ชนิดของอาหารเพาะเลี้ยงต่อการขยายพันธุ์ของไส้เดือนดินสายพันธุ์แอฟริกันไนท์คลอเลอร์ (*Eudrilus eugeniae*) และสมบัติทางเคมีของมูลไส้เดือน

Effects of types of culture feed on reproduction of African Night Crawler (*Eudrilus eugeniae*) earthworm and chemical properties of vermicompost

พงษ์สุดา ชาญวิชัยพจน์[1], เบ็ญจวรรณ ชุติชูเดช[2], ประสิทธิ์ ชุติชูเดช[2]
Pongsuda Chanwichaypote[1], Benjawan Chutichudet[2], Prasit Chutichudet[2]
Received: 17 December 2018; Revised: 22 March 2019; Accepted: 27 March 2019

บทคัดย่อ

จากปริมาณวัสดุเหลือทิ้งโดยเฉพาะวัสดุอินทรีย์ซึ่งเป็นกากของเสียในชุมชนที่มีปริมาณมากขึ้นในปัจจุบัน จึงมีความจำเป็นต้องหาทางนำมาใช้ประโยชน์ โดยการนำมาใช้เป็นอาหารเพาะเลี้ยงไส้เดือนดินสายพันธุ์แอฟริกันไนท์คลอเลอร์ ดังนั้นงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของอาหารเพาะเลี้ยงต่อการขยายพันธุ์ของไส้เดือนดิน และสมบัติทางเคมีของมูลไส้เดือนดินภายหลังได้รับอาหาร วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) จำนวน 4 ซ้ำ ประกอบด้วยการให้อาหารจำนวน 5 ชนิด แก่ไส้เดือนดิน ได้แก่ Control กากยีสต์ ฟางข้าว วัสดุจากการเพาะทานตะวันงอก และผักตบชวาแห้ง โดยใช้ไส้เดือนดินสายพันธุ์แอฟริกันไนท์คลอเลอร์ จำนวน 30 ตัวต่อภาชนะ ให้อาหารชนิดละ 20 กรัมต่อสัปดาห์ ทำการทดลองเลี้ยงไส้เดือนดินเป็นระยะเวลา 90 วัน ณ โรงเรือนเลี้ยงไส้เดือน คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ระหว่างเดือนมีนาคมถึงเดือนกรกฎาคม 2561 ผลการทดลองพบว่าการให้อาหารไส้เดือนดินในรูปของฟางข้าว ช่วยส่งเสริมให้ไส้เดือนดินมีจำนวนประชากร น้ำหนักตัวรวม และปริมาณมูลมากที่สุดภายหลังเลี้ยงนาน 90 วัน (53.75 ตัว 6.69 กรัมต่อภาชนะ และ 25.02 กรัม ตามลำดับ) ขณะที่ไส้เดือนดินที่ได้รับกากยีสต์เป็นอาหาร พบว่าให้มูลไส้เดือนดินที่มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดและฟอสฟอรัสทั้งหมดสูงที่สุดภายหลังการเลี้ยงในวันที่ 45 และวันที่ 60 (0.27 และ 0.021 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) ทั้งนี้การนำมูลไส้เดือนดินมาใช้ประโยชน์ทางการเกษตรควรทำการเก็บมูลภายหลังการเลี้ยงนาน 15 วัน

คำสำคัญ: อาหารเพาะเลี้ยง อินทรียวัตถุ ไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัสทั้งหมด ไส้เดือนดินสายพันธุ์แอฟริกันไนท์คลอเลอร์

Abstract

Consequent of the current increase in the amounts of domestic refuse, especially organic wastes, it is desirable to utilize these organic wastes by using them as food supply for feeding African Night Crawler earthworm. The aims of this research were to study the effects of feed on reproduction of the earthworm and the chemical properties of vermicompost after feeding. A randomized complete block design (RCBD) was arranged with five different types (and four replications) of feeds: control, dried brewer's yeast, rice straw, residues from sunflower sprout planting and dried water hyacinth. Each container contained thirty African Night Crawler earthworms that were fed at 20 g per week. A period of earthworm husbandry was taken for 90 days at the worm house, Faculty of Technology, Mahasarakham University, during March - July 2018. The results indicated that feeding with rice straw promoted the maximal number

---

[1] นิสิตระดับปริญญาโท, [2]อาจารย์ประจำภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม อำเภอกันทรวิชัยจังหวัดมหาสารคาม 44150

[1] Master Degree Student, [2]Lecturer of Department of Agricultural Technology, Faculty of Technology, Mahasarakham University, Kantharawichai District, Mahasarakham, Thailand 44150

** Corresponding author: Pongsuda Chanvichaypote, Department of Agricultural Technology, Faculty of Technology, Mahasarakham University, Kantharawichai District, Mahasarakham, Thailand 44150 E-mail: p.chanwichaypote@gmail.comh*

of earthworm population, total earthworm weight and the contents of vermicompost after feeding 90 days (53.75 per container, 6.69 g per container and 25.02 g, respectively), whereas vermicompost from feeding earthworms with dried brewer's yeast gave the maximal contents of total nitrogen and total phosphorus on 45 and 60 days (0.27 % and 0.021 %, respectively). For agricultural use, vermicompost should be harvested after 15 days of feeding.

Keywords: feed, organic matter, total nitrogen, total phosphorus, African Night Crawler earthworm

บทนำ

ปัจจุบันจำนวนขยะอินทรีย์ชนิดต่างๆ ทั้งที่มาจากภาคการเกษตรและอุตสาหกรรมต่างๆ รวมทั้งของเสียจากบ้านเรือนมีปริมาณเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ[1] โดยพบว่าในปี พ.ศ. 2560 มีปริมาณขยะที่เกิดขึ้นทั่วประเทศประมาณ 27.40 ล้านตัน เพิ่มขึ้นจากปี พ.ศ. 2559 ร้อยละ 1.26 ที่มีปริมาณ 27.06 ล้านตัน เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของประชากรและการขยายตัวของชุมชนเมือง[2] ทำให้มีการขยายตัวเป็นชุมชนที่ใหญ่ขึ้น ส่งผลทำให้มีปริมาณของขยะอินทรีย์เพิ่มมากขึ้น ขณะที่บางหน่วยงานพยายามนำขยะอินทรีย์ดังกล่าวมาใช้ประโยชน์ แต่การนำขยะอินทรีย์เหล่านี้ไปใช้ประโยชน์พบว่าถูกนำมาใช้เพียงบางส่วนเท่านั้น โดยขยะที่พบส่วนใหญ่เป็นขยะอินทรีย์ที่ไม่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ ทำให้ส่งกลิ่นเหม็น และเป็นแหล่งสะสมที่ก่อให้เกิดโรคต่างๆ โดยเฉพาะกากของเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมจะมีกากของเสียจากการใช้ทรัพยากรซึ่งกลายเป็นเศษเหลือทิ้งเป็นจำนวนมหาศาลซึ่งหากมีการจัดการที่ไม่ถูกวิธีหรือกากของเสียมีปริมาณที่มากเกินไป จะก่อให้เกิดปัญหาเรื่องของกลิ่นเน่าเหม็น และเป็นที่เพาะพันธุ์ของแมลงวันและเชื้อโรคต่างๆ[3] ทั้งนี้การกำจัดขยะและวัสดุเหลือทิ้งเหล่านี้ในประเทศไทยที่ผ่านมาส่วนใหญ่นิยมใช้วิธีการฝังกลบและการเผาทิ้ง ทำให้ส่งผลเสียต่อสภาพแวดล้อมในดิน น้ำ และก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศเป็นอย่างมาก ตลอดจนส่งผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์และสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่บริเวณนั้น[4] วิธีการหนึ่งในการนำวัสดุเหลือทิ้งที่เป็นขยะอินทรีย์เหล่านี้มาใช้ประโยชน์นิยมนำมาผลิตเป็นปุ๋ยหมักหรือปุ๋ยมูลไส้เดือนดิน[5] เนื่องจากขยะอินทรีย์เหล่านี้สามารถนำมาใช้เป็นอาหารของไส้เดือนดินในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมได้ โดยอาหารของไส้เดือนดินส่วนใหญ่นิยมใช้วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ขยะชุมชนและขยะอินทรีย์ เช่น มูลโคนม เศษผักและผลไม้ วัชพืช ตลอดจนวัสดุเหลือใช้จากภาคเกษตรและอุตสาหกรรม เป็นต้น ซึ่งการกำจัดขยะอินทรีย์โดยวิธีนี้นับว่าเป็นเทคโนโลยีในการย่อยสลายขยะอินทรีย์ให้กลายเป็นปุ๋ยมูลไส้เดือนดิน[6] โดยขยะอินทรีย์ที่นำมาใช้เป็นอาหารเพาะเลี้ยงเหล่านี้มีสมบัติคล้ายกับปุ๋ยหมัก เมื่อนำมาใช้เป็นอาหารเพาะเลี้ยงไส้เดือนดินจะเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของปุ๋ยหมักให้ดีขึ้นจากการย่อยสลาย อีกทั้งยังเป็นการเพิ่มทั้งคุณค่าและมูลค่าให้กับวัสดุเหลือทิ้งเหล่านี้ได้อีกด้วย ซึ่งวัสดุที่ใช้ในการทำปุ๋ยหมักหรือใช้ในการเพาะเลี้ยงไส้เดือนดินส่วนใหญ่มักจะเป็นวัสดุเหลือใช้และมีอยู่ทั่วไปหลายรูปแบบ เช่น ฟางข้าว ผักตบชวา เปลือกถั่ว กากอ้อย ขี้เลื่อย รวมทั้งใบไม้เศษหญ้า และมูลสัตว์ เป็นต้น[7]

โดยธรรมชาติไส้เดือนดินมีหน้าที่ย่อยเศษวัสดุอินทรีย์ในการผลิตปุ๋ยหมักจึงมีการนำไส้เดือนดินมาช่วยย่อยวัสดุอินทรีย์ให้กลายเป็นปุ๋ย จึงเรียกปุ๋ยที่ผ่านการย่อยจากไส้เดือนดินว่า Vermicompots หรือปุ๋ยมูลไส้เดือนดิน[8] ซึ่งเป็นผลผลิตที่เกิดจากการย่อยสลายอินทรียวัตถุต่างๆ ที่ไส้เดือนดินดูดกินเข้าไปภายในลำไส้ โดยผ่านการย่อยสลายในลำไส้ของไส้เดือนดินร่วมกับกิจกรรมของจุลินทรีย์ที่อยู่ในลำไส้และน้ำย่อยของไส้เดือนดิน[9] ทำให้มูลไส้เดือนดินที่ได้มีลักษณะเป็นเม็ดร่วนละเอียด สีดำออกน้ำตาล โปร่งเบา มีความพรุน ระบายน้ำและอากาศได้ดีมาก[10] ปัจจุบันการผลิตปุ๋ยมูลไส้เดือนดินเป็นวิธีการผลิตปุ๋ยหมักอินทรีย์แบบหนึ่งที่นำคุณสมบัติที่ดีของไส้เดือนดินในการย่อยอินทรียวัตถุต่างๆ มาใช้ประโยชน์ ซึ่งในต่างประเทศจัดว่าเป็นวิธีการที่ง่ายและสมบูรณ์แบบในการกำจัดและลดขยะเหล่านี้ และเป็นแนวทางหนึ่งที่ช่วยลดปัญหาสิ่งแวดล้อม ลดปริมาณขยะอินทรีย์ วัสดุเหลือใช้ทางภาคการเกษตรและภาคอุตสาหกรรม ซึ่งในการผลิตปุ๋ยมูลไส้เดือนดินเป็นอีกวิธีหนึ่งที่เกิดจากการใช้ประโยชน์ของขยะอินทรีย์เพื่อไปผลิตเป็นปุ๋ยที่อุดมไปด้วยธาตุอาหารพืช[11] อีกทั้งยังมีจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ต่อพืช โดยกิจกรรมของไส้เดือนดินสามารถส่งผลที่เอื้อต่อกิจกรรมต่างๆ ภายในระบบนิเวศและสิ่งแวดล้อม[12] นอกจากนี้ปุ๋ยมูลไส้เดือนดินยังประกอบด้วยธาตุอาหารหลายชนิดที่ต้นพืชสามารถนำไปใช้ได้ทันที เช่น ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และแมกนีเซียม เป็นต้น[13] ดังนั้นการเลี้ยงไส้เดือนดินเพื่อนำมาใช้กำจัดขยะอินทรีย์และเศษวัสดุเหลือทิ้งทั้งที่มาจากภาคเกษตรและอุตสาหกรรมต่างๆ จึงเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่ช่วยลดปัญหาสิ่งแวดล้อมทั้งยังเป็นการนำสารอินทรีย์กลับมาใช้ให้เกิดประโยชน์ งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นเพื่อศึกษาการนำขยะอินทรีย์หรือเศษวัสดุเหลือทิ้งบางชนิดนำมาใช้เป็นอาหารเพาะเลี้ยงไส้เดือนดิน ว่ามีผลต่อการขยายพันธุ์ของไส้เดือนดิน และสมบัติทางเคมีของมูลไส้เดือนดินที่ได้ ซึ่งจะเป็นข้อมูลที่มีประโยชน์ในด้านการเกษตร โดยเฉพาะเกษตรกรและประชาชนทั่วไปที่จะนำผลที่ได้ไป

ประยุกต์ใช้ในทางการเกษตรในพื้นที่ของตน

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการศึกษา

การทดลองครั้งนี้ใช้ไส้เดือนดินสายพันธุ์แอฟริกาไนท์คลอเลอร์ (*Eudrilus eugeniae*) จำนวน 600 ตัว วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) จำนวน 4 ซ้ำ ทำการเพาะเลี้ยงในภาชนะที่เป็นกะละมังพลาสติกสีดำขนาดความสูง 12.5 เซนติเมตร เส้นผ่าศูนย์กลาง 30 เซนติเมตร ซึ่งใส่วัสดุรองพื้นภาชนะละ 3 กิโลกรัม และไส้เดือนดินขนาดโตตัวเต็มวัยจำนวน 30 ตัวต่อภาชนะ โดยอาหารที่ใช้เลี้ยงมีจำนวน 5 ชนิด ได้แก่ Control (ชุดควบคุม) กากยีสต์ ฟางข้าว วัสดุเหลือใช้จากการเพาะทานตะวันงอก และผักตบชวา โดย Control คือ การเลี้ยงไส้เดือนดินบนวัสดุรองพื้นที่ได้จากดิน มูลวัวนม และขุยมะพร้าว ในอัตราส่วน 1:1:1 โดยไม่ให้อาหารชนิดอื่น ส่วนกากยีสต์ ได้รับความอนุเคราะห์จากบริษัทขอนแก่นบริวเวอรี่ จำกัด ตำบลท่าพระ อำเภอเมืองขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น ฟางข้าว ใช้ฟางข้าวแห้ง จากชาลีฟาร์ม ตั้งอยู่ที่ตำบลขามเรียง อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม ขณะที่วัสดุเหลือใช้จากการเพาะทานตะวันงอก มีลักษณะเป็นผงแห้งที่ได้จากวัสดุเพาะปนกับเปลือกของเมล็ดทานตะวัน จากผู้จัดจำหน่ายทานตะวันงอก ตั้งอยู่ที่ตำบลขามเรียง อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม และผักตบชวา นำมาจากแปลงทดลองนิสิตเกษตร ตำบลขามเรียง อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม ซึ่งก่อนนำมาใช้จะล้างทำความสะอาดด้วยน้ำ เพื่อล้างคราบสิ่งปฏิกูลที่ติดมาออกและสับเป็นชิ้นขนาด 1-2 เซนติเมตร แล้วนำไปผึ่งแดดไว้ประมาณ 1 วัน ก่อนนำไปใช้ เพื่อฆ่าเชื้อโรคและไล่แมลงที่ติดมาออก ซึ่งวัสดุทั้ง 5 ชนิด จะนำมาใช้เป็นอาหารไส้เดือนดิน โดยให้อาหารชนิดละ 20 กรัมต่อสัปดาห์ ทำการทดลองเพาะเลี้ยงไส้เดือนดินเป็นระยะเวลา 90 วัน ที่โรงเรือนเลี้ยงไส้เดือนดิน คณะเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยมหาสารคาม ระหว่างเดือนมีนาคมถึงกรกฎาคม พ.ศ. 2561

1. การเตรียมวัสดุรองพื้น

การเตรียมวัสดุรองพื้นที่ใช้ในการเพาะเลี้ยงไส้เดือน ได้แก่ ดิน มูลวัวนม และขุยมะพร้าว ในอัตราส่วน 1:1:1 ซึ่งดินที่ใช้ต้องนำมาตากแดดจนแห้งเป็นเวลา 7 วัน เพื่อเป็นการฆ่าเชื้อโรคที่ติดมากับดิน นำขุยมะพร้าวมาแช่น้ำเป็นเวลา 5 วัน โดยเปลี่ยนถ่ายน้ำที่แช่ขุยมะพร้าวทุกวัน เพื่อให้ขุยมะพร้าวอิ่มตัวด้วยน้ำและชะล้างสารแทนนินที่มีฤทธิ์เป็นกรดออกจากขุยมะพร้าว ส่วนมูลวัวนมจะใช้ในรูปมูลแห้งนำไปแช่น้ำเป็นเวลา 7 วัน เพื่อลดความร้อน จากนั้นนำดิน ขุยมะพร้าวและมูลวัวนมมาผสมคลุกเคล้าให้เข้ากันพร้อมกับรดน้ำให้ทั่วกองนำวัสดุผสมที่ได้หมักแบบเปิดทิ้งไว้เป็นเวลา 15 วัน (กลับกองทุก 2-3 วัน จนครบกำหนดเวลาหมัก) เพื่อเตรียมเป็นวัสดุรองพื้นต่อไป ซึ่งก่อนเริ่มทำการทดลองเตรียมภาชนะที่ใช้ใส่วัสดุรองพื้น โดยใช้ภาชนะที่เป็นกะละมังพลาสติกสีดำขนาดความสูง 12.5 เซนติเมตร เส้นผ่าศูนย์กลาง 30 เซนติเมตร ทำการเจาะรูไว้ด้านล่างขนาด 2.5 เซนติเมตร จำนวน 1 รู และใช้มุ้งไนลอนสีฟ้ากับฝาขวดน้ำพลาสติกปิดรูที่เจาะไว้ (เพื่อไม่ให้รูที่เจาะด้านล่างกะละมังมีขนาดใหญ่เกินไป) เพื่อให้มีช่องระบายน้ำ หลังจากเตรียมวัสดุรองพื้นเรียบร้อยแล้ว นำวัสดุรองพื้นที่เตรียมไว้ใส่ในภาชนะปริมาณ 3 กิโลกรัมต่อภาชนะ ก่อนที่จะปล่อยไส้เดือนดินที่จะเลี้ยงลงในวัสดุรองพื้นให้ทดสอบการปรับตัวของไส้เดือนดินในวัสดุรองพื้นก่อน เพื่อประเมินการปรับตัวของไส้เดือนดินก่อนเริ่มให้อาหารแต่ละชนิดเป็นเวลา 7 วัน โดยการนำไส้เดือนดินสายพันธุ์แอฟริกาไนท์คลอเลอร์ ขนาดโตเต็มวัยจำนวน 30 ตัว ปล่อยลงเลี้ยงในวัสดุรองพื้น ปิดบริเวณผิวหน้ากะละมังด้วยผ้าโปร่งสีดำ เพื่อป้องกันศัตรูของไส้เดือนดินและช่วยพรางแสง และปล่อยให้ไส้เดือนกินอาหารแต่ละชนิดที่ให้ โดยทำการเปลี่ยนอาหารที่ให้ทุก 7 วัน ซึ่งในแต่ละครั้งจะให้อาหารชนิดละ 20 กรัม และหมั่นตรวจเช็คความชื้นแต่ละภาชนะพร้อมรดน้ำให้พอชื้น โดยใช้ขวดน้ำพลาสติกขนาด 100 มิลลิลิตร มาวางรองใต้บริเวณที่เจาะรูไว้ เพื่อใช้เก็บของเหลวที่ไหลลงมา

2. การบันทึกข้อมูล

2.1 การเจริญเติบโตของไส้เดือนดิน

ทำการจดบันทึกข้อมูลเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงของไส้เดือนดินทุก 15 วัน จำนวน 6 ครั้ง โดยใช้ระยะเวลาในการเลี้ยง 90 วัน ซึ่งก่อนการบันทึกข้อมูลทุกครั้งจะทำการเก็บอาหารเก่าออกก่อน 1 วัน แล้วค่อยทำการเก็บข้อมูล เพื่อให้สะดวกต่อการเก็บมูลไส้เดือนดินที่ติดมากับเศษอาหารที่ให้ โดยการบันทึกข้อมูลดังต่อไปนี้

1. นับจำนวนประชากรไส้เดือนดิน วันที่ 15, 30, 45, 60, 75 และ 90 วัน ภายหลังเลี้ยง

2. ชั่งน้ำหนักตัวรวมไส้เดือนดิน วันที่ 15, 30, 45, 60, 75 และ 90 วัน ภายหลังเลี้ยง

3. ชั่งปริมาณมูลไส้เดือนดิน วันที่ 15, 30, 45, 60, 75 และ 90 วัน โดยเก็บเฉพาะบริเวณผิวหน้าดินซึ่งจะมีลักษณะเป็นขุย ทำการร่อนมูลไส้เดือนดินด้วยตะแกรงร่อนดินขนาด 2 มิลลิเมตร เพื่อแยกเอาเศษวัสดุที่ติดมาออก หลังจากการบันทึกข้อมูลแล้วให้ใส่ไส้เดือนดินที่ได้จากการบันทึกข้อมูลลงในภาชนะเดิม เพื่อเป็นการสังเกตการเปลี่ยนแปลงของไส้เดือนดินที่ได้รับอาหารที่แตกต่างกันต่อไป

2.2 การวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของมูลไส้เดือนดิน

การศึกษาสมบัติทางเคมีของมูลไส้เดือนดินจากการเลี้ยงไส้เดือนดินโดยให้อาหารที่แตกต่างกัน 5 ชนิด ประกอบด้วย Control กากยีสต์ ฟางข้าว วัสดุเหลือใช้จากการเพาะทานตะวันงอก และผักตบชวา โดยนำมูลไส้เดือนดินที่ได้มาวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ด้วยเครื่อง pH meter ค่าการนำไฟฟ้า (Electrical conductivity, EC) ด้วยเครื่อง electrical conductivity ตามวิธีการของ Lazcano *et al*.[14] ปริมาณอินทรียวัตถุด้วยวิธี Walkley and Black ตามวิธีการของกรมวิชาการเกษตร[15] ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (Total N) ด้วยวิธี Kjeldahl method ตามวิธีการของ Rutherford *et al*.[16] ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total P_2O_5) โดยใช้เครื่อง Spectrophotometer ด้วยวิธีMolybdovanadophos-phate method ตามวิธีการของกรมวิชาการเกษตร[15]

3. การวิเคราะห์ข้อมูล

ทำการวิเคราะห์ข้อมูลตามแผนการทดลองด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance, ANOVA) และวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Least Significant Difference (LSD) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($P < 0.05$) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Statistic 9

ผลการศึกษาและวิจารณ์

การเจริญเติบโตของไส้เดือนดิน

1. จำนวนประชากรไส้เดือนดิน

จากการศึกษาชนิดของอาหารเพาะเลี้ยงที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของไส้เดือนดินสายพันธุ์แอฟริกันไนท์ คลอเลอร์ (*Eudrilus eugeniae*) ที่ได้รับอาหารในการเพาะเลี้ยงแตกต่างกัน 5 ชนิด ผลการทดลองพบว่าจำนวนประชากรของไส้เดือนดินในช่วงแรกมีอัตราการเจริญเติบโตช้า จึงทำให้จำนวนประชากรของไส้เดือนดินค่อนข้างคงที่และไม่แสดงความแตกต่างกันทางสถิติในวันที่ 15 ของการเลี้ยง ขณะที่การเลี้ยงในวันที่ 30 พบว่าไส้เดือนดินในกรรมวิธีที่ให้ผักตบชวา กรรมวิธีที่ให้ฟางข้าว และกรรมวิธี Control เป็นอาหารมีจำนวนประชากรมากที่สุดคือ 30.50, 30.50 และ 29.25 ตัว ตามลำดับ ภายหลังการเลี้ยงตั้งแต่วันที่ 45 ถึงวันที่ 90 พบว่าจำนวนประชากรของไส้เดือนดินมีทิศทางไปในทางเดียวกัน โดยไส้เดือนดินที่ได้รับฟางข้าวเป็นอาหารมีจำนวนประชากรมากที่สุดคือ 33.50, 44.75, 49.50 และ 53.75 ตัว ภายหลังการเพาะเลี้ยงนาน 45, 60, 75 และ 90 วัน ตามลำดับ ขณะที่ไส้เดือนดินที่ได้รับกากยีสต์เป็นอาหารมีจำนวนประชากรน้อยที่สุดเท่ากับ 23.50, 17.75, 12.50 และ 7.75 ตัว ตามลำดับ (Table 1) จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าการให้อาหารเพาะเลี้ยงไส้เดือนดินที่แตกต่างกัน ส่งผลต่อจำนวนประชากรของไส้เดือนดิน เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่าไส้เดือนดินที่ได้รับฟางข้าวเป็นอาหารมีจำนวนประชากรรวมเฉลี่ยสูงที่สุด ซึ่งเป็นผลอันเนื่องมาจากสมบัติของอาหารที่ใช้ในการเพาะเลี้ยงไส้เดือนดิน โดยธรรมชาติของไส้เดือนดินมักจะเจริญเติบโตได้ดีในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม มีความชื้นประมาณ 70-90 เปอร์เซ็นต์ และต้องมีการระบายอากาศที่ดี ซึ่งฟางข้าวมีคุณสมบัติในการกักเก็บความชื้นได้ดีกว่าการให้อาหารชนิดอื่น[10] สอดคล้องกับรายงานของสามารถ[10] ที่กล่าวว่าสมบัติของวัสดุที่เหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงไส้เดือนดิน ควรเป็นวัสดุที่สามารถกักเก็บความชื้นได้ดี ซึ่งฟางข้าวเป็นวัสดุที่หาได้ง่าย และถูกนำมาใช้เป็นแหล่งอาหารของไส้เดือนดิน โดยการใส่ฟางข้าวบางๆ ในชั้นบนสุดของวัสดุเพาะเลี้ยง เพื่อช่วยรักษาความชื้นและเป็นอาหารของไส้เดือนดิน โดยทิ้งไว้ประมาณ 1-5 เดือน จะทำให้ได้จำนวนประชากรไส้เดือนดินเพิ่มขึ้น ซึ่งความชื้นของเศษวัสดุอินทรีย์เป็นปัจจัยที่สำคัญต่อกิจกรรมของไส้เดือนดิน และช่วยให้ไส้เดือนดินสามารถย่อยสลายเศษวัสดุที่ใส่ลงไปในแต่ละครั้งได้ง่ายขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของนภาพร[17] ศึกษาการย่อยสลายขยะอินทรีย์โดยใช้ไส้เดือนดินสายพันธุ์ *Perionyx excavates* และพบว่าวัสดุรองพื้นที่เหมาะสมสำหรับการเลี้ยงไส้เดือนดิน คือ วัสดุรองพื้นที่ได้จากฟางข้าว (ฟางข้าว:ขุยมะพร้าว:มูลวัวนม) โดยพบว่ามีน้ำหนักรวมของไส้เดือนดินเพิ่มขึ้นสูงที่สุด (198.20 กรัม) ขณะที่ไส้เดือนดินที่ได้รับอาหารจากกากยีสต์มีจำนวนประชากรรวมเฉลี่ยลดลง เนื่องมาจากลักษณะของอาหารที่ให้มีความละเอียด เมื่อรดน้ำจะทำให้เกิดการอัดแน่น ส่งผลต่อการดำรงชีวิตของไส้เดือนดิน จึงส่งผลเสียกระทบโดยตรงต่อจำนวนประชากรของไส้เดือนดินที่พบว่ามีจำนวนน้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับการให้อาหารชนิดอื่น[18] ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของนิพนธ์[19] กล่าวว่าวัสดุรองพื้นที่ดีต้องมีคุณสมบัติสามารถรักษาความชื้นได้ มีความร่วนซุย ระบายอากาศได้ดี และไม่ควรมีส่วนผสมที่มีโปรตีนหรือวัสดุอินทรีย์ที่ให้ไนโตรเจนสูง เนื่องจากเมื่อย่อยสลายจะเปลี่ยนรูปเป็นแอมโมเนีย ซึ่งส่งผลกระทบทำให้วัสดุที่เลี้ยงไส้เดือนดินขาดออกซิเจนที่จำเป็นสำหรับการหายใจของไส้เดือนดิน ดังนั้นการนำกากยีสต์มาใช้เลี้ยงไส้เดือนดินจึงไม่เหมาะสมที่จะนำมาเป็นวัสดุเพาะเลี้ยงไส้เดือนดิน

2. น้ำหนักตัวรวมของไส้เดือนดิน

เมื่อชั่งน้ำหนักตัวรวมในแต่ละภาชนะของไส้เดือนดินที่ได้รับอาหารที่แตกต่างกันในการเพาะเลี้ยง โดยมีน้ำหนักตัวรวมของไส้เดือนดินเริ่มต้นทดลองเฉลี่ยเท่ากับ 3.52 กรัมต่อภาชนะ (Control) 3.50 กรัมต่อภาชนะ (กากยีสต์) 3.51 กรัม

ต่อภาชนะ (ฟางข้าว) 3.50 กรัมต่อภาชนะ (วัสดุเหลือใช้จากการเพาะทานตะวันงอก) และ 3.53 กรัมต่อภาชนะ (ผักตบชวา) การชั่งน้ำหนักตัวรวมของไส้เดือนดินทำโดยใช้น้ำล้างเอาเศษของวัสดุรองพื้นที่ติดมากับลำตัวของไส้เดือนดินออกก่อนแล้วนำไส้เดือนดินมาชั่งน้ำหนักตัวรวมในแต่ละภาชนะที่เลี้ยงทุกวันที่ 15, 30, 45, 60, 75 และ 90 ผลการทดลองพบว่าภายหลังเพาะเลี้ยง 15 วัน ไส้เดือนดินในภาชนะที่ได้รับฟางข้าวและผักตบชวาเป็นอาหารมีน้ำหนักตัวรวมต่อภาชนะมากที่สุด คือ 4.81 และ 4.70 กรัมต่อภาชนะ ตามลำดับ เมื่อผ่านการเพาะเลี้ยงนาน 30 วัน พบว่าภาชนะที่ให้ฟางข้าวเป็นอาหารแก่ไส้เดือนดิน ทำให้ไส้เดือนดินมีน้ำหนักตัวรวมมากที่สุดคือ 5.71 กรัมต่อภาชนะ ซึ่งแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P < 0.05$) จากกรรมวิธีควบคุม (Control) พบว่าไส้เดือนดินมีน้ำหนักตัวรวมน้อยที่สุด (4.01 กรัมต่อภาชนะ) ขณะที่ตั้งแต่วันที่ 45, 60, 75 และ 90 ของการเพาะเลี้ยง พบว่าน้ำหนักตัวรวมต่อภาชนะที่เพาะเลี้ยงในกรรมวิธีที่ให้ฟางข้าวเป็นอาหารมีน้ำหนักตัวรวมสูงที่สุดเท่ากับ 6.73, 7.55, 7.03 และ 6.69 กรัมต่อภาชนะ ตามลำดับ ขณะที่กรรมวิธีที่ให้กากยีสต์เป็นอาหารพบว่าไส้เดือนมีน้ำหนักตัวรวมต่อภาชนะน้อยที่สุดคือ 3.27, 2.49, 1.77 และ 1.29 กรัมต่อภาชนะ ตามลำดับ (Table 2) แสดงให้เห็นว่าน้ำหนักตัวรวมของไส้เดือนดินในแต่ละกรรมวิธีมีความแตกต่างกันอย่างชัดเจน ซึ่งเป็นผลเนื่องมาจากคุณสมบัติของอาหารที่นำมาเลี้ยง โดยการให้ฟางข้าวเป็นอาหารส่งผลทำให้น้ำหนักตัวของไส้เดือนดินสายพันธุ์แอฟริกันไนท์คลอเลอร์มีน้ำหนักมากกว่าการเพาะเลี้ยงด้วยวัสดุอื่นๆ เนื่องจากคุณสมบัติของฟางข้าวที่สามารถเก็บกักความชื้นได้ดี จึงส่งผลให้เกิดสภาพที่เหมาะสมต่อการอยู่อาศัยของไส้เดือนดิน[20] ขณะที่จิรายุและคณะ[18] ศึกษาผลของวัสดุเพาะเลี้ยงไส้เดือนดินสายพันธุ์แอฟริกันไนท์ คลอเลอร์ ที่มีผลต่อน้ำหนักตัวและปริมาณมูลไส้เดือนดิน พบว่าการใช้มูลม้าเป็นวัสดุรองพื้นในการเพาะเลี้ยงไส้เดือนดินส่งผลทำให้ไส้เดือนดินมีน้ำหนักตัวเฉลี่ยมากที่สุด เนื่องจากในวัสดุรองพื้นที่ได้จากมูลม้าซึ่งมีลักษณะเป็นมูลที่มีฟางข้าวจำนวนมาก จึงสามารถเก็บกักความชื้นได้ดีส่งผลให้เกิดความเหมาะสมต่อการอยู่อาศัยของไส้เดือนดิน ขณะที่การให้อาหารไส้เดือนโดยใช้กากยีสต์ พบว่าน้ำหนักตัวรวมของไส้เดือนดินลดลงนั้น สาเหตุอาจเนื่องมาจากกากยีสต์ที่นำใช้มีความละเอียด เมื่อผสมเข้ากับวัสดุรองพื้นจะทำให้เกิดการอัดแน่น ประกอบกับการเพิ่มความชื้นจากการให้น้ำ ขณะเลี้ยงจะส่งผลทำให้วัสดุรองพื้นเกิดการแน่นแข็งตัว ซึ่งทำให้ไส้เดือนดินที่เลี้ยงขาดอากาศประกอบกับการระบายและการถ่ายเทอากาศที่ลดลงในวัสดุเลี้ยงจึงเกิดสภาพที่ไม่เหมาะสมต่อการอยู่อาศัย และอาจเป็นผลทำให้ไส้เดือนทิ้งที่อยู่หรือตายลง

3. ปริมาณมูลไส้เดือนดิน

ปริมาณปุ๋ยมูลไส้เดือนดินจากการให้อาหารที่แตกต่างกัน 5 ชนิด ต่อไส้เดือนดินในช่วงระยะเวลา 15, 30 และ 45 วัน หลังการเพาะเลี้ยงพบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติต่อมาภายหลังการเพาะเลี้ยงในวันที่ 60 และ 75 วัน พบว่าไส้เดือนดินที่ได้รับกากยีสต์เป็นอาหารผลิตมูลไส้เดือนดินในปริมาณต่ำที่สุด (17.52 กรัม และ ND คือ ไม่พบมูลไส้เดือนดิน) ซึ่งแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ จากกรรมวิธีที่ไส้เดือนดินได้รับฟางข้าวเป็นอาหาร พบว่าผลิตมูลไส้เดือนดินในปริมาณมากที่สุดคือ 33.40 และ 28.73 กรัม ตามลำดับ (Table 3) แสดงให้เห็นว่าปริมาณมูลไส้เดือนดินที่ผลิตได้มีความสัมพันธ์กับจำนวนประชากรและน้ำหนักตัวรวมของไส้เดือนดิน จากผลการทดลองพบว่าการให้ฟางข้าวเป็นอาหารเพาะเลี้ยงไส้เดือนดินมีความเหมาะสมสำหรับการเพิ่มจำนวนประชากรและน้ำหนักตัวรวมของไส้เดือนดินที่เลี้ยง จึงส่งผลช่วยส่งเสริมให้มีการผลิตมูลไส้เดือนดินมากขึ้น อย่างไรก็ตามจากการบันทึกน้ำหนักมูลไส้เดือนดินที่เก็บได้ภายหลังการเลี้ยงพบว่าภายหลังการเลี้ยง 15 วัน ไส้เดือนดินผลิตมูลในปริมาณสูงสุดในทุกวัสดุที่ใช้เลี้ยง ขณะที่การเลี้ยงไส้เดือนดินในช่วงระยะเวลาที่นานขึ้นเป็น 90 วัน ส่งผลให้ไส้เดือนดินผลิตมูลในปริมาณที่ลดลง ทั้งนี้ยังไม่มีรายงานวิจัยใดที่กล่าวถึงระยะเก็บมูลไส้เดือนดินที่เหมาะสมแต่อย่างใด งานทดลองนี้จึงบันทึกข้อมูลปริมาณมูลไส้เดือนดินทุก 15 วัน ซึ่งผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าการเลี้ยงไส้เดือนดินในช่วงระยะเวลาที่นานขึ้นจะได้มูลไส้เดือนดินในปริมาณที่ลดลง

Table 1 Number of earthworms by different cultured feeds at 15, 30, 45, 60, 75 and 90 days

Treatments	Number of earthworms (numbers/container) at different days						
	Initial	15	30	45	60	75	90
Control	30	29.50	29.25 [a]	26.00 [cd]	22.50 [c]	19.00 [c]	15.00 [c]
Dried Brewer's Yeast	30	29.75	26.75 [b]	23.50 [d]	17.75 [d]	12.50 [d]	7.75 [d]
Rice straw	30	30.00	30.50 [a]	33.50 [a]	44.75 [a]	49.50 [a]	53.75 [a]
Residues from sunflower sprout planting	30	30.00	28.50 [ab]	26.75 [bc]	22.75 [c]	17.75 [c]	13.75 [cd]
Dried Water Hyacinth	30	30.25	30.50 [a]	29.75 [b]	28.75 [b]	27.50 [b]	23.75 [b]
F-test	-	ns	**	**	**	**	**
C.V. (%)	-	1.59	4.47	7.26	8.15	12.79	18.56

Mean values of number of earthworms followed by different letters in a same column are significantly different (ANOVA; Least Significant Difference (LSD),

$P < 0.05$) ns = not significant; **significantly different at $P < 0.01$

Table 2 Weight of earthworms (g) by different cultured feeds at 15, 30, 45, 60, 75 and 90 days

Treatments	Weight of earthworms (g/container) at different days						
	Initial	15	30	45	60	75	90
Control	3.52	3.90 [b]	4.01 [d]	4.21 [d]	3.25 [d]	2.32 [d]	1.71 [d]
Dried Brewer's Yeast	3.50	4.24 [b]	4.10 [cd]	3.27 [e]	2.49 [e]	1.77 [e]	1.29 [e]
Rice straw	3.51	4.81 [a]	5.71 [a]	6.73 [a]	7.55 [a]	7.03 [a]	6.69 [a]
Residues from sunflower sprout planting	3.50	4.24 [b]	4.41 [c]	4.58 [c]	3.95 [c]	2.70 [c]	2.10 [c]
Dried Water Hyacinth	3.53	4.70 [a]	4.96 [b]	5.33 [b]	5.31 [b]	4.65 [b]	3.54 [b]
F-test	-	**	**	**	**	**	**
C.V. (%)	-	5.78	5.18	2.95	4.99	4.51	6.71

Mean values of weight of earthworms followed by different letters in a same column are significantly different (ANOVA; Least Significant Difference (LSD), $P < 0.05$) **significantly different at $P < 0.01$

Table 3 Vermicompost production after feeding at 15, 30, 45, 60, 75 and 90 days

Treatments	Weight of vermicompost (g) at different days					
	15	30	45	60	75	90
Control	50.41	40.12	29.05	19.96 [b]	16.99 [b]	13.07
Dried Brewer's Yeast	43.57	31.93	23.06	17.52 [b]	ND	ND
Rice straw	66.55	36.26	36.57	33.40 [a]	28.73 [a]	25.02
Residues from sunflower sprout planting	67.84	53.51	27.17	26.91 [a]	15.95 [b]	11.52
Dried Water Hyacinth	74.16	50.87	34.26	27.79 [a]	20.94 [b]	19.47
F-test	ns	ns	ns	**	**	ns
C.V. (%)	24.20	25.72	24.52	17.11	17.90	30.48

Mean values of Vermicompost followed by different letters in a same column are significantly different (ANOVA; Least Significant Difference (LSD), $P < 0.05$) ND = Not Detected, ns = not significant; **significantly different at $P < 0.01$

4 . สมบัติทางเคมีของมูลไส้เดือนดิน

จากการนำมูลไส้เดือนที่ได้จากการเลี้ยงไส้เดือนดินโดยให้อาหารที่แตกต่างกัน นำมาวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของมูลไส้เดือนดินที่ได้มีลักษณะดังนี้

4.1 ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)

จากการวิเคราะห์ค่า pH (มูลไส้เดือน:น้ำ ในอัตราส่วน 1:2) ของมูลไส้เดือนดินที่ได้รับอาหารที่แตกต่างกัน พบว่าในช่วง 15 วันแรกของการเลี้ยงไส้เดือนดินที่ได้รับผักตบชวาเป็นอาหารมีค่า pH มากที่สุดคือ 7.71 ซึ่งแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P < 0.05$) และจากกรรมวิธีที่ให้กากยีสต์เป็นอาหาร ซึ่งพบว่ามูลไส้เดือนดินจากกรรมวิธีดังกล่าวมีค่า pH ต่ำที่สุดคือ 6.56 ขณะที่ตั้งแต่วันที่ 30 ภายหลังการเลี้ยงเป็นต้นไป พบว่ากรรมวิธีที่ให้ฟางข้าวเป็นอาหารทำให้ได้มูลไส้เดือนดินที่มีค่า pH สูงที่สุดเท่ากับ 7.98, 7.71, 7.74, 7.67 และ 7.57 ภายหลังการเลี้ยงไส้เดือนดินในวันที่ 30, 45, 60, 75 และ 90 วัน ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งจากกรรมวิธีที่ให้กากยีสต์เป็นอาหาร ซึ่งพบว่าทำให้มูลไส้เดือนดินมีค่า pH ต่ำที่สุด ภายหลังการเลี้ยงไส้เดือนดินในวันที่ 30, 45 และ 60 (6.36 6.71 และ 6.04 ตามลำดับ) ขณะที่ภายหลังเลี้ยงไส้เดือนดินในกรรมวิธีที่ให้กากยีสต์เป็นอาหารในวันที่ 75 และ 90 ไม่พบมูลไส้เดือนดิน (ND) ซึ่งเป็นผลมาจากจำนวนประชากรและน้ำหนักตัวรวมของไส้เดือนดินที่ลดลง (Table 4) ซึ่งสาเหตุส่วนหนึ่งของมูลไส้เดือนดินที่ได้รับฟางข้าวเป็นอาหารพบว่ามีค่า pH มากที่สุดอาจเกิดจากสมบัติทางเคมีของอาหารที่ใช้เพาะเลี้ยงไส้เดือนดิน โดยพบว่าฟางข้าวมีค่า pH สูงกว่าอาหารชนิดอื่นๆ (pH 8.20) ในขณะที่กากยีสต์มีค่า pH 5.3 (โดยธรรมชาติของไส้เดือนดินสามารถอยู่ในสถาพแวดล้อมที่มีค่า pH ประมาณ 5-8)[19,21] เมื่อตรวจวัดค่า pH ของมูลไส้เดือนดินที่ได้จากการให้อาหารแต่ละชนิดไปเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตราฐานปุ๋ยอินทรีย์ของกรมวิชาการเกษตร[22] พบว่ามีค่า pH อยู่ในเกณฑ์มาตราฐาน โดยมีค่า pH อยู่ที่ 5.5 ถึง 8.5 ใกล้เคียงกับรายงานของนริสราและสาวิตรี[1] ที่กล่าวว่าในระหว่างกระบวนการย่อยสลายอินทรียวัตถุจะมีการเปลี่ยนแปลงค่า pH โดยมีค่า pH เป็นด่างเล็กน้อยประมาณ 7.5 ถึง 8.5 สอดคล้องกับงานวิจัยของ Haddad *et al*.[4] รายงานว่าค่า pH ของมูลไส้เดือนดินอยู่ในช่วง 7.9 ถึง 8.3 ซึ่งผลการทดลองเหล่านี้พบว่าอยู่ในช่วงเกณฑ์มาตราฐานที่ดีของปุ๋ยอินทรีย์ เนื่องจากโปรตีนจะถูกย่อยสลายและมีการปลดปล่อยให้แอมโมเนียออกมา[23] ทั้งนี้การเปลี่ยนแปลงค่า pH ของมูลไส้เดือนดินในช่วงแรกจะเกิดการย่อยสลายอย่างรวดเร็ว แต่หลังจากนั้นค่า pH จะค่อยๆ ลดลงจนอยู่ในระดับเข้าสู่เป็นกลาง (pH ประมาณ 7) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Suthar[8] รายงานว่าการที่ค่า pH เปลี่ยนแปลงไปอาจเกิดจากการสลายตัวของจุลินทรีย์ในระหว่างกระบวนการย่อยสลายของไส้เดือนดิน และเกิดจากกิจกรรมของจุลินทรีย์ที่เพิ่มมากขึ้นในระหว่างกระบวนการย่อยสลายภายในลำไส้ของไส้เดือนดิน[24,25]

4.2 ค่าการนำไฟฟ้า (EC)

การตรวจวัดค่า EC (มูลไส้เดือน:น้ำในอัตราส่วน 1:10) ในมูลไส้เดือนดินที่ได้รับอาหารในการเพาะเลี้ยงที่แตกต่างกัน พบว่าในช่วง 15 วันของการเลี้ยง มูลไส้เดือนดินจากกรรมวิธีที่ให้กากยีสต์และวัสดุเหลือใช้จากการเพาะทานตะวันงอกมีค่า EC มากที่สุดเท่ากับ 1.72 และ 1.62 เดซิซีเมนส์ต่อเมตร ตามลำดับ ขณะที่ตั้งแต่วันที่ 30, 45 และ 60 ภายหลังการเลี้ยง พบว่ามูลไส้เดือนดินจากกรรมวิธีที่ให้กากยีสต์มีค่า EC มากที่สุดคือ 1.56, 2.18 และ 2.62 เดซิซีเมนส์ต่อเมตร ซึ่งแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งจากกรรมวิธีที่ได้รับฟางข้าวเป็นอาหาร พบว่ามีค่า EC ต่ำที่สุดคือ 1.09, 1.14 และ1.28 เดซิซีเมนส์ต่อเมตร ตามลำดับ (Table 5) ซึ่งค่าที่ได้จากการวัดค่าการนำไฟฟ้ามีความสัมพันธ์กับความเข้มข้นของอนุมูลเกลือในมูลไส้เดือนดินที่ละลายอยู่ในน้ำ จากการวัดสารละลายที่สกัดได้จากมูลไส้เดือนดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำพอดี[26] เมื่อเปรียบเทียบค่าการนำไฟฟ้ามาตรฐานของปุ๋ยอินทรีย์ของกรมวิชาการเกษตร[22] พบว่ามีค่าการนำไฟฟ้าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ไม่เกิน 6 เดซิซีเมนส์ต่อเมตร ตามเกณฑ์ที่กรมวิชาการเกษตรกำหนดไว้

4.3 อินทรียวัตถุ

สำหรับการวิเคราะห์หาปริมาณอินทรียวัตถุในมูลไส้เดือนที่ได้รับอาหารในการเพาะเลี้ยงแตกต่างกัน ผลการทดลองใน Table 6 พบว่าภายหลังการเลี้ยงไส้เดือนดินในวันที่ 15, 45, 60 และ 75 พบว่าทุกกรรมวิธีที่ได้รับอาหารแตกต่างกันมีอินทรียวัตถุในปริมาณที่ใกล้เคียงกัน ขณะที่ภายหลังการเลี้ยงในวันที่ 90 พบว่ากรรมวิธีที่ให้ฟางข้าวเป็นอาหารและกรรมวิธีที่ให้วัสดุเหลือใช้จากการเพาะทานตะงอกเป็นอาหารมีปริมาณอินทรียวัตถุสูงที่สุด คือ 11.10 และ 11.61เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อนำปริมาณอินทรียวัตถุของมูลไส้เดือนที่ได้จากอาหารแต่ละชนิดไปเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตราฐานอินทรีย์ของกรมวิชาการเกษตร[22] พบว่าปริมาณอินทรียวัตถุที่พบในมูลไส้เดือนที่ได้รับอาหารแต่ละชนิดไม่เป็นไปตามเกณฑ์มาตราฐาน โดยจะต้องมีปริมาณอินทรียวัตถุไม่น้อยกว่า 30 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Varma *et al*.[23] ศึกษาความเป็นไปได้ของการผลิตมูลไส้เดือนดินโดยใช้ไส้เดือนดิน 2 สายพันธุ์ พบว่าปริมาณอินทรียวัตถุที่พบในปุ๋ยมูลไส้เดือนดินมีปริมาณอินทรียวัตถุอยู่ในช่วง 8.8 ถึง 35.7 เปอร์เซ็นต์

ซึ่งไม่เป็นไปตามเกณฑ์มาตราฐาน ต่อมา Haddad *et al*.[4] รายงานว่าปริมาณอินทรียวัตถุที่พบในปุ๋ยมูลไส้เดือนดินอยู่ในช่วง 29.8 ถึง 36.4 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งปริมาณอินทรียวัตถุที่พบในปุ๋ยมูลไส้เดือนดินพบว่ามีปริมาณที่แตกต่างกัน เป็นผลเนื่องมาจากการบริโภคของไส้เดือนดิน และความเร็วในการย่อยสลายอินทรียวัตถุด้วยจุลินทรีย์ที่อยู่ในลำไส้ของไส้เดือนดิน โดยปริมาณอินทรียวัตถุที่พบในปุ๋ยมูลไส้เดือนดินที่ได้จากไส้เดือนดิน *Eudrilus eugeniae* ที่ย่อยสลายขยะอินทรีย์ต่างกันจะให้อินทรียวัตถุในปริมาณที่แตกต่างกัน เช่น ปุ๋ยมูลไส้เดือนดินที่ได้จากการย่อยสลายมูลโคมีปริมาณอินทรียวัตถุประมาณ 58.98 เปอร์เซ็นต์[1]

4.4 ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด

จากการวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดที่พบในมูลไส้เดือนดินที่ได้จากการให้อาหารชนิดต่าง ๆ แก่ไส้เดือนดินสายพันธุ์แอฟริกันไนท์คลอเลอร์ มาย่อยสลายขยะอินทรีย์ชนิดต่าง ๆ ผลการทดลองพบว่าปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดที่พบในมูลไส้เดือนดินที่ได้รับอาหารจากกากยีสต์มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดสูงที่สุด คือ 0.27 เปอร์เซ็นต์ ภายหลังเพาะเลี้ยงนาน 45 วัน ซึ่งมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) รองลงมา คือ ไส้เดือนดินที่ได้รับอาหารจากฟางข้าว 0.21 เปอร์เซ็นต์ ผักตบชวา 0.18 เปอร์เซ็นต์ และวัสดุเหลือใช้จากการเพาะทานตะวันงอก 0.18 เปอร์เซ็นต์ และภายหลังเลี้ยงไส้เดือนดินในกรรมวิธีที่ให้กากยีสต์เป็นอาหารในวันที่ 75 และ 90 ไม่พบมูลไส้เดือนดิน (ND) (Figure 1) จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดที่พบในมูลไส้เดือนดินที่ได้รับอาหารจากกากยีสต์มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดสูงที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับมูลไส้เดือนดินจากอาหารชนิดอื่น ซึ่งปริมาณธาตุอาหารพืชที่พบในมูลไส้เดือนดินมีความแตกต่างกันตามชนิดของอาหารที่ให้ไส้เดือนดิน ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของธันนิดา และคณะ[27] กล่าวว่าขยะอินทรีย์ที่นำมาให้ไส้เดือนดินย่อยสลายเป็นขยะที่มีความหลากหลายและยังเป็นแหล่งผลิตธาตุอาหารพืช โดยพบว่ามีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดมากที่สุดอยู่ในช่วง 0.020-0.440 เปอร์เซ็นต์ และจากการค้นข้อมูลพบว่ากากยีสต์มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด 3.77 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีปริมาณไนโตรเจนสูงกว่าในอาหารชนิดอื่น[21] โดยทั่วไปไส้เดือนดินต้องการอาหารที่มีอัตราส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N) ต่ำ เพื่อให้มีการย่อยสลายเกิดขึ้นได้รวดเร็ว ซึ่งการให้อาหารที่มีปริมาณไนโตรเจนสูงจะมีผลต่อการเพิ่มอัตราการย่อยสลายได้มากขึ้น และใช้ระยะเวลาในการย่อยสลายสั้นกว่าอาหารที่มีปริมาณไนโตรเจนต่ำ[19,28] ต่อมา Varma *et al*.[23] กล่าวว่าปริมาณไนโตรเจนที่เพิ่มขึ้นเกิดจากการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากกระบวนการหายใจของจุลินทรีย์ ซึ่งรวมไปถึงการสูญเสียน้ำจากการระเหยที่เกิดจากความร้อนระหว่างปฏิกิริยาออกซิเดชันของอินทรียวัตถุ และส่วนหนึ่งเป็นผลมาจากกิจกรรมของไส้เดือนดินและกิจกรรมการตรึงก๊าซไนโตรเจนโดยจุลินทรีย์บางกลุ่มที่ไส้เดือนดินหลั่งออกมา สอดคล้องกับรายงานของ Suthar[8] กล่าวว่าปริมาณไนโตรเจนที่เพิ่มขึ้น เกิดจากไส้เดือนดินมีการขับเมือกของเหลวในร่างกาย เอนไซม์และเนื้อเยื่อที่ตายแล้วในกระบวนการย่อยอินทรียวัตถุออกมา จึงทำให้ปริมาณไนโตรเจนในปุ๋ยมูลไส้เดือนดินเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามผลการทดลองจาก Figure 1 แสดงให้เห็นว่าไนโตรเจนทั้งหมด (total nitrogen) ในมูลไส้เดือนดินที่ได้จากวัสดุทุกชนิดมีปริมาณลดลงเมื่อผ่านการเลี้ยงในระยะเวลาที่นานขึ้น ซึ่งอาจให้ผลที่คลาดเคลื่อนว่าในมูลไส้เดือนดินไม่มีประโยชน์ต่อปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในทางการเกษตร ดังนั้นงานทดลองในลำดับต่อไปจึงควรทำการวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจนที่ต้นพืชสามารถนำไปใช้ได้ (Available nitrogen) เช่น ปริมาณแอมโนเนียม (NH_4^+) ไนเตรท (NO_3^-) ไนไตรท์ (NO_2^-) เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาใช้สนับสนุนปริมาณไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ต่อต้นพืชที่ได้จากมูลไส้เดือนดิน

4.5 ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด (P_2O_5)

จากการวิเคราะห์หาปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดที่พบในมูลไส้เดือนดินที่ได้จากการย่อยสลายขยะอินทรีย์ชนิดต่าง ๆ โดยใช้ไส้เดือนดินสายพันธุ์แอฟริกันไนท์คลอเลอร์ ผลการทดลองพบว่าปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดที่พบในมูลไส้เดือนดินที่ได้รับอาหารแต่ละชนิดมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) โดยพบว่าปริมาณฟอสฟอรัสในมูลไส้เดือนดินที่ได้รับอาหารจากกากยีสต์มีปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดสูงที่สุด คือ 0.021 เปอร์เซ็นต์ ภายหลังเพาะเลี้ยงนาน 60 วัน รองลงมา คือ ไส้เดือนดินที่ได้รับอาหารจากฟางข้าว 0.009 เปอร์เซ็นต์ วัสดุเหลือใช้จากการเพาะทานตะวันงอก 0.006 เปอร์เซ็นต์ และผักตบชวา 0.004 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Figure 2) แสดงให้เห็นว่าไส้เดือนดินที่ได้รับอาหารต่างชนิดกันจะส่งผลกระทบต่อปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดที่พบในมูลไส้เดือนดินต่างชนิดกัน ทั้งนี้อาจเกิดจากความแตกต่างขององค์ประกอบของขยะอินทรีย์ที่นำมาให้ไส้เดือนดินกิน เนื่องจากระหว่างการผลิตปุ๋ยมูลไส้เดือนดิน กิจกรรมของเอนไซม์ฟอสฟาเทส (phosphatase) ที่ผลิตจากจุลินทรีย์ที่อาศัยอยู่ภายในลำไส้ของไส้เดือนดิน สามารถเปลี่ยนอินทรียวัตถุให้อยู่ในรูปของฟอสฟอรัสในรูปที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้[29] จากรายงานการวิจัยของ ณัฏฐ์ชยธรและชุลีมาศ[24] กล่าวว่าปริมาณฟอสฟอรัสที่เพิ่มสูงขึ้นในแต่ละระยะเวลาเกิดจากจุลินทรีย์หลายชนิดสามารถละลายฟอสเฟตได้ เช่น แบคทีเรีย เชื้อรา และแอคติโนมัยซีส

ซึ่งฟอสเฟตที่ละลายได้นี้ส่วนใหญ่เกิดจากการสร้างกรดแล้วปลดปล่อยออกมา และจากรายงานการวิจัยของ Le Bayon and Binet[30] กล่าวว่าไส้เดือนดินเป็นสื่อกลางที่ช่วยเพิ่มปริมาณเอนไซม์ฟอสฟาเทส ซึ่งจะไปช่วยเพิ่มปริมาณ Alkaline phosphatase โดยของเสียที่ถูกขับออกมาจากลำไส้จะกลายเป็นมูลไส้เดือนดินที่มีปริมาณฟอสฟอรัสเพิ่มขึ้น สำหรับการทดลองครั้งนี้พบว่ามีปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดที่พบในมูลไส้เดือนดินลดลงเนื่องจากอาหารที่ให้แต่ละชนิดทำให้มีความเป็นด่างเพิ่มมากขึ้น โดยสภาพดังกล่าวไม่เหมาะกับการทำงานของ phosphatizing bacteria ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของธันนิดาและคณะ[27] ศึกษาการเปรียบเทียบธาตุอาหารหลักของปุ๋ยมูลไส้เดือนดินจากการย่อยสลายกระดาษและขยะอินทรีย์ ผลการทดลองพบว่าปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืชอยู่ในช่วง 0.020-0.030 เปอร์เซ็นต์

Table 4 pH levels of vermicompost after feeding at 15, 30, 45, 60, 75 and 90 daysด

Treatment	pH at different days					
	15	30	45	60	75	90
Control	7.65 ab	7.47 c	7.31 d	7.22 c	7.17 c	7.10 c
Dried Brewer's Yeast	6.56 c	6.36 d	6.71 e	6.04 d	ND	ND
Rice straw	7.64 b	7.98 a	7.71 a	7.74 a	7.67 a	7.57 a
Residues from sunflower sprout planting	7.69 ab	7.62 b	7.52 c	7.51 b	7.48 b	7.36 b
Dried Water Hyacinth	7.71 a	7.60 b	7.62 b	7.55 b	7.47 b	7.34 b
F-test	**	**	**	**	**	**
C.V. (%)	0.31	0.24	0.46	0.42	0.28	0.37

Mean values of Vermicompost followed by different letters in a same column are significantly different (ANOVA; Least Significant Difference (LSD), $P < 0.05$) ND = Not Detected **significantly different at $P < 0.01$

Table 5 Electrical conductivity of vermicompost after feeding at 15, 30, 45, 60, 75 and 90 days

Treatment	EC (dS/m) at different days					
	15	30	45	60	75	90
Control	1.30 b	1.23 c	1.55 b	1.78 b	1.54 b	2.40 a
Dried Brewer's Yeast	1.72 a	1.56 a	2.18 a	2.62 a	ND	ND
Rice straw	1.21 b	1.09 d	1.14 d	1.28 c	1.13 c	1.52 d
Residues from sunflower sprout planting	1.62 a	1.19 c	1.34 c	1.69 b	1.98 a	1.87 c
Dried Water Hyacinth	1.32 b	1.37 b	1.47 bc	1.81 b	1.67 b	2.32 b
F-test	**	**	**	**	**	**
C.V. (%)	4.91	2.38	4.24	2.80	3.00	0.85

Mean values of Vermicompost followed by different letters in a same column are significantly different (ANOVA; Least Significant Difference (LSD), $P < 0.05$) ND = Not Detected; **significantly different at $P < 0.01$

Table 6 Organic matter contents in vermicompost after feeding at 15 30 45 60 75 and 90 days

Treatment	Organic matter (%) at different days					
	15	30	45	60	75	90
Control	9.55	10.92 b	12.04	9.45	7.97	5.95 c
Dried Brewer's Yeast	7.80	9.87 c	12.60	9.97	ND	ND
Rice straw	8.49	12.23 a	13.13	10.38	8.39	11.10 a
Residues from sunflower sprout planting	10.28	9.83 c	12.79	10.67	9.38	11.61 a
Dried Water Hyacinth	8.89	10.66 bc	12.82	10.53	8.04	7.97 b
F-test	ns	**	ns	ns	ns	**
C.V. (%)	14.57	6.33	5.75	20.11	8.47	6.33

Mean values of Vermicompost followed by different letters in a same column are significantly different (ANOVA; Least Significant Difference (LSD), $P < 0.05$) ND = Not Detected; ns = not significant; **significantly different at $P < 0.01$

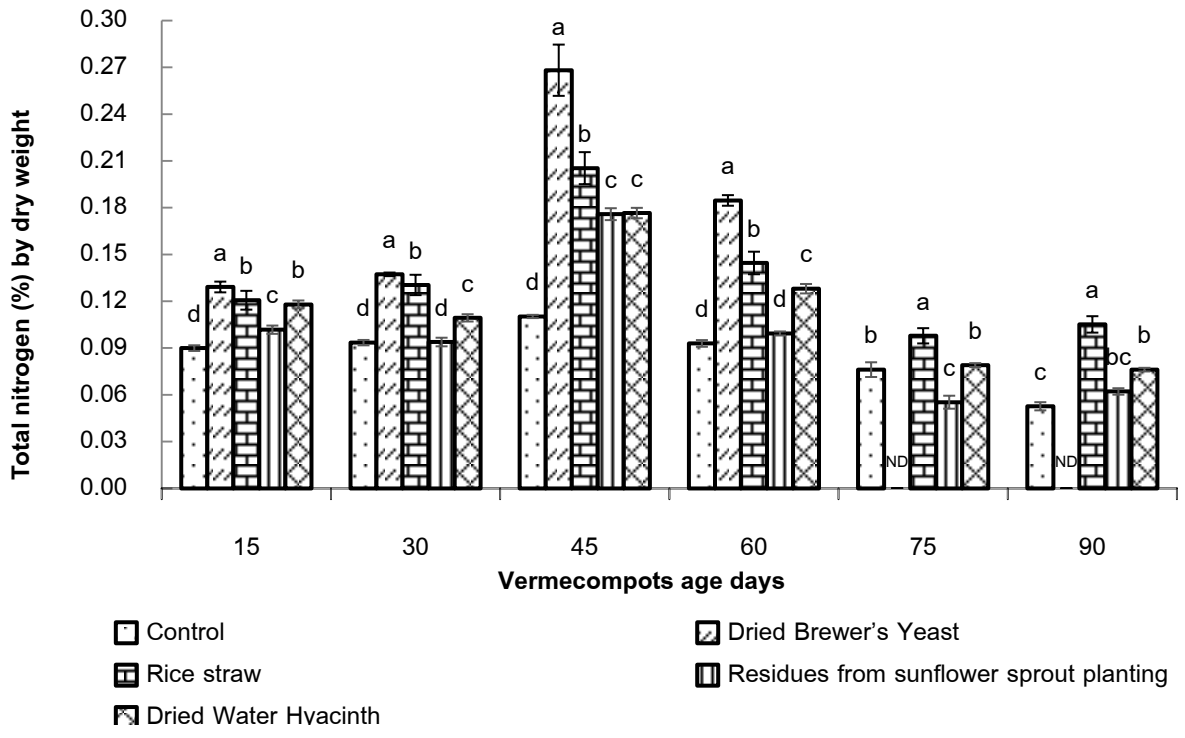

Figure 1 Total nitrogen contents in vermicompost after feeding at 15 30 45 60 75 and 90 days

A different small letter on bar indicates significant difference ($P < 0.05$) compared among treatment.

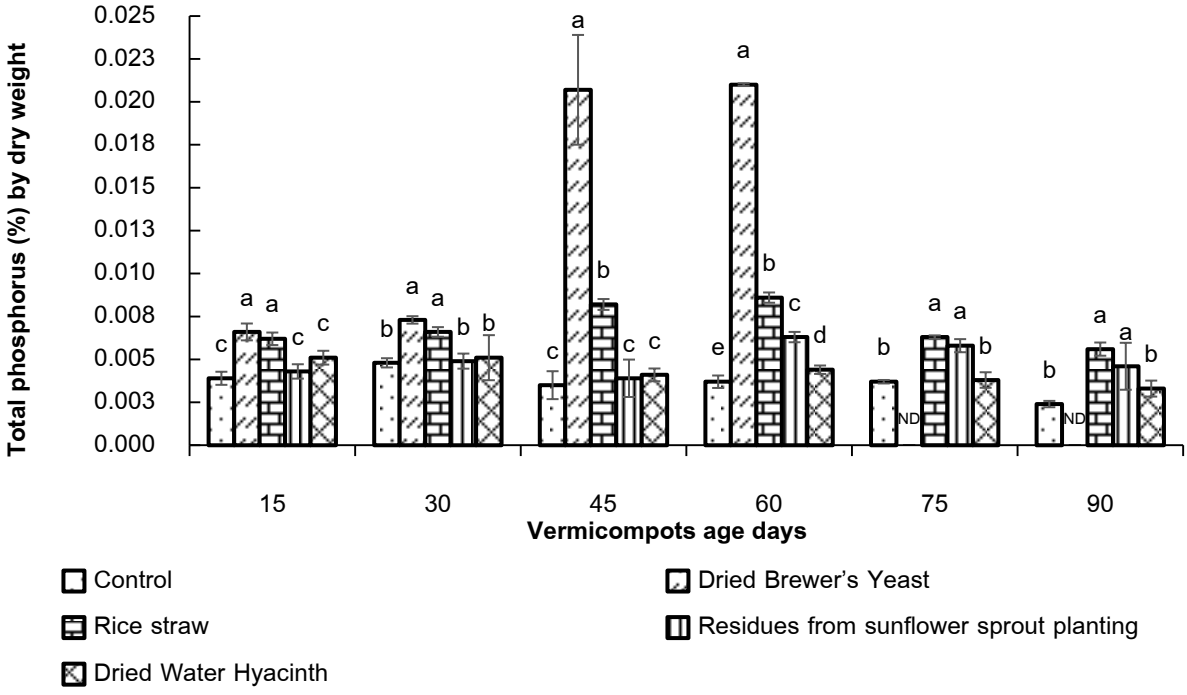

Figure 2 Total phosphorus contents in vermicompost after feeding at 15 30 45 60 75 and 90 days

A different small letter on bar indicates significant difference ($P < 0.05$) compared among treatment.

สรุปผล

การเพาะเลี้ยงไส้เดือนดินสายพันธุ์แอฟริกัน ไนท์คลอเลอร์ บนวัสดุรองพื้นที่ประกอบด้วยดิน มูลวัวนม และขุยมะพร้าว โดยใช้อาหารในการเพาะเลี้ยงที่แตกต่างกัน 5 ชนิดประกอบด้วย Control กากยีสต์ ฟางข้าว วัสดุเหลือใช้จากการเพาะทานตะวันงอก และผักตบชวา ผลการทดลองพบว่าการให้อาหารเพาะเลี้ยงที่เป็นฟางข้าวทำให้เพิ่มจำนวนประชากร น้ำหนักตัว และปริมาณมูลของไส้เดือนดินมากที่สุด ทั้งนี้มูลไส้เดือนจากการให้การยีสต์เป็นอาหารพบว่ามีปริมาณไนโตรเจน และปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดสูงสุด คือ 0.27 และ 0.021 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ทั้งนี้หากไส้เดือนดินสายพันธุ์แอฟริกันไนท์คลอเลอร์ ที่ให้ฟางข้าวเป็นอาหารจัดเป็นขยะอินทรีย์ที่มีความเหมาะสมในการเลี้ยงเพื่อขยายพันธุ์ไส้เดือนดินสายพันธุ์นี้

ข้อเสนอแนะ

หลังจากทำการศึกษาผลของอาหารเพาะเลี้ยงต่อการขยายพันธุ์ของไส้เดือนดินแล้ว ควรวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของอาหารที่นำมาใช้เพาะเลี้ยงไส้เดือนดิน เพื่อเป็นข้อมูลเสริมในการวิจารณ์ผลงานทดลอง และควรทำการทดลองต่อยอดในส่วนของการให้อาหารเพาะเลี้ยงไส้เดือนดินเพื่อศึกษาการเพิ่มปริมาณธาตุอาหารหลักของมูลไส้เดือนดินที่เป็นประโยชน์แก่พืชต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณกองอาคารและสถานที่มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ที่สนับสนุนไส้เดือนดินเพื่อนำมาใช้เพาะเลี้ยงในงานวิจัย ขอขอบคุณสาขาวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ที่อำนวยความสะดวกในเรื่องสถานที่อุปกรณ์และห้องปฏิบัติการสำหรับงานวิจัย ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.เบ็ญจวรรณ ชุติชูเดช เป็นอย่างสูงที่ให้คำปรึกษาและแนะนำตลอดการทำงานวิจัย และขอขอบคุณพี่บุคลากร ตลอดจนพี่น้องสาขาวิชาเทคโนโลยีการเกษตรทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือต่างๆ จนงานวิจัยสำเร็จไปได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

1. นริสรา พานพ่วง, สาวิตรี จันทรานุรักษ์. การศึกษาเปรียบเทียบปริมาณธาตุอาหารหลักของพืชในปุ๋ยหมักธรรมชาติ ปุ๋ยมูลไส้เดือนโดยไส้เดือนดิน *Eudrilus eugeniae* และปุ๋ยหมักพด.1. ใน: การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตร-ศาสตร์ ครั้งที่ 50; 31 มกราคม - 2 กุมภาพันธ์ 2555; กรุงเทพมหานคร; 2555. หน้า 442-447.
2. กรมควบคุมมลพิษ. สถานการณ์มลพิษประเทศไทย ปี 2560. กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม 2561; (1):1-5.
3. มงคล ต๊ะอุ่น. การฟื้นฟู/จัดการ: ดินเค็ม-ดินอุดมสมบูรณ์ต่ำ. พิมพ์ครั้งที่ 1 ขอนแก่น; 2547.
4. Haddad M. E, Zayed M. S, Sayed G. A. M, Hassanein M. K, Satar A. M. Evaluation of compost, vermicompost and their teas produ-ced from rice straw as affected by addition of different supplements. Annals of Agricultural Science 2014; 59(2):243-251.
5. Ghosh C. Integrated vermi-pisciculture - an alternative option for recycling of solid municipal waste in rural India. Bioresource technology 2004; 93:71-75.
6. Arancon N. Q, Edwards C. A, Bierman P, Welch C, Metager J. D. Influences of vermicompost on field strawberries-I Effects on growth and yields. Bioresour Technology 2004; 93(2):145-153.
7. กรมวิชาการเกษตร. คู่มือปุ๋ยอินทรีย์ (ฉบับนักวิชาการ) พิมพ์ครั้งที่ 1 โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย กรุงเทพฯ; 2548.
8. Suthar S. Bioconversion of postharvest crop residues and cattle shed manure into value-added products using earthworm *Eudrilus eugeniae* Kinberg. Ecological engineering 2008; 32:206-214.
9. Edwards C. A. The use of earthworms in the breakdown and management of organic wastes.United States Department of Agriculture 1998. p 327-354.
10. สามารถ ใจเตี้ย. การผลิตปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน จากขยะอินทรีย์. วารสารวิชาการและวิจัย 2558; 9(2):189-20
11. Bansal S, Kapoor K. K. Vermicomposting of crop residues and cattle dung with *Eisenia foetida*. Biores Technology 2000; 73:95-98.
12. นันทวุฒิ จำปางาม. เทคโนโลยีปุ๋ยหมักไส้เดือนดินเพื่อการเกษตรที่ยั่งยืน. วารสารวิชาการมหาวิทยา-ลัยอีสทิร์นเอเชีย 2560; 11(2):70-81.
13. Orozco F. H, Cegarra J, Trujillo L. M, Roig A. Vermicomposting of coffee pulp using the earthworm *Eudrilus eugeniae:* Effect on C and N contents and the availability of nutrients. Biology and Fertility of Soils 1996; 22:162-166.
14. Lazcano C, Brandón M.G, Domínguez J. Comparison of the effectiveness of composting and vermicompost-

ing for the biological stabilization of cattle manure. Chemosphere 2008; 72: 1013-1019.

15. กรมวิชาการเกษตร. คู่มือการวิเคราะห์ปุ๋ยอินทรีย์. สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ 2551; 5-23.
16. Rutherford P. M, Mcgill W. B, Arocena J. M. Total Nitrogen. Second edition. United States of America. Taylor & Francis Group; 2006. p 267-278.
17. นภาพร พิพารัตน์. การหมักขยะอินทรีย์ในตู้ลิ้นชักโดยใช้ไส้เดือนดินสายพันธุ์ *Perionyx excavates*. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. กรุงเทพมหานคร:มหาวิทยาลัยนเรศวร; 2548.
18. จิรายุ นุชนนท์, กนก เลิศพานิช, อภิศักดิ์ โพธิ์ปั้น. ผลของวัสดุเพาะเลี้ยงที่มีผลต่อจำนวนถุงไข่ น้ำหนักตัว ปริมาณมูลไส้เดือนดินสายพันธุ์ แอฟริกัน ไนท์ ครอเลอร์ (*Eudrilus eugeniae*). วารสารเกษตรพระจอมเกล้า 2560; 35(2):41-48.
19. นิพนธ์ ไชยมงคล. การเลี้ยงไส้เดือน. เชียงใหม่. มหาวิทยาลัยแม่โจ้; 2548.
20. กิตติ วิรุณพันธุ์, พัชรีสาร ฐิติธนานนท์, สุรีรัตน์ บุตรพรหม. ชนิดไส้เดือนและวัสดุรองพื้นแบบต่างๆ ต่อการให้ผลผลิตของไส้เดือนดิน. วารสารการเกษตรราชภัฏ 2553; 9(2): 12-20.
21. ทิพยากร ลิ่มทอง, วรรณลดา สุนันทพงศ์ศักดิ์, เสียงแจ่ว พิริยพฤนต์, ฉวีวรรณ เหลืองวุฒิวิโรจน์, ประโสด ธรรมเขต. ผลของการใช้น้ำส่าเบียร์ต่อการย่อยสลายกากอ้อย กรมพัฒนาที่ดิน 2536; 3-48.
22. กรมวิชาการเกษตร. ปุ๋ยอินทรีย์ การผลิต การใช้มาตรฐานและคุณภาพ. กรมวิชาการเกษตรกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ 2548; 1-82.
23. Varma V. S, Kalamdhad A. S, Khwairkpam M. Feasibility of *Eudrilus eugeniae* and *Perionyx excavatus* in vermicomposting of water hyacinth. Ecological engineering 2016; 94:127-135.
24. ณัฏฐ์ชยธร ขัตติยะพุฒิเมธ, ชุลีมาศ บุญไทย อิวาย. ผลของระยะเวลาในการเก็บรักษาต่อคุณภาพของน้ำหมักมูลไส้เดือนดิน. วารสารแก่นเกษตร 2561; 46(1):1188-1192.
25. Elvira C, Sampeelro L, Benitez E, Nagales R. Vermicomposting of sludges from paper mill and dairy industries with *Eisenia andrei* : a plot scale study, Bioresour. Technol 1998; 62:205-211.
26. มุกดา สุขสวัสดิ์. ความอุดมสมบูรณ์ของดิน. พิมพ์ครั้งที่ 1 กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์; 2544.
27. ธันนิดา กงทอง, สุนันทา เลาวัณย์ศิริ, จุฑามาส แก้วสุข. การเปรียบเทียบธาตุอาหารหลักของปุ๋ยมูลไส้เดือนจากการย่อยสลายกระดาษและขยะอินทรีย์. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม 2561; 37(5): 587-593.
28. Cotrufo M. F, Ineson P, Robert J. D. Decomposition of Birch leaf litter with varying C-to-N-Ratios. Soil Biology and Biochemistry 1995; 27:1219-1221.
29. Khawairakpam M,Bhargava R. Vermitechno-logy for sewage sludge recycling. Journal Hazard Mater 2009; 161:948-95.
30. Le Bayon R. C, Binet F. Earthworm changes the distribution and availability of phosphorous in organic substrates. Soil Biology Biochemistry 2006; 38:235-246.