วารสารเกษตรพระจอมเกล้า 2560 : 35 (1) : 1-10

ผลของปุ๋ยพืชสดและปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนต่อสมบัติทางเคมีของดิน และการเจริญเติบโตของแก่นตะวัน

Effects of Green Manure and Vermicompost on Soil Chemical Properties and Growth Parameters of *Helianthus tuberosus* L.

อิทธิพล ขึมภูเขียว[1] และอรวรรณ รักสงฆ์[1]
Ittipon Khuimphukhieo[1] and Orawan Raksong[1]

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้ดำเนินการในไร่ฝึกทดลอง สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของปุ๋ยพืชสดและปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนต่อสมบัติทางเคมีของดินและการเจริญเติบโตของแก่นตะวัน (*Helianthus tuberosus* L.) ศึกษาโดยวางแผนการทดลองแบบ 2x4 Split plot in RCBD จำนวน 4 ซ้ำ จัด Main plot เป็นการใช้ปุ๋ยพืชสด ได้แก่ ตำรับควบคุมไม่ใช้ปุ๋ยพืชสด (M_1) และใช้ปอเทืองเป็นปุ๋ยพืชสด ปลูกด้วยเมล็ดอัตรา 5 กก./ไร่ แล้วไถกลบขณะออกดอก (M_2) และจัด Sub plot เป็นการใส่ปุ๋ยแบบต่างๆ ได้แก่ ไม่ใส่ปุ๋ย (S_1) ใช้ปุ๋ยเคมีสูตร 12-24-12 อัตรา 25 กก./ไร่ (S_2) ใช้ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือน อัตรา 500 (S_3) และ 1,000 กก./ไร่ (S_4) บันทึกข้อมูลการเจริญเติบโตของแก่นตะวันและสมบัติทางเคมีของดินหลังการทดลอง ผลการทดลองพบว่าการใช้ปุ๋ยพืชสดทำให้แก่นตะวันมีความสูงและน้ำหนักหัวสดมากกว่าตำรับควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การใช้ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนอัตรา 500 กก./ไร่ ทำให้แก่นตะวันมีขนาดลำต้นบริเวณโคนต้น ความสูง และน้ำหนักหัวสดไม่ต่างกับการใช้อัตรา 1,000 กก./ไร่ และปุ๋ยเคมี สำหรับผลต่อสมบัติทางเคมีของดินหลังการทดลอง พบว่าการใช้ปุ๋ยพืชสดทำให้ดินมีปริมาณอินทรียวัตถุมากกว่าตำรับควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และมีแนวโน้มให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดได้และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้มากกว่าตำรับควบคุม ส่วนการใส่ปุ๋ยแบบต่างๆ ให้ลักษณะสมบัติทางเคมีของดินหลังการทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

คำสำคัญ : แก่นตะวัน (*Helianthus tuberosus* L.) ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือน ปอเทือง ปุ๋ยอินทรีย์

Abstract

The study was carried out in on-farm trial in Division of Plant Production Technology, Faculty of Agro-Industrial Technology, Kalasin University, aiming at investigating the effects of green manure and vermicompost on soil chemical properties and growth parameters of jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.).The experimental design was 2x4 split plot in RCBD with four replications. The green manure, as a main plot consisting two levels i.e. control (M_1) and *Crotalaria juncea* L. 5 kg/rai of seed rate and incorporated flowering stage (M_2), the sub plot consisting of no fertilizer (S_1), 25 kg/rai of chemical fertilizer grade 12-24-12 (S_2), 500 (S_3) and 1,000 kg/rai (S_4) of vermicompost. Growth parameters of jerusalem artichoke had data record, and chemical properties of soils analysis after jerusalem artichoke harvesting. The results showed that effect of green manure showed significant increased plant height and tuber fresh weight. Applications of 500 kg/rai of vermicompost gave stem diameters at above ground, plant height and tuber fresh weight not difference with 1,000 kg/rai of vermicompost and 25 kg/rai of chemical fertilizer grade 12-24-12. For chemical properties of soil, effect of green manure showed significant

[1] สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์ จ. กาฬสินธุ์ 46000

increased organic matter, and there was tendency that incorporated green manure has extractable phosphorus and exchangeable potassium greater than control.The different fertilizers (sub plot) were not significantly different effect on chemical properties of soils.

Keywords: *Helianthus tuberosus* L., Vermicompost, *Crotalaria juncea* L., organic fertilizer

คำนำ

พื้นที่เกษตรกรรมในภาคตะวันออกเฉียงเหนือประมาณ 8.2 ล้านไร่ ประสบปัญหาดินทรายที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำประกอบกับเกษตรกรใช้ปุ๋ยเคมีติดต่อกันเป็นเวลานาน ไม่มีการใช้ปุ๋ยอินทรีย์เพื่อทดแทนอินทรียวัตถุแก่ดิน จึงมีผลเสียต่อสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของดิน ทำให้ผลผลิตพืชตกต่ำ การใช้ปุ๋ยพืชสดช่วยปรับปรุงความอุดมสมบูรณ์ของดิน เพิ่มปริมาณธาตุอาหารในดิน เพิ่มอินทรียวัตถุ เพิ่มการสะสมคาร์บอนให้กับดิน ช่วยในการปรับปรุงโครงสร้างของดินให้ดีขึ้น ภูมิศักดิ์ (2549) รายงานว่าการใช้ปุ๋ยพืชสดทำให้ดินมีปริมาณอินทรียวัตถุ ไนโตรเจน และฟอสฟอรัสเพิ่มขึ้น และการใช้ปุ๋ยพืชสดทำให้ข้าวมีผลผลิตเพิ่มขึ้น (ดวงสมร และคณะ, 2554) และไม่ต่างกับการใช้ปุ๋ยเคมี (สมพร, 2556) ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนเป็นการนำขยะอินทรีย์มาผลิตเป็นปุ๋ยอินทรีย์เป็นการจัดการขยะวิธีหนึ่งที่นิยมใช้กันมากในปัจจุบัน นอกจากจะช่วยลดปัญหามลพิษของขยะต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพของมนุษย์แล้ว ยังสามารถนำมาใช้ประโยชน์ทางการเกษตรและเชิงพาณิชย์ได้ (เสกสรร, 2555) ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนช่วยปรับปรุงสมบัติทางกายภาพของดิน โดยเพิ่มช่องว่างระหว่างเม็ดดิน เพิ่มความสามารถในการอุ้มน้ำ เพิ่มความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก และลดความหนาแน่นของดิน อีกทั้งยังช่วยปรับปรุงสมบัติทางเคมีของดิน โดยเพิ่มอินทรีย์คาร์บอน ธาตุอาหารหลักและธาตุอาหารเสริมบางชนิด นอกจากนี้ยังช่วยเพิ่มกิจกรรมของจุลินทรีย์ (Manivannan *et al*. 2009) มีรายงานว่าการใช้ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนทำให้ข้าว (สุลีลัก และ สุชาดา, 2557) และข้าวโพด (Lazcano and Dominguez, 2011) มีผลผลิตไม่ต่างกับการใช้ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยพืชสดและปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนถูกนำมาใช้ประโยชน์ทางการเกษตรอย่างแพร่หลายแต่ยังไม่มีรายงานการศึกษาเกี่ยวกับการใช้ปุ๋ยพืชสดร่วมกับปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนต่อสมบัติทางเคมีของดินและการเจริญเติบโตของพืช อุไรวรรณ (2557) รายงานว่าการใช้ปุ๋ยแบบผสมผสานในการผลิตพืชเป็นการนำเอาสมบัติที่ดีของปุ๋ยชนิดต่างๆ มาเพิ่มพูนสนับสนุนซึ่งกันและกัน

แก่นตะวัน (jerusalem artichoke; *Helianthus tuberosus* L.) จัดอยู่ในตระกูลเดียวกันกับทานตะวัน มีดอกคล้ายดอกบัวตอง มีหัวสะสมอาหารคล้ายหัวของขิงและข่า หัวแก่นตะวันมีสารสำคัญคือ “อินนูลิน (inulin)” ซึ่งมีประโยชน์ต่อร่างกายของมนุษย์ ช่วยป้องกันโรคอ้วน ลดความเสี่ยงต่อการเป็นโรคเบาหวาน ลดไขมันในเลือด ลดความเสี่ยงต่อการเป็นโรคหัวใจและสร้างภูมิคุ้มกัน แก่นตะวันเป็นพืชชนิดใหม่ที่มีศักยภาพในการผลิตเป็นอาหารเพื่อสุขภาพ ซึ่งในอนาคตแก่นตะวันน่าจะเป็นพืชที่มีความสำคัญและนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตฟรุ๊คแทน (fructans) และอินนูลิน เพราะเป็นสารธรรมชาติ ไม่มีพิษต่อร่างกายมนุษย์และสิ่งแวดล้อมเมื่อเปรียบเทียบกับสารสังเคราะห์ที่นำมาใช้ในปัจจุบัน (สนั่น และคณะ, 2549ก) สำหรับในประเทศไทยแก่นตะวันยังเป็นพืชที่ค่อนข้างใหม่ และมีงานวิจัยเกี่ยวกับการจัดการการเขตกรรมที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของแก่นตะวันค่อนข้างน้อย ดังนั้น การศึกษาการใช้ปุ๋ยพืชสดร่วมกับปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนต่อสมบัติทางเคมีของดิน และการเจริญเติบโตของแก่นตะวันน่าจะเกิดประโยชน์ต่อการสร้างองค์ความรู้ และเทคโนโลยีด้านการจัดการดินและปุ๋ยที่เหมาะสมสำหรับถ่ายทอดให้แก่เกษตรกรต่อไป การศึกษาครั้งนี้จึงดำเนินการโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของปุ๋ยพืชสดและปุ๋ยหมักมูลไส้เดือน ต่อสมบัติทางเคมีของดินและการเจริญเติบโตของแก่นตะวัน

อุปกรณ์และวิธีการ

การศึกษาครั้งนี้ทำการทดลอง ณ สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์ ระหว่างเดือนมีนาคมถึงเดือนตุลาคม 2558 วางแผนการทดลองแบบ 2 x 4 Split plot in RCBD จำนวน 4 ซ้ำ โดยมีปุ๋ยพืชสดเป็น Main plot ได้แก่ ตำรับควบคุมไม่ใช้ปุ๋ยพืชสด (M_1) และใช้ปอเทือง (*Crotalaria juncea* L.) เป็นปุ๋ยพืชสด ปลูกโดยใช้เมล็ดอัตรา 5 กก./ไร่ แล้วไถกลบขณะออกดอก (M_2) และการใส่ปุ๋ยแบบต่างๆ เป็น Sub plot ได้แก่ ไม่ใส่ปุ๋ย (S_1) ใช้ปุ๋ยเคมีสูตร 12-24-12 อัตรา 25 กก./ไร่ ตามคำแนะนำของสนั่น และคณะ (2549ก); สนั่น และคณะ (2549ข) (S_2) ใช้ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือน อัตรา 500 กก./ไร่ (S_3) และใช้ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือน อัตรา 1,000 กก./ไร่ (S_4) ทำการปลูกปอเทือง (M_2) โดยการหว่านเมล็ดอัตรา 5 กก./ไร่ แล้วไถกลบขณะออกดอก จากนั้นเตรียมแปลงปลูกแก่นตะวันโดยใช้พันธุ์ 50-4 ปลูกในแปลงย่อยขนาด 3 x 4 เมตร ระยะปลูก 60 x 50 ซม ใช้ต้นกล้าแก่นตะวันอายุ 25 วัน ปลูกหลุมละ 1 ต้น ใส่ปุ๋ยแก่นตะวันแต่ละตำรับ (treatments) เมื่ออายุ 20 วันหลังย้ายปลูก จากนั้นบันทึกข้อมูล ดังนี้ 1) ความสูงต้น สุ่มวัดลำต้นหลักโดยวัดจากโคนต้นเหนือดินจนถึงปลายยอดของลำต้นในช่วงแก่นตะวันมีอายุ 110 วันหลังย้ายปลูก โดยสุ่มวัดจำนวน 10 ต้นต่อแปลงย่อย 2) ขนาดลำต้น สุ่มวัดเส้นรอบวงลำต้นโดยวัดบริเวณส่วนโคนต้นชิดดินและบริเวณกลางลำต้นในช่วงแก่นตะวันมีอายุ 110 วันหลังย้ายปลูก โดยสุ่มวัดจำนวน 10 ต้นต่อแปลงย่อย 3) น้ำหนักแห้งต้นและใบ นำต้นและใบแก่นตะวันหลังเก็บเกี่ยวผลผลิต มาตัดใส่ถุงกระดาษสีน้ำตาล แล้วอบที่อุณภูมิ 90 องศาเซลเซียส นาน 48 ชั่วโมง (ลำต้นแก่นตะวันมีขนาดค่อนข้างใหญ่ จึงใช้อุณหภูมิที่สูงกว่าปกติถึงจะแห้งสม่ำเสมอ) นำมาชั่งแล้วคำนวณน้ำหนักแห้งต้นและใบต่อแปลงย่อยเป็นพื้นที่ 1 ไร่ 4) น้ำหนักหัวสด ชั่งน้ำหนักหัวสดต่อแปลงย่อยแล้วคำนวณเป็นน้ำหนักหัวสดต่อพื้นที่ 1 ไร่ 5) บันทึกข้อมูลสมบัติทางเคมีของดิน โดยเก็บตัวอย่างดินแต่ละแปลงย่อยหลังจากเก็บเกี่ยวผลผลิตแก่นตะวันที่ความลึก 0-15 ซม. ข้อมูลที่ทำการบันทึกได้แก่ วัดค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินด้วย pH meter วัดค่าการนำไฟฟ้าด้วย conductivity meter ปริมาณอินทรียวัตถุด้วยวิธี Walkley & Black method ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดด้วยวิธี Kjeldahl method ปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดได้ด้วย Bray II และวัดปริมาณโดย Molybdenum-blue method และปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ด้วย 1 *N* NH_4OAc pH 7 และวัดปริมาณโดย Flame photometry วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลและเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของแต่ละตำรับโดยวิธี Least significant difference (LSD) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ผลการทดลองและวิจารณ์

พื้นที่ทำวิจัยเป็นดินร่วนปนทราย (sand 70.83% silt 18.34% และ clay 10.83%) ดินเป็นกรดจัดมาก (pH 4.97) และมีอินทรียวัตถุต่ำ (6.70 ก./กก.) สมบัติทางเคมีของดินก่อนการทดลองและปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนที่ใช้ในการทดลองแสดงดัง Table 1

Table 1 Chemical properties of studied soil and vermicompost.

Chemical properties	Soil	Vermicompost
pH (1:2.5)	4.97	6.57
EC (1:5) (dS/m)	0.091	3.91
Organic matter (g/kg)	6.70	202.1
Total nitrogen (g/kg)	0.27	9.6
Extractable Phosphorus (mg/kg)	103.0	2880.8
Exchangeable potassium (mg/kg)	63.0	6070.7

ผลของปุ๋ยพืชสดและปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของแก่นตะวัน

การใช้ปุ๋ยพืชสดไม่มีผลทำให้ขนาดลำต้นบริเวณโคนต้น (1.38 และ 1.46 ซม. ตามลำดับ) ของแก่นตะวันมีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ส่วนการใส่ปุ๋ยแบบต่างๆ พบว่าให้ขนาดลำต้นบริเวณโคนต้นมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) การใช้ปุ๋ยเคมีมีขนาดลำต้นบริเวณโคนต้นมากที่สุด (1.49 ซม.) แต่ไม่ต่างกับการใช้ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือน (1.45 และ 1.41 ซม. ตามลำดับ) ส่วนการไม่ใส่ปุ๋ยมีขนาดลำต้นบริเวณโคนต้นน้อยที่สุด (1.34 ซม.) สำหรับขนาดลำต้นบริเวณกลางลำต้น พบว่าการใส่ปุ๋ยแบบต่างๆ ให้ขนาดลำต้นบริเวณกลางลำต้นมีปฏิสัมพันธ์กับการใช้ปุ๋ยพืชสด (P<0.05) โดยตำรับควบคุม (M_1) ให้ขนาดลำต้นบริเวณกลางลำต้นมากที่สุดเมื่อใช้ปุ๋ยเคมี (1.30 ซม.) ซึ่งมากกว่าการไม่ใส่ปุ๋ย (1.09 ซม.) และการใช้ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนทั้ง 2 อัตรา (1.11 ซม.) ส่วนการใช้ปุ๋ยพืชสด (M_2) ให้ขนาดลำต้นบริเวณกลางลำต้นไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อได้รับปุ๋ยต่างกัน (Table 2)

การใส่ปุ๋ยแบบต่างๆ ให้ความสูง น้ำหนักแห้งต้นและใบ และน้ำหนักหัวสดไม่มีปฏิสัมพันธ์กับการใช้ปุ๋ยพืชสด (P>0.05) การใช้ปุ๋ยพืชสดทำให้แก่นตะวันมีความสูง (158.74 ซม.) มากกว่าตำรับควบคุม (152.36 ซม.) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ในทำนองเดียวกันการใส่ปุ๋ยแบบต่างๆ ทำให้แก่นตะวันมีความสูงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.01) การใช้ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือน อัตรา 1,000 กก./ไร่ มีความสูงมากที่สุด (160.06 ซม.) แต่ไม่ต่างกับการใช้อัตรา 500 กก./ไร่ (155.02 ซม.) และปุ๋ยเคมี (159.80 ซม.) ซึ่งปุ๋ยทั้ง 3 ตำรับ (S_2, S_3 และ S_4) ทำให้แก่นตะวันมีความสูงมากกว่าการไม่ใส่ปุ๋ย (147.31 ซม.) แม้ว่าการใส่ปุ๋ยแบบต่างๆ ให้ความสูงของแก่นตะวันไม่มีปฏิสัมพันธ์กับการใช้ปุ๋ยพืชสด แต่พบแนวโน้มว่าการใช้ปุ๋ยพืชสดร่วมกับปุ๋ยเคมี (159.87 ซม.) หรือปุ๋ยหมักมูลไส้เดือน (155.4 และ 166.41 ซม. ตามลำดับ) จะทำให้แก่นตะวันมีความสูงมากกว่าการใช้ปุ๋ยพืชสดเพียงอย่างเดียว (153.28 ซม.) การใช้ปุ๋ยพืชสดไม่มีผลทำให้น้ำหนักแห้งต้นและใบของแก่นตะวันมีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) แต่พบแนวโน้มว่าการใช้ปุ๋ยพืชสดจะทำให้แก่นตะวันมีน้ำหนักแห้งต้นและใบ (510.21 กก./ไร่) มากกว่าตำรับควบคุม (365.07 กก./ไร่) ในทำนองเดียวกันการใส่ปุ๋ยแบบต่างๆ ไม่มีผลทำให้น้ำหนักแห้งต้นและใบมีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) แต่พบแนวโน้มว่าการใช้ปุ๋ยเคมีจะทำให้แก่นตะวันมีน้ำหนักแห้งต้นและใบ (480.04 กก./ไร่) มากกว่าการใช้ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือน (422.45 และ 444.76 กก./ไร่ ตามลำดับ) และการไม่ใส่ปุ๋ย (403.33 กก./ไร่) สำหรับลักษณะน้ำหนักหัวสด พบว่าการใช้ปุ๋ยพืชสดทำให้แก่นตะวันมีน้ำหนักหัวสด (1,617.5 กก./ไร่) มากกว่าตำรับควบคุม (1,126.4 กก./ไร่) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ในทำนองเดียวกัน การใส่ปุ๋ยแบบต่างๆ ก็ทำให้น้ำหนักหัวสดของแก่นตะวันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) การใช้ปุ๋ยเคมีมีน้ำหนักหัวสด (1,518.5 กก./ไร่) มากที่สุด แต่ไม่ต่างกับการใช้ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือน (1,517.3 และ 1,486.3 กก./ไร่ ตามลำดับ) ซึ่งปุ๋ยทั้ง 3 ตำรับ (S_2, S_3 และ S_4) ทำให้แก่นตะวันมีน้ำหนักหัวสดมากกว่าการไม่ใส่ปุ๋ย (965.7 กก./ไร่) แม้ว่าการใส่ปุ๋ยแบบต่างๆ ให้น้ำหนักหัวสดไม่มีปฏิสัมพันธ์กับการใช้ปุ๋ยพืชสด แต่พบแนวโน้มว่าการใช้ปุ๋ยพืชสดร่วมกับปุ๋ยเคมี (1,661.7 กก./ไร่) หรือปุ๋ยหมักมูลไส้เดือน (1,745.5 และ 1,738.0 กก./ไร่ ตามลำดับ) จะทำให้แก่นตะวันมีน้ำหนักหัวสดมากกว่าการใช้ปุ๋ยพืชสดเพียงอย่างเดียว (1,324.7 กก./ไร่) (Table 2)

Table 2 Effects of green manure and difference fertilizers on stem diameters, plant height, above ground dry weight and tub fresh weight of jerusalem artichoke.

Fertilizers / Green manure	No fertilizer (S_1)	12-24-12 (S_2; 25 kg/rai)	Vermicompost (S_3; 500 kg/rai)	Vermicompost (S_4; 1,000 kg/rai)	Mean	Factor	F-test	$LSD_{0.05}$
Stem diameters at above ground (cm)						Green manure	ns	-
Control (M_1)	1.28	1.54	1.38	1.34	1.38	Fertilizer	*	0.13
Incorporated (M_2)	1.4	1.44	1.51	1.49	1.46	GM X Fer	ns	-
Mean	1.34	1.49	1.45	1.41			$C.V._{(GM)}$ = 10.63%	$C.V._{(Fer)}$ = 8.58%
Stem diameters at middle stem (cm)						Green manure	ns	-
Control (M_1)	1.09	1.30	1.11	1.11	1.15	Fertilizer	*	0.09
Incorporated (M_2)	1.12	1.15	1.23	1.18	1.17	GM X Fer	*	$a^{1/}$ = 0.14, $b^{1/}$ = 0.18
Mean	1.10	1.23	1.17	1.14			$C.V._{(GM)}$ = 11.28%	$C.V._{(Fer)}$ = 7.86%
Plant height (cm)						Green manure	*	5.27
Control (M_1)	141.33	159.72	154.65	153.71	152.36	Fertilizer	**	6.94
Incorporated (M_2)	153.28	159.87	155.40	166.41	158.74	GM X Fer	ns	-
Mean	147.31	159.80	155.02	160.06			$C.V._{(GM)}$ = 2.85%	$C.V._{(Fer)}$ = 4.16%
Above ground dry weight (kg/rai)						Green manure	ns	-
Control (M_1)	334.48	456.03	309.82	359.98	365.07	Fertilizer	ns	-
Incorporated (M_2)	472.17	504.05	535.08	529.55	510.21	GM X Fer	ns	-
Mean	403.33	480.04	422.45	444.76			$C.V._{(GM)}$ = 34.55%	$C.V._{(Fer)}$ = 23.59%
Tuber fresh weight (kg/rai)						Green manure	*	382.6
Control (M_1)	606.8	1,375.3	1,289.1	1,234.6	1,126.4	Fertilizer	*	394.9
Incorporated (M_2)	1,324.7	1,661.7	1,745.5	1,738.0	1,617.5	GM X Fer	ns	-
Mean	965.7	1,518.5	1,517.3	1,486.3			$C.V._{(GM)}$ = 24.58%	$C.V._{(Fer)}$ = 26.85%

ns, * and ** = non-significant, significant at 0.05 and 0.01 probability levels, respectively. $a^{1/}$ = same level green manure, $b^{1/}$ = different level green manure

แก่นตะวันมีความสูงและน้ำหนักหัวสดเพิ่มขึ้นเมื่อใช้ปุ๋ยพืชสด เนื่องจากแก่นตะวันได้รับธาตุอาหารจากการปลดปล่อยในกระบวนการย่อยสลายปุ๋ยพืชสดโดยจุลินทรีย์ในดิน ภูมิศักดิ์ (2549) รายงานว่าการใช้ปุ๋ยพืชสดทำให้ข้าวโพดมีความสูงมากกว่าการไม่ใช้ปุ๋ยพืชสด ในทำนองเดียวกันการใช้ปุ๋ยพืชสดทำให้ข้าว (สมพร, 2556) ข้าวสาลี (Dayegamiye and Tran, 2001) และข้าวโพด (ภูมิศักดิ์, 2549; Edje and Magagula, 2014) มีผลผลิตเพิ่มขึ้น การศึกษาครั้งนี้แม้ว่าการใส่ปุ๋ยแบบต่างๆ ให้น้ำหนักหัวสดไม่มีปฏิสัมพันธ์กับการใช้ปุ๋ยพืชสด แต่พบแนวโน้มว่าการใช้ปุ๋ยพืชสดร่วมกับปุ๋ยเคมีหรือปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนจะทำให้แก่นตะวันมีน้ำหนักหัวสดมากกว่าการใช้ปุ๋ยพืชสดเพียงอย่างเดียว สอดคล้องกับ รัตติญา (2554) ที่รายงานว่าการใช้ปุ๋ยพืชสดร่วมกับมูลโคทำให้ข้าวโพดฝักอ่อนมีผลผลิตมากกว่าการใช้มูลโคเพียงอย่างเดียว อุไรวรรณ (2557) รายงานว่าการใช้ปุ๋ยแบบผสมผสานในการผลิตพืชเป็นการนำเอาสมบัติที่ดีของปุ๋ยชนิดต่างๆ มาเพิ่มพูนสนับสนุนซึ่งกันและกัน การใช้ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนทั้ง 2 อัตรา ทำให้แก่นตะวันมีความสูง ขนาดลำต้นบริเวณโคนต้น และน้ำหนักหัวสดไม่ต่างกับการใส่ปุ๋ยเคมี สอดคล้องกับการศึกษาก่อนหน้านี้ที่พบว่าการใช้ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนทำให้ข้าวโพด (Lazcano and Dominguez, 2011; สุลีลัก และ สุชาดา, 2556) และข้าว (สุลีลัก และ สุชาดา, 2557) มีผลผลิตไม่ต่างกับการใช้ปุ๋ยเคมี ขณะที่ Yousefi and Sadeghi (2014) รายงานว่าการใช้ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนทำให้ข้าวสาลีมีผลผลิตมากกว่าไม่ใส่ปุ๋ย แต่ยังมีผลผลิตน้อยกว่าการใช้ปุ๋ยเคมี ในการศึกษาครั้งนี้พบว่าการใช้ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนอัตรา 500 กก./ไร่ ทำให้แก่นตะวันมีความสูง ขนาดลำต้น และน้ำหนักหัวสดไม่ต่างกับการใช้อัตรา 1,000 กก./ไร่ ดังนั้นการใช้ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนสำหรับแก่นตะวัน จึงแนะนำให้เกษตรกรใช้อัตรา 500 กก./ไร่ เพราะมีการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตไม่ต่างกับการใช้อัตรา 1,000 กก./ไร่ อย่างไรก็ตามเกษตรกรควรคำนึงถึงราคาเพื่อประกอบการตัดสินใจในการเลือกใช้ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนและปุ๋ยเคมี

ผลของปุ๋ยพืชสดและปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนต่อสมบัติทางเคมีของดินหลังการทดลอง

การใส่ปุ๋ยแบบต่างๆ ให้ลักษณะสมบัติทางเคมีของดินไม่มีปฏิสัมพันธ์กับการใช้ปุ๋ยพืชสด ($P>0.05$) การใช้ปุ๋ยพืชสดไม่มีผลทำให้ความเป็นกรดด่างของดินมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ตำรับควบคุมกับการใช้ปุ๋ยพืชสดให้ความเป็นกรดด่างของดินใกล้เคียงกัน เท่ากับ 5.49 และ 5.48 ตามลำดับ เช่นเดียวกันกับการใส่ปุ๋ยแบบต่างๆ พบว่าไม่มีผลทำให้ความเป็นกรดด่างของดินมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) แต่พบแนวโน้มว่าการใช้ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือน (5.47 และ 5.51 ตามลำดับ) จะทำให้ดินมีความเป็นกรดด่างมากกว่าการใช้ปุ๋ยเคมี (5.44) วีณา (2556) รายงานว่า การใช้ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนติดต่อกันเป็นระยะเวลานานสามารถรักษาระดับความเป็นกรดด่างของดินไม่ให้เปลี่ยนเป็นกรดได้ การศึกษาครั้งนี้มีการใช้ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนเพียงครั้งเดียวจึงอาจจะแสดงผลยังไม่ชัดเจน สำหรับปริมาณอินทรียวัตถุ พบว่าการใช้ปุ๋ยพืชสดทำให้ดินมีปริมาณอินทรียวัตถุ (7.25 ก./กก.) มากกว่าตำรับควบคุม (6.26 ก./กก.) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) สมศักดิ์ (2541) รายงานว่าหลังการสลายตัวของปุ๋ยพืชสดยังมีส่วนที่เหลืออยู่ในรูปของอินทรียวัตถุ จึงทำให้ดินที่ใช้ปุ๋ยพืชสดมีปริมาณอินทรียวัตถุมากกว่าตำรับควบคุม สอดคล้องกับการศึกษาก่อนหน้านี้ที่รายงานว่าปุ๋ยพืชสดสามารถเพิ่มปริมาณอินทรียวัตถุให้แก่ดิน (ชุติมา, 2550; Dayegamiye and Tran, 2001) ส่วนการใส่ปุ๋ยแบบต่างๆ พบว่าไม่มีผลทำให้ปริมาณอินทรียวัตถุมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) แต่พบแนวโน้มว่าการใช้ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือน (6.92 และ 6.96 ก./กก. ตามลำดับ) และปุ๋ยเคมี (6.89 ก./กก.) จะทำให้ดินมีปริมาณอินทรียวัตถุมากกว่าการไม่ใส่ปุ๋ย (6.25 ก./กก.) Hervas *et al*. (1989) รายงานว่าปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนมีส่วนที่เป็น organic fraction อยู่มากกว่า 50% เมื่อนำไปใช้จึงทำให้ดินมีปริมาณอินทรียวัตถุเพิ่มขึ้น (Manivannan *et al*., 2009) สอดคล้องกับการศึกษาของ สุลีลัก และ สุชาดา (2557) ที่รายงานว่าการใช้ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนทำให้ดินมีปริมาณอินทรียวัตถุเพิ่มขึ้นโดยเฉพาะเมื่อใช้ร่วมกับการฉีดน้ำหมักมูลไส้เดือน การศึกษาครั้งนี้แม้ว่าการใส่ปุ๋ยแบบต่างๆ ให้ปริมาณอินทรียวัตถุในดินหลังการทดลองไม่มีปฏิสัมพันธ์กับการใช้ปุ๋ยพืชสด แต่พบแนวโน้มว่าการใช้ปุ๋ยพืชสดร่วมกับปุ๋ยหมักมูลไส้เดือน (7.50 และ 7.79 ก./กก. ตามลำดับ) จะทำให้ดินมีปริมาณอินทรียวัตถุมากกว่าการใช้ปุ๋ยพืชสดเพียงอย่างเดียว (6.60 ก./กก.) (Table 3)

Table 3 Effects of green manure and difference fertilizers on pH, organic matter, total nitrogen, extractable phosphorus and exchangeable potassium of soil.

Fertilizers / Green manure	No fertilizer (S_1)	12-24-12 (S_2; 25 kg/rai)	Vermicompost (S_3; 500 kg/rai)	Vermicompost (S_4; 1,000 kg/rai)	Mean	Factor	F-test	$LSD_{0.05}$
			pH (1:2.5)			Green manure	ns	-
Control (M_1)	5.53	5.45	5.47	5.51	5.49	Fertilizer	ns	-
Incorporated (M_2)	5.48	5.43	5.46	5.51	5.48	GM X Fer	ns	-
Mean	5.51	5.44	5.47	5.51			$C.V._{(GM)}$ = 2.95%	$C.V._{(Fer)}$ = 1.11%
			Organic matter (g/kg)			Green manure	*	0.85
Control (M_1)	5.90	6.68	6.33	6.13	6.26	Fertilizer	ns	-
Incorporated (M_2)	6.60	7.10	7.50	7.78	7.25	GM X Fer	ns	-
Mean	6.25	6.89	6.92	6.96			$C.V._{(GM)}$ = 10.83%	$C.V._{(Fer)}$ = 11.27%
			Total nitrogen (g/kg)			Green manure	ns	-
Control (M_1)	0.26	0.38	0.34	0.31	0.32	Fertilizer	ns	-
Incorporated (M_2)	0.32	0.31	0.36	0.32	0.33	GM X Fer	ns	-
Mean	0.29	0.35	0.35	0.31			$C.V._{(GM)}$ = 17.72%	$C.V._{(Fer)}$ = 16.80%
			Extractable phosphorus (mg/kg)			Green manure	ns	-
Control (M_1)	89.75	97.0	94.75	94.50	94.0	Fertilizer	ns	-
Incorporated (M_2)	96.0	103.0	103.50	103.50	101.5	GM X Fer	ns	-
Mean	92.88	100	99.13	99.0			$C.V._{(GM)}$ = 12.08%	$C.V._{(Fer)}$ = 9.51%
			Exchangeable potassium (mg/kg)			Green manure	ns	-
Control (M_1)	35.25	39.81	35.0	29.50	34.89	Fertilizer	ns	-
Incorporated (M_2)	37.0	43.0	36.0	41.50	39.38	GM X Fer	ns	-
Mean	36.13	41.40	35.5	35.5			$C.V._{(GM)}$ = 26.40%	$C.V._{(Fer)}$ = 21.35%

ns and * = non-significant and significant at 0.05 probability levels, respectively

การใช้ปุ๋ยพืชสดไม่มีผลทำให้ปริมาณไนโตรเจนในดินมีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ปุ๋ยพืชสดสามารถเพิ่มธาตุอาหารแก่ดินโดยเฉพาะไนโตรเจน แต่การศึกษาครั้งนี้พบว่า ตำรับควบคุมกับการใช้ปุ๋ยพืชสดทำให้ดินหลังการทดลองมีปริมาณไนโตรเจนใกล้เคียงกัน เท่ากับ 0.32 และ 0.33 ก./กก. ตามลำดับ ที่เป็นเช่นนี้สันนิษฐานว่ามีสาเหตุมาจากการนำไนโตรเจนไปใช้โดยแก่นตะวัน และสูญเสียไปในกระบวนการ immobilization โดยจุลินทรีย์ในดิน สอดคล้องกับ ชุติมา (2550) ที่รายงานว่าหลังเก็บเกี่ยวข้าว ดินที่ใช้ปุ๋ยพืชสดมีปริมาณไนโตรเจนน้อยกว่าก่อนการทดลอง ในทำนองเดียวกันการใส่ปุ๋ยแบบต่างๆ ไม่มีผลทำให้ปริมาณไนโตรเจนในดินมีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) แต่พบแนวโน้มว่าการใช้ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือน อัตรา 500 กก./ไร่ และปุ๋ยเคมี (0.35 ก./กก.) จะทำให้ดินมีปริมาณไนโตรเจนมากกว่าการไม่ใส่ปุ๋ย (0.29 ก./กก.) สำหรับปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดได้ พบว่าการใช้ปุ๋ยพืชสดไม่มีผลทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดได้มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) แต่พบแนวโน้มว่าการใช้ปุ๋ยพืชสด (101.5 มก./กก.) จะทำให้ดินมีปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดได้มากกว่าตำรับควบคุม (94.0 มก./กก.) ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากการสลายตัวของปุ๋ยพืชสดจะปลดปล่อยฟอสฟอรัสและเกิดกรดอินทรีย์และอินทรียสารต่างๆ ซึ่งทำหน้าที่ละลายสารประกอบฟอสเฟสที่ละลายยาก และช่วยป้องกันไม่ให้ไอออนไปตรึงฟอสเฟตที่อยู่ในดิน (ยงยุทธ และคณะ, 2551) ในทำนองเดียวกันการใส่ปุ๋ยแบบต่างๆ ไม่มีผลทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดได้มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) แต่พบแนวโน้มว่าการใช้ปุ๋ยเคมี (100 มก./กก.) และปุ๋ยหมักมูลไส้เดือน (99.13 และ 99.0 มก./กก. ตามลำดับ) จะทำให้ดินมีปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดได้มากกว่าการไม่ใส่ปุ๋ย (92.88 มก./กก.) ดินหลังการทดลองมีประมาณฟอสฟอรัสที่สกัดได้ใกล้เคียงกับก่อนการทดลอง (103.0 มก./กก.) ทั้งที่มีใส่ปุ๋ยชนิดต่างๆ ซึ่งอาจเป็นผลมาจากฟอสฟอรัสติดไปกับส่วนของผลผลิตแก่นตะวัน มีรายงานว่าในแต่ละปีจะสูญเสียฟอสฟอรัสที่ติดไปกับส่วนของพืชประมาณ 1.0-0.5 กก. ฟอสฟอรัส/ไร่ (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548)

สำหรับปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ พบว่าการใช้ปุ๋ยพืชสดไม่มีผลทำให้ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) แต่พบแนวโน้มว่าการใช้ปุ๋ยพืชสด (39.38 มก./กก.) จะทำให้ดินมีปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้มากกว่าตำรับควบคุม (34.89 มก./กก.) ยงยุทธ และคณะ (2551) รายงานว่าการสลายตัวของปุ๋ยพืชสด ทำให้โพแทสเซียมที่เป็นองค์ประกอบของซากปุ๋ยพืชสดถูกปลดปล่อยออกมา และการสลายตัวของซากปุ๋ยพืชสดนี้ทำให้เกิดคาร์บอนไดออกไซด์และกรดอินทรีย์ที่สามารถละลายแร่ที่มีโพแทสเซียมเป็นองค์ประกอบ ในทำนองเดียวกัน การใส่ปุ๋ยแบบต่างๆ ไม่มีผลทำให้ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) แต่พบแนวโน้มว่าการใช้ปุ๋ยเคมี (41.40 มก./กก.) จะทำให้ดินมีปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้มากกว่าการไม่ใส่ปุ๋ย (36.13 มก./กก.) และการใช้ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนทั้ง 2 อัตรา (35.5 มก./กก.) (Table 3) การทดลองครั้งนี้พบว่าโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินหลังการทดลอง มีปริมาณน้อยกว่าก่อนการทดลอง (63.0 มก./กก.) ทั้งที่มีการใส่ปุ๋ยชนิดต่างๆ ที่เป็นเช่นนี้สันนิษฐานว่ามีสาเหตุมาจากการสูญเสียไปโดยถูกนำไปใช้โดยแก่นตะวัน หรืออาจถูกชะละลาย (leaching) เนื่องจากพื้นที่ทดลองเป็นดินร่วนปนทรายประกอบกับช่วงดำเนินการทดลองเป็นฤดูฝนจึงเหมาะแก่การถูกชะละลายสู่ดินชั้นล่าง (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548) ในทำนองเดียวกัน นารี (2548) รายงานว่าหลังใส่ปุ๋ยทุเรียน 3 สัปดาห์ ดินมีปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้เพิ่มขึ้น แต่หลังจากนั้นปริมาณจะค่อยๆ ลดลงจนมีระดับใกล้เคียงกับก่อนการใส่ปุ๋ย

สรุป

ผลของปุ๋ยพืชสดและปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนต่อสมบัติทางเคมีของดินและการเจริญเติบโตของแก่นตะวัน สรุปได้ว่า การใช้ปุ๋ยพืชสดทำให้แก่นตะวันมีความสูง และน้ำหนักหัวสดมากกว่าตำรับควบคุม ส่วนการใส่ปุ๋ยแบบต่างๆ พบว่าการใช้ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนอัตรา 500 กก./ไร่ ทำให้แก่นตะวันมีขนาดลำต้นบริเวณโคนต้น ความสูง และน้ำหนักหัวสดไม่ต่างกับการใช้อัตรา 1,000 กก./ไร่ และปุ๋ยเคมี การใส่ปุ๋ยแบบต่างๆ ให้น้ำหนักหัวสดไม่มีปฏิสัมพันธ์

กับการใช้ปุ๋ยพืชสด แต่พบแนวโน้มว่าการใช้ปุ๋ยพืชสดร่วมกับปุ๋ยเคมีหรือปุ๋ยหมักมูลไส้เดือน จะทำให้แก่นตะวันมีน้ำหนักหัวสดมากกว่าการใช้ปุ๋ยพืชสดเพียงอย่างเดียว สำหรับผลต่อสมบัติทางเคมีของดินหลังการทดลอง สรุปได้ว่าการใช้ปุ๋ยพืชสดทำให้ดินหลังการทดลองมีปริมาณอินทรียวัตถุมากกว่าตำรับควบคุม ส่วนการใส่ปุ๋ยแบบต่างๆ ให้ลักษณะสมบัติทางเคมีของดินหลังการทดลองไม่แตกต่างกัน

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา (สกอ.) ที่สนับสนุนงบประมาณการวิจัยในครั้งนี้ ขอบคุณ นายวชิรวุฒิ ดลรุ้ง และนายธีรยุทธ งอกวงษ์ นักศึกษาสาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช ที่ช่วยเก็บข้อมูล และขอบคุณสาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์ ที่ให้การสนับสนุนพื้นที่ในการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2548. ปฐพีวิทยาเบื้องต้น. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 547 น.

ชุติมา สุรีพิทักษ์. 2550. การใช้พืชตระกูลถั่วเป็นปุ๋ยพืชสดเพื่อปรับปรุงผลผลิตข้าว. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ดวงสมร ตุลาพิทักษ์ พัชรี แสนจันทร์ เกษสุดา เดชภิมล สงัด ปัญญาพฤกษ์ และ พัฒนาภรณ์ วงษ์ทรงยศ. 2554. ผลของการใช้ปุ๋ยพืชสดต่อผลผลิตข้าวอินทรีย์และการปลดปล่อยแก๊สมีเทน. แก่นเกษตร. 39: 305-309.

นารี พันธุ์จินดาวรรณ. 2548. อิทธิพลของปุ๋ยคลอไรด์และซัลเฟตที่มีผลต่อคุณสมบัติทางเคมีของดินและความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบทุเรียน. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

ภูมิศักดิ์ อินทนนท์. 2549. อิทธิพลของปุ๋ยพืชสดต่อการเพิ่มผลผลิตข้าวโพดในเขตจังหวัดอุบลราชธานี. แก่นเกษตร 34: 218-223.

ยงยุทธ โอสถสภา อรรถดิษฐ์ วงศ์มณีโรจน์ และ ชาลิต ฮงประยูร. 2551. ปุ๋ยเพื่อการเกษตรยั่งยืน. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 519 น.

รัตติญา นนทกรกิติกุล. 2554. ผลของปุ๋ยมูลโคและปุ๋ยพืชสดต่อผลผลิตข้าวโพดฝักอ่อนอินทรีย์. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วีณา นิลวงศ์. 2556. การศึกษาคุณภาพปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินและการใช้ประโยชน์ทางการเกษตร. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้. 74 น.

สมพร ด่ายศ. 2556. ผลของอัตราเมล็ดปอเทืองที่มีต่อผลผลิต องค์ประกอบผลผลิต และปริมาณไนโตรเจนของข้าวสังข์หยดพัทลุงที่ปลูกในดินนาชุดดินพัทลุง. การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 51. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ, หน้า 214-221.

สมศักดิ์ วงใน. 2541. การตรึงไนโตรเจน : ไรโซเบียม-พืชตระกูลถั่ว. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 252 น.

สุลีลัก อารักษณ์ธรรม และสุชาดา สานุสันต์. 2556. อิทธิพลของปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินจากไส้เดือนดินต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางฟิสิกส์ดินและการปรับปรุงโครงสร้างของดิน. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้. 52 น.

สุลีลัก อารักษณ์ธรรม และสุชาดา สานุสันต์. 2557. อิทธิพลของปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินจากไส้เดือนดินต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางฟิสิกส์ดินและการปรับปรุงโครงสร้างของดิน. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้. 49 น.

สนั่น จอกลอย รัชนี พุทธา รัชนก มีแก้ว วิลาวรรณ ตุลา และ ถวัลย์ เกษมาลา. 2549ก. อิทธิพลของการใช้ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์ที่มีต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของแก่นตะวัน (*Helianthus tuberosus* L.). แก่นเกษตร. 34: 164-170.

สนั่น จอกลอย รัชนก มีแก้ว วิลาวรรณ ตุลา และ ถวัลย์ เกษมาลา. 2549ข. อิทธิพลของปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมีที่มีต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของแก่น ตะวัน. แก่นเกษตร. 34: 171-182.

เสกสรร พินเขียว. 2555. ผลของวัสดุเหลือใช้อินทรีย์และพันธุ์ไส้เดือนดินต่อสมบัติของปุ๋ยมูลไส้เดือนดินที่ใช้ปลูกดาวเรือง. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อุไรวรรณ ไอยสุวรรณ. 2557. ผลของการใช้ปุ๋ยหมักร่วมกับการจัดการธาตุอาหารเฉพาะพื้นที่ต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตข้าวพันธุ์ปทุมธานีในชุดดินสรรพยา. แก่นเกษตร. 42: 369-374.

Dayegamiye, A.N. and T.S. Tran. 2001. Effects of green manures of soil organic matter and wheat yields and N nutrition. Can J. Soil. Sci. 81: 371-382.

Edje, O.T. and T. Magagula. 2014. Effects of placement method of sunnhemp (*Crotalaria juncea* L.) as a green manure crop, labour cost for placement method and yield of maize (*Zea mays* L.) in Swaziland. Afr. J. of App. Agric. Sci. and Tech. 1: 69-78.

Hervas, L., C. Mazueles, N. Senesi and Saiz – Jimenez. 1989. Chemical and physio-chemical characterization of vermicomposts and their humic acid fraction. The Sci. Total Environ. 81: 543-550.

Lazcano, C., and J. Dominguez. 2011. The use of vermicompost in sustainable agricultiure: Impact on plant growth and soil fertility. [online] Available at: http://jdguez.webs.uvigo.es/wp-content/uploads/2012/01/the-use-of-vermicompost.pdf. [Cited 19 October 2014].

Manivannan, S., M. Balamurugan, K. Parthasarathi, G. Gunasekaran and L.S. Ranganathan. 2009. Effect of vermicompost on soil fertility and crop productivity – beans (*Phaseolus vulgaris*). J. Environ. Biol. 30: 275-281.

Yousefi, A.A., and M. Sadeghi. 2014. Effect of vermicompost and urea chemical fertilizers on yield and yield components of wheat (*Triticum aestivum*) in the field condition. Intl. J. Agri. Sci. 7: 1227-1230.