การใช้ประโยชน์ของเหลือจากกระบวนการผลิตหนอนมอดรำข้าวสาลี *Tenebrio molitor* L. (Coleoptera: Tenebrionidae) สู่ความเป็นไปได้ในการผลิตดอกดาวเรืองอินทรีย์

Utilization of Mealworm *Tenebrio molitor* L. (Coleoptera: Tenebrionidae) Waste Process for the Possibility of Organic Marigold Production

เทวี มณีรัตน์[1*] และ ปัทมาวดี คุณวัลลี[1]

Tewee Maneerat[1*] and Pattamavadee Kunwanlee[1]

[1]สาขาวิชานวัตกรรมการเกษตรและการจัดการ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

[1]Division of Agricultural Innovation and Management, Faculty of Natural Resources, Prince of Songkla University

*Corresponding author: tewee.m@psu.ac.th

Received: 30 April 2023; Accepted: 27 May 2023; Published: 1 June 2023

บทคัดย่อ

หนอนมอดรำข้าวสาลี หรือหนอนนก *Tenebrio molitor* L. (Coleoptera: Tenebrionidae) เป็นแมลงเศรษฐกิจที่สำคัญของภาคใต้ ในกระบวนการเลี้ยงแมลงของเสียที่เกิดขึ้นคือมูลของหนอนมอดรำข้าวสาลี ซึ่งสามารถนำมาใช้ประโยชน์และเป็นช่องทางสร้างรายได้ให้กับเกษตรกรเจ้าของฟาร์ม วัตถุประสงค์ของการวิจัยนี้เพื่อวิเคราะห์ธาตุอาหารพืชจากมูลหนอนมอดรำข้าวสาลี และศึกษาความเป็นไปได้ในการนำมูลหนอนมอดรำข้าวสาลีมาใช้ประโยชน์สำหรับเป็นปุ๋ยอินทรีย์ในกระบวนการผลิตดอกดาวเรือง จากการวิเคราะห์มูลหนอนมอดรำข้าวสาลี พบธาตุอาหารพืชทั้ง ธาตุหลักไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) และโพแทสเซียม (K) เท่ากับ ร้อยละ 4.24 4.86 และ 2.27 อินทรียวัตถุ (OM) เท่ากับ ร้อยละ 57.93 อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N) เท่ากับ 9:1 ค่าการนำไฟฟ้า (EC) เท่ากับ 7.06 และ pH เท่ากับ 5.71 จากการศึกษาเปรียบเทียบการปลูกดาวเรือง 4 กรรมวิธี การใช้ปุ๋ยเคมี (T1) มูลหนอนมอดรำข้าวสาลี (T2) มูลไก่ (T3) และไม่ใส่ปุ๋ยเคมี (T4) พบว่า ดาวเรืองที่ปลูกโดยใช้ปุ๋ยจากมูลมอดรำข้าวสาลี สามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตดอกดาวเรืองครั้งแรก ในวันที่ 62 หลังการปลูก และ 66 วัน ค่าเฉลี่ยจำนวนดอกของปุ๋ยเคมี (T1) มูลหนอนมอดรำข้าวสาลี (T2) มูลไก่ (T3) และ ชุดควบคุม/ไม่ใส่ปุ๋ย (T4) เท่ากับ 10.33±3.57 10.17±1.74 6.73±1.72 และ 2.13±2.37 ดอก/ต้น น้ำหนักสดดอก เท่ากับ 9.37±3.64 8.11±2.43 7.48±1.81 และ 4.75±1.05 กรัม/ดอก และ เส้นผ่านศูนย์กลางดอก เท่ากับ 6.56±0.91 6.11±0.54 5.83±0.50 และ 4.77±0.42 เซนติเมตร ตามลำดับ และการใช้มูลหนอนมอดรำข้าวสาลี สำหรับเป็นปุ๋ยอินทรีย์ในการปลูกดอกดาวเรืองให้ผลไม่แตกต่างกันทางสถิติกับการใช้ปุ๋ยเคมี ($P \geq 0.05$)

คำสำคัญ: ของเสียจากหนอนมอดรำข้าวสาลี; ดาวเรืองอินทรีย์; การใช้ประโยชน์; ความเป็นไปได้

ABSTRACT

Mealworm, *Tenebrio molitor* L. (Coleoptera: Tenebrionidae) is an important economic insect in southern Thailand. Waste of insects in farming process is frass or excrement which can be utilized and increased income for the farmers. The objectives of this research were to analyze plant nutrients of mealworm frass and feasibility study on the utilization of mealworm frass in

the organic marigold production process. Results revealed plant nutrients were macronutrient and micronutrient. The primary macronutrients were nitrogen (N), phosphorus (P) and potassium (K) were 4.24, 4.86 and 2.27%, organic matter (OM) was 57.93 %, carbon to nitrogen (C/N) ratio was 9:1, electrical conductivity (EC) was 7.06 and pH was 5.71, respectively. The possibility of organic marigold production was compared with 4 marigold cultivation treatments; chemical fertilizers (T1), wheat bran weevil manure (T2), chicken manure (T3) and without chemical fertilizers (T4). This study was found that the first harvested marigolds flowers was on the 62nd day in mealworm frass treatment while the other treatments were on 66nd day after planting. The average number of flowers of chemical fertilizers (T1), wheat bran weevil manure (T2), chicken manure (T3) and control/no fertilizer application (T4) was 10.33±3.57, 10.17±1.74, 6.73±1.72, and 2.13±2.37 flowers per plant. Fresh flower weight was 9.37±3.64, 8.11±2.43, 7.48±1.81, and 4.75±1.05 g. per flower and flower diameter was 6.56±0.91, 6.11±0.54, 5.83±0.50, and 4.77±0.42 cm, respectively. Data analysis of average number of flowers, fresh flower weight and flower diameter of marigold on mealworm frass and chemical fertilizer were not significant different (P>0.05).

Keywords: mealworm waste; organic marigold; utilization; possibility

คำนำ

ดาวเรือง (marigold) *Tagetes erecta* L. เป็นไม้ดอกเศรษฐกิจที่สำคัญนิยมปลูกและจำหน่ายภายในประเทศ เนื่องจากเป็นพืชที่ปลูกง่าย เจริญเติบโตเร็ว ดอกมีขนาดใหญ่ ให้ผลผลิตสูง ใช้ระยะเวลาสั้น คือ ดาวเรืองสามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตหลังจากปลูกเพียง 60-70 วัน สามารถปลูกและเก็บเกี่ยวผลผลิตได้ตลอดปี ส่งผลให้เกษตรกรสามารถกำหนดช่วงระยะเวลาการปลูกและการเก็บเกี่ยวได้ นอกจากดาวเรืองจะเป็นไม้ดอกที่ปลูกเพื่อใช้สำหรับประดับ ตกแต่ง และใช้ในเทศกาลสำคัญต่างๆ แล้ว ปัจจุบันความนิยมเกี่ยวการนำดอกไม้มาใช้สำหรับบริโภค หรือเรียกว่าไม้ดอกกินได้ (edible flower) การบริโภคไม้ดอกเพื่อเป็นอาหาร ผลิตภัณฑ์อาหารเสริมสุขภาพ และอาหารฟังก์ชัน (Functional food) คืออาหารที่ประกอบด้วยสารสำคัญหรือสารออกฤทธิ์ที่ไม่ได้มีเพียงคุณค่าทางโภชนาการพื้นฐานที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกาย แต่ยังมีส่วนช่วยป้องกันและลดความเสี่ยงในการเกิดโรคต่างๆ ซึ่งกระแสความและความต้องการของอาหารเหล่านี้มีเพิ่มมากขึ้นอย่างต่อเนื่อง สิ่งสำคัญที่ต้องคำนึงถึงในการนำไม้ดอกมาเป็นอาหาร ดาวเรืองเป็นไม้ดอกอีกชนิดหนึ่งที่นิยมนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ เนื่องจากดอกดาวเรืองมีสารแซนโทฟิลล์ (Xanthophyll) ซึ่งเป็นสารให้สีกลุ่มแคโรทีนอยด์ ที่มีสรรพคุณในการเป็นสารบำรุงสายตา ป้องกันความเสื่อมของจอประสาทตา และสารในกลุ่มฟลาโวนอยด์ (Flavonoids) เทอร์ปีนอยด์ (Terpenoids) ฟีนอลิก (Phenolic) และเบตาแคโรทีน (β-carotene) เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (Nattakit et al., 2021)

การปลูกดาวเรืองหรือไม้ดอก เพื่อนำมาใช้สำหรับเป็นอาหารเสริมสุขภาพหรืออาหารฟังก์ชันสิ่งที่ต้องคำนึงถึงเป็นอย่างยิ่ง คือ การตกค้างของสารเคมีในกระบวนการผลิต ซึ่งสารเคมีที่ใช้ในกระบวนการผลิตได้แก่ ปุ๋ยเคมี และสารเคมีกำจัดศัตรูพืช ในขณะที่สารเคมีส่งผลกระทบกับสุขภาพผู้บริโภคแต่ในขณะเดียวกันในการเจริญเติบโตของพืชจำเป็นต้องได้รับธาตุอาหารในปริมาณที่เพียงพอและเหมาะสมจึงจะสามารถให้ผลผลิตที่มีคุณภาพเกษตรกรส่วนใหญ่นิยมใช้ปุ๋ยเคมีเพื่อเป็นแหล่งธาตุอาหารสำหรับพืช อีกทั้งการใช้ปุ๋ยเคมีอย่างต่อเนื่องเป็นระยะเวลานานส่งผลให้ดินเสื่อมโทรม และทำให้พืชชะงักการเจริญเติบโต การนำของเสียหรือของเหลือที่ได้

จากการทำปศุสัตว์มาใช้ประโยชน์สำหรับเป็นปุ๋ยอินทรีย์มีอย่างแพร่หลาย ประกอบกับปัจจุบันแมลงเข้ามามีบทบาทในการเป็นสัตว์เศรษฐกิจ ซึ่งเป็นแหล่งอาหารทางเลือกหรือโปรตีนทางเลือก หรืออาหารใหม่ (Novel food) สำหรับมนุษย์และสัตว์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ปัจจุบันตลาดแมลงทั่วโลกมีมูลค่ามากกว่า 400 ล้านเหรียญสหรัฐ และคาดการณ์ว่าในปี 2570 มูลค่าการตลาดของอาหารโปรตีนจากแมลงจะสูงถึง 2,067.9 ล้านเหรียญสหรัฐ (Trade Policy and Strategy Office, 2022) ส่งผลให้ในกระบวนการผลิตเกิดของเสีย คือ มูลของแมลงที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์สำหรับเป็นปุ๋ยให้กับพืช อีกทั้งยังเป็นการลดขยะให้เป็นศูนย์ (Zero waste)

หนอนมอดรำข้าวสาลี หรือหนอนนก mealworm, *Tenebrio molitor* L. (Coleoptera: Tenebrionidae) เป็นแมลงเศรษฐกิจที่มีการเลี้ยงอย่างแพร่หลายในภาคใต้ เพื่อใช้สำหรับเป็นอาหารของสัตว์น้ำ สัตว์ปีก และสัตว์เลี้ยง เนื่องจากมีโปรตีนสูงและสามารถนำมาเป็นแหล่งโปรตีนทดแทนในอาหารสัตว์ได้ (Kanok, 2013) การทำฟาร์มหนอนมอดรำข้าวสาลีเพื่อเป็นแหลงอาหารสัตว์ ของเสียที่เกิดในกระบวนการผลิต คือ มูลของหนอน ซึ่งเป็นแหล่งธาตุอาหารที่ดีของพืช (David et al., 2020) สามารถนำมาใช้เป็นปุ๋ยและส่งผลให้การเจริญเติบโตและผลผลิตใกล้เคียงกับการใช้ปุ๋ยเคมี (Kunwanlee and Maneerat, 2021) ธาตุอาหารพืชที่ได้จากมูลแมลงมีความแตกต่างกันขึ้นกับอาหารที่ใช้ในการเลี้ยง (Poveda *et al.,* 2019) ปัจจุบันผู้วิจัยได้มีการผลิตสูตรอาหารที่ใช้สำหรับเลี้ยงหนอนมอดรำข้าวสาลีในห้องปฏิบัติการเพื่อใช้สำหรับเป็นเหยื่อเลี้ยงแมลงตัวห้ำ มูลของหนอนมอดรำข้าวสาลีเป็นของเสียที่เกิดจากการเลี้ยงและจากงานวิจัยที่กล่าวข้าวต้นจึงได้มีแนวคิดต่อยอดเพื่อใช้ประโยชน์สำหรับเป็นแหล่งอาหารพืช วัตถุประสงค์ของการวิจัยนี้เพื่อวิเคราะห์ธาตุอาหารพืชจากของของเสียจากกระบวนการผลิตหนอนมอดรำข้าวสาลีในห้องปฏิบัติการ และศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตดอกดาวเรืองอินทรีย์ด้วยมูลหนอนมอดรำข้าวสาลี

อุปกรณ์และวิธีการ

การวิเคราะห์ธาตุอาหารพืชจากของเสียในกระบวนการผลิตหนอนมอดรำข้าวสาลี

นำของเสียหรือมูลหนอนที่เหลือจากกระบวนการผลิตหนอนมอดรำข้าวสาลี ที่เพาะเลี้ยงโดยใช้สูตรอาหารที่ผลิตโดยหน่วยผลิตมวนเพชฌฆาต *Sycanus collaris* (F.) และแมลงตัวห้ำตัวเบียน มาคัดแยกเพื่อป้องกันการปนเปื้อนของหนอนและดักแด้มอดรำข้าวสาลี โดยใช้ตะแกรงร่อนตาข่ายถี่ ขนาด 10 แมช (เส้นผ่านศูนย์กลางตาข่าย 0.51 มิลลิเมตร) นำตัวอย่างมูลหนอนมอดรำข้าวสาลีที่เตรียม ปริมาณ 500 กรัม ส่งศูนย์ปฏิบัติการวิเคราะห์กลาง คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ เพื่อวิเคราะห์ธาตุอาหารหลัก ธาตุอาหารรอง และจุลธาตุที่สำคัญสำหรับพืช จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ตามประกาศกรมวิชาการเกษตร เรื่อง “กำหนดเกณฑ์ปุ๋ยอินทรีย์” พ.ศ.2557

การศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตดอกดาวเรืองอินทรีย์

การศึกษาความเป็นไปได้เพื่อการผลิตดอกดาวเรืองโดยใช้มูลหนอนมอดรำข้าวสาลีเป็นปุ๋ย (ธาตุอาหารพืช) เปรียบเทียบกับการใช้ปุ๋ยที่เกษตรกรมีการใช้ คือ ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยมูลไก่ และไม่ใช้สารเคมี (control)

ดำเนินการปลูกดาวเรือง ณ แปลงปฏิบัติการภาควิชาการจัดการศัตรูพืช คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized desigh, CRD) ประกอบด้วย 4 กรรมวิธี คือ ปุ๋ยเคมี (T1) มูลหนอนมอดรำข้าวสาลี (T2) มูลไก่ (T3) และ ชุดควบคุม/ไม่ใส่ปุ๋ย (T4) เริ่มดำเนินการโดยเพาะเมล็ดดาวเรืองในถาดหลุมขนาด 104 หลุม เป็นเวลา 14 วัน จากนั้นย้ายต้นกล้าลงในกระถางปลูกขนาด 8 นิ้ว ที่ผสมดินเตรียมใส่ไว้ในกระถางแล้ว กรรมวิธี T1 ให้ปุ๋ยเคมีสูตร 16-16-16 เมื่อดาวเรืองอายุ 4 และ สัปดาห์ และสูตร 8-24-24 เมื่อดาวเรืองอายุ 7-10 สัปดาห์ และ

กรรมวิธี T2 และ T3 ใส่ปุ๋ยในอัตรา 5.5 กรัม/ต้น/สัปดาห์ แต่ละกรรมวิธีทำ 3 ซ้ำ แต่ละซ้ำใช้ต้นดาวเรือง จำนวน 10 ต้น ให้ปุ๋ยแต่ละชนิดครั้งแรกหลังจากทำการย้ายปลูกต้นกล้าดาวเรืองลงกระถางเป็นเวลา 7 วัน และให้ปุ๋ยทุกสัปดาห์จนกระทั่งดาวเรืองอายุ 10 สัปดาห์ บันทึกข้อมูล วันแรกของการเก็บเกี่ยวผลผลิต จำนวนดอก น้ำหนักสด และเส้นผ่านศูนย์กลางดอก ที่เก็บเกี่ยวได้ในแต่ละครั้ง เก็บข้อมูลเป็นระยะเวลา 20 วันหลังจากย้ายปลูกเป็นเวลา 60 วัน นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติด้วย Analysis of variance, ANOVA ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ผลการทดลองและวิจารณ์

การวิเคราะห์ธาตุอาหารพืชจากของเสียในกระบวนการผลิตหนอนมอดรำข้าวสาลี

จากการวิเคราะห์ธาตุอาหารพืชจากของเสียในกระบวนการผลิตหนอนมอดรำข้าวสาลี (มูลหนอนมอดรำข้าวสาลี) โดยศูนย์ปฏิบัติการวิเคราะห์กลาง คณะทรัพยากรธรรมชาติ พบว่า มูลหนอนมอดรำข้าวสาลี มีธาตุอาหารพืชทั้ง ธาตุหลักไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) และโพแทสเซียม (K) เท่ากับ ร้อยละ 4.24 4.86 และ 2.27 ธาตุรอง ที่วิเคราะห์ แคลเซียม (Ca) แมกนีเซียม (Mg) และโซเดียม (Na) เท่ากับ ร้อยละ 0.54 0.91 และ 0.04 และจุลธาตุพืช ที่วิเคราะห์ 5 ชนิด คือ เหล็ก(Fe) แมงกานีส(Mn) คอปเปอร์(Cu) สังกะสี(Zn) และโบรอน(B) เท่ากับ 140.1 130.30 10.52 และ 119.73 ppm ตามลำดับ ความชื้น เท่ากับ ร้อยละ 8.44 อินทรียวัตถุ (OM) เท่ากับ ร้อยละ 57.93 อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N) เท่ากับ 9:1 ค่าการนำไฟฟ้า (EC) เท่ากับ 7.06 และ pH เท่ากับ 5.71 ซึ่งค่าที่ได้สูงกว่าประกาศกรมวิชาการเกษตร เรื่อง “กำหนดเกณฑ์ปุ๋ยอินทรีย์” พ.ศ.2557 (Table 1)

การศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตดอกดาวเรืองอินทรีย์

จากการศึกษาเปรียบเทียบการปลูกดาวเรือง 4 กรรมวิธี ประกอบด้วย การใช้ปุ๋ยเคมี มูลหนอนมอดรำข้าวสาลี มูลไก่ และไม่ใส่ปุ๋ยเคมี พบว่า ดาวเรืองที่ปลูกโดยใช้ปุ๋ยจากมูลมอดรำข้าวสาลี สามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตดอกดาวเรืองครั้งแรก ในวันที่ 62 หลังการปลูก และ 66 วัน เมื่อใช้ปุ๋ยกรรมวิธีอื่น ค่าเฉลี่ยจำนวนดอกของปุ๋ยเคมี (T1) มูลหนอนมอดรำข้าวสาลี (T2) มูลไก่ (T3) และ ชุดควบคุม/ไม่ใส่ปุ๋ย (T4) เท่ากับ 10.33±3.57 10.17±1.74 6.73±1.72 และ 2.13±2.37 ดอก/ต้น น้ำหนักสดดอก เท่ากับ 9.37±3.64 8.11±2.43 7.48±1.81 และ 4.75±1.05 กรัม/ดอก และ เส้นผ่านศูนย์กลางดอก เท่ากับ 6.56±0.91 6.11±0.54 5.83±0.50 และ 4.77±0.42 เซนติเมตร ตามลำดับ เมื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่า การใช้มูลหนอนมอดรำข้าวสาลีซึ่งเป็นของเหลือจากกระบวนการผลิตหนอนมอดรำข้าวสาลี ให้ค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติกับการใช้ปุ๋ยเคมี ($P \geq 0.05$) (Table 2)

ในกระบวนการผลิตแมลงสิ่งที่เป็นของเหลือที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่ คือ มูลของแมลง ซึ่งการนำมูลหนอนมอดรำข้าวสาลีมาใช้ประโยชน์เพื่อให้เกิดการหมุนเวียนของวัสดุทางการเกษตรเป็นสิ่งจำเป็นอีกทั้งยังเป็นการช่วยลดขยะ (Zero waste) ต่างประเทศได้มีการนำมูลของแมลงชนิดนี้มาใช้ประโยชน์ และพบว่า มูลของหนอนมอดรำข้าวสาลีประกอบด้วย ธาตุอาหารพืชทั้งธาตุหลัก ธาตุรอง และจุลธาตุ (Poveda *et al*., 2019; Houben *et al*., 2020) และมีการนำมาใช้เป็นปุ๋ยอินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพในการชักนำการเจริญเติบโต และเพิ่มความทนทานให้กับพืช เช่นสภาวะการทนแล้ง และชักนำการสร้างความแข็งแรงให้กับพืช (Poveda *et al.,* 2019) นอกจากนี้การใช้มูลหนอนมอดรำข้าวสาลีเป็นส่วนประกอบในวัสดุเพาะสำหรับผักและไม้ผล ยังสามารถช่วยเพิ่มความสามารถในการนำไนโตรเจนไปใช้ประโยชน์ ลดปริมาณแคลเซียมที่มีอยู่ในวัสดุปลูก เป็นที่อยู่อาศัยของจุลินทรีย์ (Nogalska *et al.,* 2023) จากการใช้มูลหนอนมอดรำข้าวสาลีเพื่อเป็นปุ๋ยในการปลูกดาวเรืองพบว่า

จำนวนดอกต่อต้น น้ำหนักสดและเส้นผ่านศูนย์กลางของดอก มีค่าใกล้เคียงและไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับการใช้ปุ๋ยเคมี ซึ่งสอดคล้องกับ Kunwanlee and Tewee (2001) พบว่าการใช้มูลหนอนมอดรำข้าวสาลีสามารถให้ผลผลิตเทียบเท่ากับการใช้ปุ๋ยเคมีในการผลิตพริกหยวกพันธุ์คัด-ม.อ. และการใส่ปุ๋ยอัดเม็ดมูลหนอนนก ปุ๋ยอัดเม็ดมูลจิ้งหรีด และปุ๋ยอัดเม็ดมูลหนอนนกผสมหินฟอสเฟส ให้ผลผลิตข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ไม่แตกต่างกันกับการใช้ปุ๋ยเคมี และกรรมวิธีที่ใช้ปุ๋ยที่มีส่วนประกอบของมูลแมลง ช่วยเพิ่มธาตุอาหารหลัก และเพิ่มอินทรีย์วัตถุในดิน ซึ่งเป็นการปรับโครงสร้างดินให้ดีขึ้น (Prachwanee, 2021)

Table 1 Plant nutrition of mealworm frass from laboratory compared with organic fertilizer standard of DOA

Plant nutrition	DOA organic fertilizer standard	Mealworm frass
Macronutrients		
Primary (%weight/weight)		
- Nitrogen	≥1.0	4.24
- Phosphorus	≥0.5	4.84
- Potassium	≥0.5	2.36
Secondary (%weight/weight)		
- Calcium	-	0.54
- Magnesium	-	1.32
- Sulfur	-	NA
Micronutrients		
- Boron	-	NA
- Copper	-	10.47
- Iron	-	140.10
- Chloride	-	NA
- Manganese	-	130.30
- Molybdenum	-	NA
- Zinc	-	119.73
pH	5.5-8.5	5.71
Moisture	≤30	8.44
Organic matter (OM) (%)	≥20	57.93
OC		33.68
C/N ratio	≤20:1	9:1
EC (ds/m)	≤10	7.06

Table 2 The 1st harvested flower, number of marigold, average number of flower fresh weight, and flower diameter on different fertilizers

Treatment	1st harvested flower (Day after plant)	No. of marigold (flowers)			Flower fresh weight (g.) (mean±sd)	Flower diameter (cm.) (mean±sd)
		Min	Max	Mean±SD		
T1 (Chemical)	66	7	19	10.33±3.57 a	9.37±3.64 a	6.56±0.91 a
T2 (Mealworm frass)	62	6	13	10.17±1.74 a	8.11±2.43 ab	6.11±0.54 a
T3 (Chicken manure)	66	1	10	6.73±1.72 b	7.48±1.81 b	5.83±0.50 b
T4 (Control)	66	1	4	2.13±2.37 c	4.75±1.05 c	4.77±0.42 c
F-test				*	*	*

* Different letters within the same column was indicated the significant different at P≤0.05

สรุป

การนำของเหลือจากกระบวนการผลิตแมลงหรือมูลแมลงมาสร้างมูลค่าและใช้ประโยชน์ มูลหนอนมอดรำข้าวสาลีมีธาตุอาหารพืชครบทั้งธาตุหลัก ธาตุรอง และธาตุเสริม รวมถึงความเป็นกรด-ด่าง (pH) และค่าการนำไฟฟ้า (EC) ที่เหมาะสมต่อการนำไปใช้ประโยชน์ของพืช การนำไปใช้ในการผลิตดอกดาวเรืองมีประสิทธิภาพเทียบเท่ากับการใช้ปุ๋ยเคมีและสามารถนำมาใช้สำหรับเป็นธาตุอาหารพืชเพื่อการผลิตดอกดาวเรืองในระบบอินทรีย์

เอกสารอ้างอิง

Chaovapasee, K. 2013. Extimation of genetic parameters and breeding values for economic traits in mealworm (*Tenebrio molitor* L.). Princess of Naradhivas University Journal, 5(1): 61-68. (in Thai)

Houben, D., G. Daoulas, M. Faucon and A. Dulaurent. 2020. Potential use of mealworm frass as a fertilizer: impact on crop growth and soil properties. Scientific Reports, 10: 4659. 9 p.

Kunwanlee, K. and Maneerat, T. 2021. Comparison between mealworm (*Tenebrio molitor* L.) waste and chemical fertilizer on the growth and yield of selected-PSU green pepper. VRU Research and Development Journal Science and Technology, 16(1): 47-56. (in Thai)

Nattakit, P., N. Thanakornvises, N. Luengprapha, K. Boonwitian, and N. Srisuvor. 2021. Sensory characteristics of soybean breads and marigold (*Tagestes erecta* L.) breads. Research Journal Rajamangala University of Technology Thanyaburi, 20(1): 2651-2289. (in Thai)

Nogalska, A., S. W. Przemieniecki, S. J. Krzebietke, D. Zaluski, A. Kosewska, M. Skwierawska and S. Sienkiewicz. 2013. The effect of mealworm frass on the chemical and microbiological properties of horticultural peat in an incubation experiment. International Journal of Environmental Research and Public Health 20, 21. https://doi.org/10.3390/ijerph20010021.

Pibumrung, P. 2021. Effect of cricket frass and mealworm waste compost pellet applications on soil properties and yield of Pathum Thani 1 rice. Journal of Agricultural Research & Extension 39(1): 52-64.

Poveda J., A. Jimenez-Gomez, Z. Saati-Santamaria, R. Usategui-Martin R. Rivas and P. Garcia-Fraile. 2019. Mealworm frass as a potential biofertilizer and abiotic stress tolerance-inductor in plants. Applied Soil Ecology 142: 110-122.

Trade Policy and Strategy Office. 2022. Insect novel food: Value added agricultural products. Source: http://www.tpso.moc.go.th/th/node/11829.