

สภาวะที่เหมาะสมของการใช้ปัสสาวะหมักที่มีผลต่อผลผลิตดาวเรือง

OPTIMUM CONDITIONS OF USING FERMENTED URINE AFFECTING YIELDS OF MARIGOLD

จักรกรฤช ศรีละออ* และปณณดา ทะรังศรี

Chakkrit Sreela-or* and Punpada Tharungsree

บทคัดย่อ

การหาสภาวะของปัจจัยที่เหมาะสมในการใช้ปัสสาวะหมักต่อผลผลิตดาวเรือง โดยใช้การทดลองการตอบสนองพื้นที่ผิวแบบส่วนประสมกลางโดยศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้อง 2 ปัจจัย ได้แก่ ความเข้มข้นของปัสสาวะหมัก และปริมาตรการใส่ปัสสาวะหมัก จากผลการทดลองพบว่า สภาวะที่เหมาะสมต่อการใช้ปัสสาวะหมักต่อผลผลิตดาวเรือง คือ ความเข้มข้นของปัสสาวะหมักร้อยละ 16.97 (โดยปริมาตร) และปริมาตรการใส่ปัสสาวะหมัก 49.82 มิลลิลิตรต่อต้น ส่งผลให้ได้ผลผลิตของดาวเรืองในด้านจำนวนดอกต่อต้น 6.33 ดอก ขนาดดอก 5.71 เซนติเมตรและน้ำหนักสดของดอก 7.04 กรัมต่อดอก และได้มีการทดลองซ้ำจากสภาวะที่เหมาะสมที่ได้จากการทำนายโดยสมการพบว่าทำให้ได้ผลผลิตดาวเรืองในด้านจำนวนดอกเท่ากับ 6.20 ดอกต่อต้น ขนาดของดอกเท่ากับ 5.70 เซนติเมตร และน้ำหนักสดของดอก 7.00 กรัมต่อดอก ซึ่งค่าที่ได้มีความใกล้เคียงจากการทำนายโดยสมการถดถอย

คำสำคัญ: สภาวะที่เหมาะสม ปัสสาวะหมัก ดาวเรือง

Abstract

Factors affecting on yields of Marigold by fermented urine were optimized using response surface methodology with central composite design. Investigated parameters included fermented urine concentration and volume of fermented urine. Results revealed that the optimum conditions were a fermented urine concentration of 16.97 % (v/v) and volume of fermented urine of 49.82 mL/plant. Under the optimal

คณะเทคโนโลยีการเกษตรและอาหาร มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก 65000

Faculty of Food and Agricultural Technology, Pibulsongkram Rajabhat University, Muang District, Phitsanulok Province 65000

*corresponding author e-mail: chakkrit@psru.ac.th

Received: 4 August 2020; Revised: 25 September 2020; Accepted: 2 October 2020

conditions, a maximum flower number, flower size and flower fresh weight of 6.33 flowers/plant, 5.71 cm and 7.04 g/flower, respectively were obtained. The confirmation experiment under optimal condition showed a flower number of 6.20 flowers/plant, flower size of 5.70 cm and flower fresh weight of 7.00 g/flower. The result is close to the predicted values by linear regression.

Keywords: Optimization, Fermented urine, Marigold

บทนำ

ดาวเรือง (Marigold) เป็นไม้ดอกเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย (Kanacharoenpong et al., 2003) ดาวเรืองสามารถปลูกได้ทุกฤดูกาลและทุกภูมิภาคของประเทศไทย การใช้ประโยชน์จากดาวเรือง นอกจากจะนำไปใช้เป็นไม้ตัดดอกแล้ว ยังสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในด้านอื่น ๆ ได้อีกมากมาย เช่น ในด้านการป้องกันและกำจัดแมลงศัตรูพืช ในด้านอาหารสัตว์ ในด้านสีย้อม (Department of Agriculture Extension, 2002) นอกจากนั้นยังมีการนำมาใช้ประโยชน์ในด้านเครื่องสำอางสุขภาพ เนื่องจากในดอกดาวเรืองมีสารลูทีน (Lutein) เป็นองค์ประกอบ ซึ่งมีฤทธิ์ในการต้านสารอนุมูลอิสระ ป้องกันอันตรายจากรังสียูวีที่มีต่อดวงตา รวมทั้งยังป้องกันการเสื่อมของเซลล์จอประสาทตา (Schalch et al., 2007) จะเห็นได้ว่าการนำดาวเรืองไปใช้ประโยชน์ในด้านอาหารทั้งคนและสัตว์ ดังนั้นการผลิตดาวเรืองในปัจจุบันควรมีการผลิตโดยไม่ใช้สารเคมีไม่ว่าจะเป็นสารเคมีในการป้องกันกำจัดศัตรูพืช และปุ๋ยเคมี ซึ่งในการเพาะปลูกดาวเรืองส่วนใหญ่นิยมใช้ปุ๋ยเคมีเพื่อเร่งการเจริญเติบโตและเพิ่มผลผลิตทำให้เกิดปัญหาทางด้านต้นทุนที่สูงขึ้น และการตกค้างของสารเคมี (Yodprech, 2009) จากปัญหาดังกล่าวทำให้เกิดการศึกษาวิจัยในการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ทดแทนเพื่อลดการใช้ปุ๋ยเคมีในการผลิตพืชของเกษตรกร โดยปุ๋ยอินทรีย์มีข้อดีคือ สามารถผลิตได้จากของเสียเหลือใช้ ทำให้มีต้นทุนการผลิตที่ต่ำ ขั้นตอนการผลิตไม่ยุ่งยาก และที่สำคัญคือไม่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพของเกษตรกรและผู้บริโภค วัตถุดิบที่นำมาผลิตปุ๋ยอินทรีย์มีความหลากหลาย เช่น มูลสัตว์ (Detpiratmongkol & Liphan, 2015) เศษอาหาร (Thadinjan, 2014) วัชพืช (Paekum et al., 2014) และปัสสาวะ (Sreela-or, 2017) เป็นต้น ประกอบกับในปัจจุบันมีความต้องการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ที่สูงมาก ดังนั้นจึงมีผู้ศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการนำของเสียเหลือใช้ชนิดต่าง ๆ มาผลิตปุ๋ยอินทรีย์ ปัสสาวะจัดเป็นวัตถุดิบชนิดหนึ่งที่ได้รับ ความสนใจเนื่องจากมีปริมาณมาก หาง่าย และต้นทุนต่ำ นอกจากนั้นปัสสาวะยังประกอบด้วยธาตุอาหารที่จำเป็นต่อพืชได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม (Ranasinghe al., 2016) ซึ่งผู้วิจัยมีความสนใจที่จะนำปัสสาวะมาใช้ทดแทนการใช้ปุ๋ยเคมีในการผลิตดาวเรือง แต่เนื่องจากในน้ำปัสสาวะมีปริมาณธาตุฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในปริมาณต่ำ ดังนั้นจึงควรมีการนำปัสสาวะมาใช้ร่วมกับวัตถุดิบชนิดอื่นๆ เพื่อให้ได้ปริมาณธาตุอาหารที่เหมาะสม ทางผู้วิจัยจึงนำน้ำกากส่า และมูลค่างความมาทำการหมักร่วมกับปัสสาวะ เนื่องจากน้ำกากส่าเป็นของเสียเหลือทิ้งจากกระบวนการผลิตเอทานอลที่มีปริมาณมาก หากมีการจัดการของเสียดังกล่าวไม่

ดีและเกิดรื้อไหลสู่สิ่งแวดล้อมจะทำให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของประชาชนและสิ่งมีชีวิต รวมทั้งเกิดมลพิษในสิ่งแวดล้อมบริเวณนั้น (Phothilangka et al., 2018) น้ำกากสาสามารถนำมาใช้ประโยชน์ทางการเกษตรได้เนื่องจากมีสารอินทรีย์เป็นองค์ประกอบในปริมาณที่สูง (Nualsri & Sreela-or, 2019) มีโพแทสเซียมเป็นองค์ประกอบที่มีปริมาณสูง รองลงมาคือไนโตรเจน และฟอสฟอรัส ตามลำดับ (Tharangsri et al., 2020) และมูลค่างคาวซึ่งเป็นปุ๋ยคอกชนิดหนึ่งซึ่งมีปริมาณธาตุอาหารหลักที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชโดยเฉพาะฟอสฟอรัสในปริมาณที่สูง (Sothearen et al., 2014) เพื่อให้ได้สภาวะที่เหมาะสมในการผลิตดาวเรืองจากปัสสาวะหมัก การวิจัยในครั้งนี้จึงศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการใช้ปัสสาวะหมักที่ส่งผลต่อการผลิตดาวเรือง โดยใช้การออกแบบการทดลองการตอบสนองพื้นที่ผิว (response surface methodology; RSM) และใช้การทดลองแบบส่วนประสมกลาง (central composite design; CCD) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเป็นการผลิตปัสสาวะหมักที่มีคุณสมบัติใกล้เคียงกับการใช้ปุ๋ยเคมีในการผลิตดาวเรือง และนำความรู้ที่ได้จากการวิจัยในครั้งนี้มาทำการสังเคราะห์และนำไปพัฒนาต่อยอดเพื่อส่งเสริมและแนะนำให้เกษตรกรผู้เพาะปลูกดาวเรือง

วิธีดำเนินการวิจัย

การหาสภาวะของปัจจัยที่เหมาะสมในการใช้ปัสสาวะหมักต่อผลผลิตดาวเรืองในการทดลองครั้งนี้ออกแบบการทดลองการตอบสนองพื้นที่ผิว โดยการใช้การทดลองแบบส่วนประสมกลางเพื่อศึกษาการหาสภาวะของปัจจัยที่เหมาะสมในการใช้ปัสสาวะหมักต่อผลผลิตของดาวเรืองในด้านจำนวนดอกต่อต้น ขนาดดอก และน้ำหนักสดของดอก โดยมีสิ่งทดลองควบคุมของการทดลองนี้คือ ไม่ใส่ปุ๋ยให้กับดาวเรือง และการใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 โดยมีขั้นตอนการดำเนินงานดังนี้

1. การเตรียมปัสสาวะหมักที่ใช้ในการทดลอง

ปัสสาวะที่นำมาใช้ในการทดลองครั้งนี้ได้มาจากกลุ่มตัวอย่างที่เป็นนักศึกษาเพศชายชั้นปีที่ 1-4 หลักสูตรสาขาวิชาเกษตรศาสตร์ และหลักสูตรสาขาวิชาสัตวศาสตร์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร และอาหาร มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม ที่มีอายุระหว่าง 18-23 ปี จำนวน 100 คน จำนวน 40 ลิตร โดยนำขวดพลาสติกเก็บตัวอย่างปัสสาวะไว้ในห้องน้ำของคณะฯ หลังจากนั้นนำปัสสาวะที่เก็บได้มาผสมกันและนำไปเก็บรวบรวมไว้ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 30 วัน หลังจากนั้นนำน้ำปัสสาวะที่รวบรวมได้มาทำการหมักในถังหมักขนาด 20 ลิตรตามวิธีการของ Sreela-or (2017) โดยการใส่น้ำปัสสาวะลงไป 10 ลิตร เติมน้ำกากสาลงไป 2 ลิตร และใส่มูลค่างคาวลงไป 0.5 ลิตร คนให้เข้ากันและทำการปิดฝาถังหมัก ทิ้งไว้เป็นเวลา 20 วัน และนำปัสสาวะที่ผ่านการหมักมาทำการวิเคราะห์องค์ประกอบของธาตุอาหารพืช โดยการวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจนด้วยวิธี Kjeldahl method วิเคราะห์หาปริมาณโพแทสเซียมด้วยวิธี Wet digestion and spectrophotometer วิเคราะห์หาปริมาณฟอสฟอรัสและแคลเซียมด้วยวิธี Wet digestion and Atomic Absorption spectroscopy (Land Development Department, 2010) ซึ่งได้ผลการวิเคราะห์ดังที่แสดงไว้ในตารางที่ 1 (Table 1) โดยการเตรียมปัสสาวะหมัก

ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ได้จากการนำปัสสาวะหมักมาผสมกับน้ำตามอัตราส่วน เช่น ความเข้มข้นของปัสสาวะหมักที่ร้อยละ 40 (โดยปริมาตร) ที่ปริมาตร 1.00 ลิตร ได้จากการนำปัสสาวะหมัก 0.40 ลิตร มาผสมกับน้ำ 0.60 ลิตร

Table 1 Chemical composition of vinasse, urine and fermented urine

Parameters	Vinasse	Urine	Bat feces	Fermented urine
Nitrogen (mg/L)	645.63	1,903.67	918.42	2,546.81
Phosphorus (mg/L)	187.60	145.22	6,578.77	632.90
Potassium (mg/L)	1,034.89	120.54	549.81	413.25

2. การเตรียมพืชทดลอง

การเพาะกล้าดาวเรืองในกระถางดินเผาที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 16 นิ้วที่เตรียมไว้ 1 ต้น ต่อหนึ่งกระถาง จำนวน 66 กระถางทำการรดน้ำวันละ 1 ครั้ง และใส่ปัสสาวะหมักตามที่ออกแบบการทดลองไว้ ทำการใส่ปุ๋ยจำนวน 4 ครั้ง โดยใส่เมื่อดาวเรืองมีอายุได้ 14, 21, 28 และ 35 วัน ตามลำดับ และโดยไม่มีการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืช และไม่มีการใส่ปุ๋ย ยกเว้นสิ่งทดลองควบคุมที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 ในปริมาณ 5 กรัมต่อกระถาง จำนวน 4 ครั้งเช่นเดียวกับการใส่ปัสสาวะหมัก

3. การออกแบบการทดลอง

การทดลองการหาสภาวะของปัจจัยที่เหมาะสมในการใช้ปัสสาวะหมักต่อผลผลิตดาวเรือง โดยใช้วิธีการตอบสนองต่อพื้นที่ผิวแบบส่วนประสมกลาง ทำการศึกษาปัจจัยหลักที่คาดว่าจะมีผลต่อผลผลิตของดาวเรือง โดยการแปรผันระดับปัจจัยเป็น 5 ระดับ ได้แก่ ระดับลบแอลฟา ($-\alpha$) ระดับต่ำ (low level) ระดับกลาง (medium level) ระดับสูง (high level) และระดับแอลฟา (α) ดังที่แสดงไว้ในตารางที่ 2 (Table 2) และชุดการทดลองการหาอัตราส่วนที่เหมาะสมต่อผลผลิตของดาวเรือง โดยใช้การออกแบบการทดลองทางสถิติแบบส่วนผสมกลางดังที่แสดงไว้ในตารางที่ 2 (Table 2) กำหนดค่าตอบสนอง (response) คือ จำนวนดอกต่อต้น (ดอก) ขนาดดอก (เซนติเมตร) และน้ำหนักสดของดอก (กรัม/ดอก)

Table 2 Experimental variables and levels investigated by central composite design

Code	Variable	Parameter value				
		$-\alpha$	Low	Medium	High	α
X_1	Fermented urine concentration (%)	7.93	10.00	15.00	20.00	22.07
X_2	Volume of urine (mL/plant)	35.86	40.00	50.00	60.00	64.14

4. การใส่ปุ๋ยสภาวะหมักแก่พืชทดลอง

ทำการใส่ปุ๋ยสภาวะหมักเมื่อดาวเรืองอายุ 14, 21, 28 และ 35 วัน โดยการรดที่โคนต้นที่ความเข้มข้นตามที่ได้ออกแบบไว้ในตารางที่ 3 (Table 3)

5. การบันทึกผลการทดลอง

บันทึกข้อมูลผลผลิตของดาวเรืองในด้านจำนวนดอกต่อต้น (ดอก) ขนาดดอก (เซนติเมตร) และน้ำหนักสดของดอก (กรัม/ดอก) เมื่อดาวเรืองอายุครบ 60 วัน โดยบันทึกข้อมูลเฉพาะดอกที่สมบูรณ์

6. การวิเคราะห์ข้อมูล

โดยการบันทึกข้อมูลผลผลิตของดาวเรือง และนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ผลด้วยโปรแกรม Design Expert version 7 โดยการออกแบบการทดลองแบบส่วนประสมกลาง

7. การพิสูจน์แบบจำลอง

ทำการพิสูจน์แบบจำลองภายหลังจากที่ได้สภาวะที่เหมาะสมต่อค่าตอบสนอง (response) คือ ผลผลิตของดาวเรืองในด้านจำนวนดอกต่อต้น ขนาดดอก และน้ำหนักสดของดอก โดยทำการทดลองซ้ำอีกครั้งจำนวน 1 การทดลอง 6 สภาวะได้แก่ ระดับเหมาะสม ระดับสูง ระดับกลางระดับต่ำ ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 และไม่ใส่ปุ๋ย สภาวะละ 3 ซ้ำ

ผลการวิจัย

ผลของปัจจัยทั้ง 2 ปัจจัย ได้แก่ ความเข้มข้นของปุ๋ยสภาวะหมัก (ร้อยละ) = X_1 และปริมาณการใส่ปุ๋ยสภาวะหมัก (มิลลิลิตรต่อต้น) = X_2 ที่มีผลต่อผลผลิตของดาวเรืองในด้านจำนวนดอกต่อต้น (Y_1) ขนาดดอก (Y_2) และน้ำหนักสดของดอก (Y_3) ที่แสดงในตารางที่ 3 (Table 3) สามารถเขียนเป็นสมการถดถอยได้ดังนี้

$$Y_1 = 6.13 + 0.50X_1 + 0.10X_2 - 0.42X_1X_2 - 0.63X_1^2 - 0.96X_2^2$$

$$Y_2 = 5.60 + 0.35X_1 + 0.099X_2 - 0.28X_1X_2 - 0.47X_1^2 - 0.69X_2^2$$

$$Y_3 = 6.90 + 0.40X_1 + 0.12X_2 - 0.36X_1X_2 - 0.51X_1^2 - 0.74X_2^2$$

Table 3 Central composite experimental design matrix defining Fermented urine concentration (X_1) and Volume of urine (X_2) on yields of Marigold

Run	X_1 (Code)	X_1 (Observed)	X_2 (Code)	X_2 (Observed)	Flower number (flowers/plant)	Flower size (cm)	Flower Fresh weight (g/flower)
1	0.000	15.00	0.000	50.00	6.00	5.63	6.92
2	-1.000	10.00	1.000	60.00	4.67	4.63	5.90
3	0.000	15.00	0.000	50.00	6.33	5.57	6.83
4	1.414	22.07	0.000	50.00	5.67	5.17	6.42
5	-1.000	10.00	-1.000	40.00	3.67	3.77	4.80
6	1.000	20.00	1.000	60.00	4.67	4.67	5.93
7	0.000	15.00	1.414	64.14	4.33	4.23	5.43
8	1.000	20.00	-1.000	40.00	5.33	4.93	6.26
9	0.000	15.00	0.000	50.00	6.00	5.60	6.85
10	-1.414	7.93	0.000	50.00	4.00	4.02	5.23
11	0.000	15.00	-1.414	35.86	4.00	4.10	5.28
12	0.000	15.00	0.000	50.00	6.00	5.50	6.87
13	0.000	15.00	0.000	50.00	6.33	5.70	7.04

Remark -1.414=ระดับ $-\alpha$ level, -1=Low level, 0=Medium level, 1=High level, 1.414=ระดับ α level

การวิเคราะห์ผลทางสถิติของสมการแสดงความสัมพันธ์ของปัจจัยที่ศึกษา และค่าการตอบสนองต่อการใช้ปุ๋ยสวะหมักที่มีต่อผลผลิตของดาวเรืองในด้านจำนวนดอกต่อต้น ขนาดดอก และน้ำหนักสดของดอกที่ค่าความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ดังตารางที่ 4 (Table 4) โดยใช้วิธีการตอบสนองต่อพื้นที่ผิวแบบส่วนผสมกลางมีค่า R^2 เท่ากับร้อยละ 98.14, 98.36 และ 98.47 ตามลำดับ แสดงให้เห็นถึงความสามารถในการอธิบายความแปรปรวนที่มีต่อการตอบสนองดังสมการที่ได้ โดยสามารถนำไปใช้ในการอธิบายผลการทดลองได้ใกล้เคียงกับค่าจริงในการทดลองใช้ปุ๋ยสวะหมักที่มีต่อผลผลิตของดาวเรืองร้อยละ 98.14, 98.36 และ 98.47 ตามลำดับ สำหรับค่าความไม่เหมาะสมของแบบจำลองกับผลการทดลอง (Lack of fit) พบว่าไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.5729$, 0.0936 และ 0.1210 ตามลำดับ) แสดงให้เห็นถึงแบบการทดลองที่มีความเหมาะสมกับโมเดลที่ใช้ในการทดสอบและเมื่อพิจารณาถึงปัจจัยหลักที่คาดว่าจะส่งผลต่อผลผลิตของดาวเรืองในด้านจำนวนดอกต่อต้น ขนาดดอก และน้ำหนักสดของดอก ได้แก่ ความเข้มข้นของปุ๋ยสวะหมัก (ร้อยละ) และปริมาณการใส่ปุ๋ยสวะหมัก (มิลลิลิตรต่อต้น)

พบว่าปัจจัยทั้ง 2 ส่งผลต่อผลผลิตของดาวเรืองในด้านจำนวนดอกต่อต้น ขนาดดอก และน้ำหนักสดของดอกที่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

Table 4 Model coefficients estimated by multiple linear regression (significance of regression coefficients)

Response	Source	Sum of squares	Mean square	p-value
Flower number (flowers/plant)	Model	11.04	2.21	<0.0001*
	X_1	2.02	2.02	<0.0001*
	X_2	0.081	0.081	0.0438*
	X_1X_2	0.69	0.69	0.0019*
	X_1^2	2.75	2.75	<0.0001*
	X_2^2	6.44	6.44	<0.0001*
	Residual	0.21	0.030	
	Lack of fit	0.076	0.025	0.5729
	Pure error	0.13	0.033	
	R^2	98.14		
Flower size (cm)	Model	5.72	1.14	<0.0001*
	X_1	1.00	1.00	<0.0001*
	X_2	0.078	0.078	0.0482*
	X_1X_2	0.32	0.32	0.0018*
	X_1^2	1.56	1.56	<0.0001*
	X_2^2	3.28	3.28	<0.0001*
	Residual	0.095	0.014	
	Lack of fit	0.073	0.024	0.0936
	Pure error	0.022	0.056	
	R^2	98.36		
Flower Fresh weight (g/flower)	Model	6.88	1.38	<0.0001*
	X_1	1.26	1.26	<0.0001*
	X_2	0.12	0.12	0.0253*
	X_1X_2	0.51	0.51	0.0007*
	X_1^2	1.77	1.77	<0.0001*
	X_2^2	3.80	3.80	<0.0001*
	Residual	0.11	0.015	
	Lack of fit	0.078	0.026	0.1210
	Pure error	0.029	0.071	
	R^2	98.47		

Remark * ($p < 0.05$)

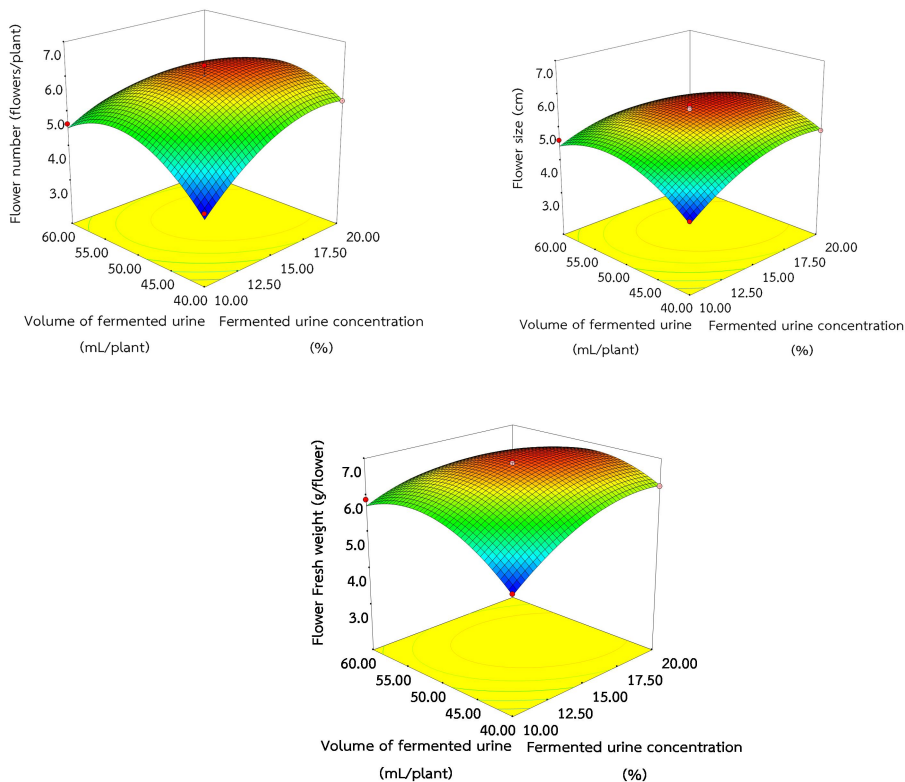


Figure 1 Response surface plots showing the effects of Fermented urine concentration (X_1) and Volume of fermented urine (X_2) on yields of Marigold.

จากภาพที่ 1 (Figure 1) แสดงให้เห็นถึงผลผลิตของดาวเรืองในด้านจำนวนดอกต่อต้น ขนาดดอก และน้ำหนักสดของดอกที่ได้จากการทดลองต่ำสุดอยู่ที่ 3.67 ดอกต่อต้น 3.77 เซนติเมตร และ 4.80 กรัมต่อดอก ในขณะที่ผลผลิตของดาวเรืองสูงสุดในด้านจำนวนดอกต่อต้นเท่ากับ 6.33 ดอกต่อต้น ขนาดดอก 5.71 เซนติเมตร และน้ำหนักสดของดอกเท่ากับ 7.04 กรัมต่อดอก ผลผลิตของดาวเรืองทั้ง 3 ด้านเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของปัสสาวะหมักตั้งแต้อยู่ที่ 10.00 ถึงร้อยละ 16.97 ในขณะที่ผลผลิตของดาวเรืองทั้ง 3 ด้านเริ่มลดลงเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของปัสสาวะหมักสูงกว่าร้อยละ 16.97 นอกจากนั้นผลผลิตของดาวเรืองทั้ง 3 ด้านเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาตรในการใส่ปัสสาวะหมักตั้งแต่ 40.00 มิลลิลิตรต่อต้น ถึง 49.82 มิลลิลิตรต่อต้น ในขณะที่ผลผลิตของดาวเรืองทั้ง 3 ด้านเริ่มลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณในการใส่ปัสสาวะหมักสูงกว่า 49.82 มิลลิลิตรต่อต้น จากผลการทดลองพบว่าการให้ปัสสาวะหมักความเข้มข้นร้อยละ 16.97 (โดยปริมาตร) และปริมาตรการใส่ปัสสาวะหมัก 49.82 มิลลิลิตรต่อต้น ส่งผลให้ผลผลิตของดาวเรืองทั้ง 3 ด้านสูงสุดภายใต้สภาวะที่เหมาะสมจากการทำการทำนายจะได้ผลผลิตของดาวเรืองในด้านจำนวนดอกต่อต้นเท่ากับ 6.20 ดอก ขนาดดอกเท่ากับ 5.70 เซนติเมตร และน้ำหนัก

สดของดอกเท่ากับ 7.00 กรัมต่อดอก ในขณะที่ผลผลิตของดาวเรืองในด้านจำนวนดอกต่อต้น ขนาดดอก และน้ำหนักสดของดอกที่ได้จากการทดลองอยู่ที่ 6.33 ดอก 5.71 เซนติเมตร และ 7.04 กรัมต่อดอก ตามลำดับ ตารางที่ 5 (Table 5) ซึ่งมีความแตกต่างจากค่าที่ได้โดยสมการถดถอยเพียงร้อยละ 1.02, 1.00 และ 1.01 ตามลำดับ

Table 5 Experimental design and results of confirmation test

Condition	Fermented urine conc. (%)	Volume of urine (mL/plant)	Flower number (flowers/plant)	Flower size (cm)	Flower Fresh weight (g/flower)
Optimum (Predicted)	16.97	49.82	6.20	5.70	7.00
Optimum (Observed)	16.97	49.82	6.33	5.71	7.04
High	20.00	60.00	4.67	4.67	5.93
Medium	15.00	50.00	6.00	5.63	6.92
Low	10.00	40.00	3.66	3.76	4.80
Chemical fertilizer	-	-	7.53	5.92	7.36
Control	-	-	2.64	3.85	3.92

อภิปรายผล

การใช้ปุ๋ยสวะหมักเพื่อเพิ่มผลผลิตให้กับพืชควรใส่ให้กับพืชในความเข้มข้นและปริมาณที่เหมาะสมกับชนิดของพืช เพื่อที่จะทำให้พืชได้รับธาตุอาหารเหมาะสมและเพียงพอต่อความต้องการ ซึ่งจะทำให้พืชสามารถเจริญเติบโตและให้ผลผลิตได้ดี (Anugoolprasert & Rithichai, 2015) หากพืชได้รับปริมาณปุ๋ยสวะหมักที่น้อยเกินไปจะทำให้พืชได้รับธาตุอาหารไม่เพียงพอต่อความต้องการใช้ในการเจริญเติบโตและให้ผลผลิต ส่งผลให้การเจริญเติบโตของพืชหยุดชะงักหรือเจริญเติบโตช้าลง (Treeloket, 2013) ในขณะที่หากพืชได้รับปุ๋ยสวะหมักในความเข้มข้นสูงเกินไปจะทำให้เป็นอันตรายต่อพืช ส่งผลให้พืชเจริญเติบโตช้าลง โดยจะทำให้ในเซลล์พืชมีความเข้มข้นของธาตุอาหารสูง การตรึงคาร์บอนไดออกไซด์และการสังเคราะห์แสงจะลดลง ส่งผลให้พืชมีการเจริญเติบโตลดลง (Osotsapa, 2014) การใส่ปุ๋ยสวะหมักให้กับพืชเป็นการเพิ่มปริมาณธาตุอาหารที่พืช เนื่องจากในปุ๋ยสวะที่นำมาหมักนั้นมีปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม เป็นองค์ประกอบ (Sreela-or, 2017) และน้ำกากส่าที่นำมาใช้หมักร่วมกับปุ๋ยสวะยังมีธาตุอาหารหลักที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตของพืชเช่นเดียวกัน (Tharangsri et al., 2020) นอกจากนั้นยังมีการศึกษาเกี่ยวกับการนำปุ๋ยสวะมาใช้เพื่อเพิ่มปริมาณธาตุอาหารให้กับพืชชนิดต่างๆ โดยได้มีการศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ ความเข้มข้นที่เหมาะสมของปุ๋ยสวะที่นำมาใช้ และปริมาณการใช้ โดย Rungreung (2007) ได้ทำการศึกษาความเข้มข้นที่เหมาะสมของการใช้ปุ๋ยสวะในการเพาะปลูกข้าวโพดหวาน พบว่าข้าวโพดหวานมีอัตราการเจริญเติบโตที่ดีที่สุดเมื่อได้รับปุ๋ยสวะที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 40 นอกจากนั้น Sreela-or (2017)

ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับสภาวะที่เหมาะสมของการใช้ปุ๋ยสวะที่มีผลต่อน้ำหนักสดของคะน้า จากผลการทดลองพบว่า การใช้ปุ๋ยสวะหมักที่มีความเข้มข้นร้อยละ 25.04 (โดยปริมาตร) ใส่ให้กับคะน้าในปริมาตร 76.09 มิลลิลิตรต่อต้น ทำให้ได้น้ำหนักสดของคะน้าสูงที่สุดเท่ากับ 115.74 กรัม สภาวะที่เหมาะสมในการใช้ปุ๋ยสวะหมักต่อการให้ผลผลิตดาวเรืองในการทดลองครั้งนี้ คือ ปุ๋ยสวะหมักความเข้มข้นร้อยละ 16.97 และปริมาณการใส่ปุ๋ยสวะหมัก 49.82 มิลลิลิตรต่อต้น ส่งผลให้ผลผลิตของดาวเรืองทั้ง 3 ด้านสูงสุดภายใต้สภาวะที่เหมาะสมจากสมการการทำนายจะได้ผลผลิตของดาวเรืองในด้านจำนวนดอกต่อต้นเท่ากับ 6.20 ดอก ขนาดดอกเท่ากับ 5.70 เซนติเมตร และน้ำหนักสดของดอกเท่ากับ 7.00 กรัมต่อดอก ในขณะที่ผลผลิตดาวเรืองภายใต้สภาวะที่เหมาะสมจากการทดลอง คือ จำนวนดอกต่อต้นเท่ากับ 6.33 ดอก ขนาดดอกเท่ากับ 5.71 เซนติเมตร และน้ำหนักสดของดอกเท่ากับ 7.04 กรัมต่อดอก อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ปุ๋ยเคมีพบว่า การให้ผลผลิตของดาวเรืองทั้ง 3 ด้านจากสภาวะที่เหมาะสมที่ได้จากการทดลองครั้งนี้ต่ำกว่าผลผลิตดาวเรืองที่ใช้ปุ๋ยเคมี โดยในด้านจำนวนดอกต่อต้น ขนาดดอก และน้ำหนักสดของดอก ต่ำว่าการใช้ปุ๋ยเคมีร้อยละ 15.94, 3.55 และ 4.35 ตามลำดับ เนื่องจากปุ๋ยเคมีมีการผลิตจากกระบวนการที่อยู่ในรูปผลิตภัณฑ์พร้อมใช้ โดยมีปริมาณธาตุอาหารหลักที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชทั้งไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในปริมาณที่คงที่ ซึ่งสามารถปลดปล่อยธาตุอาหารได้อย่างรวดเร็ว (Wongkrachang, 2014) อย่างไรก็ตามปุ๋ยสวะหมักสามารถส่งผลให้ผลผลิตของดาวเรืองในด้านขนาดของดอก และน้ำหนักสดของดอกใกล้เคียงกับการใช้ปุ๋ยเคมี แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของปุ๋ยสวะหมักที่สามารถใช้เป็นแหล่งธาตุอาหารพืชที่สำคัญและมีต้นทุนต่ำ ซึ่งเกษตรกรส่วนใหญ่พร้อมที่จะปรับเปลี่ยนการให้ธาตุอาหารประเภทอื่นๆ แก่พืชปลูกนอกเหนือจากการใช้ปุ๋ยเคมี หากสามารถลดต้นทุนในการผลิตและให้ผลผลิตที่ใกล้เคียงกับการใช้ปุ๋ยเคมี (Suriyakanont & Roach, 2019) ผลการวิจัยที่ได้จากการทดลองครั้งนี้สามารถนำไปถ่ายทอดให้กับเกษตรกรผู้เพาะปลูกดาวเรืองเพื่อนำมาประยุกต์ใช้ในการผลิตดาวเรืองที่มีต้นทุนต่ำ ให้ผลผลิตใกล้เคียงกับการใช้ปุ๋ยเคมีในด้านขนาดดอก และน้ำหนักสดของดอก และไม่มีสารเคมีตกค้างในผลผลิตและสิ่งแวดล้อม อย่างไรก็ตามยังคงต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมในด้านการหาวัตถุดิบชนิดอื่น ๆ ที่มีปริมาณฟอสฟอรัสเป็นองค์ประกอบที่สูงมาทำการหมักร่วมกับปุ๋ยสวะน้ำกากส่าและมูลค่างควา เพื่อเพิ่มผลผลิตในด้านจำนวนดอกต่อต้นให้ใกล้เคียงกับการใช้ปุ๋ยเคมีต่อไป เนื่องจากฟอสฟอรัสสามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตและการแพร่กระจายของราก กระตุ้นการออกดอก และควบคุมการออกดอกของพืช (Kanacharoenpong et al., 2003)

สรุปผลการวิจัย

ปุ๋ยสวะหมักสามารถใช้ในการเพาะปลูกดาวเรืองทดแทนการใช้ปุ๋ยเคมีได้ โดยสามารถให้ผลผลิตดาวเรือง (ขนาดดอก และน้ำหนักสดของดอก) ที่มีคุณภาพใกล้เคียงกับการใช้ปุ๋ยเคมี โดยสภาวะที่เหมาะสมของการใช้ปุ๋ยสวะหมักที่มีผลต่อผลผลิตดาวเรือง คือ ความเข้มข้นของปุ๋ยสวะหมักร้อยละ

16.97 (โดยปริมาตร) และปริมาตรการใส่ปุ๋ยสวะหมัก 49.82 มิลลิลิตรต่อต้น ส่งผลให้ได้ผลผลิตของดาวเรืองในด้านจำนวนดอกต่อต้นเท่ากับ 6.33 ดอก ขนาดดอกเท่ากับ 5.71 เซนติเมตร และน้ำหนักสดของดอกเท่ากับ 7.04 กรัมต่อดอก

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้ขอขอบคุณการสนับสนุนทุนวิจัย รวมทั้งวัสดุอุปกรณ์และสถานที่ทำการวิจัยจากหลักสูตรสาขาวิชาเกษตรศาสตร์ คณะเทคโนโลยีการเกษตรและอาหาร และได้รับความช่วยเหลือจากผู้ใหญ่บ้านหมู่ที่ 15 บ้านวังน้ำขาว ตำบลวังน้ำขาว อำเภอบ้านดำนลานหอย จังหวัดสุโขทัย ที่ช่วยในการติดต่อประสานงานกับเกษตรกรในชุมชนในการเข้าร่วมการถ่ายทอดผลที่ได้จากการวิจัยโดยการอบรมเชิงปฏิบัติการเรื่องการใส่ปุ๋ยสวะหมักในการเพาะปลูกพืช รวมทั้งให้ความอนุเคราะห์ใช้สถานที่ในการจัดอบรม

เอกสารอ้างอิง

- Anugoolprasert O, Rithichai P. Effect of high quality organic fertilizer on yield and quality of lettuce, *Thai Journal of Science and Technology*. 2015; 4: 81-94.
- Department of Agriculture Extension. *Force-aerated Composting System Development for Organic Crop Production*. Bangkok: Karuntree Printing, 2002.
- Detpiratmongkol S, Liphon S. Influence of chicken manure on growth and yield of Beijing grass, *Khon Kaen Agriculture Journal*. 2015; 43: 650-655.
- Kanacharoenpong A, Shutsrirung O, Teplikitkul S, et al. Effect of mixing media on growth and flower yield of Marigold, *Journal of Agriculture*. 2003; 19: 153-159.
- Land Development Department. *Manual for Analysis of Plant Fertilizer and Soil Amendment*. Bangkok: Ministry of Agriculture and Cooperatives, 2010.
- Nualsri C, Sreela-or C. Methane production by a co-digestion of vinasse with molasses and the kinetic studies, *Rajabhat Journal of Sciences, Humanities & Social sciences*. 2019; 20: 1-11.
- Osotsapa Y. *Foliar Fertilizers*. Bangkok: Faculty of Agriculture, Kasetsart University, 2014.
- Paekum C, Khitka B, Titayavan M, et al. Investigation of plant nutrient from water hyacinth compost by biodegradation with *Trichoderma* sp. isolate UPPY19, *KhonKaen Agriculture Journal*. 2014; 42: 671-676.
- Phothilangka P, Chujit W, Jukkraboot A. (2018). The contribution of organic contaminants in case leachate leaked to environment. *Rajabhat Journal of Sciences, Humanities & Social sciences*. 2018; 19: 326-337.
- Ranasinghe ESS, Karunarathne CLSM, Beneragama CK, et al. Human urine as a low cost and effective nitrogen fertilizer for bean production, *Procedia Food Science*. 2016; 6: 279-282.

- Rungreung D. *The Use of Human Excreta Safety in Agriculture*. Chiang Mai: Faculty of Agricultural Production, Maejo University, 2007.
- Schalch W, Cohn W, Barker FM, et al. Xanthophyll accumulation in the human retina during supplementation with lutein or zeaxanthin-the LUXEA (Lutein Xanthophyll Eye Accumulation) study, *Archives of Biochemistry and Biophysics*. 2007; 458: 128-135.
- Sothearen T, Furey NM, Jurgens JA. Effect of bat guano on the growth of five economically important plant species, *Journal of Tropical Agriculture*. 2014; 52: 169-173.
- Sreela-or C. Optimum conditions of using urine on fresh weight of Chinese Kale, *Rajabhat Journal of Sciences, Humanities & Social sciences*. 2017; 18: 169-177.
- Suriyakanont S, Roach S. (2019). Factors influencing the adoption intention of modern plant nutrition for rice farmers in the Nakornluang district, Ayutthaya province. *Rajabhat Journal of Sciences, Humanities & Social sciences*. 2019; 20: 364-379.
- Thadinjan N. *Production of Compost from Food Waste*. Banmuang Newspaper. September 14, 2014.
- Tharangsri P, Nualsri C, Phasinam K, et al. Effects of compost from hythane production from stillage and brewer's yeast cells co-digested of organic materials on growth and yields of Marigold, *Khon Kaen Agriculture Journal*. 2020; 48: 989-994.
- Treelokes R. Effect of fertilizers application on growth and yield of some vegetable crops, *Prawarun Agriculture Journal*. 2013; 10: 19-27.
- Wongkrachang S. Effects of organic and inorganic fertilizer for maize growth on Ban Thon soil series, *Khon Kaen Agriculture Journal*. 2014; 42: 359-362.
- Yodprech C. *Cruciferous Crops*. Bangkok: Green Fence Printing, 2009.