pH 6.85-7.78 จัดว่ามีความเป็นกลางถึงเป็นด่างอย่างอ่อน ในขณะที่แปลงพืช 1 ผักมีค่า pH 7.81-8.16 ซึ่งอยู่ในระดับเป็นด่างปานกลาง ส่วนของแปลงพืชผัก 2 มีค่า pH อยู่ในช่วง 6.24-6.76 ดินอยู่ในระดับเป็นกรดเล็กน้อย ในขณะที่ดินจากแปลงไม้ผลมีค่า pH ต่ำสุด คือ 4.64-5.07 อยู่ในระดับเป็นกรดจัด ดังนั้นจากผลการทดลองชี้ให้เห็นว่าความเป็นกรดด่างของดินมีการเปลี่ยนแปลงน้อยมากในช่วงระยะเวลา 1 ปี ทั้งในดินบนและดินล่าง หรือแทบจะไม่มีการเปลี่ยนแปลงเลย ซึ่งแสดงให้เห็นว่าปัจจัยแวดล้อมต่างๆ ในช่วง 1 ปี มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่า pH ของดินหลังจากหยุดการใช้ปุ๋ยเคมีในแปลงทดลองทั้ง 5 แปลงค่อนข้างน้อย

- *อินทรียวัตถุในดิน (Organic matter)*

จากผลการทดลองพบว่าการเปลี่ยนแปลงของปริมาณอินทรียวัตถุในดินทั้ง 5 แปลงทดลองเมื่อเวลาผ่านไป 12 เดือน มีการเปลี่ยนแปลงค่อนข้างน้อย (Figure 2) โดยปริมาณอินทรียวัตถุในดินทั้ง 5 แปลงมีแนวโน้มลดลงในทั้งดินบนและดินล่าง ซึ่งการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวมีไม่เกิน 1% ของปริมาณอินทรียวัตถุและการเปลี่ยนแปลงในดินบนจะเห็นชัดเจนกว่าดินล่างโดยเฉพาะในแปลงไม้ผลมีการลดลงของอินทรียวัตถุมากที่สุดในดินบน จาก 2.43% ไปเป็น 1.36% เมื่อเวลาผ่านไป 12 เดือน โดยการเปลี่ยนแปลงค่อนข้างคงที่ตั้งแต่เริ่มต้นไปจนถึงเดือนที่ 8 แต่มีการเปลี่ยนแปลงค่อนข้างชัดเจนในเดือนที่ 12 เนื่องจากว่าในช่วงดังกล่าวเป็นฤดูฝนส่งผลให้ความชื้นในดินสูงซึ่งทำให้การย่อยสลายอินทรียวัตถุเกิดขึ้นได้ดี ในขณะที่ดินล่างการเปลี่ยนแปลงน้อยมากเนื่องจากมีอินทรียวัตถุต่ำ สำหรับการเปลี่ยนแปลงของอินทรียวัตถุในแปลงพืชไร่และพืชผักทั้ง 4 แปลงมีการเปลี่ยนแปลงค่อนข้างน้อยอาจเนื่องจากปริมาณของอินทรียวัตถุในดินที่ค่อนข้างต่ำ พบว่ามีปริมาณ 0.53-1.28% ในดินบน และ 0.03-0.69% ในดินล่างซึ่งจัดว่าอยู่ในระดับที่ต่ำถึงต่ำมาก

- *ฟอสฟอรัสในดิน (Phosphorus)*

จากผลการทดลองพบว่าการเปลี่ยนแปลงของฟอสฟอรัสในดินเมื่อเวลาผ่านไป 12 เดือนของทั้ง 5 แปลงทดลอง มีการเปลี่ยนแปลงอย่างชัดเจนในดินบนและดินล่าง เมื่อเปรียบเทียบปริมาณฟอสฟอรัสในดินบนระหว่างเริ่มต้นการทดลองกับเดือนที่ 12 พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.01$) ปริมาณฟอสฟอรัสในดินบนมีการลดลง 18.7% และ 18.5% ในแปลงพืชไร่ 1 และ 2

ในขณะที่แปลงพืชผัก 1 และ 2 ปริมาณฟอสฟอรัสลดลง 40% และ 41.4% แปลงไม้ผลมีการเปลี่ยนแปลงของฟอสฟอรัสค่อนข้างน้อยเนื่องจากว่าในดินมีปริมาณฟอสฟอรัสตอนเริ่มต้นการทดลองค่อนข้างต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับแปลงอื่นๆ ถึงแม้ว่าประวัติการใช้ที่ดินมีการใช้ปุ๋ยฟอสฟอรัสตลอดการปลูกลำไยโดยเฉลี่ยใส่เดือนละ 2 ครั้ง แต่เนื่องจากว่าดินแปลงไม้ผลมี %clay สูงและ pH เป็นกรดจัดซึ่งส่งผลให้ฟอสฟอรัสในดินอยู่ในรูปที่ละลายยากหรือถูกตรึงไว้ในส่วนของแร่ดินเหนียว ทำให้ฟอสฟอรัสละลายออกมาอยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืชได้น้อย

นอกจากนี้ยังพบว่าปริมาณฟอสฟอรัสในดินบนและดินล่างของแปลงทดลองพืชไร่และพืชผักมีความแตกต่างค่อนข้างมากระหว่างดินบนและดินล่าง ในขณะที่แปลงไม้ผลมีปริมาณฟอสฟอรัสต่ำใกล้เคียงกัน ซึ่งอาจเป็นผลจากความแตกต่างของเนื้อดินเนื่องจากว่าในแปลงทดลองพืชไร่และพืชผักมี %sand สูง ได้แก่ 33.5-51.5% ในดินบน และ 39.5-53.5% ในดินล่าง (Table 1) ทำให้เกิดการชะล้างของฟอสฟอรัสจากดินบนมาสะสมในดินล่าง ในขณะที่แปลงพืชผลมี %sand (19.5) ต่ำมากแต่ %clay (54.5)สูงในดินบน ทำให้การชะล้างของฟอสฟอรัสจากดินบนลงมายังดินชั้นล่างเกิดขึ้นค่อนข้างน้อย

- *โพแทสเซียม (Potassium)*

จากผลการทดลองพบว่าปริมาณโพแทสเซียมในดินจากแปลงทดลองพืชไร่และพืชผักมีการลดลงอย่างชัดเจนเมื่อเวลาผ่านไป 12 เดือนในดินบน แต่พบมีการสะสมของโพแทสเซียมในดินล่างเพิ่มขึ้น (Figure 4) เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของปริมาณโพแทสเซียมระหว่างเริ่มต้นการทดลองกับเดือนที่ 12 พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.01$) ยกเว้นแปลงไม้ผลที่พบว่าปริมาณโพแทสเซียมค่อนข้างคงที่ จากการศึกษาในครั้งนี้จะเห็นการเปลี่ยนแปลงของโพแทสเซียมได้ชัดเจนในดินที่มี %sand สูงซึ่งเป็นดินเนื้อหยาบที่พบว่าปริมาณโพแทสเซียมในดินบนจะลดลงเมื่อเวลาผ่านไปและเกิดการสะสมในดินชั้นล่างเนื่องจากการชะละลาย (Leaching) ดังการเปลี่ยนแปลงในแปลงพืชผัก 1 ที่มีปริมาณโพแทสเซียมในดินสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับแปลงอื่นๆ พบปริมาณการลดลงของโพแทสเซียมในดินบนและการสะสมในดินล่างที่เริ่มต้นมีปริมาณโพแทสเซียม 327 mg kg^{-1} แต่เมื่อผ่านไป 12 เดือน พบว่ามีปริมาณสูงถึง 654 mg kg^{-1} สำหรับดินในแปลงไม้ผลซึ่งมี %clay สูงพบว่ามีการเปลี่ยนแปลงของโพแทสเซียมน้อยมากทั้งดินบนและดินล่าง

- *แคลเซียม (Calcium) และแมกนีเซียม (Magnesium)*

จากการทดลองพบว่าปริมาณแคลเซียมและแมกนีเซียมทั้งในดินบนและดินล่างมีการลดลงอย่างชัดเจนในเกือบทุกแปลงทดลองเมื่อเวลาผ่านไป 12 เดือน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ยกเว้นการเปลี่ยนแปลงของแคลเซียมในดินล่างของแปลงพืชผัก 1 ที่พบว่าปริมาณของแคลเซียมเพิ่มขึ้นในเดือนที่ 12 และปริมาณแมกนีเซียมในดินล่างของแปลงพืชไร่ 1 ที่ค่อนข้างคงที่ตลอด 12 เดือน (Figure 5 และ 6)

ปริมาณแคลเซียมในดินส่วนใหญ่เป็นผลจากการใส่ปูนลงไปในดินเพื่อปรับ pH ของดินจากประวัติการใช้ที่ดิน ทำให้ดินมีปริมาณแคลเซียมสูงตอนเริ่มต้นการทดลอง (250-1,425 mg kg^{-1}) ถึงแม้ว่าวัตถุต้นกำเนิดดินจะไม่ใช่หินปูน โดยจะเห็นความสัมพันธ์อย่างชัดเจนระหว่างดินบนและดิน

ล่างที่พบว่าเมื่อเวลาผ่านไป 12 เดือนมีการลดลงของแคลเซียมในดินอย่างชัดเจนทั้งในดินบนและล่าง เมื่อพิจารณาจากกราฟจะเห็นการลดลงที่เป็นไปในทิศทางเดียวกันเกือบตลอด 12 เดือน ยกเว้นแปลงไม้ผลที่ดินเป็นกรดจัดและไม่มีการใช้ปูนขาวในการปรับ pH ซึ่งปริมาณแคลเซียมในดินส่วนใหญ่น่าจะเกิดจากวัตถุต้นกำเนิดดินที่เป็นหินปูนทำให้พบว่าปริมาณของแคลเซียมในดินบนและดินล่างมีความแตกต่างน้อยกว่าในดินแปลงพืชไร่ 1 และแปลงพืชผักทั้ง 2 แปลง

ปริมาณแมกนีเซียมในดินทั้ง 5 แปลงทดลองอยู่ในระดับต่ำถึงปานกลาง (27-140 mg kg^{-1}) เมื่อเปรียบเทียบปริมาณแมกนีเซียมในดินตอนเริ่มต้นการทดลองกับเดือนที่ 12 พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิต ($P<0.01$) โดยมีการลดลงในดินทั้ง 5 แปลงที่ระดับดินบนและล่าง ยกเว้นแปลงพืชไร่ 1 ที่พบว่าปริมาณแมกนีเซียมในดินตลอด 12 เดือนค่อนข้างคงที่ ในขณะที่พืชไร่ 2 มีการลดลงเล็กน้อย ในแปลงที่พบว่าปริมาณแมกนีเซียมในดินลดลงมากที่สุด ได้แก่แปลงพืชผัก 2 ในดินบนที่มีการลดลง 79.2% ซึ่งอาจเนื่องจากการที่ดินในแปลงนี้มีปริมาณแมกนีเซียมสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับแปลงอื่นๆ ทำ*ให้เห็นการเปลี่ยนแปลงที่ชัดเจน*

- *ไนโตรเจนทั้งหมดในดิน (Total N)*

จากผลการวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดินพบว่าดินในทุกแปลงการทดลองมีปริมาณไนโตรเจนอยู่ในระดับที่ต่ำมาก (<0.25%) แต่สามารถเห็นการเปลี่ยนแปลงได้อย่างชัดเจนและเป็นไปในทิศทางเดียวกันทั้งหมดทั้งดินบนและล่าง ได้แก่ การลดลงของปริมาณไนโตรเจนในดินเมื่อเวลาผ่านไป 12 เดือน ซึ่งสอดคล้องกับหลายๆ งานวิจัยที่พบว่าไนโตรเจนเป็นธาตุที่สูญเสียจากดินไปได้ง่ายจากหลายๆกระบวนการที่เกิดขึ้นในดิน เช่น การชะละลายไปได้ง่ายโดยน้ำในรูปของ NO_3^- ในดินเนื้อหยาบ หรือการเกิด Immobilization โดยจุลินทรีย์ หรือการสูญเสียไปในรูปของแก๊สผ่านกระบวนการ Denitrification และ Volatilization สำหรับแปลงที่พบว่าปริมาณไนโตรเจนลดลงไปมากที่สุด ได้แก่ แปลงไม้ผลที่มีปริมาณไนโตรเจนเริ่มต้นการทดลองมากที่สุดทำให้เห็นการลดลงไปมากกว่าดินในแปลงอื่นๆ

- สังกะสี (Zn) แมงกานีส (Mn) เหล็ก (Fe) และทองแดง (Cu)

จากผลการทดลองพบว่าปริมาณของสังกะสี (Figure 8) และทองแดง (Figure 11)ในดินทั้ง 5 แปลงมีปริมาณค่อนข้างต่ำมากทั้งในดินบนและดินล่าง โดยพบปริมาณของสังกะสี 0.3-2.7 mg kg^{-1} และทองแดง 0.3-4 mg kg^{-1} โดยทั่วไปจะพบปริมาณของจุลธาตุเหล่านี้ผันแปรตามวัตถุต้นกำเนิดดิน ถ้าวัตถุต้นกำเนิดดินเป็นหินปูนหรือหินดินดานหรือหินทราย อาจพบ Zn 20-95 mg kg^{-1} ปริมาณ Cu ที่พบในดินครั้งนี้มีระดับต่ำมากเมื่อเทียบกับค่ามาตรฐานคุณภาพดินที่กำหนดให้มีได้ไม่เกิน 390 mg kg^{-1}

สำหรับปริมาณของ Fe (Figure 10) และ Mn พบว่ามีมากกว่า Zn และ Cu และมีแนวโน้มลดลงเมื่อเวลาผ่านไป 12 เดือน สำหรับปริมาณ Mn พบมากที่สุดในดินแปลงพืชผัก 2 คือ 97 mg kg^{-1} ในดินบน และ 49 mg kg^{-1} ในดินล่าง (Figure 9) และเมื่อเวลาผ่านไป 12 เดือน มีการลดลงมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับแปลงอื่นๆ คือ 18.5% ในดินบน และ 24.5% ในดินล่าง โดยทั่วไปพืชต้องการ Mn และ Fe

ในดินที่เพียงพอสำหรับการเจริญเติบโต > 5 mg kg^{-1} สำหรับปริมาณ Cu ในดินจากการทดลองครั้งนี้ยังอยู่ในระดับที่ต่ำกว่าคุณภาพดินมาตรฐานที่กำหนดให้มี Cu ไม่เกิน 960 mg kg^{-1}

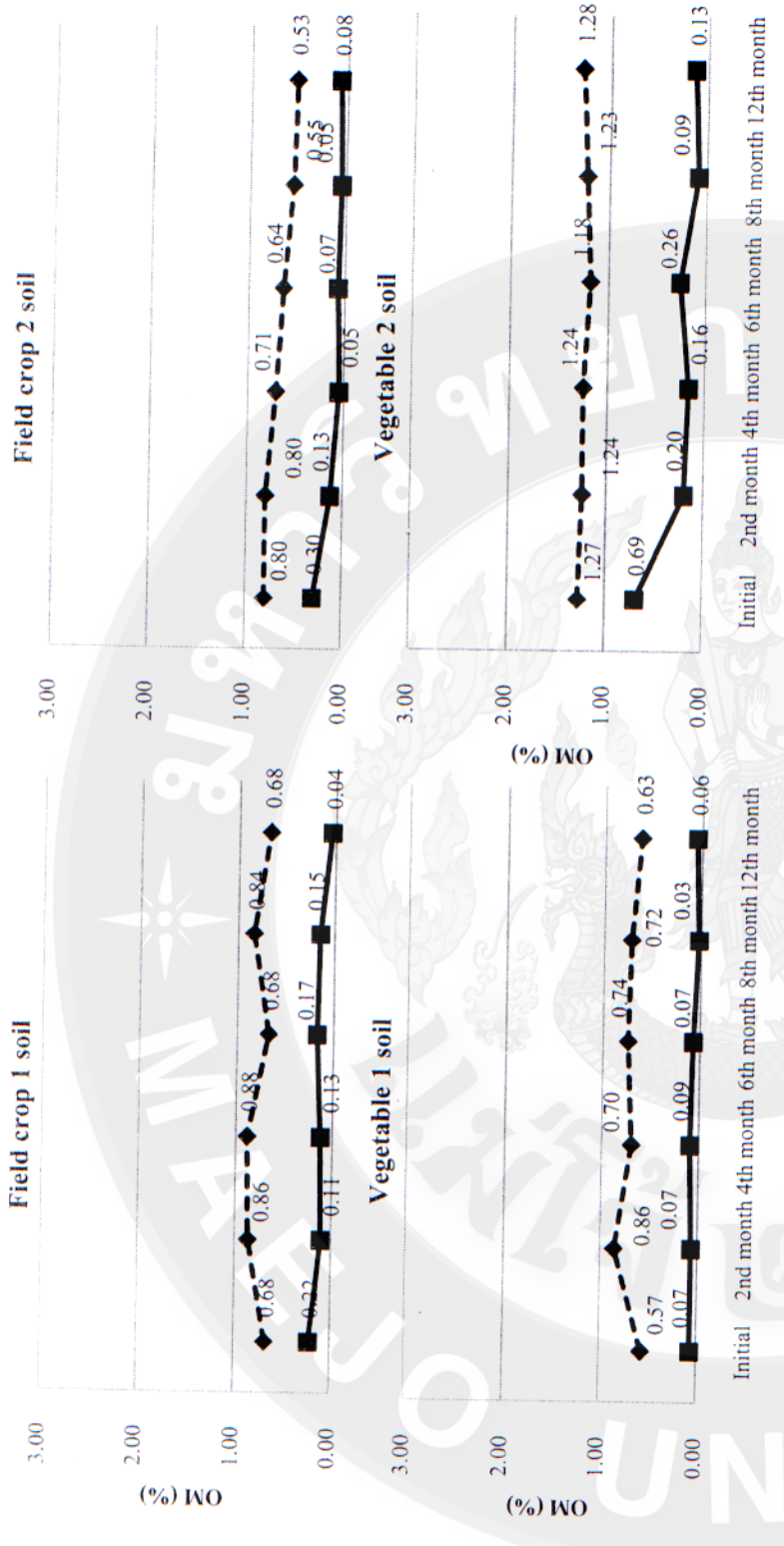

Figure 2 Changes of soil OM (%)

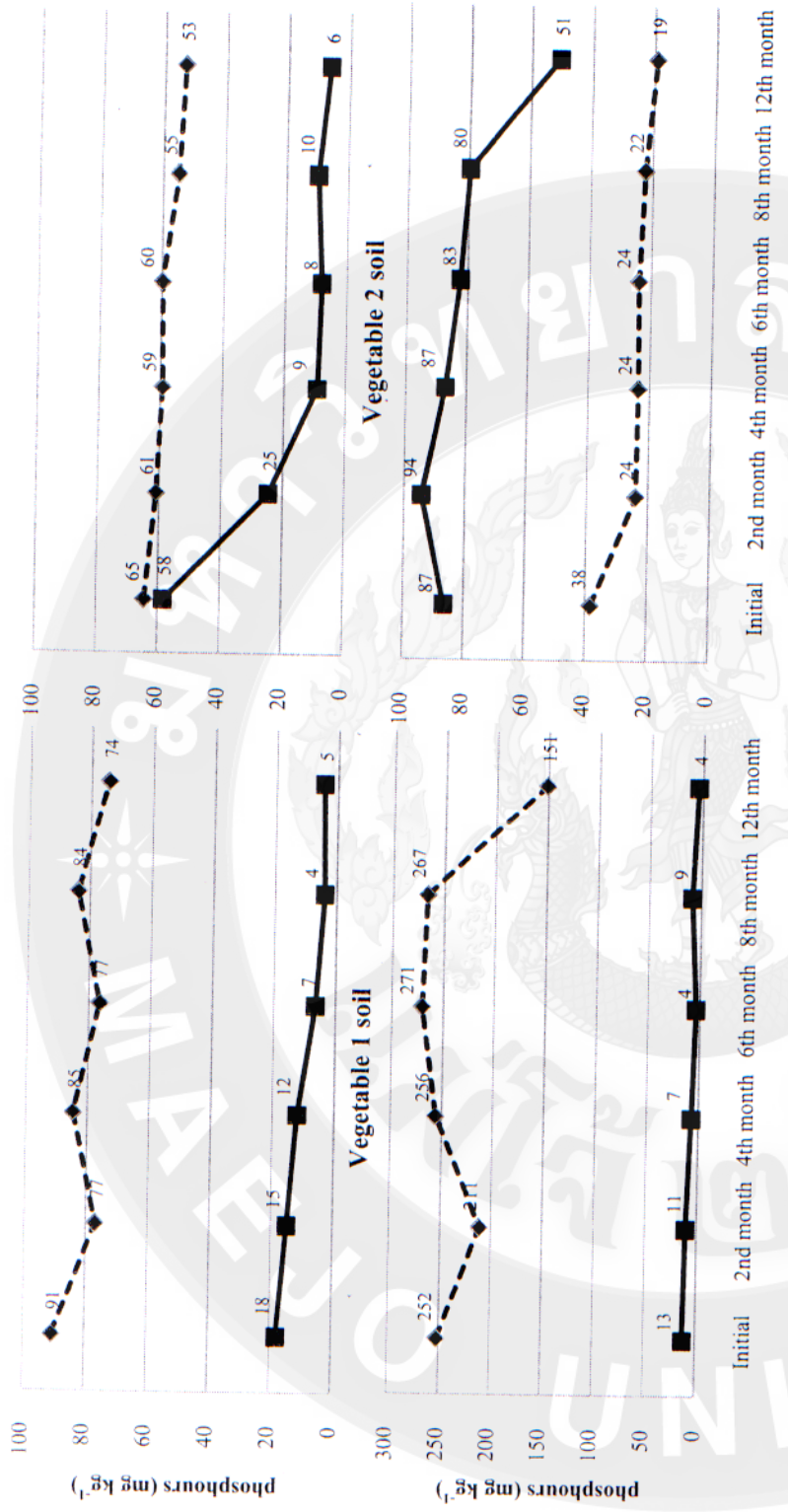

Figure 3 Changes of soil phosphorus (mg kg^{-1})

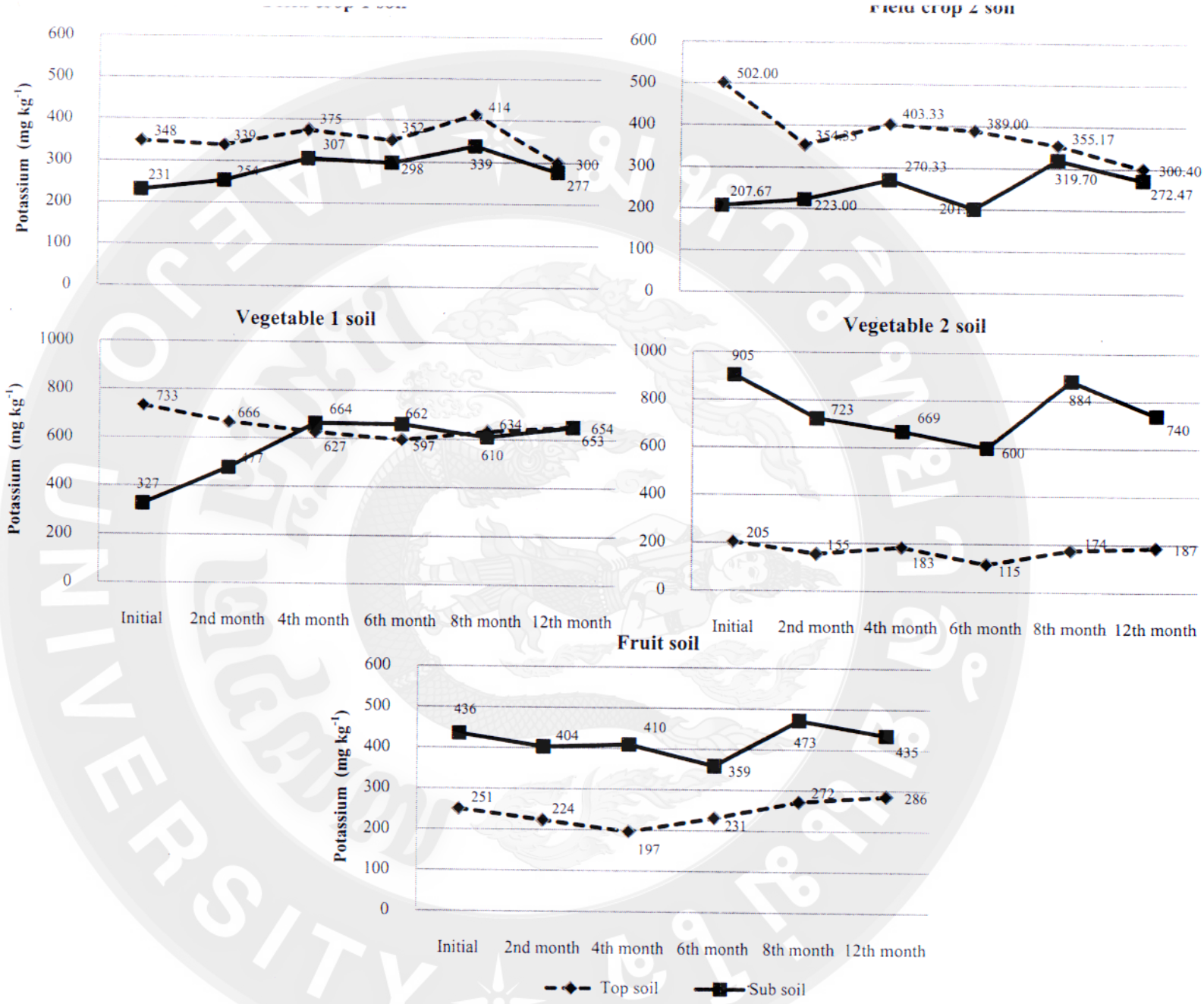

Figure 4 Changes of soil potassium (mg kg^{-1})

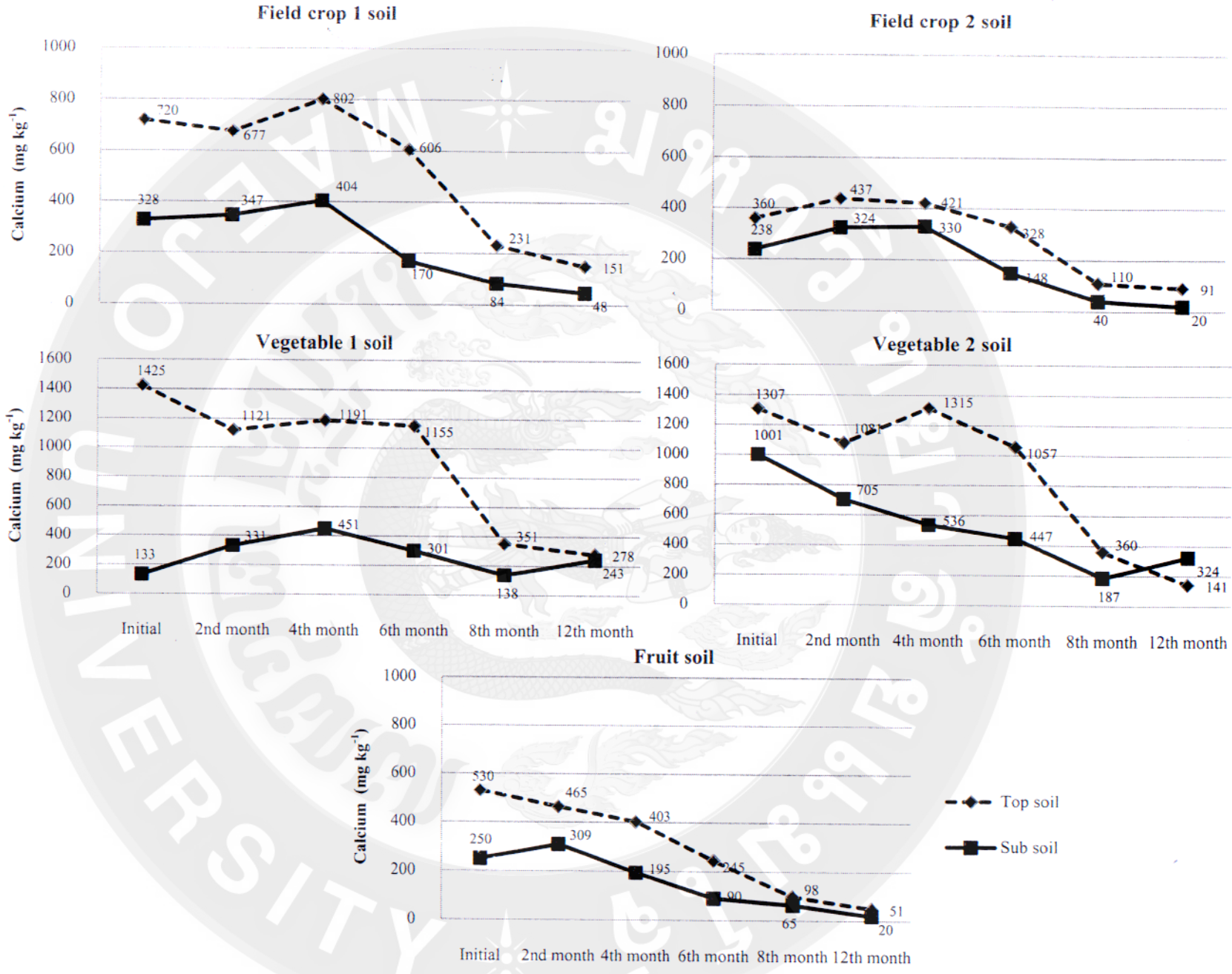

Figure 5 Changes of soil calcium (mg kg^{-1})

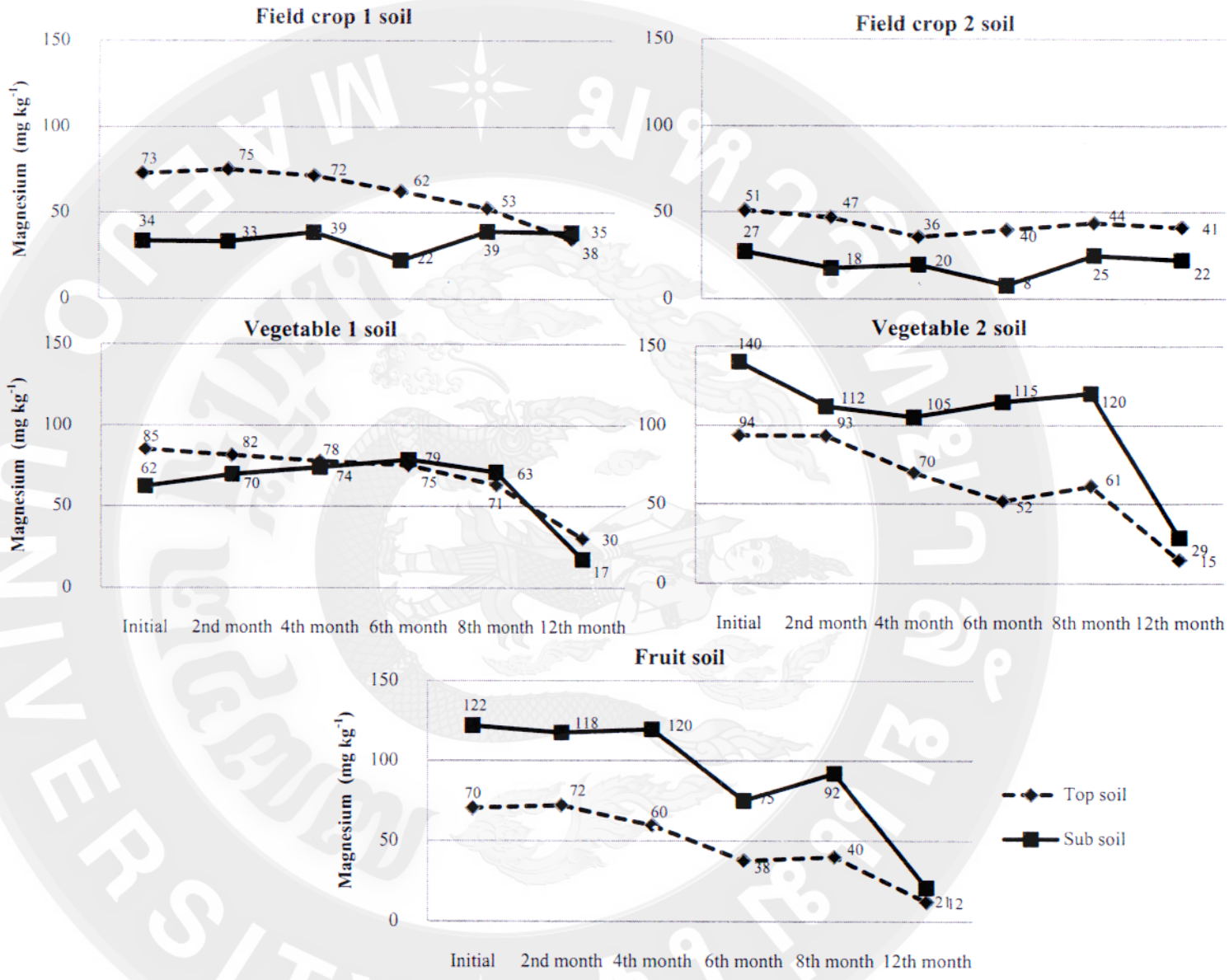

Figure 6 Changes of soil magnesium (mg kg^{-1})

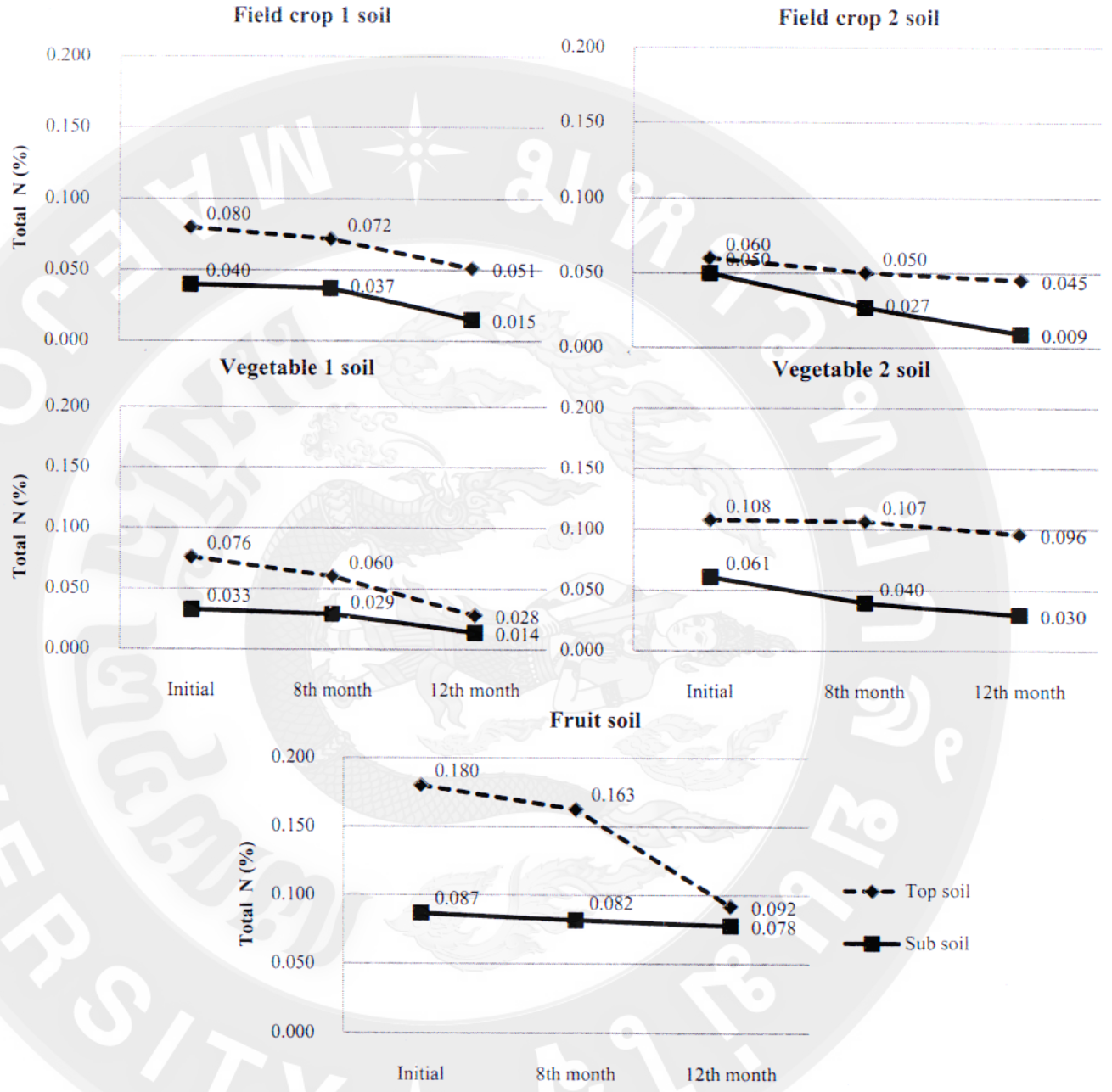

Figure 7 Changes of soil total N (%)

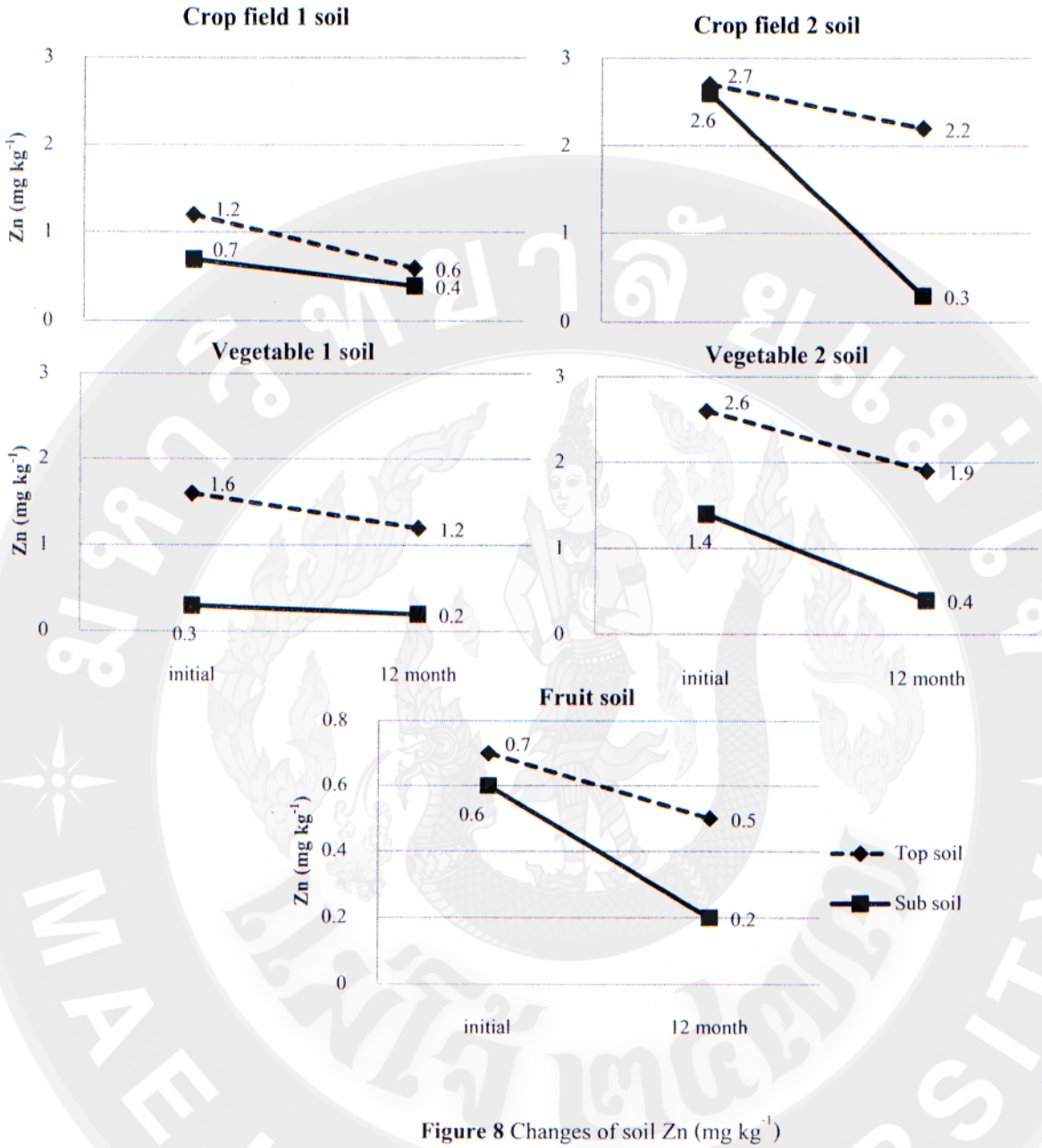

Figure 8 Changes of soil Zn (mg kg^{-1})

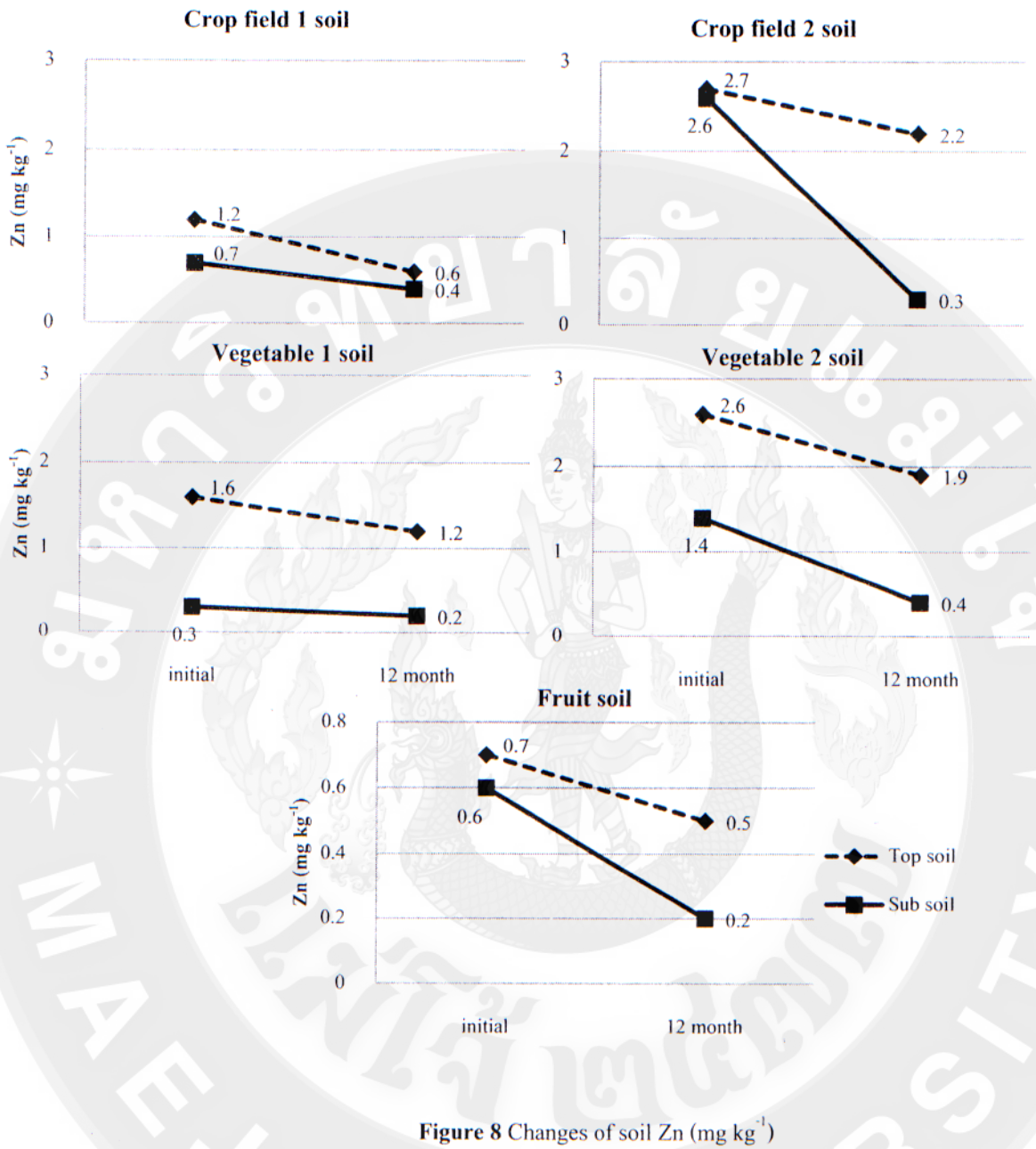

Figure 8 Changes of soil Zn (mg kg^{-1})

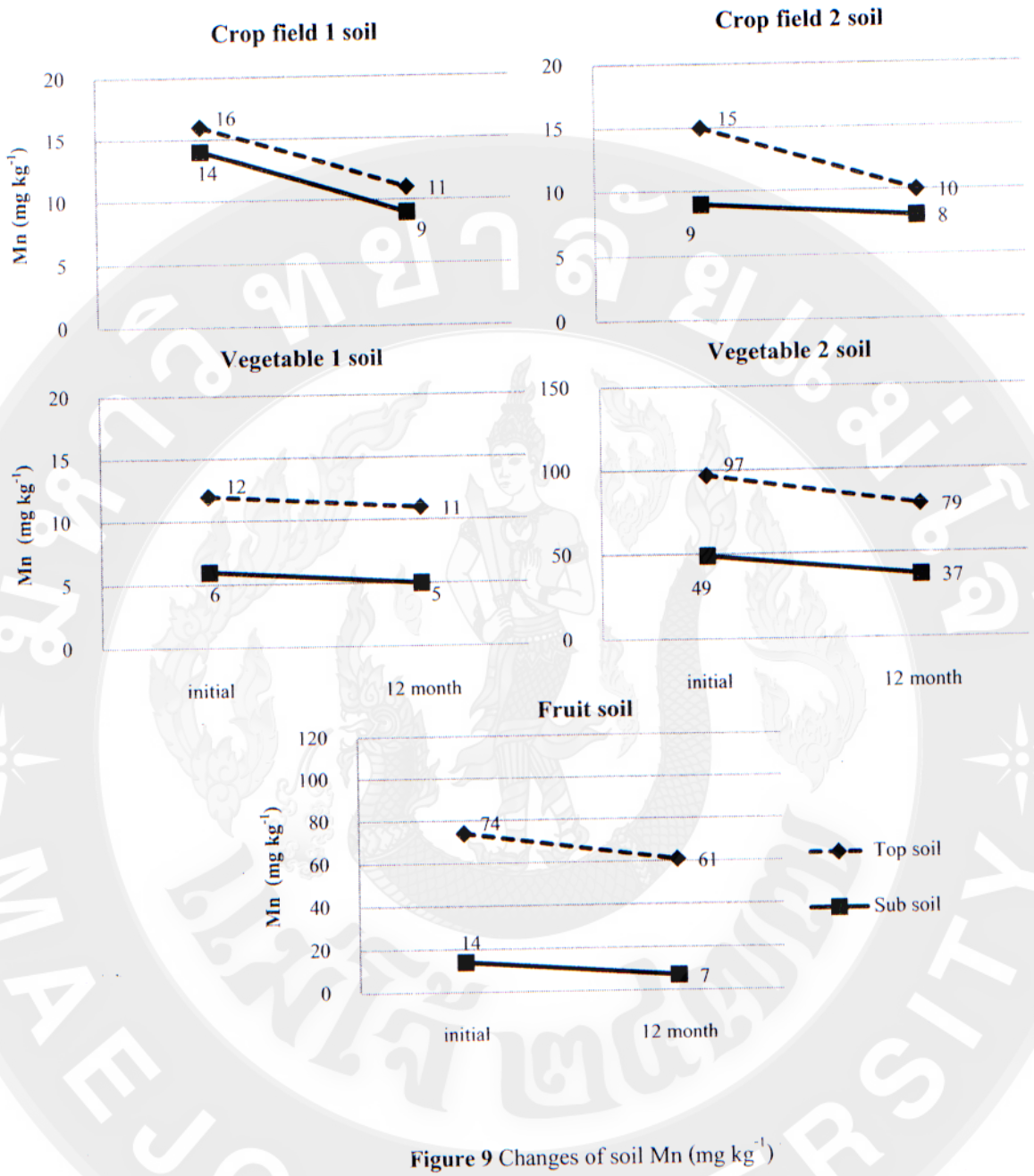

Figure 9 Changes of soil Mn (mg kg^{-1})

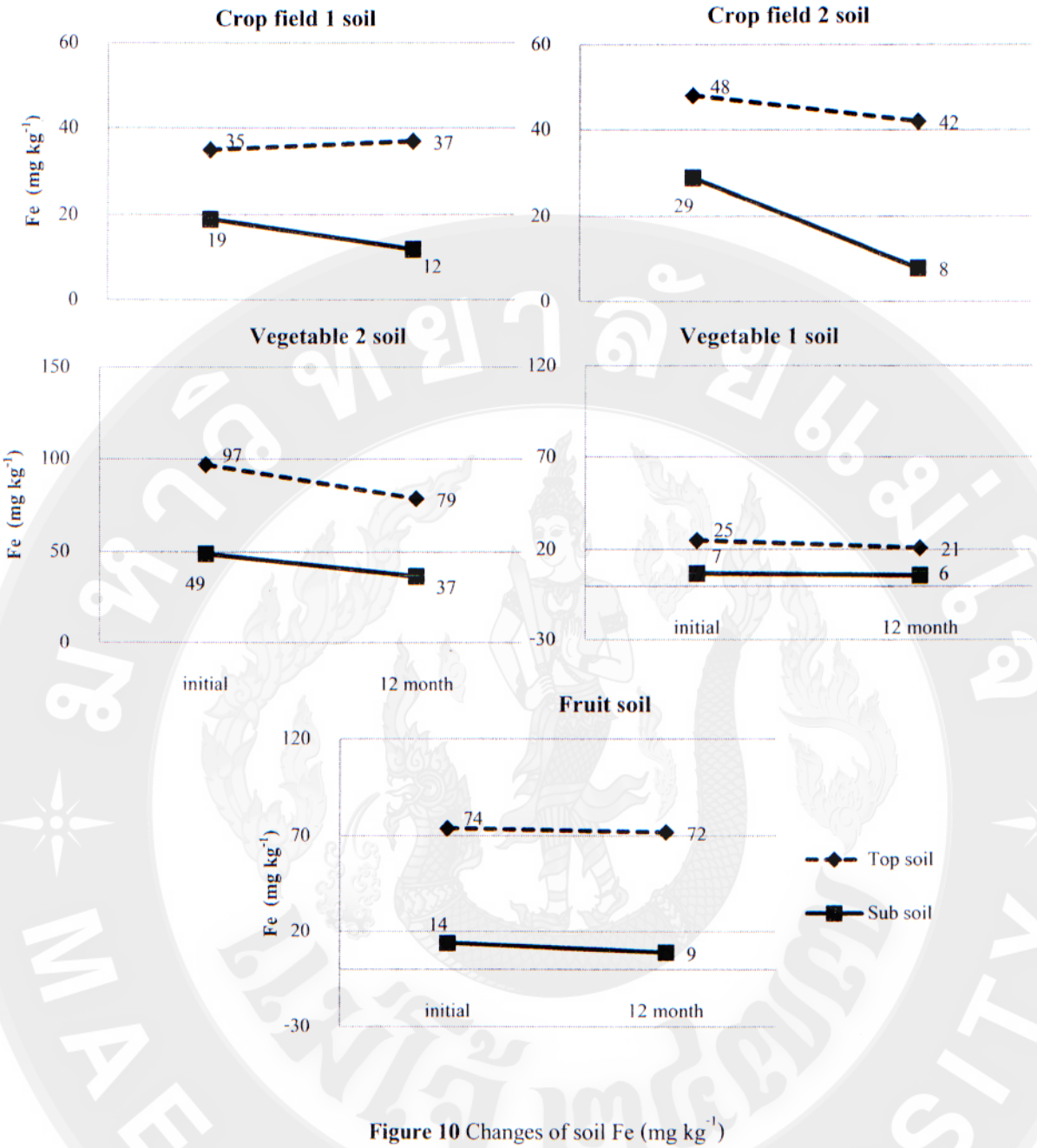

Figure 10 Changes of soil Fe (mg kg^{-1})

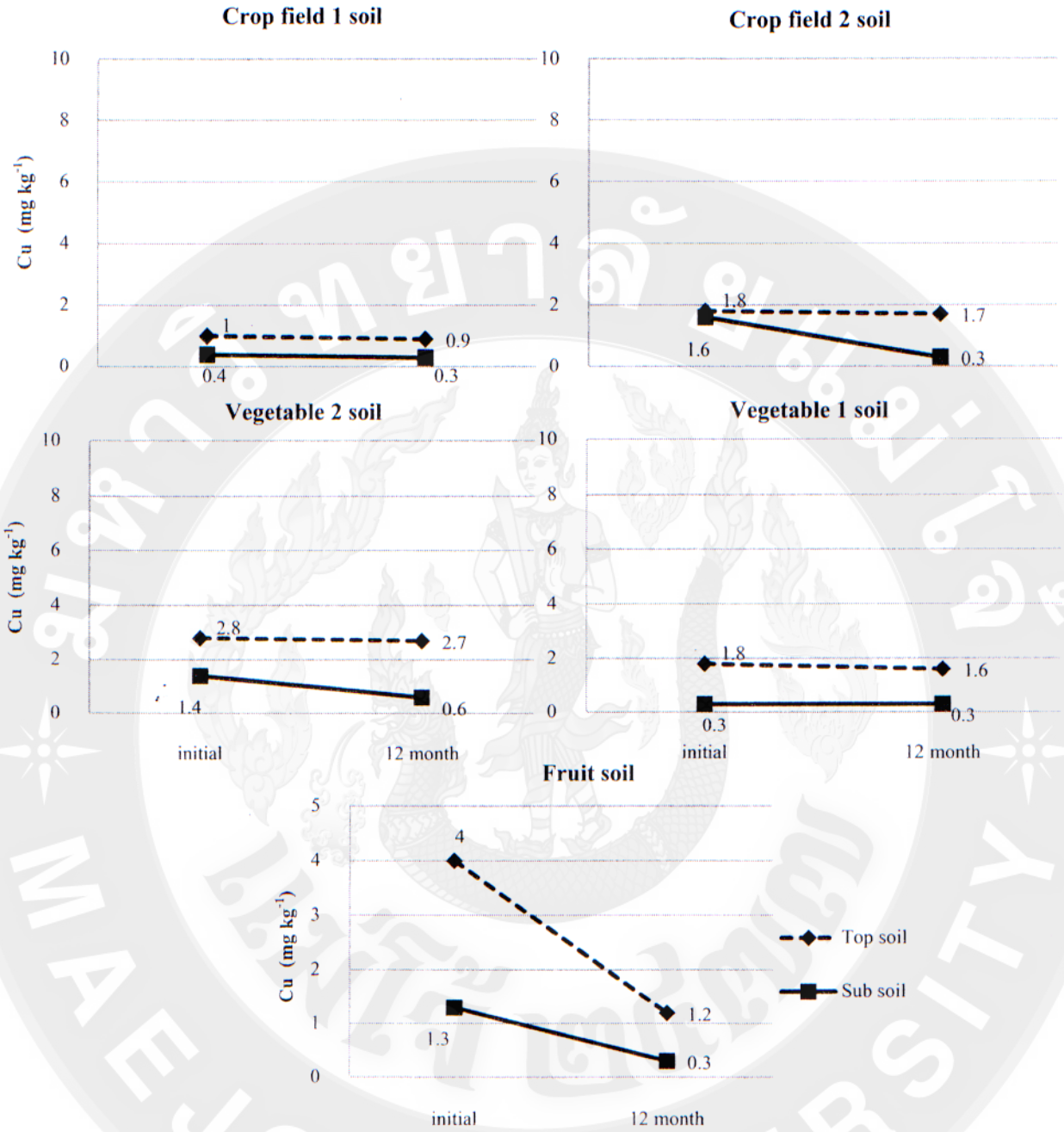

Figure 11 Changes of soil Cu (mg kg^{-1})

ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของดินกับปริมาณธาตุอาหารพืชที่เหลืออยู่ในดิน

จากผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติเบื้องต้นของดิน (pH, OM และ %Clay) ธาตุต่างๆตอนเริ่มต้น (Initial) และส่วนที่เหลือ (Residual) อยู่ในดินเมื่อเวลาผ่านไป 12 เดือน โดยเลือก Bivariate correlation (Table 2 และ 3) ทำให้ได้ค่า Coefficient of correlation ที่แสดงให้เห็นว่า %Clay มีความสัมพันธ์ทางบวกกับปริมาณ OM, Total N, Mn และFe (r = 0.870**, 0.949** 0.985* และ 0.740** ตามลำดับ) ในดินหลังจากเดือนที่ 12 ซึ่งจากความสัมพันธ์ชี้ให้เห็นว่า Mn และ Fe น่าจะเกิดจากแร่ที่มีอยู่ในวัตถุต้นกำเนิดดินมากกว่าจะเกิดจากการใช้ปุ๋ยเคมี (Gerke, 1992) ในขณะที่ pH มีความสัมพันธ์ทางบวกกับปริมาณของ P, K, และ Ca (r = 0.788**, 0.629* และ 0.738** ตามลำดับ) แต่มีความสัมพันธ์ทางลบกับ Total N, Mn, และ Fe (r = -0.921**, - 0.910**, -0.875** ตามลำดับ) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาที่พบว่า Fe และ Mn จะละลายออกมาในสารละลายดินได้มากเมื่อ pH ต่ำ ในขณะที่ P K และ Ca จะละลายออกมาสู่สารละลายดินได้มากเมื่อ pH เพิ่มขึ้น (pH > 6.5) (Lindsay and Pchwab, 1982) ในขณะที่ปริมาณของอนุภาคขนาดดินเหนียว (%Clay) มีผลต่อชนิดชนิดของแร่ดินเหนียวเนื่องจากทำให้เกิดการดูดซับและป้องกันการย่อยสลายของอินทรียวัตถุในดิน (Baldock and Skjemastad, 2000) ซึ่งสามารถละลายออกมาสู่สารละลายดินมากขึ้นและสูญเสียไปได้ง่ายเมื่อดินมี pH เพิ่มขึ้น (Curtin *et. al.*, 1998) และจากการศึกษาของ Nilawonk *et al.* (2010) ชี้ให้เห็นว่าในดินที่มี %Clay สูงจะมีแร่ดินเหนียวที่สามารถดูดซับและตรึง K ไว้ในดินได้มากกว่าดินที่มี %Clay น้อยกว่า ได้แก่ กลุ่มแร่ Smectite ที่ทำให้ดินสามารถดูดซับ K ไว้ในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืชลดการสูญเสียไปโดยการชะละลาย ทำให้มี K ในดินสูงที่มีส่วนสัมพันธ์กับ %Clay

ซึ่งจากความสัมพันธ์ต่างๆนี้ทำให้สามารถเลือกสมบัติดินที่มีความสัมพันธ์สูงสุดและสอดคล้องกับความเป็นจริงของความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของดินกับการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น ซึ่งจะเห็นได้ว่า % Clay และปริมาณเริ่มต้นของ OM, Total N, P, K, Ca, Mg, Mn, Fe, Cu และ Zn มีความสัมพันธ์โดยตรงกับปริมาณที่หลงเหลือของสมบัติต่างๆเหล่านี้เมื่อเวลาผ่านไป 2 เดือน ดังนั้นสมบัติต่างๆจึงนำมาวิเคราะห์ Linear multiple regression เพื่อสร้างสมการในการคาดคะเนส่วนที่หลงเหลืออยู่ในเดือนเมื่อเวลาผ่านไป 12 เดือน โดยพิจารณาจากสมบัติดินก่อนการทดลอง ให้ผลวิเคราะห์ดัง Table 4

Table 2 Coefficient of correlation of soil properties, total N (%), P (mg kg^{-1}) and K (mg kg^{-1}).

	pH	OM (%)	Clay (%)	Residual OM (%)	Initial total N (%)	Residual total N (%)	Initial P (mg kg^{-1})	Residual P (mg kg^{-1})	Initial K (mg kg^{-1})	Residual K (mg kg^{-1})
pH	1	-.862**	-.878**	-.815**	-.484	-.921**	.840**	.788**	.730**	.629*
OM (%)	-.862**	1	.918**	.783**	.478	.953**	-.624*	-.627*	-.634*	-.499
Clay (%)	-.878**	.918**	1	.870**	.603*	.949**	-.553*	-.509	-.572*	-.374
Residual OM	-.815**	.783**	.870**	1	.850**	.879**	-.563*	-.560*	-.719**	.440
Initial total N (%)	-.484	.478	.603*	.850**	1	.599*	-.361	-.410	-.655**	-.392
Residual total N (%)	-.921**	.953**	.949**	.879**	.599*	1	-.701**	-.695**	-.751**	-.549*
Initial P (mg kg^{-1})	.840**	-.624*	-.553*	-.563*	-.361	-.701**	1	.975**	.847**	.862**
Residual P (mg kg^{-1})	.788**	-.627*	-.509	-.560*	-.410	-.695**	.975**	1	.905**	.913**
Initial K (mg kg^{-1})	.730**	-.634*	-.572*	-.719**	-.655**	-.751**	.847**	.905**	1	.867**
Residual K (mg kg^{-1})	.629*	-.499	-.374	-.440	-.392	-.549*	.862**	.913**	.867**	1

*, **. Correlation is significant at the 0.01 and 0.05 level.

Table 3 Coefficient of correlation of soil properties, Ca, Mg, Mn, Fe, Zn, and Cu (mg kg^{-1}).

	pH	OM (%)	Clay (%)	Initial Ca	Residual Ca	Initial Mg	Residual Mg	Initial Mn	Residual Mn	Initial Fe	Residual Fe	Initial Zn	Residual Zn	Initial Cu	Residual Cu
pH	1	-.862**	-.878**	.493	.738**	.125	-.303	-.931**	-.910**	-.784**	-.875**	.112	-.160	.114	.114
OM (%)	-.862**	1	.918**	-.365	-.603*	.059	.138	.917**	.908**	.610*	.717**	-.317	-.127	-.251	-.251
Clay (%)	-.878**	.918**	1	-.237	-.479	.127	.153	.984**	.985**	.635*	.740**	-.380	-.228	-.234	-.234
Initial Ca	.493	-.365	-.237	1	.736**	.739**	.011	-.253	-.193	-.008	-.152	.266	-.017	.600*	.600*
Residual Ca	.738**	-.603*	-.479	.736**	1	.260	-.306	-.559*	-.511	-.514*	-.616*	.058	-.284	.244	.244
Initial Mg	.125	.059	.127	.739**	.260	1	.097	.129	.173	.248	.179	.016	-.105	.367	.367
Residual Mg	-.303	.138	.153	.011	-.306	.097	1	.248	.251	.555*	.500	.381	.487	.431	.431
Initial Mn	-.931**	.917**	.984**	-.253	-.559*	.129	.248	1	.998**	.754**	.847**	-.280	-.082	-.140	-.140
Residual Mn	-.910**	.908**	.985**	-.193	-.511	.173	.251	.998**	1	.757**	.841**	-.263	-.088	-.102	-.102
Initial Fe	-.784**	.610*	.635*	-.008	-.514*	.248	.555*	.754**	.757**	1	.978**	.306	.518*	.444	.444
Residual Fe	-.875**	.717**	.740**	-.152	-.616*	.179	.500	.847**	.841**	.978**	1	.123	.384	.246	.246
Initial Zn	.112	-.317	-.380	.266	.058	.016	.381	-.280	-.263	.306	.123	1	.913**	.896**	.896**
Residual Zn	-.160	-.127	-.228	-.017	-.284	-.105	.487	-.082	-.088	.518*	.384	.913**	1	.764**	.764**
Initial Cu	.114	-.251	-.234	.600*	.244	.367	.431	-.140	-.102	.444	.246	.896**	.764**	1	1.000**
Residual Cu	.114	-.251	-.234	.600*	.244	.367	.431	-.140	-.102	.444	.246	.896**	.764**	1.000**	1

*, **. Correlation is significant at the 0.01 and 0.05 level.

Table 4 Equation to predict the changes of soil properties

Parameter	Equation	Adjusted R^2
OM (%)	= 1.209 - 0.100OM + 0.018Clay-0.093pH	0.718**
Total N (%)	= -0.39 + 0.579N + 0.059OM	0.924**
P (mg kg^{-1})	= -13.281 + 0.241Clay + 1.055P	0.943**
K (mg kg^{-1})	= -74.272 + 2.066Clay + 0.888K	0.736**
Ca (mg kg^{-1})	= 84.666 – 1.586Clay + 0.117Ca	0.580**
Mn (mg kg^{-1})	= -1.580 + 1.48Clay + 0.747Mn	0.995**
Fe (mg kg^{-1})	= 4.325 +0.265Clay + 0.707Fe	0.976**
Zn (mg kg^{-1})	= 0.242 + 0.04Clay + 0.529Zn	0.825**

จากสมการดังกล่าวทำให้สามารถคาดคะเนสมบัติดินบางประการที่จะเกิดขึ้นโดยใช้ผลวิเคราะห์ดินตอนเริ่มต้น ซึ่งการใช้สมการดังกล่าวนี้มีความเฉพาะและแม่นยำกับตัวอย่างดินในแปลงที่ใช้ในการศึกษาในครั้งนี้ และสภาพภูมิอากาศในช่วงระยะเวลาที่ทำการเก็บตัวอย่างดิน ดังนั้นถ้าต้องการนำไปใช้ในการคาดคะเนการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นต้องมีการเปรียบเทียบค่าที่ได้จากสมการกับการเก็บข้อมูลในแปลง และอาจปรับความแม่นยำของสมการให้เพิ่มขึ้นโดยการนำพารามิเตอร์ตัวอื่นๆเข้ามาใส่ในสมการ เช่น ปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิ หรือสภาพแวดล้อมต่างๆที่จะมีผลจำเพาะกับสมบัติดินที่แตกต่างกันออกไป

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาครั้งนี้สามารถสรุปได้ว่า

- ความเป็นกรดด่าง (pH) ของดินมีการเปลี่ยนแปลงไม่แตกต่างทางสถิติเมื่อเวลาผ่านไป 12 เดือนทั้งดินบนและดินล่าง
- ปริมาณอินทรียวัตถุในดินมีการเปลี่ยนแปลงค่อนข้างน้อย โดยมีแนวโน้มลดลงในทั้งดินบนและดินล่างเมื่อเวลาผ่านไป 12 เดือน
- ปริมาณ Total N, P, K, Ca, Mg, Mn, Fe, Cu และ Zn มีปริมาณลดลงแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีความสัมพันธ์อย่างสูงกับปริมาณตอนเริ่มต้นและสมบัติทางเคมีบางประการ คือ ความเป็นกรดด่าง (pH) และ %Clay
- ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติดินเบื้องต้นกับปริมาณธาตุต่างๆที่หลงเหลืออยู่ในดินเมื่อเวลาผ่านไป 12 เดือน สามารถสร้างสมการคาดคะเนส่วนที่จะหลงเหลืออยู่ในดินได้เมื่อเวลาผ่านไป 12 เดือน ภายใต้สภาวะแวดล้อมที่ได้ทำการเก็บตัวอย่างมาศึกษาในครั้งนี้โดยพิจารณาจากสมบัติดิน

ข้อเสนอแนะ

- เนื่องจากกฎเกณฑ์ในการกำหนด ***ระยะปรับเปลี่ยน*** ยังไม่มีความชัดเจนในแนวทางที่จะนำไปเชื่อมโยงกับการวิเคราะห์ผลตกค้างจากสารเคมีหรือปุ๋ยเคมีในดิน ดังนั้นจากผลการทดลองนี้ชี้ให้เห็นว่าระยะเวลาที่จะทำให้ปริมาณการตกค้างของปุ๋ยเคมีในดินลดลงขึ้นอยู่กับปริมาณของปุ๋ยเคมีที่ใช้ และเนื้อดินเป็นสำคัญ ดังนั้นการจะกำหนดระยะปรับเปลี่ยนเพื่อเพิ่มความปลอดภัยจากการตกค้างของสารเคมีในดิน น่าจะหลักเกณฑ์ที่ชัดเจนกว่านี้
- ผู้วิจัยเห็นว่าในการกำหนด ***ระยะปรับเปลี่ยน*** ควรมีการวิเคราะห์สมบัติดินทั้งทางด้านเคมี ฟิสิกส์และชีวภาพ เพื่อนำข้อมูลมาประกอบการพิจารณาเพื่อที่จะได้ไม่เสียโอกาสในการผลิตของพื้นที่นั้นๆ นอกจากนี้ข้อมูลสภาพภูมิอากาศและภูมิประเทศ ลักษณะเฉพาะของพืชที่จะปลูกและระบบรากของพืชในดิน ก็ถือได้ว่าเป็นข้อมูลสำคัญที่จะช่วยการพิจารณากำหนดระยะปรับเปลี่ยนที่ก่อให้เกิดผลประโยชน์สูงสุดแก่ผู้ผลิตและป้องกันอันตรายต่อผู้บริโภค
- จะเห็นได้ว่าการกำหนด ***ระยะปรับเปลี่ยน*** ยังต้องการข้อมูลประกอบอีกหลายๆด้านสำหรับการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในดินนั้น ผู้วิจัยเห็นว่าควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในด้านผลตกค้างของโลหะหนักเพิ่มเติม ทั้งในด้านปริมาณที่ตกค้างในดินและรวมไปถึงการทดลองปลูกพืชในระยะเวลาดังกล่าว เพื่อวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักที่ตกค้างในดินและส่วนที่เคลื่อนย้ายมาสะสมในส่วนต่างๆของพืชซึ่งจะถูกเคลื่อนย้ายต่อไปยังผู้บริโภค ซึ่งข้อมูลเหล่านี้จะเป็นประโยชน์อย่างมากต่อการกำหนดระยะปรับเปลี่ยน

เอกสารอ้างอิง

กรมพัฒนาที่ดิน. 2560. http://oss101.ldd.go.th/thaisoils_museum/ThaiSoilData_57.htm. 31 กรกฎาคม 2560

กรมอุตุนิยมวิทยา. 2555. http://www.tmd.go.th/info/info.php?FileID=22. 21 สิงหาคม 2555

นงลักษณ์ ปุระณะพงษ์ และวีณา นิลวงศ์. 2557. การปลดปล่อยธาตุอาหารพืชในดินที่มีการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดต่างๆ. รายงานผลการวิจัย สำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการเกษตร ม.แม่โจ้. 21 หน้า.

ปัทมา วิทยากร และวิทยา ตรีโลเกศ. 2547.การกร่อนดินในแปลงการใช้ที่ดินต่างๆ ในพื้นที่ลูกคลื่นของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. แก่นเกษตร. 3:211-223.

พัชรี ธีรจินดาขจร. 2550. การวิเคราะห์ดินทางเคมี. ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรการเกษตร คณะเกตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

สำนักงานมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ (มกท.). 2555. มาตรฐานเกษตรอินทรีย์ (Organic standard). สำนักงานมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ (มกท.) จ.นนทบุรี. 83 หน้า

วีณา นิลวงศ์. 2556. ศักยภาพของปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินท้องถิ่นไทย ที่ผลิตจากขยะอินทรีย์ต่อระบบการเกษตรและสิ่งแวดล้อม. รายงานผลการวิจัย สำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการเกษตร ม.แม่โจ้. 74 หน้า.

วีณา นิลวงศ์. 2557. ศักยภาพของปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินท้องถิ่นไทย ที่ผลิตจากขยะอินทรีย์ต่อระบบการเกษตรและสิ่งแวดล้อม. รายงานผลการวิจัย สำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการเกษตร ม.แม่ โจ้. 60 หน้า.

อานัฐ ตันโช. 2548. เอกสารคำสอนวิชา ดป 489 เกษตรธรรมชาติ. ภาควิชาทรัพยากรดินและสิ่งแวดล้อม คณะผลิตกรรมการเกษตร ม.แม่โจ้

Alonso, M.A., J.L. Gabriel and M. Quemada. 2016. Nitrogen use efficiency and residual effect of fertilizers with nitrification inhibitors. European Journal of Agronomy, 80: pp. 1-8.

Baldock, J.A., and J.O. Skjemstad. 2000. Role of the soil matrix and minerals in protecting natural organic materials against biological attack. Org. Geochem, 31(7-8): pp. 697-710.

Barrow, N.J. 1974. A mechanistic model for describing the sorption and desorption of phosphate by soil. J. Soil Sci. 34: pp. 733-750.

Belay, A., A.S. Claassens, F. and F.C. Wehner. 2002. Effect of direct nitrogen and potassium and residual phosphorus fertilizers on soil chemical properties, microbial components and maize yield under long-term crop rotation. Biol Fertil Soils, 35: pp. 420-427.

Bodruzzaman, M., C.A. Meisner, M.A. Sadat and M. Irai Hossain. 2010. Long term effect of applied organic manures and inorganic fertilizers on yield and soil fertility in a wheat-rice cropping pattern. World Congress of Soil Science, Soil Solutions for a Changing World 1-6 August 2010, Brisbane, Australia. pp. 142-145.

Castan, E., P. Satti, M. Gonzalez-Polo, M.C. Iglesias, and M.J. Mazzarino. 2016. Managing the value of composts as organic amendments and fertilizer in sandy soils. Agriculture, Ecosystems and Environment, 224: pp. 29-38.

Curtin, D., C.A. Campbell, and A. Jalil. 1998. Effects of acidity on mineralization: pH-dependence of organic matter mineralization in weakly acidic soils. Soil Biol. Biochem, 30(1): pp. 57-64.

Czarnecki, S. and R.A. During. 2015. Influence of long-term nimeral fertilization on metal contents and properties of soil samples taken from different location in Hesse, Germany. Soil, 1: pp. 23-33.

Diacono, M. and F. Montermurro. 2010. Long-term effects of organic amendments on soil fertility. A review. Agro. Sustain. Dev., 30: pp. 401-422.

Edet, M.A., H. Tijani-Eniola and R.U. Okechukwu. 2013. Residual effects of fertilizer application on growth and yield of two cassava varieties in Ibadan, south-western Nigeria. African Journal of Root and Tuber Crops. 10(1): pp. 33-40.

Gerke, J. 1992. Orthophosphate and organic phosphate in the soil solution of four sandy soils in relation to pH. Evidence for humic-Fe(Al)-phosphate complexes. Commun Soil Sci. Plant Anal. 23: 601-612.

Haun Chang, E., C.H. Wang, C.L. Chen and R.S. Chung. 2014. Effects of long-term treatments of different organic fertilizer complemented with chemical N fertilizer on the chemical and biological properties of soils. Soil Science and Plant Nutrition, 60: pp. 499-511.

Hofman, G.and O.V. Cleemput. 2004. Soil and Plant Nitrogen. International Fertilizer Industry Association (IFA), Paris Sanchez, C.A.2007. Phosphorus in "Handbook of Plant Nutrition" edited by Baker, A.V. and D.J. Pilbeam. CRC Press Tayloor & Francis Group, 6000 Broken, Sound Parkway NW, Suite 300 Boca Raton .pp. 51-90.

Khatik, V.A., D.B. Sarode, R.N. Jadhav, S.T. Ingle and S.B. Attarde. 2011. Assessment on residual soil nitrate of intensively fertilized banana farms of Jalgaon region. Malaysian Journal of Soil Science, 15: pp. 87-99.

Kuer, OM. 2003. The influence of continuous cropping on soil organic matter status and nutrient drynamics soil fertility and plant nutrition. Agron. J., 14: pp. 296-301.

Lindsay, W.L., and A.P. Schwab. 1982. The chemistry of iron in soils and its availability to plants. J. Plant Nutr 5: 821-840, 1982.

Mariangela, D. and F. Montermurro. 2010. Long-term effects of organic amendments on soil fertility: A review. Agron. Sustain. Dev., 30: pp 401-422.

Meena, M.D., P.K. Joshi, H.S. Jat, A.R. Chinchmalatpure, B. Narjary, P. Sheoran and D.K. Sharma. 2016. Changes in biological and chemical properties of saline soils amended with municipal solid waste compost and chemical fertilizers in a mustard-pearl millet cropping system. Catena, 140: pp. 1-8.

Nilawonk, W., T. Attanandana., A. Phonpherm., X Shuai, and Y. Russell, 2007. Potassium Release in Representative Maize-producing Soils of Thailand. Soil Sci. Soc. Amer. J. 72: pp 791-797.

Nilawonk, W., T. Attanandana., and Y. Russell, 2010. Determining plant- available potassium in representative maize soils of Thailand. ASA, CSSA, and SSSA 2010 International annual meeting, Oct.31- Nov.4, Long Beach, CA.

Ning, T.Y., G.Q. Shao, Z.J. Li, H.F. Han, H.G. Hu, Y. Wang, S.Z. Tian, and S.Y. Chi. 2012. Effects of urea types and irrigation on crop uptake, soil residual, and loss of N in maize field on the North China Plain. Plant Soil Environ., 58(1): pp 1-8.

Nurhidayati, A. Basit, and Sunawan. 2013. Residual effect of ammonium sulfate substitution on soil properties and productivity of plant and ratoon cane. Agricultural Science, 1(3): pp 1-12.

Rama Lakshmi, CH. S., P. Chandrasekhar Rao, T. Sreelatha, M. Madhavi, G. Padmaja and P.V. Rao. 2015. Residual effect of organic and inorganic nutrient sources on macro and micro nutrient status of rabi greengram under rice-greengram cropping system. Legume Research, 38(4): pp 496-502.

Rau, S.K., B.C. Ghosh and B.N. Mittra. 2003. Effect of fly ash, organic wastes and chemical fertilizers on yield, nutrient uptake, heavy metal content and residual fertility in a rice-mustard cropping sequence under acid lateritic soils. Bioresource Technology, 90: pp. 275-283.

Salem, M.A. 2013. A study of the presence of residual of nitrogenous fertilizer nitrate in some soil of Brack-Ashkada Agriculture project. Journal of Life Sciences and Technologies, 1(1): pp. 84-88.

Savci, C. 2012. An agricultural pollutant: Chemical fertilizer. International Journal of Environmental Science and Development, 3(1): pp 77-80.

Shehzadi, S., Z. Shah and W. Mohammaa. 2014. Residual effect of organic wastes and chemical fertilizers on wheat yield under wheat-maize cropping sequence. Soil Environ., 33(2): pp. 88-95.

Tao, R., Y. Liang, S.A. Wakelin, and G. Chu. 2015. Supplementing chemical fertilizer with an organic component increases soil biological function and quality. Applied Soil Ecology, 96: pp. 42-51.

Timmons, D.R. and R.M. Cruse. 1990. Effect of fertilization method and tillage on nitrogen recovery by corn. Agron. J., 82: pp. 777-784.

Topbas, M.T., A.R. Brohi, M.R. Karaman, and T.C. Cevre Kirliligi . 1998. Cevre Bakanligi Yayinlar, Ankara.

Wookey, B. 1987. The story of an organic farm. New York: Basil Blackwell. 209pp.

Yang, Z., L. Zhou, Y. Lv, and H. Li. 2011. Long-term effects of crop residual and inorganic fertilizers on yield and soil organic matter for a winter wheat-maize system in North China Plain. Advanced Material Research, 356: pp 2523-2530.

Yuan X.M., Wang Z.Q. (2000): Nitrate nitrogen leaching and factors influencing it. Arid Zone Research, 17: pp 46–52.

Zhao, J., T. Ni, J. Li, Q. Lu, Z. Fang, Q. Huang, R. Zhang, R. Li, B. Shen, and Q. Shen. 2016. Effects of organic-inorganic compound fertilizer with reduced chemical fertilizer application on crop yields, soil biological activity and bacterial community structure in a rice-wheat cropping system. Applied Soil Ecology, 99: pp. 1-12.