# อิทธิพลของปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม (HO) ที่มีต่อผลผลิตและคุณภาพดาวเรือง

ชาติประชา สอนกลิ่น

วิทยานิพนธ์เสนอบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร
เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา หลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การเกษตร
ปีการศึกษา 2563
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยนเรศวร

# อิทธิพลของปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม (HO) ที่มีต่อผลผลิตและคุณภาพดาวเรือง

ชาติประชา สอนกลิ่น

วิทยานิพนธ์เสนอบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร
เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา หลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การเกษตร
ปีการศึกษา 2563
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยนเรศวร

วิทยานิพนธ์ เรื่อง "อิทธิพลของปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม (HO) ที่มีต่อผลผลิตและคุณภาพดาวเรือง"
ของ ชาติประชา สอนกลิ่น
ได้รับการพิจารณาให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การเกษตร

**คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์**

..... ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มานัส ลอศิริกุล)

..... ประธานที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์
(รองศาสตราจารย์ ดร.ภูมิศักดิ์ อินทนนท์)

..... กรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์
(รองศาสตราจารย์ ดร.สุวัฒน์ ธีระพงษ์ธนากร)

..... กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิภายใน
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิภา หอมหวล)

..... กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิชัย ใจกล้า)

**อนุมัติ**

.....
(ศาสตราจารย์ ดร.ไพศาล มุณีสว่าง)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

**ชื่อเรื่อง** อิทธิพลของปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม (HO) ที่มีต่อผลผลิตและคุณภาพดาวเรือง

**ผู้วิจัย** ชาติประชา สอนกลิ่น

**ประธานที่ปรึกษา** รองศาสตราจารย์ ดร. ภูมิศักดิ์ อินทนนท์

**กรรมการที่ปรึกษา** รองศาสตราจารย์ ดร.สุวัฒน์ ธีระพงษ์ธนากร

**ประเภทสารนิพนธ์** วิทยานิพนธ์ ปร.ด. สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การเกษตร, มหาวิทยาลัยนเรศวร, 2563

**คำสำคัญ** ปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม (HO), ปุ๋ยเคมี, ดาวเรือง, คุณภาพผลผลิต, ต้นทุนการผลิต และกำไร

## บทคัดย่อ

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาอิทธิพลของปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม (HO) ที่มีต่อผลผลิตและคุณภาพดาวเรือง โดยพัฒนาปุ๋ยอินทรีย์ฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม (HO) ขึ้นมา 3 สูตรแล้วใช้ร่วมกับปุ๋ยเคมีในอัตราที่ต่างกันวางแผนทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) ประกอบด้วย 15 กรรมวิธี จำนวน 3 ซ้ำ รวม 45 แปลงย่อย ขนาดแปลงย่อย 2.5 x 4 เมตรหรือ 10 ตารางเมตร ปลูกดาวเรืองพันธุ์ Golden King F1 ระยะปลูก 0.5 x 0.5 ม. กรรมวิธีประกอบด้วย T1 ไม่ใส่ปุ๋ย (Con.), T2 ปุ๋ยเคมี 15-15-15 (50 กก.)+8-24-24 (50กก.) อัตรา 100 กก/ไร่, T3 ปุ๋ยเคมี 15-15-15 (75 กก.)+8-24-24 (75 กก.) อัตรา 150 กก/ไร่, T4 ปุ๋ยเคมี 15-15-15 (25 กก.)+8-24-24 (25กก.)+ปุ๋ย HO-A (50 กก.) อัตรา 100 กก/ไร่, T5 ปุ๋ยเคมี15-15-15 (50 กก.)+8-24-24 (50 กก.)+ปุ๋ย HO-A (50 กก.) อัตรา 150 กก/ไร่, T6 ปุ๋ยเคมี15-15-15(25 กก.)+8-24-24 (25กก.)+ปุ๋ย HO-B (50 กก.) อัตรา 100 กก/ไร่, T7 ปุ๋ยเคมี 15-15-15 (50 กก.)+8-24-24 (50กก.)+ปุ๋ย HO-B (50 กก.) อัตรา 150 กก/ไร่, T8 ปุ๋ยเคมี 15-15-15 (25 กก.)+8-24-24 (25กก.)+ปุ๋ย HO-C (50 กก.) อัตรา 100 กก/ไร่, T9 ปุ๋ยเคมี 15-15-15 (50 กก.)+8-24-24 (50กก.)+ปุ๋ย HO-C (50 กก.) อัตรา 150 กก/ไร่, T10 ปุ๋ย HO-A อัตรา 100 กก/ไร่, T11 ปุ๋ย HO-A อัตรา 150 กก/ไร่, T12 ปุ๋ย HO-B อัตรา 100 กก/ไร่, T13 ปุ๋ย HO-B อัตรา 150 กก/ไร่, T14 ใส่ปุ๋ย HO-C อัตรา 100 กก/ไร่ และ T15 ใส่ปุ๋ย HO-C อัตรา 150 กก/ไร่ ทำการทดลองที่บ้านเนินปอ ตำบลเนินปอ อำเภอสามง่าม จังหวัดพิจิตร ระหว่างเดือนพฤศจิกายน 2560 - มีนาคม 2561 วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยวิธี ANOVA

เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ผลการทดลองพบว่า ผลการวิเคราะห์ดินก่อนและหลังการทดลองพบว่ากลุ่มปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสมทั้ง 3 สูตร (HO-A, HO-B และ HO-C) มีผลทำให้ดินมีปริมาณธาตุอาหารหลัก ธาตุอาหารรองและธาตุอาหารเสริมเพิ่มขึ้นเหนือกรรมวิธีอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนั้นยังช่วยเพิ่มอินทรียวัตถุ (OM) การแลกเปลี่ยนประจุบวกของดิน (CEC) การนำไฟฟ้า (EC) ปรับสภาพความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของดินให้ดีขึ้น จึงมีผลในทางอ้อมต่อคุณสมบัติด้านกายภาพของดินคือความสามารถในการอุ้มน้ำของดินเพิ่มขึ้นเป็นประโยชน์ต่อพืชปลูกในฤดูต่อไป

ในด้านอิทธิพลของปุ๋ยที่มีต่อพืชนั้นในด้านการเจริญเติบโต ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิต พบว่าเมื่อมีการเพิ่มอัตราปุ๋ยเพิ่มขึ้นจะส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของผลผลิตด้วย (จำนวนดอก/ไร่) โดยพบว่า T15 (ปุ๋ย HO-C, 150 กก./ไร่) แสดงผลสูงสุดทั้งในด้านการเจริญเติบโตและผลผลิตแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธีอื่น ๆ ในด้านองค์ประกอบของคุณภาพดาวเรือง พบว่า T15 (ปุ๋ย HO-C, 150 กก./ไร่) แสดงผลสูงสุดในปริมาณ Carotenoid, Hue value และ B value สอดคล้องกับปริมาณธาตุอาหารในต้นพืชเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อย่างไรก็ตามในด้านต้นทุนการผลิตนั้น พบว่า T15 (ปุ๋ย HO-C, 150 กก./ไร่) มีต้นทุนสูงสุด 39,691.0 บาท/ไร่ แต่เนื่องจากได้ผลผลิตสูงสุด 278,346.7 ดอก/ไร่ เมื่อจำหน่ายในราคาดอกละ 4.50 บาท จึงทำให้มีผลกำไรสูงสุด 85,565.24 บาท/ไร่ ผลการวิเคราะห์เชิงเปรียบเทียบพบว่ากรรมวิธี T15 (ปุ๋ย HO-C, 150 กก./ไร่) มีค่าอัตราส่วนกำไร/ทุนสูงสุด 3.16 เท่า และมีผลกำไรเหนือแปลงควบคุม 1.62 เท่า และเหนือแปลงปุ๋ยเคมี 1.48 เท่า (T2, 150 กิโลกรัมต่อไร่) แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การศึกษาในครั้งนี้ยังพบว่าปุ๋ย HO-C มีผลต่อจำนวนเมล็ด/ดอกและน้ำหนักเมล็ด/ดอก ดังนั้นจึงควรพัฒนาปุ๋ย HO-C เพื่อการผลิตเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองต่อไปเพราะเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองเป็นที่ต้องการของตลาดในต่างประเทศ

**Title** EFFECT OF CHEMICAL AND GRANULAR ORGANIC FERTILIZER WITH HORMONE MIXED FORMULA (HO) ON YIELD AND QUALITY OF MARIGOLD

**Author** CHATPRACHA SONKLIEN

**Advisor** Associate Professor Pumisak Intanon, Ph.D.

**Co-Advisor** Associate Professor Suwat Terapongtanakorn, Ph.D.

**Academic Paper** Ph.D. Thesis in Agricultural Science, Naresuan University, 2020

**Keywords** Granular organic fertilizer with hormonemixel formula, Chemical fertilizer, Marigold, Yield quality, Production cost and profit

## ABSTRACT

In this experiment, different types of fertilizer management strategies were investigated on yield and quality of marigold (Golden King F1).The experiment's designed was in Randomized Complete block Design (RCBD) with 15 treatments and 3 replications totally 45 plots. The plot site was 2.5 x 4 meter or 10 square meter. The treatments were composed from chemical and granular organic fertilizer with hormone mixed three formulas (HO-A, HO-B, HO-C) and two chemical fertilizers (NPK: 15-15-15, 8-24-24) applied in 2 different rates (100, 150 Kg/Rai) planted by marigold Golden King F1 variety 0.5 x 0.5 meter . The treatments were as follows; T1: Control, T2: NPK15-15-15(50 Kg)+8-24-24 (50Kg) as 100 Kg./Rai, T3: NPK15-15-15(75 Kg)+8-24-24 (75Kg) as 150 Kg./Rai, T4: NPK15-15-15(25Kg)+8-24-24(25Kg)+HO-A(50Kg) as 100 Kg./Rai, T5: NPK15-15-15(50Kg)+8-24-24(50Kg)+HO-A(50Kg) as 150 Kg./Rai, T6:NPK15-15-15 (25Kg) +8-24-24(25Kg)+HO-B(50Kg) as 100 Kg./Rai, T7:NPK15-15-15(50Kg)+8-24-24(50Kg)+HO-B(50Kg) as 150 Kg./Rai, T8: NPK15-15-15(25Kg)+8-24-24(25Kg)+HO-C(50 Kg) as 100 Kg./Rai, T9: NPK15-15-15(50Kg)+8-24-24(50Kg)+HO-C(50Kg) as 150 Kg./Rai,

T:10 HO-A = 100 Kg., T11: HO-A as 150 Kg./Rai, T12: HO-B as 100 Kg./Rai, T13: HO-B as 150 Kg./Rai, T14: HO-C as 100 Kg./Rai and T15: HO-C as 150 Kg./Rai respectively. The experiment plots were located at Nurnpor village, Sam-ngam District, Pichit province of Thailand during November, 2017 – March, 2018. The recorded data was analyzed in analysis of variance (ANOVA) using SPSS 17 statistical package to quantify the variation between treatments means at a critical difference of 0.05% probability level. Duncan's multiple range test (DMRT) analysis was performed.

The soil analysis before and after the experiment was found that 3 formulas of the HO group (HO-A, HO-B and HO-C) had significantly improved the macronutrient, secondary and micronutrients content above other treatments. Not only the organic matter (OM), soil cation exchange capacity (CEC) and electrical conductivity (EC) but also soil pH had been improved by the treated HO group (HO-A, HO-B and HO-C) which indirectly improved the physical properties of the soil, ie the water holding capacity of the soil was increased.

The influence of the fertilizers on vegetative, yield, and yield components, was found that increasing fertilizer rate, has an effect on yield increase (Number of flowers / rai). T15 (HO-C fertilizer, 150 kg / rai) had not only showed a highest vegetative growth and yield result significantly but also a highest result in yield component. Highest Carotenoid content, Hue value and B value was found on T15 (HO-C fertilizer, 150 kg / rai) according to significantly increased nutrient contents were found on the plants. Even though, the highest cost of production was on T15 (HO-C fertilizer, 150 kg / rai); 39,691.0 Baht/rai, but T15 (HO-C fertilizer, 150 kg / rai) showed a highest yield; 278,346.7 flowers/rai. The market price was 4.50 Baht/flower, therefore the most profitability was also found on T15 (HO-C fertilizer, 150 kg / rai). From the economical comparison, T15 (HO-C fertilizer, 150 kg / rai) showed a highest cost/benefit ratio at 3.16 times, more profitable 1.63 times than the control and 1.48 times over NPK (T2, 150 Kg/rai) significantly. In this experiment, HO-C had also

showed an increase in number of seed/flower and seed weight/flower. Therefore, development of HO-C shall be suggested further for the marigold seed production since marigold seeds are highly demanded by international market.

# ประกาศคุณูปการ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงในความกรุณาของ รองศาสตราจารย์ ดร.ภูมิศักดิ์ อินทนนท์ ประธานที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร.สุวัฒน์ ธีระพงษ์ธนากร กรรมการที่ปรึกษา ที่ได้เสียสละเวลาอันมีค่ามาเป็นที่ปรึกษา พร้อมทั้งให้คำแนะนำตลอดระยะเวลาในการทำวิทยานิพนธ์จนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้อย่างสมบูรณ์และทรงคุณค่า

กราบขอบพระคุณ โครงการสร้างภาคีในการผลิตบัณฑิตระดับปริญญาโท-เอกระหว่างสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.) ได้กรุณาให้ความอนุเคราะห์เงินทุนบางส่วนสำหรับการทำการวิจัยในครั้งนี้ เหนือสิ่งอื่นใดขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ภรรยาของผู้วิจัยที่ให้กำลังใจและให้การสนับสนุนในทุก ๆ ด้านอย่างดีที่สุดเสมอมา

คุณค่าและคุณประโยชน์อันพึงจะมีจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบและอุทิศแด่ผู้มีพระคุณทุก ๆ ท่าน ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งวิทยานิพนธ์เล่มนี้จะเป็นประโยชน์ต่อการวิจัยทางด้านดินปุ๋ยและเป็นประโยชน์ต่อเกษตรกรผู้ปลูกดาวเรืองเพื่อเป็นอาชีพหลักและอาชีพเสริมในการเพิ่มผลผลิตและคุณภาพของดาวเรืองต่อไป

ชาติประชา สอนกลิ่น

# สารบัญ

หน้า


บทคัดย่อภาษาไทย ..... ค

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

ประกาศคุณูปการ ..... ซ

สารบัญ ..... ฌ

สารบัญตาราง ..... ฐ

สารบัญภาพ ..... ฒ

บทที่ 1 บทนำ ..... 1

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา ..... 1

วัตถุประสงค์ของการวิจัย ..... 3

สมมุติฐานของการวิจัย ..... 3

ขอบเขตการวิจัย ..... 3

ข้อตกลงเบื้องต้น ..... 4

นิยามศัพท์เฉพาะ ..... 4

กรอบแนวคิดการวิจัย ..... 5

ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย ..... 6

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ..... 7

ปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม ..... 7

ประสิทธิผลโดยรวมของปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม (HO) ..... 8

ธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช ..... 10

มหธาตุ (macronutrients) ....10
จุลธาตุ หรือ ธาตุอาหารเสริม (micronutrients) ....10
หน้าที่ของธาตุอาหารพืช ....10
ดาวเรือง (Marigolds) ....12
ชนิดของดาวเรือง ....13
ดาวเรืองที่นิยมปลูกในปัจจุบัน ....14
ลักษณะทางพันธุศาสตร์ของดาวเรือง ....14
การจำแนกดอกดาวเรืองตามลักษณะภายนอก ....16
การจำแนกตามลักษณะดอก ....16
การจำแนกพันธุ์ดาวเรืองอเมริกันตามความสูง ....17
วิธีการปลูกดาวเรืองและการจัดการ ....17
การเด็ดยอดดาวเรือง ....18
โรคและแมลงที่สำคัญต่อดาวเรือง ....20
แมลงศัตรูสำคัญของดาวเรือง ....20
การใช้ประโยชน์จากดาวเรือง ....23
ศักยภาพการสังเคราะห์แสงของใบพืช ....24
การเจริญเติบโตของใบพืช ....24
ปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบ ....24
ประสิทธิภาพการใช้แสงสูงสุด (photochemical efficiency or efficiency of PSII reaction) ....25
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ....26
บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย ....37

วัสดุอุปกรณ์ ..... 37
วิธีดำเนินการวิจัย ..... 37
วางแผนการทดลอง ..... 37
วิธีการปลูกดาวเรือง ..... 38
การเตรียมแปลง ..... 38
การเพาะกล้า ..... 39
การรดน้ำ หลังการย้ายปลูก ..... 39
การใส่ปุ๋ยดาวเรือง ..... 39
การเก็บเกี่ยว ..... 39
การเพิ่มยอดและเพิ่มดอกดาวเรือง ..... 39
การผลิตปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม (HO) เพื่อใช้ในการทดลอง ..... 40
วิธีการผลิตปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม (HO) เพื่อใช้ในการทดลอง ..... 40
การบันทึกข้อมูลการทดลอง ..... 41
การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงสถิติ ..... 47
สถานที่ทำการทดลอง ..... 47
ระยะเวลาทำการวิจัย ..... 47
แผนผังการดำเนินงาน ..... 48
บทที่ 4 ผลการทดลอง ..... 52
สภาพภูมิอากาศและสิ่งแวดล้อมบริเวณพื้นที่ทำการทดลอง ..... 52
ผลการวิเคราะห์สมบัติของดินก่อนและหลังการทดลอง ..... 53
ผลการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสมสูตร HO-A, HO-B และ HO-C ..... 55

ผลการวิเคราะห์การเจริญเติบโตของดาวเรือง (Vegetative Growth).....57
ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิต.....69
คุณภาพการเก็บรักษาของดอกหลังการเก็บเกี่ยว.....89
ผลการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในต้นพืช.....93
ต้นทุนและกำไรโดยสังเขป.....95
สรุปผลการทดลองในภาพรวม.....99
บทที่ 5 บทสรุป.....101
สรุปผลและอภิปรายผล.....101
บทสรุป.....114
ข้อเสนอแนะ.....115
บรรณานุกรม.....116
ประวัติผู้วิจัย.....177

# สารบัญตาราง

**หน้า**

ตาราง 1 เปรียบเทียบคุณลักษณะของฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสมกับปุ๋ยเคมีทั่วไป ..... 8

ตาราง 2 เปรียบเทียบองค์ประกอบทางเคมีของปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสมและปุ๋ยเคมีทั่วไป ..... 9

ตาราง 3 การให้น้ำและการใส่ปุ๋ยดาวเรือง ..... 19

ตาราง 4 วัตถุดิบและส่วนประกอบของฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม ..... 41

ตาราง 5 ผลการวิเคราะห์สมบัติของดินก่อนและหลังการทดลอง ..... 54

ตาราง 6 ผลการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสมสูตร HO-A, HO-B และ HO-C ..... 56

ตาราง 7 ผลของปุ๋ยเคมี ปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสมต่อความสูงต้น ..... 57

ตาราง 8 ผลของปุ๋ยเคมี ปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสมต่อขนาดลำต้น ..... 59

ตาราง 9 ผลของปุ๋ยเคมี ปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสมต่อจำนวนใบต่อต้น ..... 61

ตาราง 10 ผลของปุ๋ยเคมี ปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสมต่อขนาดทรงพุ่ม ..... 63

ตาราง 11 ผลของปุ๋ยเคมี ปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสมต่อระยะเวลาเริ่มติดดอกหลังปลูก 65

ตาราง 12 ผลของปุ๋ยเคมี ปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสมต่อปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบ ..... 67

ตาราง 13 ผลของปุ๋ยเคมี ปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสมต่อความสูงของดอก ..... 69

ตาราง 14 ผลของปุ๋ยเคมี ปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสมต่อขนาดหน้าดอก ..... 71

ตาราง 15 ผลของปุ๋ยเคมี ปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสมต่อจำนวนดอกเฉลี่ยต่อต้น ..... 73

ตาราง 16 ผลของปุ๋ยเคมี ปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสมต่อจำนวนดอกรวมต่อแปลงย่อย ..75

ตาราง 17 ผลของปุ๋ยเคมี ปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสมต่อจำนวนเมล็ดต่อดอกดาวเรือง ..77

ตาราง 18 ผลของปุ๋ยเคมี ปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสมต่อน้ำหนักเมล็ดต่อแปลงย่อย ..... 79

ตาราง 19 ผลของปุ๋ยเคมี ปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสมต่อน้ำหนักรวมของดอกต่อแปลงย่อย.....81
ตาราง 20 ผลของปุ๋ยเคมี ปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสมต่อจำนวนดอกรวมต่อไร่.....83
ตาราง 21 ผลของปุ๋ยเคมี ปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสมต่อน้ำหนักดอกรวมต่อไร่.....85
ตาราง 22 ผลผลิตและองค์ประกอบของผลผลิต.....87
ตาราง 23 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพของผลผลิต.....88
ตาราง 24 ผลของปุ๋ยเคมี ปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสมต่อคุณภาพการเก็บรักษาของดอกหลังการเก็บเกี่ยว.....89
ตาราง 25 ผลของปุ๋ยเคมี ปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสมต่อการสะสมวัตถุแห้งของดาวเรือง.....92
ตาราง 26 ผลการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในต้นพืช.....94
ตาราง 27 ต้นทุนโดยสังเขป.....96
ตาราง 28 ต้นทุนการผลิตรายได้และผลกำไร.....97
ตาราง 29 ระดับความรุนแรงของความเป็นกรดด่างของดิน.....128
ตาราง 30 ระดับอินทรียวัตถุ (organic matter) (%organic carbonx 1.724).....139
ตาราง 31 ระดับการแลกเปลี่ยนแคตไอออนของดิน.....143
ตาราง 32 ค่าคงที่ในการเปลี่ยนแปลงค่าการนำไฟฟ้าที่อุณหภูมิต่าง ๆ.....145
ตาราง 33 ค่าการนำไฟฟ้า.....159

# สารบัญภาพ

**หน้า**

ภาพ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย ..... 5
ภาพ 2 องค์ประกอบภายในของปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม ..... 7
ภาพ 3 วิธีการเด็ดยอดดาวเรือง ..... 18
ภาพ 4 เพลี้ยไฟดาวเรือง ..... 21
ภาพ 5 การเข้าทำลายของหนอนชอนใบดาวเรือง ..... 21
ภาพ 6 การทำลายของหนอนกัดใบและหนอนผีเสื้อบนดาวเรือง ..... 22
ภาพ 7 การทำลายของไรแดงบนใบดาวเรือง ..... 23
ภาพ 8 แผนผังการดำเนินงาน ..... 48
ภาพ 9 สภาพอากาศเฉลี่ยรายเดือน ..... 52
ภาพ 10 ความสูงต้น ..... 58
ภาพ 11 ขนาดลำต้น ..... 60
ภาพ 12 จำนวนใบต่อต้น ..... 62
ภาพ 13 ขนาดทรงพุ่ม ..... 64
ภาพ 14 ระยะเวลาเริ่มติดดอกหลังปลูก ..... 66
ภาพ 15 ปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบ ..... 68
ภาพ 16 ความสูงของดอก ..... 70
ภาพ 17 ขนาดหน้าดอก ..... 72
ภาพ 18 จำนวนดอกเฉลี่ยต่อต้น ..... 74
ภาพ 19 จำนวนดอกรวมต่อแปลงย่อย ..... 76

ภาพ 20 จำนวนเมล็ดต่อดอก ....78
ภาพ 21 น้ำหนักเมล็ดต่อแปลงย่อย ....80
ภาพ 22 น้ำหนักรวมของดอกต่อแปลงย่อย ....82
ภาพ 23 จำนวนดอกรวมต่อไร่ ....84
ภาพ 24 น้ำหนักดอกรวมต่อไร่ ....86
ภาพ 25 คุณภาพการเก็บรักษาของดอกหลังการเก็บเกี่ยว ....90
ภาพ 26 การสะสมวัตถุแห้งของดาวเรือง ....93
ภาพ 27 ต้นทุนและกำไรโดยสังเขป ....99
ภาพ 28 CIELAB 1976 ซึ่งแสดง L, a, b color space .... 161
ภาพ 29 CIELAB COLOR CHART .... 162
ภาพ 30 เครื่อง Chroma Meter CR-400 ยี่ห้อ Konica Minolta .... 163
ภาพ 31 การวัดค่าสีดอกดาวเรืองด้วยเครื่อง Chroma Meter CR-400 .... 163
ภาพ 32 เครื่อง spectrophotometer ยี่ห้อ Shimazu รุ่น UV-1800 .... 164
ภาพ 33 สกัดตัวอย่างจากกลีบดอก .... 165
ภาพ 34 แปลงวิจัยดาวเรือง .... 166
ภาพ 35 แปลงวิจัยดาวเรือง (1) .... 166
ภาพ 36 แปลงวิจัยดาวเรือง (2) .... 167
ภาพ 37 แปลงวิจัยดาวเรือง (3) .... 167
ภาพ 38 แปลงวิจัยดาวเรือง (4) .... 168
ภาพ 39 การวัดปริมาณคลอโรฟิลล์ที่ใบพืช .... 168
ภาพ 40 การวัดคุณภาพดอกที่ 24 ชั่วโมงหลังเก็บเกี่ยวผลผลิต .... 169
ภาพ 41 การวัดคุณภาพดอกที่ 48 ชั่วโมงหลังเก็บเกี่ยวผลิต .... 169

ภาพ 42 การวัดคุณภาพดอกที่ 72 ชั่วโมงหลังเก็บเกี่ยวผลิต ..... 170
ภาพ 43 การชั่งน้ำหนักดอก ..... 170
ภาพ 44 การวัดความยาวระบบราก T1 ..... 171
ภาพ 45 การวัดความยาวระบบราก T2 ..... 171
ภาพ 46 การวัดความยาวระบบราก T3 ..... 171
ภาพ 47 การวัดความยาวระบบราก T4 ..... 172
ภาพ 48 การวัดความยาวระบบราก T5 ..... 172
ภาพ 49 การวัดความยาวระบบราก T6 ..... 172
ภาพ 50 การวัดความยาวระบบราก T7 ..... 173
ภาพ 51 การวัดความยาวระบบราก T8 ..... 173
ภาพ 52 การวัดความยาวระบบราก T9 ..... 173
ภาพ 53 การวัดความยาวระบบราก T10 ..... 174
ภาพ 54 การวัดความยาวระบบราก T11 ..... 174
ภาพ 55 การวัดความยาวระบบราก T12 ..... 174
ภาพ 56 การวัดความยาวระบบราก T13 ..... 175
ภาพ 57 การวัดความยาวระบบราก T14 ..... 175
ภาพ 58 การวัดความยาวระบบราก T15 ..... 175

# บทที่ 1

# บทนำ

**ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา**

ดาวเรือง จัดเป็นไม้ตัดดอกที่สำคัญทางเศรษฐกิจอยู่ในวงศ์ Asteraceae มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Tagetes spp.*ในประเทศไทยมีความนิยมใช้ดอกดาวเรืองเป็นไม้ตัดดอกหรือตัดดอกสดหรือไม้กระถาง เพื่อใช้ในเทศกาลงานประเพณีต่าง ๆ รวมทั้งใช้ในอุตสาหกรรมแปรรูปสารสกัดจากดอกดาวเรืองทั้งภายในและต่างประเทศเพื่อทำสีย้อมผ้า เพิ่มสีไข่แดงและเนื้อไก่ โดยวิธีการนำกลีบดอกแห้งไปบดแล้วนำไปผสมอาหารสัตว์โดยตรง สายพันธุ์ดาวเรืองส่วนใหญ่มีต้นกำเนิดจากทวีปแอฟริกา *(Tagetes erecta L.)* มีลักษณะเป็นพันธุ์ต้นสูง ต้นมีความสูงกว่า 75-85 เซนติเมตร ขึ้นไป และพันธุ์กึ่งสูง ต้นมีความสูงประมาณ 60-75 เซนติเมตร (ไทยนอร์ทเทิร์นซีดส์, 2554) ประเทศไทยและประเทศอินเดียมีความต้องการใช้ดอกดาวเรืองค่อนข้างมากเนื่องจากมีหลายเทศกาลประเพณีที่คล้ายคลึงกันโดยเฉพาะประเพณีความเชื่อเกี่ยวข้องกับศาสนา ซึ่งพื้นที่ปลูกดาวเรืองในประเทศไทยปลูกกระจัดกระจายมากมายหลายแห่งทั่วประเทศจึงมีความต้องการใช้เมล็ดพันธุ์ดาวเรืองที่สูงมากเพื่อเพาะปลูกให้ผลผลิตออกมาสอดคล้องกับความต้องการในช่วงเทศกาลต่าง ๆ ที่มีตลอดทั้งปี ปัจจุบันเกษตรกรนิยมใช้เมล็ดพันธุ์ลูกผสม (F1) ส่วนใหญ่นิยมสีทอง พันธุ์ที่เป็นที่นิยมของตลาดได้แก่ พันธุ์ทองเฉลิม และพันธุ์สีเหลืองได้แก่ ทอลเยลโล่ (ไทยนอร์ทเทิร์นซีดส์, 2554) เป็นต้น ถึงแม้จะมีต้นทุนสูงแต่สามารถให้ผลผลิตและคุณภาพค่อนข้างแน่นอนชัดเจนกว่าพันธุ์ผสมเปิด (OP) การผลิตเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองที่มีคุณภาพก็มีความสำคัญเช่นกัน ซึ่งลักษณะดอกที่ใหญ่ จำนวนดอกต่อต้น ขนาดของดอกและคุณภาพกลีบดอกดาวเรืองเป็นลักษณะที่สำคัญที่ตลาดทั้งภายในประเทศและต่างประเทศต้องการ แต่ในปัจจุบันการผลผลิตดาวเรืองผลผลิตยังไม่สูงมาก รวมทั้งการผลิตเมล็ดพันธุ์ลูกผสมยังขาดแคลนจำนวนมาก จึงไม่พอเพียงต่อความต้องการของตลาด ประเทศอินเดียซึ่งมีพื้นที่เพาะปลูกดาวเรืองมากมายยังมีการนำเข้าเมล็ดพันธุ์จากต่างประเทศ โดยเฉพาะจากประเทศไทย จากข้อมูลสถิติการนำเข้าเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองอย่างเป็นทางการล่าสุดปี 2558 มีการนำเข้าเมล็ดพันธุ์ดาวเรือง 833 กิโลกรัม คิดเป็นมูลค่า 2.72 ล้านเหรียญดอลล่าร์ (USD) หรือประมาณ 95 ล้านบาท (Custom of Bengalure, India, 2015) โดยเฉพาะเอกชนผู้นำเข้าเมล็ดพันธุ์ ดาวเรืองรายใหญ่อันดับหนึ่งในห้าของผู้จัดจำหน่ายเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองทั่วทั้งประเทศอินเดีย ปัจจุบันมีการนำเข้าเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองจากประเทศไทยคิดเป็นเพียงแค่ 1-2 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณความต้องการใช้เมล็ดพันธุ์ดาวเรืองทั้งหมดในประเทศอินเดีย เนื่องจากเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองจากประเทศไทยได้รับการยอมรับจาก

ตลาดผู้ค้าเมล็ดพันธุ์และเกษตรกรอินเดียว่าเป็นพันธุ์ดาวเรืองที่มีคุณภาพสีและความสวยงามของทรงดอกสูงโดยเฉพาะลักษณะพันธุ์ดาวเรืองที่มีสีเหลืองและสีทองซึ่งมีความต้องการในปริมาณมากกว่าความสามารถในการผลิตของประเทศไทยหลายเท่าตัวหากคิดเป็นประมาณการใช้เมล็ดดาวเรืองทั้งประเทศอินเดียคาดการณ์ว่ามีความต้องการใช้เมล็ดดาวเรืองประมาณ 42,000 กิโลกรัม หรือมีมูลค่ากว่า 137 ล้านเหรียญดอลล่าร์ (USD) หรือ กว่า 4,600 ล้านบาท (Ajay Dayal, Rasi Seeds India, 2015) และคาดว่าจะมีความต้องการเมล็ดพันธุ์สูงขึ้นประมาณ 10 เท่า ภายในระยะเวลา 5-10 ปีข้างหน้า การปลูกดาวเรืองได้ผลผลิตต่ำและเมล็ดพันธุ์ไม่สมบูรณ์นั้นเนื่องจากเกษตรกรผู้ผลิตในประเทศไทยยังมีความรู้น้อย อีกทั้งขาดความเข้าใจในการให้ปุ๋ยสำหรับไม้ตัดดอกโดยเฉพาะดาวเรือง ซึ่งการให้ปุ๋ยของเกษตรกรใช้วิธีปฏิบัติตามธรรมเนียมที่กระทำสืบต่อกันมากล่าวคือ หลังไถเตรียมดินหว่านปุ๋ยคอกหรือปุ๋ยหมักลงไป ประมาณ 500-1,000 กิโลกรัม /ไร่ ยกร่องแปลงปลูกกว้าง 1 เมตร รดน้ำแปลงไว้ล่วงหน้า 1 วัน แล้วใส่ปุ๋ยทริบเบิ้ลซุปเปอร์ฟอสเฟต หรือสูตร 15-15-15 ประมาณ 1 ช้อนชา รองก้นหลุม แล้วเกลี่ยดินข้างหลุมมากลบปุ๋ยเล็กน้อย (ดาวเรือง 1 ไร่ ปลูกได้ประมาณ 4,000-5,000 ต้น) เมื่อดาวเรืองอายุ 15 และ 25 วัน จึงใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 ในอัตรา 1 ช้อน ต่อต้น เมื่ออายุ 35 และ 45 วัน ใส่ปุ๋ยสูตร 12-24-12 ในอัตราเดียวกันโดยวิธีฝังลงในดินตื้น ๆ ประมาณ 1-2 นิ้ว ห่างโคนต้น 6 นิ้ว แล้วรดน้ำให้ชุ่มทุกครั้งที่ใส่ปุ๋ยซึ่งดาวเรือง 1 ต้นควรจะให้ผลผลิตประมาณ 5-7 ดอก/ต้น แต่ปัจจุบันผลผลิตดอกดาวเรืองที่มีคุณภาพตามที่ตลาดต้องการนั้นไม่เกิน 3-4 ดอกต่อต้น เท่านั้น (ณัฐวุฒิ มุราศี, 2557)

การพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตดาวเรืองให้มีผลผลิตสูงขึ้นนั้น การให้ปุ๋ยทั้งอินทรีย์ และอนินทรีย์ที่เหมาะสมจึงมีบทบาทสำคัญช่วยในการสร้างผลผลิตดอก (Jadhav, P. B. et al., 2014) และผลผลิตเมล็ดดาวเรือง (Jevdovic, R. et al., 2003) เนื่องจากปุ๋ยมีผลโดยตรงต่อการเจริญเติบโตของดาวเรืองนอกจากจะช่วยให้เกษตรกรผู้ปลูกดาวเรืองมีความสามารถในการผลิตดาวเรืองความยั่งยืนแล้วยังช่วยสนับสนุนให้เกิดผลดีทางเศรษฐกิจของประเทศในด้านการส่งออกเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองเป็นการสร้างรายได้นำเข้าให้แก่ประเทศอย่างมหาศาล ดังนั้น จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องมีการวิจัยพัฒนาการให้ปุ๋ยดาวเรืองอย่างมีประสิทธิภาพ ที่สำคัญคือการเพิ่มผลผลิตและคุณภาพของดาวเรืองนั่นเอง ด้วยเหตุนี้ผู้ทำการวิจัยจึงมีเป้าหมายที่จะพัฒนาปุ๋ยที่มีคุณสมบัติแบบองค์รวมที่เรียกว่าปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม (ภูมิศักดิ์ อินทนนท์, และชวลิต รักษาริกรณ์, 2555) เพื่อเพิ่มผลผลิตและคุณภาพดาวเรือง ปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสมหรือ HO หมายถึง การนำเอาธาตุอาหารที่พืชจำเป็นทั้ง 16 ธาตุ ตรงตามความต้องการของพืชแต่ละชนิดมาผสมกับจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ (EM: Effective Micro-organism) ผสมกับฮอร์โมนอินทรีย์ชนิดน้ำ ผสมกับสารสกัดสมุนไพร สารปรับปรุงดิน สารเสริมภูมิต้านทานโรคและแมลงหลายชนิดเข้าไว้ภายในเม็ดเดียวกันแล้วเคลือบด้วยสารควบคุมการปลดปล่อยธาตุอาหารให้มีคุณสมบัติเป็นปุ๋ยละลายช้า ใช้ได้กับพืชทุกชนิด (ภูมิศักดิ์ อินทนน์,

2552; ภูมิศักดิ์ อินทนนท์, และชวลิต รักษาริกรณ์, 2555; สุรีรัตน์ จับแก้ว, และภูมิศักดิ์ อินทนนท์, 2555)

การจัดการธาตุอาหารพืชโดยใช้ปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสมนั้น พบว่าสามารถช่วยทำให้ผลผลิตของพืชเพิ่มขึ้นมากกว่าปุ๋ยเคมีในทุกชนิดพืชที่ได้มีการศึกษาวิจัย (ภูมิศักดิ์ อินทนนท์, 2552; ชวลิต รักษาริกรณ์, 2556; สุรีรัตน์ จับแก้ว, 2555) อย่างไรก็ตามการวิจัยการใช้ฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสมเพื่อเพิ่มผลผลิตในดาวเรืองยังไม่ปรากฏมีรายงานวิจัย ฉะนั้นการพัฒนาปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม (HO) สูตรเพิ่มผลผลิตและคุณภาพดาวเรืองจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งและเมื่อได้ทำการพัฒนาสูตรเสร็จแล้วจะได้นำมาทดสอบเปรียบเทียบกับปุ๋ยเคมีที่เกษตรกรผู้ปลูกดาวเรืองนิยมใช้เพื่อให้ทราบประสิทธิผลต่อไปการพัฒนาปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม (HO) สูตรเพิ่มผลผลิตและคุณภาพดาวเรืองจะช่วยส่งเสริมเศรษฐกิจระดับรากหญ้าให้มีขีดความสามารถในการผลิตดอกและเมล็ดดาวเรืองเพื่อตอบสนองความต้องการของตลาดทั้งภายในและต่างประเทศ อีกทั้งยังเป็นการพัฒนาเทคโนโลยีการจัดการปุ๋ยต่อพืชและดินที่ปลูกพืช เป็นมิตรต่อระบบนิเวศวิทยาอย่างยั่งยืนเพราะปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม (HO) มีคุณสมบัติเด่นเรื่องมีธาตุอาหารพืชครบในเม็ดเดียวกันและเสริมสร้างภูมิคุ้มกันโรคและแมลงในต้นพืช ดินได้รับการปรับปรุงคุณสมบัติทางด้านกายภาพ-เคมี-ชีวภาพไปพร้อม ๆ กับการใส่ปุ๋ยอีกด้วย (ภูมิศักดิ์ อินทนนท์, และชวลิต รักษาริกรณ์, 2555; สุรีรัตน์ จับแก้ว, และภูมิศักดิ์ อินทนนท์, 2555)

**วัตถุประสงค์ของการวิจัย**

1. เพื่อพัฒนาปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม (HO) สูตรเพิ่มผลผลิตและคุณภาพดาวเรือง
2. เพื่อศึกษาประสิทธิผลของปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม (HO) กับปุ๋ยเคมีที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติของดิน
3. เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิผลของปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม (HO) กับปุ๋ยเคมีที่มีต่อการเจริญเติบโต ผลผลิตและคุณภาพดาวเรืองรวมถึงผลตอบแทนที่มีต่อการผลิตดาวเรือง

**สมมุติฐานของการวิจัย**

ปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม (HO) สามารถทำให้ดาวเรืองมีการเจริญเติบโต ผลผลิตคุณภาพและผลตอบแทนสูงกว่าปุ๋ยเคมี

**ขอบเขตการวิจัย**

**ขอบเขตด้านพื้นที่** เป็นการวิจัยแปลงเกษตรกรในพื้นที่ บ้านยายชี ตำบลเนินปอ อำเภอสามง่าม จังหวัดพิจิตร

**ขอบเขตด้านเนื้อหา** เป็นการวิจัยแบบทดลองในภาคสนาม (Action Research) โดยการพัฒนาปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม HO สูตรดาวเรือง อ้างอิงวิธีการผลิตตามวิธีของภูมิศักดิ์ อินทนนท์ (2552) ที่คณะเกษตรศาสตร์ฯ มหาวิทยาลัยนเรศวรเสร็จแล้วทำการทดลองที่ บ้านยายชี ตำบลเนินปอ อำเภอสามง่าม จังหวัดพิจิตรโดยใช้ดาวเรืองพันธุ์โกลเด้นคิง เป็นพืชทดสอบ

**ขอบเขตด้านระยะเวลา** เป็นการวิจัยในแปลงเกษตรกร ระยะเวลาประมาณ 4-5 เดือน

**ข้อตกลงเบื้องต้น**

การผลิตปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม (HO) สูตรเพิ่มผลผลิตและคุณภาพดาวเรือง นั้นผลิตตามวิธีการของภูมิศักดิ์ อินทนนท์ (2552, 2555) และชวลิต รักษาริกรณ์ (2556) โดยพัฒนาขึ้นมา 3 สูตร แล้วทำการทดสอบกับเปรียบเทียบกับปุ๋ยเคมีที่เกษตรกรนิยมปฏิบัติ

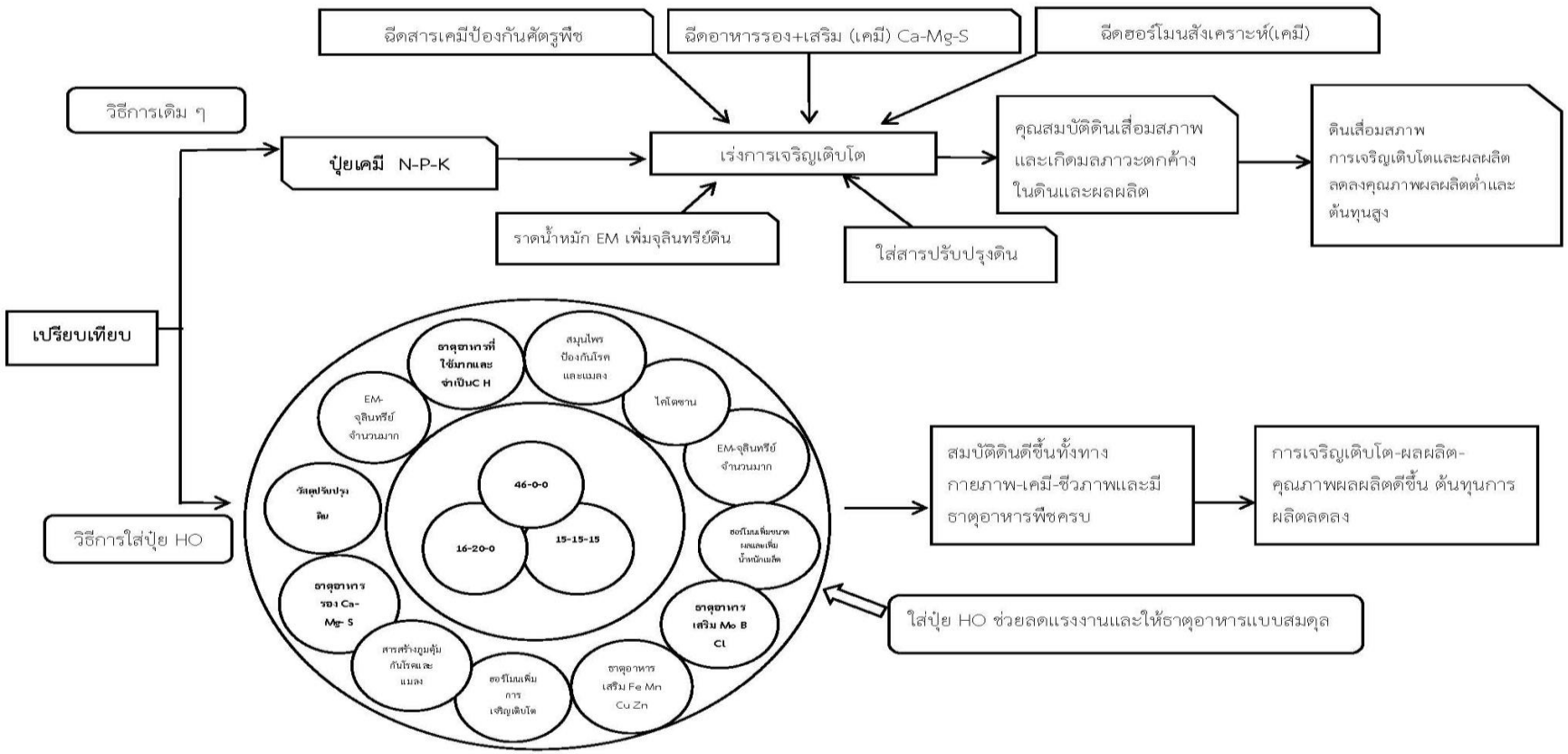
**นิยามศัพท์เฉพาะ**

1. ปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม (Chemical and granular organic fertilizer with Hormone Mixed formula) หรือ HO หมายถึง การนำเอาธาตุอาหารที่พืชจำเป็นทั้ง 16 ธาตุตามความต้องการของพืชแต่ละชนิดมาผสมกับจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ (EM) ผสมกับฮอร์โมนอินทรีย์น้ำผสมกับสารสกัดสมุนไพร สารปรับปรุงดิน สารเสริมภูมิต้านทานโรคและแมลงหลายชนิดเข้าไว้ภายในเม็ดเดียวกันแล้วเคลือบด้วยสารควบคุมการปลดปล่อยธาตุอาหารให้มีคุณสมบัติเป็นปุ๋ยละลายช้าใช้ได้กับพืชทุกชนิด ดังภาพ 1 (ภูมิศักดิ์ อินททน์, 2552, 2555; ภูมิศักดิ์ อินทนนท์, และชวลิต รักษาริกรณ์, 2556; สุรีรัตน์ จับแก้ว, และภูมิศักดิ์ อินทนน์, 2556; Intanon., 2013)

2. ดาวเรือง หมายถึง ไม้ล้มลุกชนิด *Tagetes erecta L.* ในวงศ์ Asteraceae ทุกส่วนของต้นมีกลิ่นฉุนซ่า ดอกออกเป็นช่อกระจุก มีหลายสี เช่นเหลือง ส้ม ดอกกินได้ นิยมปลูกเป็นไม้ประดับ

3. ปุ๋ยเคมี หมายถึง ปุ๋ยที่ได้จากกรรมวิธีการผลิตทางเคมีส่วนใหญ่เป็นสารอนินทรีย์หรืออินทรีย์สังเคราะห์ ซึ่งให้ธาตุอาหารพืชหลัก ธาตุอาหารรอง และธาตุอาหารเสริมแก่พืชให้ได้สัดส่วนของธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมตามความต้องการ (ศิริพร กาทอง, และเฉลิม เรืองวิริยะชัย, 2557)

**กรอบแนวคิดการวิจัย**




**ภาพ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย**

**ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย**

1. เป็นการพัฒนาปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสมชนิดใหม่เพื่อเพิ่มการเจริญเติบโตผลผลิตและคุณภาพดาวเรืองได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2. เกษตรกรที่ปลูกดาวเรืองสามารถลดการใช้ปุ๋ยเคมีให้น้อยลงและสามารถจัดการปุ๋ยในอัตราที่เหมาะสมได้

3. เกษตรกรสามารถผลิตดาวเรืองที่ให้ผลผลิตสูงและมีคุณภาพตรงตามความต้องการของตลาดทำให้มีรายได้เพิ่มขึ้น

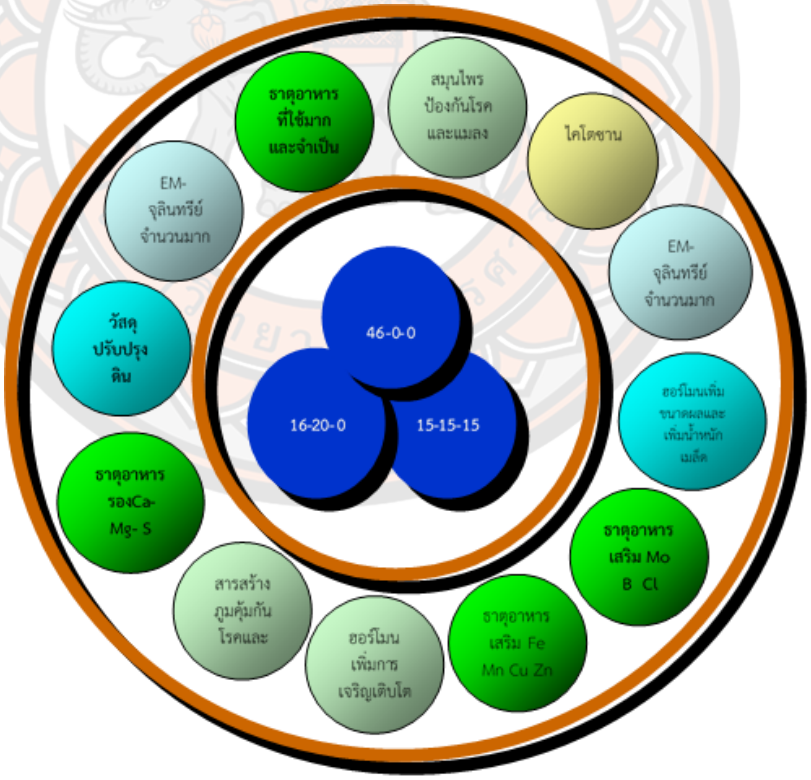
4. เป็นนวัตกรรมใหม่ด้านปุ๋ยที่สามารถปรับปรุงบำรุงดินและรักษาสิ่งแวดล้อมไปพร้อมกับการใส่ปุ๋ยได้

# บทที่ 2

# เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

## ปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม

นวัตกรรมใหม่ด้านปุ๋ยที่นำวัสดุแบบผสมผสานที่ให้ธาตุอาหารพืชทั้ง 16 ชนิดที่พืชจำเป็นและต้องการในปริมาณที่เหมาะสมมาผสมกับอินทรียวัตถุ สารปรับปรุงดิน จุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ (EM) ฮอร์โมนอินทรีย์น้ำ สารสกัดสมุนไพร สารเสริมภูมิต้านทานโรคและแมลงหลายชนิดเข้าไว้ภายในเม็ดเดียวกันแล้วควบคุมการปลดปล่อยธาตุอาหารให้เป็นปุ๋ยละลายช้า ใช้ได้กับพืชทุกชนิด (ภูมิศักดิ์ อินทนนท์, 2552; ภูมิศักดิ์ อินทนนท์, และชวลิต รักษาริกรณ์, 2555; สุรีรัตน์ จับแก้ว, และภูมิศักดิ์ อินทนนท์, 2555)




**ภาพ 2 องค์ประกอบภายในของปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม**

**ประสิทธิผลโดยรวมของปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม (HO)**

1. มีธาตุอาหารสูงเหมือนปุ๋ยเคมีทั่วไปแต่ดินไม่เป็นกรด ใช้ได้กับพืชทุกชนิด
2. มีธาตุอาหารครบ 16 ชนิดตามความต้องการของดินและพืช ผลผลิตสูง
3. มีจุลินทรีย์ชีวภาพ (EM) มากมายในเม็ดปุ๋ยจึงช่วยเพิ่มจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ (EM) แก่ดิน
4. เป็นปุ๋ยละลายช้าไม่สูญเสียธาตุอาหารไปกับการชะล้าง
5. ช่วยปรับปรุงโครงสร้างดินให้โปร่งร่วนซุยขึ้นเหมือนใส่ปุ๋ยคอก
6. ใส่ครั้งเดียวพืชจะเขียวทนนานและต้นพืชแข็งแรงเพราะธาตุอาหารมีความสมดุล
7. มีไคโตซานและสารธรรมชาติสร้างภูมิคุ้มกันในต้นพืชป้องกันโรคและแมลงได้ดี
8. ช่วยแก้ปัญหาเรื่องพืชไม่กินปุ๋ย พืชจะทนหนาวทนแล้ง
9. ผลผลิตสูงขึ้นและราคาถูก (เมื่อเทียบต่อหน่วยธาตุอาหาร)

**ตาราง 1 เปรียบเทียบคุณลักษณะของฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสมกับปุ๋ยเคมีทั่วไป**

| รายการ | ฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม | ปุ๋ยเคมีทั่วไป |
|---|---|---|
| มีธาตุอาหารหลัก N – P - K | มี | มี |
| มีธาตุอาหารรองและเสริม Ca, Mg, S - Fe, Zn, Cu, Mn, B, Mo, Cl | มีครบถ้วน 16 ชนิดที่พืชจำเป็น | ไม่มี |
| มีฮอร์โมนเข้มข้นเพื่อการเจริญเติบโตและเพิ่มผลผลิต | มีมาก | ไม่มี |
| มีจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ (EM) | มีมาก | ไม่มี |
| มีสารลดความเป็นกรดและปรับสภาพดิน | มีมาก | ไม่มี (ทำให้ดินเป็นกรด) |
| มีสารปรับโครงสร้างดินให้ดีขึ้น | มี | ไม่มี |
| มีสารธรรมชาติช่วยป้องกันโรคและแมลง | มีมาก | ไม่มี |
| มีสารอินทรีย์โพลิเมอร์ ช่วยให้พืชแข็งแรงและดูดธาตุอาหารดี | มี | ไม่มี |
| ลักษณะการปลดปล่อยธาตุอาหาร | ปุ๋ยละลายช้า | ปุ๋ยละลายเร็ว |
| การสูญเสียธาตุอาหาร | น้อย | มาก |

**ที่มา:** ภูมิศักดิ์ อินทนนท์, 2555

**ตาราง 2 เปรียบเทียบองค์ประกอบทางเคมีของปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสมและปุ๋ยเคมีทั่วไป**

| รายการ | | ปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม | ปุ๋ยยูเรีย (46-0-0) | ปุ๋ยเคมี (16-20-0) | ปุ๋ยเคมี (15-15-15) |
|---|---|---|---|---|---|
| ธาตุอาหารหลัก (%) | N | 15 | 46 | 16 | 15 |
| | P | 10.2 | - | 20 | 15 |
| | K | 5.5 | - | - | 15 |
| ธาตุอาหารรอง (%) | Ca | 1.5 | - | - | - |
| | Mg | 0.85 | - | - | - |
| | S | 2.8 | - | - | - |
| ธาตุอาหารเสริม (ppm.) | Fe | 563.45 | - | - | - |
| | Cu | 1.53 | - | - | - |
| | Zn | 482.25 | - | - | - |
| | Mn | 37.45 | - | - | - |
| | Mo | 53.40 | - | - | - |
| | B | 50.00 | - | - | - |
| | Cl | 150.00 | - | - | - |
| ฮอร์โมน (œ g/ml) | Auxin(IAA) | 0.26 | - | - | - |
| | Gibberellins (GA3) | 26.46 | - | - | - |
| | Cytokinins(Kinetin) | 4.13 | - | - | - |
| อินทรียวัตถุ (OM %) | | 10.4 | - | - | - |
| อินทรีย์โพลิเมอร์ (ไคโตซาน) ppm. | | 5,645 | | - | - |
| สารสร้างภูมิคุ้มกัน ($SiO_2$) % | | 20 | - | - | - |
| กรดอินทรีย์ (Humic Acid ) ppm. | | 4,265 | - | - | - |
| กรดอมิโน (mg./ 100 g.) | แอสปาร์ติก | 172.54 | - | - | - |
| | ซีสตีน | 10.44 | - | - | - |
| | เมไทโอนีน | 6.205 | - | - | - |
| | อาร์จีนีน | 14.38 | - | - | - |
| | กลูตามิค | 68.71 | - | - | - |
| สารปรับปรุงดิน ($CaCO_3$)+ (โดโลไมท์)(กก.) | | 6 | - | - | - |
| จุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ (EM) (CFU/g,) | *Bacillus sp.* | 4.36 X $10^2$ | - | - | - |
| | *Lactobacillus sp.* | 2.21 X $10^2$ | - | - | - |
| | *Aspergillusf niger* | 2.16 X $10^2$ | - | - | - |
| | *Steptococus* | 2.72 X $10^2$ | - | - | - |

**ที่มา:** ชฎาพร ช่วยนนท์, และภูมิศักดิ์ อินทนนท์, 2554

**ธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช**

ในจำนวนธาตุอาหารที่พืชจำเป็นต้องใช้เพื่อการเจริญเติบโตออกดอก ออกผล ซึ่งมีอยู่ 16 ธาตุนั้น มี 3 ธาตุ ที่พืชได้มาจากอากาศและน้ำ คือ คาร์บอน (C) ไฮโดรเจน (H) และออกซิเจน (O) ส่วนอีก 13 ธาตุนั้น พืชต้องดูดดึงขึ้นมาจากดิน ซึ่งธาตุเหล่านี้ได้มาจากการผุพังสลายตัวของส่วนที่เป็นอนินทรียวัตถุและอินทรีย์วัตถุหรือฮิวมัสในดิน สามารถแบ่งตามปริมาณที่พืชต้องการใช้ได้เป็น 2 กลุ่มคือ มหธาตุและจุลธาตุ (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2544)

**มหธาตุ (macronutrients)**

เป็นธาตุอาหารที่พืชต้องการใช้ในปริมาณมาก ที่ได้มาจากดินมีอยู่ 6 ธาตุ ได้แก่ ไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) โพแทสเซียม (K) แคลเซียม (Ca) แมกนีเซียม (Mg) และกำมะถัน (S) แบ่งได้เป็น 2 กลุ่ม

ธาตุอาหารหลัก หรือ ธาตุปุ๋ย ได้แก่ ไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) โพแทสเซียม (K) เนื่องจากสามธาตุนี้พืชต้องการใช้ในปริมาณมาก แต่มักจะได้รับจากดินไม่ค่อยเพียงพอกับความต้องการ ต้องช่วยเหลือโดยใส่ปุ๋ยอยู่เสมอ

ธาตุอาหารรอง ได้แก่ แคลเซียม (Ca) แมกนีเซียม (Mg) และกำมะถัน (S) เป็นกลุ่มที่พืชต้องการใช้ในปริมาณที่น้อยกว่า และไม่ค่อยมีปัญหาขาดแคลนในดินทั่ว ๆ ไปเหมือนธาตุอาหารหลัก (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2544)

**จุลธาตุ หรือ ธาตุอาหารเสริม (micronutrients)**

เป็นธาตุอาหารที่พืชต้องการใช้ในปริมาณน้อย มีอยู่ 7 ธาตุ ได้แก่ เหล็ก (Fe) แมงกานีส (Mn) โบรอน (B) โมลิบดินัม (Mo) ทองแดง (Cu) สังกะสี (Zn) และคลอรีน (Cl) อย่างไรก็ตามไม่ว่าจะเป็นธาตุอาหารในกลุ่มมหธาตุหรือจุลธาตุต่างก็มีความสำคัญและจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชไม่น้อยไปกว่ากัน เพราะความจริงแล้วธาตุทุกธาตุมีความสำคัญต่อการดำรงชีพของพืชเท่า ๆ กัน จะต่างกันแต่เพียงปริมาณที่พืชต้องการเท่านั้น ดังนั้นพืชจึงขาดธาตุหนึ่งไม่ได้ หากพืชขาดธาตุอาหารแม้แต่เพียงธาตุเดียวพืชจะหยุดการเจริญเติบโต แคระแกรน ไม่ให้ผลผลิตและตายในที่สุด (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2544)

**หน้าที่ของธาตุอาหารพืช**

ธาตุอาหารพืชแต่ละชนิดมีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืชแตกต่างกันไป และถ้าพืชได้รับธาตุอาหารไม่เพียงพอต่อความต้องการก็จะแสดงอาการที่แตกต่างกันตามแต่ชนิดของธาตุอาหารที่ขาดแคลนในแต่ละชนิด ดังนี้

**1. ไนโตรเจน (N)** มีหน้าที่เป็นส่วนประกอบของโปรตีน ช่วยให้พืชมีสีเขียว เร่งการเจริญเติบโตทางใบ หากพืชขาดธาตุนี้จะแสดงอาการใบเหลือง ใบมีขนาดเล็กลง ลำต้นแคระแกรน และให้ผลผลิตต่ำ

**2. ฟอสฟอรัส (P)** มีหน้าที่ช่วยเร่งการเจริญเติบโตและการแพร่กระจายของราก ควบคุมการออกดอก ออกผล และการสร้างเมล็ด ถ้าพืชขาดธาตุนี้ระบบรากจะไม่เจริญเติบโต ใบแก่จะเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีม่วงแล้วกลายเป็นสีน้ำตาลและหลุดร่วง ลำต้นแกรนไม่ผลิดอกออกผล

**3. โพแทสเซียม (K)** เป็นธาตุที่ช่วยในการสังเคราะห์น้ำตาล แป้ง และโปรตีนส่งเสริมการเคลื่อนย้ายน้ำตาลจากใบไปสู่ผลช่วยให้ผลเติบโตเร็วและมีคุณภาพดี ช่วยให้พืชแข็งแรงต้านทานต่อโรคแมลงบางชนิดถ้าขาดธาตุนี้พืชจะไม่แข็งแรงลำต้นอ่อนแอ ผลผลิตไม่เติบโต มีคุณภาพต่ำ สีไม่สวย รสชาติไม่ดี

**4. แคลเซียม (Ca)** เป็นองค์ประกอบที่ช่วยในการแบ่งเซลล์ การผสมเกสร การงอกของเมล็ด พืชขาดธาตุนี้ใบที่เจริญใหม่จะหงิกงอ ตายอดไม่เจริญ อาจมีจุดดำที่เส้นใบ รากสั้น ผลแตก และมีคุณภาพไม่ดี

**5. แมกนีเซียม (Mg)** เป็นองค์ประกอบสำคัญของคลอโรฟิลล์ ช่วยสังเคราะห์กรด อะมิโน วิตามิน ไขมันและน้ำตาล ทำให้สภาพกรดด่างในเซลล์พอเหมาะและช่วยในการงอกของเมล็ดถ้าขาดธาตุนี้ใบแก่จะเหลือง ยกเว้นเส้นใบ และใบจะร่วงหล่นเร็ว

**6. กำมะถัน (S)** เป็นองค์ประกอบสำคัญของกรดอะมิโน โปรตีน และวิตามิน ถ้าขาดธาตุนี้ทั้งใบบนและใบล่างจะมีสีเหลืองซีดและต้นอ่อนแอ

**7. โบรอน (B)** ช่วยในการออกดอกและการผสมเกสร มีบทบาทสำคัญในการติดผลและการเคลื่อนย้ายน้ำตาลมาสู่ผลการเคลื่อนย้ายของฮอร์โมน การใช้ประโยชน์จากไนโตรเจนและการแบ่งเซลล์ ถ้าพืชขาดธาตุนี้ ตายอดจะตายแล้วเริ่มมีตาข้าง แต่ตาข้างก็จะตายอีก ลำต้นไม่ค่อยยืดตัวกิ่งใบจึงชิดกัน ใบเล็ก หนา โค้งและเปราะ

**8. ทองแดง (Cu)** ช่วยในการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์ การหายใจ การใช้โปรตีนจากแป้ง กระตุ้นการทำงานของ เอนไซม์บางชนิด ถ้าพืชขาดธาตุนี้ ตายอดจะชะงักการเจริญเติบโตและกลายเป็นสีดำ ใบอ่อนเหลือง และพืชทั้งต้นจะชะงักการเจริญเติบโต

**9. คลอรีน (Cl)** มีบทบาทบางประการเกี่ยวกับฮอร์โมนในพืช ถ้าขาดธาตุนี้พืชจะเหี่ยวง่าย สีใบซีดและบางส่วนแห้งตาย

**10. เหล็ก (Fe)** ช่วยในการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์ มีบทบาทสำคัญในการสังเคราะห์แสงและหายใจ ถ้าขาดธาตุนี้ใบอ่อนจะมีสีขาวซีดในขณะที่ใบแก่ยังเขียวสด

**11. แมงกานีส (Mn)** ช่วยในการสังเคราะห์แสงและการทำงานของเอนไซม์บางชนิด ถ้าขาดธาตุนี้ใบอ่อนจะมีสีเหลืองในขณะที่เส้นใบยังเขียว ต่อมาใบที่มีอาการดังกล่าวจะเหี่ยวแล้วร่วงหล่น

**12. โมลิบดินัม(Mo)** ช่วยให้พืชไนโตรเจนให้เป็นประโยชน์และเกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์โปรตีน ถ้าขาดธาตุนี้พืชจะมีอาการคล้ายขาดไนโตรเจน ใบมีลักษณะโค้งคล้ายถ้วย ปรากฏจุดเหลือง ๆ ตามแผ่นใบ

**13. สังกะสี (Zn)** ช่วยในการสังเคราะห์ฮอร์โมนออกซิน คลอโรฟิลล์ และแป้ง ถ้าขาดธาตุนี้ใบอ่อนจะมีสีเหลืองซีดและปรากฏสีขาว ๆ ประปรายตามแผ่นใบ โดยเส้นใบยังเขียว รากสั้นไม่เจริญตามปกติ เมื่อมีการปลูกพืชลงบนดิน ย่อมมีการเปลี่ยนแปลงปริมาณของธาตุอาหารต่าง ๆ ที่มีอยู่ในดิน เนื่องจากในขณะที่พืชมีการเจริญเติบโต พืชจะดูดดึงธาตุอาหารในดินไปใช้และเก็บสะสมไว้ในส่วนต่าง ๆ ได้แก่ ใบ ลำต้น ดอก ผล จนถึงเวลาเก็บเกี่ยวผลผลิตและนำออกไปจากพื้นที่ ธาตุอาหารที่สะสมอยู่เหล่านั้นย่อมถูกนำออกไปจากพื้นที่ด้วย นอกจากนี้ธาตุอาหารบางส่วนยังเกิดการสูญหายไปในรูปก๊าซ ถูกดินหรือสารประกอบในดินยึดจับไว้ บางส่วนถูกชะล้างออกไปจากบริเวณรากพืช หรือสูญเสียไปกับการชะล้างพังทลายของดินดังนั้นการเพาะปลูกพืชติดต่อกันเป็นเวลายาวนาน โดยไม่มีการเติมธาตุอาหารลงไปในดิน ย่อมทำให้ความอุดมสมบูรณ์ของดินลดลง และในที่สุดดินจะกลายเป็นดินเลวปลูกพืชไม่เจริญเติบโตอีกต่อไป ในการปลูกพืชจึงต้องมีการใส่ปุ๋ยเพื่อบำรุงดิน ช่วยเพิ่มธาตุอาหารพืชและคงระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินไว้อยู่เสมอ

**ดาวเรือง (Marigolds)**

ดาวเรือง จัดเป็นไม้ตัดดอกที่สำคัญทางเศรษฐกิจอยู่ในวงศ์ Asteraceae มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Tagetes spp*. ในประเทศไทยมีความนิยมใช้ดอกดาวเรืองเป็นไม้ตัดดอกหรือตัดดอกสดหรือไม้กระถาง เพื่อใช้ในเทศกาลงานประเพณีต่าง ๆ รวมทั้งใช้ในอุตสาหกรรมแปรรูปสารสกัดจากดอกดาวเรืองทั้งภายในและต่างประเทศเพื่อทำสีย้อมผ้า เพิ่มสีไข่แดงและเนื้อไก่ โดยวิธีการนำกลีบดอกแห้งไปบดแล้วนำไปผสมอาหารสัตว์โดยตรง สายพันธุ์ดาวเรืองส่วนใหญ่มีต้นกำเนิดจากทวีปแอฟริกา *(Tagetes erecter )* มีลักษณะเป็นพันธุ์ต้นสูง ต้นมีความสูงกว่า 75-85 เซนติเมตร ขึ้นไป และพันธุ์กึ่งสูง ต้นมีความสูงประมาณ 60-75 เซนติเมตร (ไทยนอร์ทเทิร์นซีดส์, 2554) ประเทศไทยและประเทศอินเดียมีความต้องการใช้ดอกดาวเรืองค่อนข้างมากเนื่องจากมีหลายเทศกาลประเพณีที่คล้ายคลึงกันโดยเฉพาะประเพณีความเชื่อเกี่ยวข้องกับศาสนา ซึ่งพื้นที่ปลูกดาวเรืองในประเทศไทยปลูกกระจัดกระจายมากมายหลายแห่งทั่วประเทศจึงมีความต้องการใช้เมล็ดพันธุ์ดาวเรืองที่สูงมาก เพื่อเพาะปลูกให้ผลผลิตออกมาสอดคล้องกับความต้องการในช่วงเทศกาลต่าง ๆ ที่มีตลอดทั้งปี ปัจจุบันเกษตรกรนิยมใช้เมล็ดพันธุ์ลูกผสม (F1) ส่วนใหญ่นิยมสีทอง พันธุ์ที่เป็นที่นิยมของตลาดได้แก่

พันธุ์ทองเฉลิม และพันธุ์สีเหลืองได้แก่ ทอลเยลโล่ (ไทยนอร์ทเทิร์นซีดส์, 2554) เป็นต้น ถึงแม้จะมีต้นทุนสูงแต่สามารถให้ผลผลิตและคุณภาพค่อนข้างแน่นอนชัดเจนกว่าพันธุ์ผสมเปิด (OP) การผลิตเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองที่มีคุณภาพก็มีสำคัญเช่นกันซึ่งลักษณะดอกที่ใหญ่ จำนวนดอกต่อต้น ขนาดของดอกและคุณภาพกลีบดอกดาวเรืองเป็นลักษณะที่สำคัญที่ตลาดทั้งภายในประเทศและต่างประเทศต้องการ

**ชนิดของดาวเรือง**

ดาวเรืองที่ปลูกกันอยู่โดยทั่วไปแบ่งเป็น 3 ประเภทใหญ่ๆ คือ

**1. ดาวเรืองอเมริกัน (American Marigolds)** เป็นดาวเรืองที่มีถิ่นกำเนิดอยู่ทางตะวันตกเฉียงใต้ของทวีปอเมริกา ลำต้นสูงตั้งแต่ 10-40 นิ้ว ดอกสีเหลือง ส้ม ทอง และขาว กลีบดอกซ้อนกันแน่น ดอกมีขนาดใหญ่ประมาณ 3-4 นิ้ว ดาวเรืองชนิดนี้มีหลายพันธุ์ ได้แก่

**พันธุ์เตี้ย** สูงประมาณ 10-14 นิ้ว ได้แก่ พันธุ์ ปาปาย่า (papaya) ไพน์แอปเปิล (pineaple) ปัมพ์กิน (Pumpkin) เป็นต้น

**พันธุ์สูงปานกลาง** สูงประมาณ 14-16 นิ้ว ได้แก่ พันธุ์อะพอลโล (Apollo) ไวกิ่ง (Ziking) มูนช๊อต (Moonshot) เป็นต้น

**พันธุ์สูง** สูงประมาณ 16-36 นิ้ว ได้แก่ พันธุ์ดับเบิล อีเกิล (Double Egle) ดับบลูน (Doubloon) ซอฟเวอร์เรน (Sovereign) เป็นต้น

**2. ดาวเรืองฝรั่งเศส (French Marigolds)** ดาวเรืองฝรั่งเศสเป็นดาวเรืองต้นเล็กต้นเป็นพุ่มเตี้ย ๆ สูงประมาณ 6-12 นิ้ว ดอกสีเหลือง ส้ม ทอง น้ำตาลอมแดง และสีแดง ดอกมีขนาดเล็กประมาณ 1.5 นิ้ว นิยมปลูกประดับในแปลงมากกว่าปลูกเพื่อตัดดอก เนื่องจากมีก้านดอกสั้น นอกจากนี้ยังเป็นดาวเรืองที่สามารถลดปริมาณไส้เดือนฝอยที่ทำให้เกิดอาการรากปมในรากพืชได้ ตัวอย่างดาวเรืองฝรั่งเศสได้แก่

**พันธุ์ดอกชั้นเดียว** ดอกมีขนาด 1.5-2 นิ้ว ได้แก่ พันธุ์เรด มาเรตต้า (Red Marietta) นอธตี้ มาเรตต้า (Naughty Marietta) เอสปานา (Espana) ลีโอปาร์ด (Leopard) เป็นต้น

**พันธุ์ดอกซ้อน** ดอกมีขนาดตั้งแต่ 1.5-3 นิ้ว ได้แก่ พันธุ์ควีน โซเฟีย (Queen Sophia ) สการ์เลต โซเฟีย (Scarlet Sophia) โกลเด้น เกต (Golden Gate ) เป็นต้น

**3. ดาวเรืองพันธุ์ลูกผสม (Mule Marigld หรือ Afro American Marigolds)** เป็นดาวเรืองลูกผสมระหว่างดาวเรืองอเมริกันและดาวเรืองฝรั่งเศส โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อนำลักษณะความแข็งแรง ดอกใหญ่ และมีกลีบซ้อนมากของดาวเรืองอเมริกัน รวมเข้ากับลักษณะต้นเตี้ยทรงพุ่มกะทัดรัดของดาวเรืองฝรั่งเศส ดาวเรืองลูกผสมให้ดอกเร็วมาก คือเพียง 5 สัปดาห์หลังจากเพาะเมล็ด ดอกมีขนาด 2-3 นิ้ว ดอกดกและอยู่กับต้นได้ดี ดาวเรืองชนิดนี้มีข้อเสียก็คือเมล็ดจะลีบ ไม่สามารถ

นำมาเพาะให้เป็นต้นใหม่ได้จึงเรียกว่า ดาวเรืองล่อ เช่นเดียวกับการผสมม้ากับลา มีลูกออกมาเรียกว่าล่อ ซึ่งเป็นหมัน จึงทำให้เมล็ดมีราคาแพงมาก และการปลูกดาวเรืองด้วยเมล็ดชนิดนี้ จึงควรใช้เมล็ดเป็นปริมาณ 2 เท่าของจำนวนที่ต้องการ เนื่องจากเมล็ดมีเปอร์เซ็นต์ความงอกต่ำดาวเรืองลูกผสมที่นิยมปลูกมีอยู่หลายพันธุ์ คือ พันธุ์นักเก็ต (Nugget) ไฟร์เวิร์ก (Fireworks) เรด เซเว่น สตาร์ (Red Sevenstar) และโชว์โบ๊ต (Showboat)

**ดาวเรืองที่นิยมปลูกในปัจจุบัน**

ดาวเรืองที่นิยมปลูกในปัจจุบันในประเทศไทยมีทั้งหมด 5 สปีชีส์ ดังนี้

1. *Tagetes erecta* เรียกกันโดยทั่วไปว่า American Marigolds หรือ African Marigolds หรือ Friendship Marigolds เป็นชนิดต้นสูง

2. *Tagetes patula* มีชื่อเรียกโดยทั่วไปว่า French Marigolds เป็นชนิดต้นเตี้ย

3. *Triploid Marigolds* เป็นลูกผสมที่เกิดจาก *Tagetes erecta* ซึ่งมีโครโมโซม 2 ชุด (diploids) กับ *Tagetes pattula* มีโครโมโซม 4 ชุด (tetraploids) ลูกผสมที่ได้มีโครโมโซม 3 ชุด (triploids) เช่น ดาวเรืองพันธุ์ “Nugget” เป็นต้น การผลิตเมล็ดพันธุ์ที่มีโครโมโซม 3 ชุดนี้ค่อนข้างซับซ้อนมีขั้นตอนมาก จึงทำให้เมล็ดที่มีราคาแพง

4. *Tagetes tenuifolia* หรือ Tagetes singnata pumila หรือเรียกสั้นๆ ว่า Signet marigolds นิยมปลูกมากในยุโรป โดยเฉพาะในบริเทน ส่วนในอเมริกาไม่ค่อยนิยม มีพุ่มเตี้ยประมาณ 7-10 นิ้ว กลีบดอกชั้นเดียว ขนาดดอกเล็ก เส้นผ่านศูนย์กลางไม่ถึง 1 นิ้ว ส่วนมากปลูกเป็นขอบแปลงหรือในสวนหิน

5. *Tagetes filifolia* หรือ Foliage Marigolds เป็นดาวเรืองใบ มีใบสวยงามมาก พุ่มต้นแน่นเหมาะสำหรับปลูกประดับขอบแปลง

สำหรับดาวเรืองที่คนไทยรู้จักกันอย่างดี มีอยู่ 2 ชนิด คือ ดาวเรืองชนิดดอกเล็กและชนิดดอกใหญ่ซึ่งถ้าเป็นดาวเรืองดอกเล็กจะมีสีเหลืองส้มประแดงหรือขลิบแดง และสีเหลืองส้มไม่มีสีแดงปนอยู่เลย มักปลูกไว้ประดับบ้าน

**ลักษณะทางพันธุศาสตร์ของดาวเรือง**

ดาวเรืองที่นิยมปลูกในปัจจุบันคือ *Tagetes erecta* Linn คือดาวเรืองอเมริกันเป็น Diploid มีจำนวนโครโมโซม 2n=24 และ *T.patula* คือ ดาวเรืองฝรั่งเศส เป็น Tetrapod มีจำนวนโครโมโซม 2n=48 ดาวเรืองเป็นไม้ดอกล้มลุกเนื้ออ่อน ซึ่งนิยมขยายพันธุ์โดยการเพาะเมล็ด ดาวเรืองจัดเป็นพืชผสมข้าม โดยใช้แมลงช่วยผสมเกสร และเป็นพืชวันสั้น ดาวเรืองเป็นพืชใบเลี้ยงคู่ ลักษณะใบเป็นแบบขนนก (Pinnately) ใบย่อยยาวเรียวปลายแหลมเรียงตัวแบบตรงข้าม จัดเป็นไม้ล้มลุก

เนื้ออ่อน ช่อดอกเป็นแบบ head ที่ประกอบด้วย ดอกย่อยขนาดเล็กไม่มีก้าน ดอกจำนวนมากรวมกันอยู่บนแกนกลาง ช่อดอกที่หดสั้นมากจะแผ่กว้าง ตรงกลางนูนเล็กน้อยคล้ายฐานรองดอก ทำให้มองเห็นคล้ายดอกเดี่ยว ดอกย่อยแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ ดอกย่อยชั้นใน (Disc Floret) มีลักษณะคล้ายกระดิ่งหรือหลอด เป็นดอกสมบูรณ์เพศ มีทั้งเกสรตัวผู้และเกสรตัวเมีย ส่วนดอกชั้นนอก (Ray Floret) มีรูปร่างคล้ายลิ้น มีเฉพาะเกสรตัวเมีย ดาวเรืองบางชนิดอาจมีเฉพาะกลีบดอกชั้นนอกหรือกลีบชั้นในเพียงอย่างเดียว หรือ ทั้งดอกมีแต่เกสรตัวเมียที่เห็นเป็นเส้นตลอดทั้งดอกเราเรียกดอกประเภทนี้ว่าดอก apetalous หรือดอกที่ไม่มีกลีบดอกนั่นเอง สีดอกมีตั้งแต่สีส้มเข้มไปจนถึงสีครีมขาว (อภิชาต ศรีสะอาด, และพัชรี สำโรงเย็น, 2560)

**ต้น**

ลักษณะลำต้นของดาวเรืองมีหลากหลายเช่น สูงโปร่ง เป็นทรงพุ่มแน่น และลำต้นเตี้ยแผ่ ซึ่งลักษณะดังกล่าวจะมีปัจจัย เรื่องของความยาวของแสงและอุณหภูมิเข้ามาเกี่ยวข้องด้วย ตัวอย่างเช่น ดาวเรืองพันธุ์ Sovereign gold เมื่อเพาะเมล็ดในช่วง เดือนมกราคมไปจนถึงกลางเดือนกันยายน จะทำให้ได้ต้นดาวเรืองที่มีความสูง 80 ถึง 120 เซนติเมตร แล้วแต่พื้นที่แต่เมื่อเพาะดาวเรือง ช่วงกลางเดือนกันยายน จนถึงกลางเดือนมกราคมจะทำให้ได้ต้นดาวเรืองที่มีความสูงลดลง 40-50 เปอร์เซ็นต์ ตัวอย่างเช่นดาวเรืองที่ปลูกในเขต อำเภอพบพระ จังหวัดตากช่วงฤดูหนาวที่มีอุณหภูมิ 10-15 องศาเซลเซียส ดาวเรือง Sovereign gold จะมีความสูงเพียง 20 เซนติเมตรเท่านั้นที่โคนต้นจะมีรากอากาศ เนื่องจากดาวเรืองเป็นพืชที่ไม่มีเนื้อไม้เมื่อเจอลมแรงทำให้หักล้มง่าย รากอากาศนี้เมื่อสัมผัสดิน ก็จะชอนไชลงดินหาอาหาร และ ทำหน้าที่ยึดลำต้นทำให้เจริญเติบโตได้ตามปกติต่อไป อย่างไรก็ตามเราสามารถจำแนกลักษณะลำต้นของดาวเรือง ตามรูปแบบของทรงพุ่มได้ 5 รูปแบบ ได้แก่ Ball shaped หรือ compact มีลักษณะทรงพุ่มเตี้ยกลมมีความสูงประมาณ 15-25 เซนติเมตร ได้แก่ กลุ่มดาวเรืองฝรั่งเศสต้นเตี้ย เช่น Janie series, Little Devil Series

**Ball shaped, compact** มีลักษณะทรงพุ่มเตี้ยแตกกิ่งสาขามากสูงประมาณ 25-30 เซนติเมตร ได้แก่ กลุ่มดาวเรืองฝรั่งเศสพวก Bonanza Series, Hero Series

**Basal-branching** มีลักษณะทรงพุ่มเตี้ย แผ่กิ่งก้านเกือบแนบพื้น มีความสูงประมาณ 30-40 เซนติเมตร ดาวเรืองที่มีลักษณะทรงพุ่มแบบนี้ ได้แก่ พันธุ์ Discovery series และพันธุ์ Inca series เป็นต้น

**Hedge type** มีลักษณะทรงพุ่มแน่น สูงปานกลาง ประมาณ 45-60 เซนติเมตร ดาวเรืองที่มีลักษณะทรงต้นแบบนี้ ได้แก่ พันธุ์ Galore Series, Lady Series และ Perfection Series

**Tall, bushy** มีลำต้นสูงโปร่งแตกกิ่งก้านสาขามากมีความสูงประมาณ 60-120 เซนติเมตร ดาวเรืองที่มีลักษณะลำต้นแบบนี้ ได้แก่ ดาวเรืองพันธุ์ Sovereign Series (Gold Coin Series) และ Jubillee Series

**ดอก**

ดอกดาวเรืองเรียกว่า ดอกแบบ head ซึ่งประกอบด้วยดอกหลายดอกมาอยู่รวมกัน เรียกว่าดอกย่อย (floret) ขนาดเล็กไม่มีก้านดอกจำนวนมากรวมกันอยู่บนแกนกลาง ช่อดอกที่หดสั้นมากจะแผ่กว้าง ตรงกลางนูนเล็กน้อยคล้ายฐานรองดอก ทำให้มองเห็นคล้ายดอกเดี่ยว ดอกย่อยแบ่งเป็น 2 ชนิด คือ ดอกย่อยชั้นใน (disc floret) มีลักษณะคล้ายกระดิ่งหรือหลอด เป็นดอกสมบูรณ์เพศ มีทั้งเกสรตัวผู้และเกสรตัวเมีย ส่วนดอกย่อยชั้นนอก (ray floret) มีรูปร่างคล้ายลิ้น เป็นดอกที่มีเฉพาะเกสรตัวเมีย ดาวเรืองบางชนิดอาจมีเฉพาะดอกย่อยชั้นนอกอย่างเดียว หรือ มีแต่เกสรตัวเมียอย่างเดียวแต่ไม่มีกลีบดอกเรียกว่า apetalus มีเกสรตัวผู้เชื่อมติดล้อมรอบเกสรตัวเมียและอยู่ติดกับกลีบดอกอับเรณูมี 2 ช่องตามยาว ก้านเกสรตัวเมียมีปลายแยกเป็น 2 แฉก รังไข่เป็นแบบ inferior ไข่ติดอยู่กับฐานของรังไข่ ผลเป็นแบบ Achene เมล็ดไม่มี endosperm ขนาดดอกมีตั้งแต่ 4 ถึง 12 เซนติเมตร

**ใบ**

ใบเป็นฝอยเหมือนดาวกระจาย มีสีเขียว ใบเป็นรูปหอกปลายแหลมขอบหยัก ออกเรียงกันเป็นคู่ ๆ ตรงข้ามกันใบดกมาก

**การจำแนกดอกดาวเรืองตามลักษณะภายนอก**

**การจำแนกตามลักษณะดอก**

1. ดอกชั้นเดียว (Single flower) ช่อดอกจะมี ray floret อยู่เพียง 1-2 ชั้นส่วนใหญ่จะเป็นดอกย่อยชั้นในมองดูคล้ายดอกดาวกระจาย

2. ดอกกึ่งซ้อน (Semi flower) ช่อดอกจะมี ray floret มากกว่า 2 ชั้นขึ้นไป ตรงใจกลางดอกยังมี ดอกย่อยชั้นในอยู่ส่วนมากจะพบดอกประเภทนี้ขึ้นอยู่ตามธรรมชาติและดาวเรืองอาหารสัตว์

3. ดอกซ้อน (Double flower) ช่อดอกประเภทนี้จะมีแต่ ray floret เท่านั้น นอกจากนี้ดอกซ้อนก็ยังมีรูปแบบที่แตกต่างกันไปอีกคือ ดอกซ้อนแบบดอกเบญจมาศ (Chrysanthemum type) ดอกชนิดนี้มองดูคล้ายกับว่ามีแต่ดอกย่อยชั้นใน ดอกย่อยแต่ละดอกมีลักษณะคล้ายระฆังปลายเป็นแฉก ๆ ดอกชนิดนี้พบมากตามธรรมชาติเป็นดาวเรืองพื้นเมืองที่นิยมนำมาร้อยมาลัย

4. ดอกที่มีแต่เกสรตัวเมียและไม่มีกลีบดอก (apetalous flower) เป็นดอกที่กลีบดอกลดรูปลงไปมีแต่เกสรตัวเมียที่เห็นเป็นฝอย ดอกดาวเรืองประเภทนี้ นักปรับปรุงพันธุ์จะคัดเลือกเอาไว้เป็นสายพันธุ์แม่

**สีดอก**

สีดอกดาวเรือง มีสี ขาวครีม เหลืองอ่อน (Primrose หรือ Lemon) เหลือง ทอง ส้ม ส้มเข้ม (Deep orange หรือ scarlet)

**การจำแนกพันธุ์ดาวเรืองอเมริกันตามความสูง**

1. พันธุ์เตี้ย ได้แก่ ดาวเรืองที่มีความสูงของลำต้น ปกติในช่วงฤดูวันยาวประมาณ 24-40 เซนติเมตร ได้แก่ Discovery series และ Antique series สองพันธุ์นี้จัดเป็นพันธุ์ลูกผสม ส่วนพันธุ์ผสมเปิดได้แก่ พันธุ์ Crush series คือ Papaya crush สีทอง Pineapple crush สีเหลือง Pumpkin crush สีส้ม และ Guys and Dolls Mix เอาสีทั้งสามพันธุ์มาผสมกัน

2. พันธุ์ที่มีความสูงปานกลางได้แก่ ดาวเรืองที่มีความสูง ปกติในช่วงวันยาวประมาณ 45-65 เซนติเมตร ได้แก่ Galore series, Inca ll series, Big bloom series, Iceberg และ Jamaica series 1

3. พันธุ์ดาวเรืองที่มีขนาดลำต้นสูง ได้แก่ พันธุ์ดาวเรืองที่มีความสูงปกติในช่วงวันยาว 70 เซนติเมตรขึ้นไป ได้แก่ Dollar gold, sovereign series, Perfection series, Climax series ส่วนพันธุ์ OP ได้แก่ Crackerjack

**วิธีการปลูกดาวเรืองและการจัดการ**

1. ไถเตรียมดิน หว่านปุ๋ยคอกหรือปุ๋ยหมักลงไป ประมาณ 1 ตัน/ไร่ ยกร่องแปลงปลูกกว้าง 1 เมตร รดน้ำแปลงไว้ล่วงหน้า 1 วัน

2. ขุดหลุมกว้าง 15 เซนติเมตร แปลงละ 3 แถว ระยะระหว่างแถว 30 เซนติเมตร ระยะระหว่างต้น 30 เซนติเมตร ใส่ปุ๋ยทริบเบิ้ลซุปเปอร์ฟอสเฟส หรือสูตร 15-15-15 ประมาณ 1 ช้อนชา รองก้นหลุม แล้วเกลี่ยดินข้างหลุมมากลบปุ๋ยเล็กน้อย เพื่อป้องกันไม่ให้รากดาวเรืองสัมผัสปุ๋ยโดยตรง

3. นำต้นกล้าที่มีอายุ 7-10 วัน (นับจากวันเพาะเมล็ด) โดยแยกต้นกล้าให้มีวัสดุเพาะ หรือดินหุ้มติดรากมาด้วย เพื่อป้องกันรากกระทบกระเทือน นำมาปลูกในแต่ละหลุมที่เตรียมไว้ รดน้ำให้ชุ่ม

4. หลังจากนั้น ต้องรดน้ำเช้า-เย็น ประมาณ 7 วัน ซึ่งต้นกล้า จะตั้งตัวได้ดี แล้วจึงรดน้ำเพียงวันละ 1 ครั้ง ในตอนเช้า ในช่วงที่ดอกดาวเรืองเริ่มบานไม่ควรรดน้ำให้โดนดอก เพื่อป้องกันดอกเป็นโรค

5. เมื่อดาวเรืองอายุ 15 และ 25 วัน ควรใส่ปุ๋ย 15-15-15 ในอัตรา 1 ช้อน/ต้น เมื่ออายุ 35 และ 45 วัน ใส่ปุ๋ยสูตร 12-24-12 ในอัตราเดียวกัน โดยวิธีฝังลงในดินตื้นๆ ห่างโคนต้น 6 นิ้ว แล้วรดน้ำให้ชุ่มทุกครั้งที่ใส่ปุ๋ย

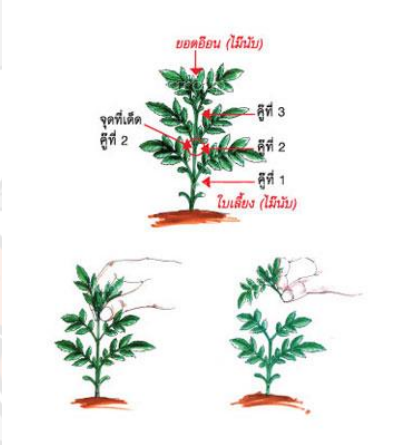
6. ช่วงดาวเรืองอายุ 21-25 วัน ซึ่งเป็นระยะที่ต้นมีใบจริงขนาดใหญ่จำนวน 4 คู่ และส่วนยอดมีใบเล็ก ๆ 1-2 คู่ จะต้องปลิดยอดอ่อนทิ้งเพื่อให้มีการแตกกิ่งข้าง โดยใช้มือซ้ายจับคู่ใบบนสุดที่จะเหลือไว้ แล้วใช้มือขวาดึงส่วนยอดลงทางด้านข้างจนหลุดออกหลังจากนั้น 5-7 วันตาข้างจะมีการพัฒนาแตกตาข้างและเจริญเป็นกิ่งใหม่ ซึ่งเริ่มติดตุ่มดอกทั้งที่ยอดปลายกิ่งและตาข้าง

7. หลังปลูกเมื่ออายุ 40-45 วันในแต่ละกิ่ง เมื่อดอกยอดมีขนาดเท่าเมล็ดข้าวโพดแล้วดอกข้างจะมีขนาดเท่าเมล็ดถั่วเขียว ต้องรีบปลิดดอกข้างออกให้หมดภายใน 2-3 วัน คงเหลือเฉพาะดอกที่ปลายยอดไว้ดอกเดียวเพื่อให้ดอกมีขนาดใหญ่และสมบูรณ์

8. หลังปลูกเมื่ออายุ 60-65 วัน หลังจากเด็ดดอกข้างทิ้งเหลือเฉพาะดอกที่ปลายยอดไว้เป็นเวลาประมาณ 20 วัน ก็สามารถตัดดอกไปจำหน่ายได้ ซึ่งจะได้ผลผลิตประมาณ 10-12 ดอก/ต้น

**การเด็ดยอดดาวเรือง**

1. หลังจากย้ายปลูกลงแปลงครบ 10 วันหรือสังเกตจากดาวเรืองมีใบจริงจำนวน 3 คู่ ให้เด็ดยอดดาวเรืองออก เพื่อให้เกิดการแตกของกิ่งข้างของดาวเรือง โดยวิธีการเด็ดยอดคือ ใช้นิ้วชี้และนิ้วโป้งจับตรงโคนของยอดดาวเรือง ยอดบนสุด แล้วเด็ดยอดออกพยายามเด็ดยอดให้ชิดโคนยอดและให้ยอดหลุดอย่าให้เกิดบาดแผลจาก การเด็ดยอด (การเด็ดยอดดาวเรืองควรเด็ดยอดในช่วงเช้าเนื่องจากดาวเรืองจะอวบน้ำอยู่ และหลังจากเด็ดยอดควรพ่นยาป้องกันกำจัดเชื้อรากลุ่ม ไดเทน)




**ภาพ 3 วิธีการเด็ดยอดดาวเรือง**

2. หลังจากเด็ดยอดแล้ว ให้ใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 อัตรา 2 กรัม (1 ช้อนชา) ต่อต้น โดยหว่านปุ๋ยรอบโคนต้นห่างจากโคนต้นประมาณ 20 เซนติเมตร (หนึ่งฝ่ามือ) พร้อมกับพูนโคนและกำจัดวัชพืช (ในช่วงนี้หากเป็นฤดูฝนให้เริ่มทำค้างสำหรับป้องกันต้นดาวเรืองล้ม เพราะหากทำค้างดาวเรืองช้าเกินไปจากช่วงนี้ไประบบรากของดาวเรืองจะเจริญเติบโตมาก หากไปทำหลักปักค้างจะกระทบต่อรากดาวเรืองได้

3. หลังจากย้ายปลูก 35-40 วัน (เริ่มเห็นตุ่มดอก) ให้ใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 อัตรา 2 กรัม (1 ช้อนชา) ต่อต้น ร่วมกับปุ๋ยสูตร 0-0-60 อัตรา 1 กรัม (ครึ่งช้อนชาต่อต้น) โดยหว่านปุ๋ยรอบโคนต้น

ห่างจากโคนต้นประมาณ 20 เซนติเมตร (หนึ่งฝ่ามือ) พร้อมกับพูนโคนและกำจัดวัชพืช ในกรณีที่ต้องใช้ปุ๋ยสองสูตรรวมกันให้ผสมก่อนแล้วค่อยใส่ลงในแปลง เช่น ผสมปุ๋ย 15-0-0 อัตรา 1,000 กรัม (1 กิโลกรัม) รวมกับปุ๋ยสูตร 0-0-16 อัตรา 500 กรัม สามารถนำไปใช้กับต้นดาวเรืองได้ทั้งหมด 500 ต้น ต้นละ 3 กรัม ในกรณีที่ไม่สามารถหาปุ๋ยสูตร 15-0-0 หรือ 0-0-60 ได้ให้ใช้ปุ๋ยสูตร 15-15-15 หรือ 16-16-16 แทนโดยใช้ในอัตรา 3 กรัมต่อต้นทั้งสองระยะ หลังการให้ปุ๋ยจะต้องให้น้ำตามทุกครั้งเสมอ

4. การพ่นปุ๋ยทางใบและอาหารเสริม ช่วงหลังจากย้ายปลูก 35-40 วัน (ช่วงเป็นตุ่มดอก) ให้เริ่มพ่นอาหารเสริมพวก แคลเซียม – โบรอน และอาหารเสริมต่าง ๆ ยกเว้นธาตุอาหารเสริมกลุ่มที่เป็นธาตุเหล็ก (Fe) โดยพ่นทุก ๆ 3-4 วัน ก่อนที่ตุ่มดอกจะเริ่มเห็นสีดอก ช่วงหลังจากย้ายปลูกแล้วประมาณ 70-75 วัน (เก็บดอกแล้วประมาณ 3-4 มีด) ให้พ่นปุ๋ยทางใบสูตร 2:2:3 (N: P: K) เช่น ปุ๋ยทางใบสูตร 20: 20: 30 โดยพ่นทุก 5-7 วันประมาณ 2-3 ครั้ง หลังจากพ่นครั้งแรก

5. การให้น้ำดาวเรือง ดาวเรืองเป็นพืชที่ชอบการให้น้ำในลักษณะให้น้อย ๆ แต่บ่อย ๆ ครั้ง หรือชอบชื้นแต่ไม่ชอบแฉะและน้ำท่วมขัง

**ตาราง 3 การให้น้ำและการใส่ปุ๋ยดาวเรือง**

| | | | |
|---|---|---|---|
| การให้น้ำดาวเรืองหลังย้ายปลูก | | | |
| ช่วงการเจริญเติบโต | ทุก ๆ 7 วันให้น้ำ 1 ครั้ง | | ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อม |
| ช่วงก่อนตัดดอก | ควรให้น้ำก่อนการตัดดอก 2 วัน วันถัดไปหรือวันที่ 3 จึงตัดดอก | | การให้น้ำก่อนการตัดดอก 2 วันจะได้ดอกใหญ่ไม่เหี่ยวง่าย |
| ช่วงระหว่างตัดดอก | ทุก ๆ 2 วัน (ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อม) | | |
| การให้ปุ๋ยดาวเรืองหลังการย้ายปลูก | | | |
| ระยะเวลาเริ่มให้น้ำ | ปุ๋ยสูตร | อัตราการผสม | |
| ช่วงหลังย้ายปลูกฤดูหนาว | สูตร 46-0-0 | ปุ๋ย 1 กก./น้ำ 100 ลิตร | ให้ปุ๋ยดอกดาวเรืองติดต่อกัน 2 ครั้ง โดยครั้งที่ 1 และ 2 ห่างกัน 7-10 วัน |
| ช่วงหลังย้ายปลูกฤดูฝน | สูตร 15-0-0 | ปุ๋ย 1 กก./น้ำ 100 ลิตร | |
| ระยะเวลาเริ่มให้ปุ๋ยเม็ดตอนกลบโคนต้นดาวเรือง 5-10 วันหลังการให้ปุ๋ยน้ำครั้งที่2 | | | |
| ช่วงกลบโคนต้น | ปุ๋ยสูตร | อัตราการใช้ | |
| | สูตร 15-15-15 | 20-25 กรัม | โรยปุ๋ยรอบทรงพุ่มพร้อมกับการทำรุ่นและกำจัดวัชพืช |
| | สูตร 8-24-24 | 20-25 กรัม | |

**ที่มา**: บริษัท ชิตกร ควอลิตี้ ซีดส์ จำกัด, 2559

**โรคและแมลงที่สำคัญต่อดาวเรือง**

**โรคที่สำคัญ** (สมเพียง เกษมทรัพย์, 2532)

1. โรคเหี่ยว เป็นโรคที่เกิดจากเชื้อราไฟทอปธอรา (Phytophthora) มักเกิดกับดาวเรืองที่ดอกกำลังเริ่มทยอยบาน ระยะแรกมีอาการคล้ายกับดาวเรืองขาดน้ำ กล่าวคือ อาการเหี่ยวจะแสดงในตอนกลางวันส่วนกลางคืนอาการจะปกติ หลังจากนั้นประมาณ 3 -4 วัน ดาวเรืองก็จะเหี่ยวทั้งต้นและตายไปในที่สุดการป้องกันกำจัด ใช้สารเคมีป้องกันและกำจัดเชื้อรา เช่น แมนโคเซ็ป ฉีดพ่นสลับกับคาร์เบนดาซิมประมาณสัปดาห์ละครั้ง และถ้าพบมากต้นที่เป็นโรคและตายในแปลงต้องรีบกำจัดทิ้ง

2. โรคราแป้ง เกิดจากเชื้อราชนิดหนึ่งลักษณะอาการ คือจะเห็นสปอร์ของเชื้อราเป็นฝุ่นสีขาว ๆ ตามใบของดาวเรือง ทำให้ใบหยิก การเจริญเติบโตชะงัก ถ้าเป็นมากอาจทำให้ต้นตายในที่สุด การป้องกันกำจัด โดยการพ่นด้วยสารเคมีป้องกันกำจัดเชื้อรา เช่น แมนโคเซ็ป ไดแทน-เอ็ม 45 ประมาณสัปดาห์ละครั้ง

3. โรคดอกไหม้ เกิดเชื้อราเข้าทำลายดอกดาวเรือง ทำให้ดอกเป็นสีน้ำตาลจนไม่สามารถเก็บเกี่ยวได้ การป้องกันกำจัด ควรฉีดพ่นด้วยสารเคมีแมนโคเซ็ปหรือดาโคนิล โดยฉีดพ่นให้ทั่วทั้งแปลง

4. เพลี้ยไฟ เข้าทำลายโดยดูดกินน้ำเลี้ยงจากยอดอ่อนและใบอ่อน จะเห็นมีรอยขีดตามใบหรือกลีบเลี้ยงของดอก เพลี้ยไฟจะระบาดมากในช่างฤดูร้อน การป้องกันกำจัด ใช้สารเทมมิค เอ จี (Temic A.G.) ฝังรอบ ๆ โคนต้น โดยฝังให้ห่างโคนต้นประมาณ 1 ฝ่ามือ หรือฉีดพ่นด้วยสารโตกุไธออนสัปดาห์ละครั้ง

5. หนอนกระทู้หอม เป็นหนอนของผีเสื้อกลางคืน จะเข้าทำลายในขณะที่ดอกดาวเรืองเริ่มบานหนอนจะกัดกินดอกดาวเรือง ทำให้ดอกแหว่ง เสียหาย การป้องกันกำจัด ฉีดพ่นด้วยสารเคมีกำจัดแมลง เช่น แลนเนท, แคสเคต หรือใช้เชื้อไวรัสทำลายแมลงพวกเอ็น.พี.วี (NPV) ฉีดพ่นในแปลงที่มีหนอนกระทู้หอมระบาด

**แมลงศัตรูสำคัญของดาวเรือง**

**1. เพลี้ยไฟ**

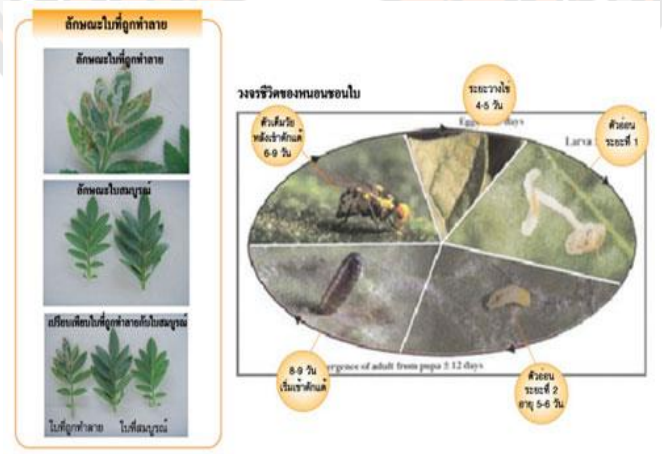
เพลี้ยไฟจะเข้าทำลายและดูดกินน้ำเลี้ยงที่ยอดอ่อน ทำให้ใบหงิกงอแล้วห่อขึ้น ไม่แตกใบใหม่ จะเห็นมีรอยขีดตามใบหรือกลีบเลี้ยงของดอก จะพบเห็นมากในตอนกลางวัน ตัวเรียวเล็กสีน้ำตาล ส่วนมากพบใต้ใบ ใช้สารเคมีพ่นกำจัดเพลี้ยไฟทุก ๆ 5-7 วัน หากระบาดมากทุก ๆ 2-3 วัน โดยมากในช่วงหลังฝนตก ที่มีความชื้นสูง และอากาศร้อนอบอ้าว ควรฉีดพ่นในช่วงสาย และช่วงบ่าย หลีกเลี่ยงการฉีดพ่นยาในช่วงที่มีอากาศร้อนจัด เพราะตัวยาบางชนิดจะทำให้ใบไหม้ได้ (มีระบาดในช่วงหลังเด็ดยอด)

**ภาพ 4 เพลี้ยไฟดาวเรือง**

**ที่มา**: ศิรินภา เจริญผล, และเจนจิรา เหลี่ยมแฉ่ง, 2560

**2. หนอนชอนใบ**

ทำลายใบอ่อนตัวหนอนที่ฟักจากไข่ไชชอนเป็นทางยาวหรือ สร้างอุโมงค์กัดกินและขับถ่ายอยู่ภายในใบที่ถูกทำลายจะแสดงลักษณะแคระแกรน บิดเบี้ยว มีสารเคมีหลายชนิดที่ใช้สำหรับป้องกันกำจัดหนอนชอนใบ แต่ช่วงเวลาพ่นสารเคมีสำหรับกำจัดหนอนชอนใบจะต้องกระทำในช่วง 6 โมงถึง 9 โมงเช้าเท่านั้น หากเกษตรกรพ่นในช่วงเวลาอื่น ๆ สารเคมีจะไม่มีผลในการทำลาย (ระบาดในช่วงที่ย้ายปลูกใหม่ ๆ ก่อนเด็ดยอด)




**ภาพ 5 การเข้าทำลายของหนอนชอนใบดาวเรือง**

**ที่มา**: ศิรินภา เจริญผล, และเจนจิรา เหลี่ยมแฉ่ง, 2560

**3. หนอนกัดใบ และหนอนผีเสื้อ**

หนอนจะกัดกินดอกจนกลีบดอกร่วงเสียหาย เข้าทำลายในขณะที่ดอกเริ่มบาน หนอนเหล่านี้เป็นตัวอ่อนของผีเสื้อกลางคืน ดังนั้นนิสัยการออกหากินจะเป็นช่วงเวลากลางคืน การใช้สารเคมีชนิดถูกตัวตายจะมีประสิทธิภาพสูงที่สุด ช่วงเวลาที่เหมาะสมมี 2 เวลาคือ ใกล้ช่วงเช้าประมาณตี 2 หรือทุก ๆ เช้าช่วง 6 โมงถึง 7 โมง เช้า หรือ 1 ทุ่ม ถึง 3 ทุ่ม จะเหมาะสมกว่า หนอนกัดใบ และหนอนผีเสื้อจะมีการขยายพื้นที่หากินจากจุดศูนย์กลาง และเคลื่อนย้ายไปตามที่อื่น ๆ ที่มีอาหาร(ใบ ลำต้น ดอก) ดังนั้นเราอาจพ่นเป็นจุดหรือพ่นรอบ ๆ พื้นที่เสียหาย และมีการตรวจสอบทุกระยะ หากการทำลาย ยังมีอยู่ จำเป็นต้องฉีดซ้ำอีกครั้งหนึ่ง (ระบาดในช่วงตุ่มดอก)

**ภาพ 6 การทำลายของหนอนกัดใบและหนอนผีเสื้อบนดาวเรือง**

**ที่มา**: ศิรินภา เจริญผล, และเจนจิรา เหลี่ยมแฉ่ง, 2560

**4. ไรแดง**

ไรแดงพบมากในช่วงฤดูร้อน อากาศร้อนจัด พบมากในส่วนใต้ใบ และจะลามไปทั้งแปลง ไรแดงมีรูปร่างคล้ายกับแมงมุม ขนาดเล็กมาก สีแดงชอบอยู่กันเป็นกลุ่ม หากมีปริมาณมากจะสร้างเส้นใยคล้ายใยแมงมุมคลุมทั้งต้น ใบพืชที่โดยทำลายจะแสดงอาการเป็นจุดด่าง ๆ สีเหลือง แล้วทำให้ใบหงิกงอห่อลงช่วงเวลาการพ่นสารเคมีในช่วงสายและช่วงบ่าย จะมีประสิทธิภาพมากที่สุด (มักระบาดในช่วงหลังเด็ดยอด)

**ภาพ 7 การทำลายของไรแดงบนใบดาวเรือง**

**ที่มา**: ศิรินภา เจริญผล, และเจนจิรา เหลี่ยมแก่ง, 2560

**การใช้ประโยชน์จากดาวเรือง**

ดาวเรืองเป็นไม้ดอกที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจมากชนิดหนึ่ง นอกจากจะมี ความสำคัญทางเศรษฐกิจแล้ว ยังสามารถนำไปใช้ประโยชน์ด้านอื่น ๆ ได้อีกด้วย การนำดาวเรืองไปใช้ประโยชน์สรุปได้ดังนี้

1. ปลูกประดับเพื่อความสวยงาม ดาวเรืองเป็นไม้ดอกที่มีความ สวยงาม กลีบดอกสีเหลืองเรียงอัดกันแน่น และมีอายุการใช้งานนาน ดังนั้นจึงเหมาะสำหรับปลูกเพื่อประดับอาคารบ้านเรือนและสถานที่ต่าง ๆ เพื่อให้เกิดความเพลิดเพลินตา สบายใจ

2. ปลูกเพื่อใช้ประโยชน์ในการป้องกันแมลง เนื่องจากดาวเรืองเป็นสารที่มีกลิ่น เหม็น (ฉุน) แมลงไม่ชอบ จึงสามารถใช้เป็นเกราะป้องกันแมลงให้แก่พืชอื่น ๆ ด้วย นอกจากนี้รากของดาวเรืองยังมีสารชนิดหนึ่งที่ช่วยลดปริมาณไส้เดือนฝอยในดินได้

3. ปลูกเพื่อจำหน่าย

3.1 ใช้ทำพวงมาลัย ปัจจุบันนิยมนำดาวเรืองมาร้อยพวงมาลัยกันมากไม่ว่าจะเป็นพวงมาลัยไหว้พระ หรือพวงมาลัยสำหรับคล้องคอในงานพิธีต่าง ๆ การตัดดอกดาวเรือง สำหรับใช้ประโยชน์ในด้านนี้จะต้องให้มีก้านดอกสั้น หรือเหลือเฉพาะดอก

3.2 ใช้ปักแจกัน เนื่องจากดาวเรืองเป็นไม้ดอกที่มีลักษณะกลมเรียงตัวกันแน่นเป็นระเบียบและมีสีสันสวยงาม จึงมีคนนิยมนำมา ปักแจกันมากไม่ว่าจะเป็นแจกันตั้งตามโต๊ะ รับแขก ตามหิ้งพระ หรือแจกันประกอบโต๊ะหมู่บูชา การตัดดอกดาวเรืองเพื่อนำมาปักแจกันนี้ควรตัดให้มีก้านดอกยาวประมาณ 18-20 นิ้ว มัดดอกดาวเรืองเป็นกำ ๆ แล้วใช้กระดาษหนังสือพิมพ์ห่อเพื่อให้ดอกดาวเรืองคงความสดอยู่ได้นาน ๆ

3.3 การปลูกลงกระถางหรือถุงเพื่อประดับอาคารสถานที่ ปัจจุบันมีการนำกระถางหรือถุงดาวเรืองมาประดับอาคาร สถานที่กันมากขึ้น เพราะสามารถใช้ประดับไว้เป็นเวลานาน ไม่ว่าจะเป็นงานพิธีต่าง ๆ เช่น งานนิทรรศการ งานพระราชทานปริญญาบัตรหรือแม้แต่งานพิธีตามอาคารบ้านเรือน การปลูกดาวเรืองเพื่อใช้ประโยชน์ ในด้านนี้ก็เหมือนกับการปลูกดาวเรือง โดยทั่วไป เพียงแต่เป็นการปลูกลงในกระถาง หรือถุง แทนที่จะปลูกลงในแปลงดอก ดาวเรืองเริ่มบานก็นำไปใช้ประโยชน์หรือ จำหน่ายได้

3.4 จำหน่ายให้กับโรงงานผลิตอาหารสัตว์ เนื่องจากดาวเรืองเป็นพืชที่มี สารแซนโทฟิล (Xanthophyll) สูง เมื่อตากให้แห้งจะสามารถนำไปเป็นส่วนผสม อาหารสัตว์ได้ดี โดยเฉพาะอาหารของไก่ไข่ จะทำให้ไข่แดงมีสีแดงสดใสน่ากินยิ่งขึ้น โดยเฉพาะพันธุ์ที่มีดอกสีส้มแดง

**ศักยภาพการสังเคราะห์แสงของใบพืช**

**การเจริญเติบโตของใบพืช**

ใบเป็นส่วนประกอบหลักหรืออวัยวะหลักของพืช ทำหน้าที่รับแสงเพื่อนำไปใช้ในการสังเคราะห์แสง ใบ แล้วมีการเคลื่อนย้ายอาหารที่สร้างขึ้นไปเลี้ยงส่วนต่าง ๆ ของพืช การเกิดใบในพืชใบเลี้ยงเดี่ยวเช่นพวกหญ้า แบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ แผ่นใบและส่วน sheath ดังนั้นใบอ่อนจะเกิดอยู่ใน pseudostem หรือในใบแก่ที่ม้วนหุ้มอยู่ ตรงกันข้ามในพืชใบเลี้ยงคู่เมื่อใบเจริญออกมาจากตาใบจะมีการแผ่ของแผ่นใบคลี่ออกมาได้เลย ในการศึกษาทางสรีรวิทยาต้องคำนึงถึงปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญของใบ ถึงแม้ว่าจำนวนใบและขนาดใบถูกควบคุมโดยลักษณะพันธุกรรมและสิ่งแวดล้อม นอกจากนี้ความแตกต่างของความกว้างและความยาวใบยังขึ้นกับช่วงการเจริญเติบโตของพืชด้วย (อภิพรรณ พุกภักดี, ไสว พงษ์เก่า และวิจารณ์ วิชชุ, 2529) พืชอาจเริ่มต้นมาจากการพัฒนาจากเมล็ด (จาก embryo) หรือมาจากเนื้อเยื่อเจริญของต้นพืช โดยจะมีการแบ่งและขยายใหญ่ขึ้นของเซลล์ แล้วพัฒนาไปเป็นตัวใบและก้านใบ ใบพืชที่มีขนาดพื้นที่ใบมากพอ จะสามารถรับแสงที่ส่องลงยังต้นพืชได้ทั้งหมด หรือมีใบปกคลุมดินที่พืชชนิดนั้นขึ้นอยู่อย่างสนิท เพราะพลังงานที่ส่องลงมาจะสูญเสียไปกับการเผาผลาญพื้นดินดังนั้นการสังเคราะห์แสงของใบในช่วงแรกจึงยังดำเนินได้ไม่เต็มที่ จนกว่าใบจะขยายขนาดเต็มที่แล้ว (เฉลิมพล แซมเพชร, 2535)

**ปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบ**

ในพืชสีเขียวที่สามารถสังเคราะห์แสงได้จะประกอบด้วยรงควัตถุ ซึ่งมีหลายกลุ่ม แต่ละกลุ่มสามารถแบ่งออกเป็นหลายชนิดแต่ละชนิดมีคุณสมบัติในการดูดกลืนแสงแตกต่างกัน (ปิยะดา ธีระกุลพิศุทธิ์, 2540) รงควัตถุจำพวกคลอโรฟิลล์ (Chlorophyll) ทำหน้าที่สำคัญในการดูดซับพลังงานจากแสงอาทิตย์และกระตุ้นปฏิกิริยาแสงในกระบวนการสังเคราะห์แสง คลอโรฟิลล์เป็นรงควัตถุสีเขียวที่พบมากในพืช มีหลายชนิด ได้แก่ คลอโรฟิลล์เอ บี ซี และดี เป็นต้น โดยแต่ละชนิดมี

โครงสร้างและคุณสมบัติต่างกันไป คลอโรฟิลล์มีโครงสร้างประกอบด้วยส่วนหัวเป็นส่วนที่ชอบน้ำ (Hydrophilic) ทำหน้าที่ดูดพลังงานแสง มีโครงสร้างเป็นไพโรลแบบวงแหวน 4 วง โดยแมกนีเซียมไอออน ($Mg^{2+}$) เป็นศูนย์กลาง และมีส่วนหางเป็นไฮโดรคาร์บอนช่วยยึดรงควัตถุกับระบบแสง ในพืชพบว่าคลอโรฟิลล์เอดูดแสงได้ดีที่สุดที่ความยาวช่วงคลื่นซึ่งมีศูนย์กลางปฏิกิริยาที่ 680 และ 700 นาโนเมตร เรียก P680 และ P700 ตามลำดับ สำหรับคลอโรฟิลล์บีสามารถดูดแสงได้ดีในหลายความยาวคลื่น ได้แก่ 480, 640 และ 650 นาโนเมตร (สมบุญ เตชะภิญญาวัฒน์, 2548) ซึ่งพืชจะมีการสร้างคลอโรฟิลล์ในปริมาณเท่าที่จำเป็นต้องใช้และเป็นตัวบ่งชี้ที่ดีถึงสภาวะการขาดไนโตรเจนและธาตุอาหารที่เป็นวัตถุดิบในการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์ (สุนทรี ยิ่งชัชวาล และคณะ, 2544) ซึ่งความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณคลอโรฟิลล์เอกับการยืดขนาดด้านกว้าง และด้านยาวของใบผักโขมทั้ง 4 สายพันธุ์ พบว่าในช่วงที่ใบกำลังยืดขยาย ปริมาณคลอโรฟิลล์เอจะเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องและยังเพิ่มสูงขึ้นได้เรื่อย ๆ แม้ว่าการยืดขนาดใบเริ่มชะลอตัว ซึ่งเห็นชัดเจนในผักโขมใบสีแดงสายพันธุ์ AS041-B ต่อมาหลังจากที่ขนาดของใบคงที่ได้ช่วงระยะหนึ่งกลับพบว่าปริมาณคลอโรฟิลล์เอเริ่มลดลงใบเริ่มหมดสภาพ โดยเฉพาะในผักโขมใบสีเขียวสายพันธุ์ AS202 โดยขณะที่ใบพัฒนาเต็มที่ปริมาณคลอโรฟิลล์ของใบผักโขมทั้ง 4 สายพันธุ์ มีค่าเท่ากับ 0.30-0.36 g $m^{-2}$ (รุ่งนภา แก้วทองราช, 2552)

**ประสิทธิภาพการใช้แสงสูงสุด (photochemical efficiency or efficiency of PSII reaction)**

สุนทรี ยิ่งชัชวาล, และธาดา ชัยสีหา (2543) อธิบายว่าเมื่อพลังงานแสงส่องกระทบใบพืช ใบจะมีการถ่ายเทพลังงานได้หลายวิธี วิธีหลัก คือ การใช้พลังงานแสงในกระบวนการสังเคราะห์แสง พลังงานส่วนเกินจะระบายโดยเป็นคลื่นความร้อน และแผ่เป็นรังสีฟลูออเรสเซนซ์ การวัดรังสีฟลูออเรสเซนซ์จึงเป็นวิธีหนึ่งที่ใช้ประเมินประสิทธิภาพของกระบวนการสังเคราะห์แสงได้ เมื่อพลังงานแสงตกใส่เสารับ photon(antenna) พลังงานแสงจะแยกอิเล็กตรอนจากโมเลกุลน้ำแล้วส่งผ่านระบบส่งถ่ายอิเล็กตรอนของphotosystem II (PSII) ทำให้ reaction centers ได้แก่ plastoquinone ที่รับอิเล็กตรอนกลายเป็นสภาพถูก reduced กล่าวว่าขณะนั้น reaction centers อยู่ในสภาพปิด ในช่วงนี้พลังงานแสงที่ยังได้รับจะกลายเป็นส่วนเกิน เพราะอิเล็กตรอนที่แตกตัวด้วยแสง ไม่สามารถส่งถ่ายต่อไปได้พลังงานส่วนนี้ต้องกำจัดทิ้งในรูปความร้อน และแผ่เป็นรังสีฟลูออเรสเซนซ์ที่มีช่วงคลื่นยาวขึ้น ระดับของฟลูออเรสเซนซ์ที่วัดได้จึงมีค่าสูง ต่อมาเมื่อ reaction centers ส่งถ่ายอิเล็กตรอนไปแล้วและกลับอยู่ในสภาพออกซิไดซ์ใหม่คืออยู่ในสภาพเปิดจะสามารถเปิดรับอิเล็กตรอนได้อีก รังสีฟลูออเรสเซนซ์ก็จะลดต่ำ ลงสลับกัน การลดระดับของรังสีฟลูออเรสเซนซ์ในรูปนี้เป็นการลดโดยกระบวนการสังเคราะห์แสงที่เรียกว่า photochemical quenching (qP) ส่วนการลดโดยวิธีอื่นทั้งหมดเรียกว่าเป็น non-photochemical quenching (NPQ) วิธีหลักคือเป็นรังสีความร้อนแผ่จากใบ และการลดที่เกี่ยวกับความเข้มข้นของโปรตรอนที่เยื่อไทลาคอยด์ (Krause *et al*., 1991) ใน

ปัจจุบันนิยมวัดด้วยเครื่องมือประเภท pulse amplitude modulation fluorometer เครื่องที่ใช้เป็นรุ่น Mini-PAM (บริษัท Heinz Walz GmbH ประเทศเยอรมัน) ซึ่งเป็นระบบให้แสงเต็มที่แก่ส่วนของใบที่วัด แล้วตรวจอ่านระดับฟลูออเรสเซนซ์ ที่ได้ (Heinz Walz GmbH, 1996) เครื่องวัดจะให้แสงความเข้มต่ำก่อน ซึ่งเครื่องจะอ่านค่า Fo (minimum, quasi-dark fluorescenceyield) หลังจากนั้นเครื่องจะส่องแสงความเข้มข้นสูงมากเพื่อให้มีการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนเต็มกำลังรับของระบบ PSII (saturating light pulse) คือให้ reaction centers อยู่ในสภาพปิดหมด เพื่อให้เกิดรังสีฟลูออเรสเซนซ์เต็มที่ ค่าที่เครื่องอ่านได้ในช่วงนี้คือ Fm (maximum total fluorescence yield) ผลต่างของทั้งสองค่าเรียกว่า Fv (variable fluorescence, Fv = Fm Fo) ค่าที่คำนวณคือค่าสัดส่วนของ Fv/Fm เรียกว่า maximum quantum yield ($\Phi$ dark) ซึ่งจะแสดงถึงประสิทธิภาพของการจับพลังงานโดย reaction centers หรือเป็นค่าสัดส่วนของพลังงานแสงที่พืชดูดซับทั้งหมดที่ถูกนำไปใช้ในกระบวนการสังเคราะห์แสง ดังนั้นถ้าใบอยู่ในสภาพมืด และ reaction centers อยู่ในสภาพเปิดเต็มที่ คือหลังจากมีการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนผ่าน PSII สมบูรณ์

**งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง**

ภูมิศักดิ์ อินทนนท์ (2552) ได้พัฒนาปุ๋ยที่มีคุณสมบัติแบบองค์รวม เพื่อเป็นการเพิ่มผลผลิตพืชทั้งทางปริมาณและคุณภาพโดยมุ่งเน้นการผลิตที่มีความยั่งยืน เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม จึงได้พัฒนาปุ๋ยที่มีคุณสมบัติแบบองค์รวมที่ให้ธาตุอาหารครบแบบสมดุลตามความต้องการของพืชแต่ละชนิดผสมกับฮอร์โมนพืช(อินทรีย์)และเป็นปุ๋ยที่ช่วยปรับปรุงดินทั้งทางกายภาพ-เคมี-ชีวภาพไปพร้อม ๆ กัน เรียกว่าปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม (Chemical and granular organic fertilizer with Hormone Mixed formula ) หรือ HO หมายถึง การนำเอาธาตุอาหารที่พืชจำเป็นทั้ง 16 ธาตุตามความต้องการของพืชแต่ละชนิดมาผสมกับจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ (EM) ผสมกับฮอร์โมนอินทรีย์น้ำ ผสมกับสารสกัดสมุนไพร สารปรับปรุงดิน สารเสริมภูมิต้านทานโรคและแมลงหลายชนิดเข้าไว้ภายในเม็ดเดียวกัน แล้วเคลือบด้วยสารควบคุมการปลดปล่อยธาตุอาหารให้มีคุณสมบัติเป็นปุ๋ยละลายช้า ใช้ได้กับพืชทุกชนิด

สืบสกุล ศิริยุทธ์, และศักดิ์ดา จงแก้ววัฒนา (2554) ทำการประเมินระดับคลอโรฟิลล์ในใบข้าวโพดโดยการใช้ Chlorophyll meter และความสัมพันธ์ กับน้ำหนักแห้งมวลชีวภาพและผลผลิต การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินระดับคลอโรฟิลล์ในใบข้าวโพดโดยการใช้ Chlorophyll meter (Minolta SPAD-502) และศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าที่อ่านได้จาก เครื่อง SPAD ซึ่งกำหนดเป็นค่า SPAD chlorophyll meter reading (SCMR) กับน้ำหนักแห้งมวลชีวภาพและผลผลิตของข้าวโพด โดยทำการปลูกข้าวโพดพันธุ์สุวรรณ 5 ภายใต้การจัดการปุ๋ยไนโตรเจน 13 ระดับ และทำการวัดค่าความเข้มของสีใบด้วย เครื่องมือ SPAD-502 ตามระยะพัฒนาการของข้าวโพด

จากผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าพลวัตค่า SCMR ที่วัดได้จากใบข้าวโพดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะพัฒนาการและแปรผันตามระดับปุ๋ยไนโตรเจนที่ใส่ โดยการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนที่มากขึ้นส่งผลให้ค่า SCMR เพิ่มขึ้นตามนอกจากนี้ยังพบว่าค่า SCMR มีความสัมพันธ์กับน้ำหนักแห้งมวลชีวภาพและผลผลิต ซึ่งสามารถแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง (linear relationship) นอกจากนั้นความสัมพันธ์ระหว่างค่า SCMR น้ำหนักแห้งมวลชีวภาพ และผลผลิต สามารถแสดงได้ด้วยสมการ linear response surface ซึ่งสามารถนำมาใช้ในการประเมินผลผลิตจากค่า SCMR และค่าน้ำหนักแห้งมวลชีวภาพ

ชวลิต รักษาริกรณ์ และคณะ (2555) การศึกษานี้เป็นแนวทางในการใช้ปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสมทดแทนการใช้ปุ๋ยเคมีในการปลูกยางพาราอย่างเหมาะสมและยั่งยืนประกอบด้วย 2 การทดลองในแบบ RCBD โดยใช้ต้นยางสายพันธุ์ RRIM 600 อายุ 1 ปีและ 4 ปีในแปลงเกษตรกรเป็นพืชทดสอบประกอบด้วย 5 กรรมวิธีๆละ 4 ซ้ำ ๆ ละ 1 ต้นรวมทั้งหมด 20 ต้น ดังนี้ T0 ไม่ใส่ปุ๋ยแปลงเปรียบเทียบ(VCO), T1 ใส่ปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม-1(VHO-1), T2 ใส่ปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม 2 (VHO2), T3 ใส่ปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม-3 (VHO3),และ T4 ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 (VCH) ตามลำดับการใส่ปุ๋ยยางอายุ 1 ปีใส่อัตรา 300 กรัม /ต้น/ปีและยางอายุ 4 ปีใส่อัตรา 1,000 กรัม / ต้น/ปี ตามลำดับ ทำการบันทึกข้อมูลดังนี้ 1) สภาพแวดล้อมบริเวณแปลงทดลอง 2) การวิเคราะห์ดินก่อนและหลังการทดลอง 3) วิเคราะห์คุณสมบัติด้านเคมีบางประการของปุ๋ย 4) บันทึกข้อมูลการเจริญเติบโตของยางพารา จากผลการศึกษา พบว่าสภาพสิ่งแวดล้อมบริเวณแปลงทดลองอยู่ในสภาวะปกติเหมือนทุกปี ผลจากการวิเคราะห์ดินพบว่าดินก่อนและหลังการทดลองมีไนโตรเจนและโพแทสเซียมอยู่ในระดับต่ำถึงปานกลางส่วนธาตุอาหารรองและธาตุอาหารเสริมอยู่ในระดับต่ำเช่นเดียวกันผลการวิเคราะห์ปุ๋ยพบว่าธาตุไนโตรเจนแสดงออกมาสูงสุดในกรรมวิธี T4(46%), T3(8.56%), T2(8.39%) และ T1(7.39%) ตามลำดับธาตุฟอสฟอรัสแสดงออกมาสูงสุดในกรรมวิธี T3(8.15%), T2(7.16%), T1(6.31%) และ T4(0.00%) ตามลำดับธาตุโพแทสเซียมแสดงออกมาสูงสุดในกรรมวิธี T3(4.05%), T1(3.58%), T2(3.26%) และ T4(0.00%) ตามลำดับส่วนธาตุอาหารรองธาตุอาหารเสริมพบว่ามีอยู่ครบถ้วนในกลุ่มปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสมแต่ไม่พบในปุ๋ยเคมี (T4) ผลการเจริญเติบโตทางด้านลำต้นใบของยางพาราอายุ 1 ปีในด้านความสูงต้นขนาดลำต้นและจำนวนฉัตรพบว่า T3, T1, T2, T4 และ T0 แสดงผลสูงสุดตามลำดับและในในยางพาราอายุ 4 ปีพบว่า T3, T4, T2, T1 และ T0 แสดงผลสูงสุดตามลำดับเมื่อพิจารณาถึงคุณสมบัติและองค์ประกอบของปุ๋ยแล้วพบว่า T3 ปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม-3 มีความเหมาะสมมากที่สุดในการส่งเสริมเพื่อทดแทนปุ๋ยเคมีสำหรับการปลูกยางพาราช่วงอายุ 1- 4 ปี

สุรีรัตน์ จับแก้ว, และภูมิศักดิ์ อินทนนท์ (2555) ทำการศึกษาอิทธิพลของฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสมที่มีผลต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตข้าว ทำการทดลองในแปลงกสิกรที่หมู่ 9 ตำบลท่าโพธิ์ อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก จัดสิ่งทดลองประกอบด้วย 7 กรรมวิธี ๆ คือ T0 ไม่ใส่ปุ๋ย, T1 ปุ๋ยเคมี (46-0-0), T2 ปุ๋ยเคมี (16-20-0), T3 ฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม-1, T4 ฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม-2, T5 ฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม-3 และ T6 ปุ๋ยอินทรีย์ปั้นเม็ด ในแผนการทดลองแบบ RCBD มี 3 ซ้ำ ระหว่าง มกราคม - เมษายน 2555 ใส่ปุ๋ยทุกกรรมวิธีในอัตรา 50 กก./ไร่ พบว่า กรรมวิธีที่มีธาตุอาหารหลักรวมสูงสุดได้แก่ T1, T2, T4, T5, T3, และ T6 ตามลำดับ กรรมวิธีที่มีธาตุอาหารรองรวมสูงสุด ได้แก่ T5, T4, T3, T6, T1 และ T2 ตามลำดับ และกรรมวิธีที่มีธาตุอาหารเสริมรวมสูงสุดได้แก่ T4, T5, T3, T6, T1 และ T2 ตามลำดับ ด้านการเจริญเติบโตทางด้านลำต้นใบ (Vegetative Phase) ของข้าว พบว่ากรรมวิธีที่มีการเจริญเติบโตสูงสุด ในด้านความสูงมากที่สุด ได้แก่ T5, T3, T4, T1, T2, T6, และ T0 ตามลำดับ กรรมวิธีที่ให้ผลผลิตสูงสุด ได้แก่ T4, T5, T3, T6, T2, T0 และ T1 ตามลำดับ โดยได้ผลผลิต 784., 778, 777, 737, 727, 657 และ 557 กก./ไร่ ตามลำดับ ต่างกันอย่างมี นัยสำคัญทางสถิติ สรุปได้ว่าฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม-2 (T4) เหมาะสมในการปลูกข้าวมากที่สุด เพราะได้ผลผลิตสูงสุด อันเนื่องมาจากมีธาตุอาหารที่จำเป็นสำหรับพืชอยู่ครบถ้วนในปริมาณมากและมีคุณสมบัติในการช่วยปรับปรุงดินได้อีกด้วย

เสกสรร พินเขียว (2555) ศึกษาผลของวัสดุเหลือใช้อินทรีย์และพันธุ์ไส้เดือนดินต่อสมบัติของปุ๋ยมูลไส้เดือนดินที่ใช้ปลูกดาวเรืองแบ่งเป็น 2 การทดลองคือ 1. การผลิตปุ๋ยหมักจากไส้เดือนดิน 3 ชนิด ได้แก่ *Eudrilus eugeniae* (African night crawler) *Perionyx excavatus* (Blue worm) และ *Pheretima peguana* (ขี้ตาแร่) โดยใช้วัสดุอินทรีย์ 4 ชนิด คือ 1) เศษผักใบ 2) เศษผักหัว 3) เปลือกผลไม้ และ 4) เศษอาหาร เป็นอาหารไส้เดือน วางแผนการทดลองแบบ 3X4 factorial in RCB จำนวน 3 ซ้ำ ผลการศึกษาพบว่าปุ๋ยมูลไส้เดือนดินที่ได้จากไส้เดือนดินชนิด *Eudrilus eugeniae* เลี้ยงด้วยเศษผักใบมีอินทรียวัตถุสูงสุดร้อยละ 45.58 ปุ๋ยหมักจากไส้เดือนดินทุกชนิดมีค่า pH อยู่ระหว่าง 5.8-7.5 และเลี้ยงด้วยเศษผักหัวมีฟอสเฟตทั้งหมดสูงสุดร้อยละ 3.35 ปุ๋ยหมักจากไส้เดือนดิน *Pheretima peguan* เลี้ยงด้วยเปลือกผลไม้มีโพแทสเซียมทั้งหมดสูงสุดร้อยละ 1.67 ส่วนสภาพการนำไฟฟ้าของปุ๋ยมูลไส้เดือนดินทุกชนิดมีค่าไม่ต่างกันทางสถิติ การทดลองที่ 2 ศึกษาผลของปุ๋ยมูลไส้เดือนดินที่ได้จากไส้เดือนชนิด *Eudrilus eugeniae* และ *Perionyx excavatus* ต่อการเติบโตและผลผลิตของดาวเรือง วางแผนการทดลองแบบ RCBD จำนวน 3 ซ้ำ มี 14 อัตราการใส่ปุ๋ย ได้แก่ ไม่ใส่ปุ๋ย ใส่ปุ๋ยมูลไส้เดือนดินที่ได้จากเศษผักใบ เศษผักหัว เปลือกผลไม้และเศษอาหาร ชนิดละ 3 อัตรา คือ 100, 150 และ200 กรัม/กระถาง ตามลำดับ และใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 16-16-16 อัตรา 20 กรัม/กระถาง ผลการศึกษาพบว่าการใส่ปุ๋ยมูลไส้เดือนดินที่ผลิตจากไส้เดือนดินชนิด *Eudrilus eugeniae* ส่งเสริมให้การเติบโตของต้นดาวเรืองและน้ำหนักดอกมากกว่าการไม่ใส่ปุ๋ยและใส่ปุ๋ยเคมี โดยที่ปุ๋ยมูล

ไส้เดือนดินที่ผลิตจากไส้เดือนดินชนิด *Eudrilus eugeniae* ส่งเสริมให้การเจริญเติบโตและน้ำหนักดอกดาวเรืองมากกว่าปุ๋ยมูลไส้เดือนจากไส้เดือนดิน *Pheretima peguan*

นพรัตน์ อมรสิน (2556) จากการศึกษาอิทธิพลการใช้ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 ร่วมกับปุ๋ยคอก 5 ชนิด ได้แก่ มูลเป็ด มูลไก่ มูลสุกร มูลโค และมูลกระบือต่อผลผลิตของดาวเรืองพันธุ์ทองเฉลิม 5011 โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบว่าการใช้ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยคอกชนิดใด จะสามารถเพิ่มปริมาณผลผลิตของดาวเรืองพันธุ์ทองเฉลิม 5011 โดยวางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design: CRD แบ่งเป็น 6 กลุ่มทดลอง กลุ่มทดลองละ 3 ซ้ำ ๆ ละ 6 กระถาง คือ การใช้ปุ๋ยเคมี สูตร 15-15-15 อัตรา 50 กิโลกรัม/ไร่ การใช้ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 50 กิโลกรัม/ไร่ ร่วมกับมูลเป็ด อัตรา 1,000 กิโลกรัม/ไร่ การใช้ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 50 กิโลกรัม/ไร่ ร่วมกับมูลไก่ อัตรา 1,000 กิโลกรัม/ไร่ การใช้ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 50 กิโลกรัม /ไร่ ร่วมมูลสุกร อัตรา 1,000 กิโลกรัม/ไร่ การใช้ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 50 กิโลกรัม/ไร่ ร่วมกับมูลโค อัตรา 1,000 กิโลกรัม/ไร่ การใช้ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 50 กิโลกรัม/ไร่ ร่วมกับมูลกระบือ อัตรา 1,000 กิโลกรัม/ไร่ โดยมีระยะเวลาในการดำเนินการ 60-70 วัน ทำการวิเคราะห์ข้อมูล ผลการทดลองปรากฏว่า กลุ่มทดลองที่ 3 ใช้ปุ๋ยเคมี สูตร 15-15-15 อัตรา 50 กิโลกรัม/ไร่ ร่วมกับมูลไก่ อัตรา 1,000 กิโลกรัม/ไร่ เมื่อการเก็บดอกดาวเรืองทั้งหมด 3 ครั้ง พบว่าให้เปอร์เซ็นต์การออกดอกเฉลี่ยมากที่สุด โดยแบ่งเกรดดอกได้ดังนี้ คือ ดอกเกรด A 31.00 ดอกต่อซ้ำ ดอกเกรด B 30.00 ดอกต่อซ้ำ และ ดอกเกรด C 23.66 ดอกต่อซ้ำ และมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ

พรทิพย์ ภาษี และคณะ (2556) ได้ศึกษาอิทธิพลของปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม HO ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตผลผลิตและเปอร์เซ็นต์แป้งมันสำปะหลัง โดยใช้มันสำปะหลังพันธุ์อีดำ(พันธุ์พื้นเมือง)เป็นพืชทดสอบ ที่ตำบลวังนกแอ่น อำเภอวังทอง จังหวัดพิษณุโลกปี 2555 วางแผนการทดลองแบบ RCBD ประกอบด้วย 8 กรรมวิธี ๆละ 4 ซ้ำ รวม 32 แปลงย่อยโดยพัฒนาปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม(HO)สำหรับมันสำปะหลังจำนวน 7 สูตร(ตามกรรมวิธีของภูมิศักดิ์, 2552) ผลการวิเคราะห์ปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสมพบว่า มีธาตุอาหารหลักอยู่ในสัดส่วน(Ratio)ของ N:P:K= 1: 1: 0.6 แต่มีแคลเซียม(Ca) กำมะถัน(S) ทองแดง(Cu) และโบรอน (B) อยู่ในระดับต่ำ ผลการวิเคราะห์การเจริญเติบโตของมันสำปะหลังพบว่า T4(HO-4) มีการเจริญเติบโตสูงสุด องค์ประกอบผลผลิตได้แก่ จำนวนหัวต่อต้น ความยาวหัว ขนาดหัว น้ำหนักสดต่อหัว น้ำหนักหัวสดต่อต้นพบว่า T4(HO-4) แสดงผลสูงสุดและได้ผลผลิตสูงสุด 6,140 กก./ไร่และสูงกว่าปุ๋ยเคมี (3,680 กก./ไร่) ส่วนกรรมวิธีที่มีเปอร์เซ็นต์แป้งสูงสุด ได้แก่ T3 (27.9%)แต่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับ T4 (26.9%) สูงกว่าปุ๋ยเคมี (23.9 %) ส่วนกรรมวิธี T0 (Control) ได้ผลผลิตต่ำสุด 1,380 กก./ไร่ และเปอร์เซ็นต์แป้งต่ำสุด 20.9% ตามลำดับ

ปณิดา ฟีสันเทียะ, และอินทิรา ดาวไธสง (2557) ศึกษาการใช้ปุ๋ยอินทรีย์และฟอสเฟตจากธรรมชาติที่ผ่านกระบวนการหมักโดยกลุ่มจุลินทรีย์ ที่มีประสิทธิภาพ (อีเอ็ม) เพื่อทดแทนปุ๋ยเคมี โดยใช้ดาวเรืองเป็นพืชทดสอบ วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อก สมบูรณ์ (randomized complete block design) มี 5 วิธีการ 5 ซ้ำ ดังนี้ วิธีการที่1 การไม่ใช้ปุ๋ย วิธีการที่ 2 การใช้ปุ๋ยเคมี วิธีการที่ 3 การใช้ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด วิธีการที่ 4 การใช้อีเอ็มหมักร่วมกับ หินฟอสเฟต และ วิธีการที่ 5 การใช้อีเอ็ม หมักร่วมกับ มูลค้างคาว โดยทำการศึกษา ณ บริเวณแปลงปลูกพืช แผนกวิชาพืช ศาสตร์ วิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยีนครราชสีมาผลจากการทดลอง พบว่า ผลต่อความสูงเฉลี่ยของต้นดาวเรือง ในสัปดาห์ที่ 1ถึงสัปดาห์ที่ 4 หลังการเด็ดยอดต้น ดาวเรือง 1 สัปดาห์ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ และผลต่อค่าเฉลี่ยดัชนีความกว้างทรงพุ่ม ของต้นดาวเรือง พบว่า ในสัปดาห์ที่ 1 ถึงสัปดาห์ที่ 3 หลังการเด็ดยอดไม่มีความแตกต่างทางสถิติส่วนในสัปดาห์ที่ 4 พบว่า มีความ แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยการใช้ปุ๋ยเคมี การใช้ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด การใช้อีเอ็มหมักร่วมกับหินฟอสเฟต และการใช้อีเอ็ม หมักร่วมกับ มูลค้างคาว ให้ค่าเฉลี่ยดัชนีความกว้าง ทรงพุ่ม ของต้นดาวเรืองเท่ากับ 39.50 36.00 29.20 และ 28.45 เซนติเมตรตามลำดับมากกว่า การไม่ใช้ปุ๋ยที่ให้ค่าเฉลี่ยดัชนีความกว้างทรงพุ่มของต้น เท่ากับ 26.60 เซนติเมตร ผลต่อเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของดอกสดเมื่อเก็บเกี่ยว พบว่า มีความ แตกต่างทางสถิติที่ ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์โดยการใช้ปุ๋ยเคมีการใช้อีเอ็มหมักร่วมกับ มูลค้างคาว การใช้อีเอ็มหมัก ร่วมกับหินฟอสเฟต และ การใช้ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดให้ค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางของดอกเท่ากับ 7.22 6.68 6.56 และ6.53 เซนติเมตร ตามลำดับมากกว่าการไม่ใช้ปุ๋ยที่ให้ค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางดอกเท่ากับ 26.60 เซนติเมตร และผลต่อน้ำหนักเฉลี่ยดอกสดของดาวเรืองเมื่อเก็บเกี่ยว พบว่า มีความ แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์โดยการใช้ปุ๋ยเคมีการใช้อีเอ็มหมักร่วมกับ มูลค้างคาว การใช้ อีเอ็มหมักร่วมกับ หินฟอสเฟต และ การใช้ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดให้ค่าน้ำหนักเฉลี่ยดอกสดเท่ากับ 9.48 9.16 8.67 และ 8.56 กรัมต่อกระถาง ตามลำดับมากกว่า การไม่ใช้ปุ๋ย ที่ให้ค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางดอกสดเท่ากับ 6.55 กรัมต่อกระถาง

เสรี เลาเทาะ และคณะ (2557) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณคลอโรฟิลล์ สารประกอบฟีนอลิก และ ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระกับค่าดัชนีความเขียวในผลผลิตของผักเชียงดาภายใต้อัตราปุ๋ยไนโตรเจนที่ต่างกัน วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ จำนวน 10 ซ้ำ มี 5 กรรมวิธี คือ ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในรูปยูเรีย อัตรา 0, 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 กรัมต่อต้น ใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัส 0.23 กรัม $P_2O_5$ ต่อต้น และใส่ปุ๋ยโพแทสเซียม 0.3 กรัม $K_2O$ ต่อต้นทดลองกับผักเชียงดาที่มีอายุ 3 เดือน หลังจากย้ายปลูกลงกระถาง ทำการเก็บตัวอย่างพืชส่วนยอดและใบ 2 คู่นับจากปลายยอดหลังจากใส่ปุ๋ยเป็นเวลา 2 สัปดาห์ เป็นเวลา 3 เดือน วิเคราะห์หาค่าดัชนีความเขียวของผลผลิต ปริมาณไนโตรเจน ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด คลอโรฟิลล์เอและบี สารประกอบฟีนอลิก และฤทธิ์การต้าน

อนุมูลอิสระ ผลการทดลอง พบว่าค่าดัชนีความเขียวของผลผลิตมีความสัมพันธ์กับปริมาณไนโตรเจน ($R^2$ = 0.88 **) ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด ($R^2$ = 0.96 **) คลอโรฟิลล์เอ ($R^2$ = 0.56**) คลอโรฟิลล์บี ($R^2$ = 0.90**) สารประกอบฟีนอลิก ($R^2$ = 0.92 **) และฤทธิ์การ ต้านอนุมูลอิสระ ($R^2$ = 0.86**) ตามลำดับ

ศิริพร กาทอง, และเฉลิม เรืองวิริยะชัย (2557) ทำการศึกษาการหาปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ในปุ๋ยอินทรีย์น้ำ งานวิจัยนี้เป็นการหาปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในปุ๋ยอินทรีย์น้ำจำนวน 8 ตัวอย่าง แบ่งเป็นปุ๋ยอินทรีย์น้ำที่ผลิตโดยโรงงานอุตสาหกรรม จำนวน 4 ตัวอย่าง และปุ๋ยอินทรีย์น้ำที่ผลิต ใช้เองโดยใช้พืชในท้องถิ่นของเกษตรกร จำนวน 4 ตัวอย่าง โดยย่อยตัวอย่างปุ๋ยอินทรีย์น้ำด้วยกรดแล้วนำไปหา ปริมาณไนโตรเจนด้วยเทคนิคเจลดาห์ หาปริมาณฟอสฟอรัสด้วยวิธีวานาโดโมลิบเดต โดยใช้เครื่องสเปคโทรโฟโตมิเตอร์วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 420 นาโนเมตร และหาปริมาณโพแทสเซียมโดยใช้เครื่อง อะตอมมิกอิมิสชันสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ ที่ความยาวคลื่น 766.5 นาโนเมตร จากผลการศึกษาปุ๋ยอินทรีย์น้ำทั้ง 8 ตัวอย่าง พบว่า ปริมาณไนโตรเจนที่ได้ในปุ๋ยอินทรีย์น้ำจากโรงงานอุตสาหกรรม มีปริมาณสูงกว่าปุ๋ยอินทรีย์น้ำ ที่เกษตรกรผลิตเอง พบว่า อยู่ในช่วง 692.30 – 6,320.30 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งปริมาณไนโตรเจนพบมากที่สุด อยู่ในปุ๋ยอินทรีย์น้ำตัวอย่างที่ 3 และพบน้อยที่สุดในปุ๋ยอินทรีย์น้ำตัวอย่างที่ 8 ส่วนปริมาณฟอสฟอรัสอยู่ในช่วง 26.11- 596.59 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งปริมาณฟอสฟอรัสพบมากที่สุดอยู่ในปุ๋ยอินทรีย์น้ำตัวอย่างที่ 2 พบน้อยที่สุดในในปุ๋ยอินทรีย์น้ำตัวอย่างที่ 8 เช่นเดียวกัน การหาปริมาณโพแทสเซียมที่ได้อยู่ในช่วง 89.13 - 629.01 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณโพแทสเซียมพบมากที่สุดอยู่ในปุ๋ยอินทรีย์น้ำตัวอย่างที่ 2 และน้อยที่สุดได้แก่ปุ๋ยอินทรีย์น้ำตัวอย่างที่ 5 ดังนั้นจากปุ๋ยอินทรีย์น้ำทั้ง 8 ตัวอย่าง ปุ๋ยอินทรีย์น้ำที่เหมาะสมใช้บำรุงพืชที่ต้องการธาตุอาหาร หลักควรเป็นปุ๋ยอินทรีย์น้ำตัวอย่างที่ 2 และตัวอย่างที่ 3

วิชาญ ชุ่มมั่น, และภูมิศักดิ์ อินทนนท์ (2559) ทำการศึกษาอิทธิพลของปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสมที่มีต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตข้าว และส่งผลต่อปริมาณการเข้าทำลายของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล วางแผนการทดลอง RCBD ประกอบด้วย 6 กรรมวิธี 3 ซ้ำ รวม 18 แปลง ขนาดแปลงย่อย 50 ตารางเมตร ประกอบด้วย T1 ไม่ใส่ปุ๋ย (control), T2 ใส่ปุ๋ย (46-0-0), T3 ใส่ปุ๋ย 46-0-0 (50%) + 16-20-0 (50%), T4 ใส่ปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม 1 (HO1), T5 ใส่ปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม 2 (HO2) และ T6 ใส่ปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม 3 (HO3) ปุ๋ยทุกชนิดใส่ใน อัตรา 50 กก./ไร่ แบ่งใส่ 2 ครั้งเมื่อข้าวอายุ 30 และ 60 วัน โดยใช้ข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 เป็นพืชทดสอบในหมู่ที่ 6 ตำบลท่าบัว อำเภอโพทะเล จังหวัดพิจิตร วิเคราะห์ปุ๋ยที่ใช้ในการทดลอง วิเคราะห์ดินก่อนและหลังการทดลอง บันทึกการเจริญเติบโตทางด้าน ลำต้นใบ ผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิต และสำรวจความเสียหายจากเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลและการระบาดของโรค เป็นต้น ในฤดูนาปรังระหว่าง

มกราคม-เมษายน พ.ศ. 2554 ผลการศึกษาพบว่า ปุ๋ยที่มีธาตุ N สูงสุด ได้แก่ T3 เนื่องจาก เป็นปุ๋ยเคมี เมื่อพิจารณาเฉพาะในกลุ่มของปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสมแล้วพบว่า ธาตุอาหาร N, P และ K รวมสูงสุดใน T5 (HO2) ธาตุอาหารรองรวมสูงสุดใน T6 (HO3) และธาตุอาหารเสริมรวมสูงสุดใน T4 (HO1) ตามลำดับ ผลการศึกษา การเจริญเติบโตของข้าว พบว่า T4 (HO1) เจริญเติบโตสูงสุดและกลุ่มปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม (T4(HO1)-T6(HO) ให้ ผลผลิตสูงกว่ากลุ่มปุ๋ยเคมี (T2-T3) และกรรมวิธีที่ได้ผลผลิตสูงสุด คือ T4 (HO1) 926.6 กก./ไร่ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธีอื่น ๆ ส่วนอิทธิพลของปุ๋ยที่มีต่อความต้านทานเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลและการเกิดโรคนั้นพบว่าจำนวนเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลมีปริมาณต่ำสุดใน T4 (HO1) และ T6 (HO3) จึงสรุปได้ว่า ปุ๋ย T4 (HO1) มีอิทธิพลช่วยลดการทำลายของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล ช่วยเพิ่มผลผลิตข้าวได้เหนือกว่าปุ๋ยเคมีและยังช่วยในการปรับปรุงบำรุงดินได้ดีอีกด้วย

ธยานี แน่นอน และคณะ (2560) ทำการศึกษาอิทธิพลของปุ๋ยไนโตรเจนต่อความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณคลอโรฟิลล์ และผลผลิตของหญ้ากินนีมอมบาซา วางแผนการทดลองแบบ RCBD จำนวน 4 ซ้ำ ใส่ปุ๋ย 7 กรรมวิธี ได้แก่ วิธีที่ 1) ไม่ใส่ปุ๋ย (Control), วิธีที่ 2-4) ใส่ปุ๋ยยูเรีย (46-0-0), ใส่ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต (21-0-0), และใส่ปุ๋ยคอกมูลวัว ตามคำแนะนำตามลำดับ และ วิธีที่ 5-7) ใส่ปุ๋ยยูเรีย, ใส่ปุ๋ย แอมโมเนียมซัลเฟต, และใส่ปุ๋ยคอกมูลวัว ตามค่าวิเคราะห์ดินจากชุดตรวจสอบดินตามลำดับ บันทึกข้อมูลระหว่างเดือน กรกฎาคม 2558-ตุลาคม 2559 โดยการตัดหญ้าทุก ๆ 30 วัน (จำนวน 12 ครั้ง) การตัดแต่ละครั้งวัดค่าปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ค่า SPAD chlorophyll meter reading (SCMR) และผลผลิต ผลการศึกษาพบว่าปุ๋ยยูเรียและปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟตทั้งที่ ใส่ตามคำแนะนำและตามค่าวิเคราะห์จากชุดตรวจสอบดิน มีอิทธิพลทำให้หญ้ากินนีมอมบาซามีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ, ค่า SCMR และผลผลิตแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเทียบกับกรรมวิธีควบคุมและการใส่ปุ๋ยคอกมูลวัว โดย เฉพาะในการตัดครั้งที่ 9-12 พบว่าปริมาณคลอโรฟิลล์มีความสัมพันธ์ทางสถิติทั้งกับผลผลิตน้ำหนักสดและผลผลิตน้ำหนักแห้งของหญ้ากินนีมอมบาซา ผลการศึกษาครั้งนี้น่าจะเป็นประโยชน์ในการนำไปใช้เป็นแนวทางการจัดการปุ๋ยไนโตรเจน ในแปลงปลูกหญ้ากินนีมอมบาซาได้

พัชรี สิริตระกูลศักดิ์ และคณะ (2561) ทำการศึกษาผลของปุ๋ยหมักเติมอากาศต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของดาวเรืองโดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ Completely Randomized Design จำนวน 3 ซ้ำประกอบด้วย 6 กรรมวิธี ดังนี้คือ ไม่ใส่ปุ๋ย, ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 50 กิโลกรัม/ไร่ และปุ๋ยหมักเติมอากาศ อัตรา 300, 600, 900 และ 1,200 กิโลกรัม/ไร่ ผลการทดลองพบว่าการให้ปุ๋ยเคมี อัตรา 50 กิโลกรัม/ไร่ ส่งผลให้มีความสูงต้น (31.96 เซนติเมตรต่อต้น) จำนวนใบ (69.06 ใบต่อต้น)ความกว้างของทรงพุ่ม (27.75 เซนติเมตรต่อต้น) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางต้น (0.76 เซนติเมตรต่อต้น) จำนวนกิ่ง (10.13 กิ่งต่อต้น) ขนาดของดอก (5.95

เซนติเมตรต่อดอก) จำนวนดอก (7.93 ดอกต่อต้น) และน้ำหนักดอก (8.80 กรัมต่อดอก) มากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีอื่น ๆ จากผลการศึกษานี้ยังพบว่าการใช้ปุ๋ยหมักเติมอากาศ ก็มีแนวโน้มให้การเจริญเติบโตและผลผลิตดาวเรืองสูงเช่นกันถึงแม้จะดีไม่เทียบเท่าปุ๋ยเคมี แต่ในระยะยาวการใช้ปุ๋ยหมักเติมอากาศอาจช่วยเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดินได้

กัมพล ปาละอุด และคณะ (2562) ทำการศึกษาผลของไคติน ปุ๋ยมูลวัวและปุ๋ยเคมี (15-15-15) ต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพของดาวเรือง วางการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD)จำนวน 9 ซ้ำ คือ ควบคุม (T1), ปุ๋ยมูลวัว 100 กรัม (T2), ไคติน 15 กรัม (T3),ปุ๋ยเคมี 10 กรัม (T4), ปุ๋ยมูลวัว 95 กรัมผสมไคติน 5 กรัม (T5), ปุ๋ยมูลวัว 90 กรัมผสมไคติน 10 กรัม (T6),ปุ๋ยมูลวัว 85 กรัมผสมไคติน 15 กรัม (T7),ปุ๋ยมูลวัว 95 กรัมผสมปุ๋ยเคมี 5 กรัม (T8), ปุ๋ยมูลวัว 90 กรัมผสมปุ๋ยเคมี 10 กรัม (T9), ปุ๋ยมูลวัว 85 กรัมผสมปุ๋ยเคมี 15 กรัม (T10), ปุ๋ยมูลวัว 85 กรัม ไคติน 5 กรัม และปุ๋ยเคมี 10 กรัม (T11), ปุ๋ยมูลวัว 85 กรัมไคติน 10 กรัม และปุ๋ยเคมี 5 กรัม (T12), ปุ๋ยมูลวัว 85 กรัมไคติน 7.5 กรัม และปุ๋ยเคมี 7.5 กรัม (T13) ผลการทดลองพบว่า T11, T12 และ T13 มีความสูงต้น จำนวนใบต่อต้น จำนวนกิ่งต่อต้น และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นมากกว่าทุกตำรับตำรับที่ T7 พบว่ามีจำนวนดอกตูมและบานมากที่สุด ตำรับที่ T3, T6, T12 และ T13 พบว่า มีขนาดของดอกใหญ่มากกว่าตำรับอื่น ๆ ขณะที่ T7, T8, T11 และ T12 มีน้ำหนักสดมากกว่าตำรับอื่น ๆ สำหรับอายุการปักแจกันของดอกดาวเรืองพบว่า ตำรับที่ T1, T6, T8 และ T13 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

Keteku, A. K.. et al. (2018) This fertilizer management trial on maize was conducted to offer research evidence to the universal dispute on the economic viability and productivity of divergent fertility management strategies. We compared six treatments including a control or no fertilizer (T1), T2 NPK (15-15-15), T3 chemical and granular organic fertilizer with hormone mixed formula 1 (HO-1), T4 formula 2 (HO-2), T5 formula 3 (HO-3), T6 granular organic fertilizer (GOF). The trial was replicated thrice in a Randomized Complete Block Design with a plot size of 6 m x 5 m. The maize cultivar (Pacific 999 Super) and a fertilizer dose of 0.9 kg plot-1 were used. The results revealed that HO-3 produced the highest yield components and a significant ($p < 0.05$) yield (8,276.69 kg ha-1), representing an increase of (50 %) over the control. Also, HO-2 and NPK treatments recorded equal effects on maize yield (7,420.00- and 7,266.69 kg ha-1, respectively). The production cost, revenue and profit of HO-3 were highest (31,317.37-, 72,896.82- and 41,579.45-baht rai-1, respectively). A significant 17.4 % rise in profit was realized with HO-3 application

over NPK treatment. The Benefit: Cost ratio of HO-3 fertilizer was the best (2.33) and suitable for farmers to maximize returns.

Intanon. P. et al. (2017) Studied Effect of soil pH improvement substance on soil properties, plant growth and yield of maize This research was aimed to study the effect of the general powder lime ($CaCO_3$) and liquid lime, when applied with chemical fertilizer, and chemical and granular organic fertilizer with hormone mixed formula (HO) for some soil properties improvement, plant growth and yield of maize. Seven experimental treatments were arranged in RCBD with four replications, totaling twenty eight plots. The plot size was 2 x 2 m2 and the test plant was maize Pionior No. 3013 cultivar, planted at a spacing of 75 x 50 cm2. The treatments were designated as T1; no fertilizer and lime (Control ), T2; powder lime (CaCO3), T3; liquid lime (Ultragreen), T4; chemical fertilizer (15-15-15 + 21-0-0 by weight 50:50) + powder lime (CaCO3), T5; chemical fertilizer (15-15-15 + 21-0-0 by weight 50:50) + liquid lime, T6; chemical and granular organic fertilizer with hormone mixed formula (HO) + powder lime (CaCO3) and T7; chemical and granular organic fertilizer with hormone mixed formula (HO) + liquid lime. The lime was applied according to the lime requirement analysis and each type of fertilizer was use at a rate of 50 kg/Rai (Rai = 0.16 ha). The test plot was located in farmer's field at Thung Salium district, Suthothai province, Thailand from June to November 2017. The data was statistically analyzed using ANOVA and DMRT at a 95% level of confidences.

The results showed that the liquid lime (Ultregreen) was faster and effective for soil pH improvement than powder lime. The powder lime and liquid lime when were applied with chemical and granular organic fertilizer with hormone mixed formula (HO) affected some soil properties such as water content, electrical conductivity and cation exchange capacity (CEC). The results indicated that, for plant growth the liquid lime was effective than the powder lime when applied with chemical fertilizer (T5) but HO fertilizer had a good combination with both powder lime and liquid lime (T6 and T7). The effect of soil pH improvement was emphasized on stem height, stem girth, leaf number, leaf length and leaf width, etc. However, T5, T6 and T7 were not statistically different in term of yield and yield components. The highest yield was observed in the order of T7, T6, T5, T4, T3, T2, T1 with an average

yield of 1,325, 1,305, 1,050, 1,010, 857, 775, 428 kgRia-1 , respectively. From the result, liquid lime had a good combination with HO fertilizer than chemical fertilizer. For cost and income performance, the treatment T7 gave the highest net benefit which was statistically different than other treatments. The powder lime treatment had high cost of transportation and hence resulted in low profit.

Intanon. P. et al. (2017) study Effect of soil pH improvement lime apply with chemical fertilizer and chemical and granular organic fertilizer with hormone mixed formula (HO) for some soil properties improvement, plant growth, yield and quality of sugarcan. The purpose of this research was to study the efficiency of the general powder lime and liquid lime for some soil properties improvement, plant growth, yield and quality of sugarcane. Seven experimental treatments were arranged in RCBD with four replications making of twenty-eight plots. The plot size was 2x2 m. or 4 m2 and the test plant was khon kaen No.3 sugarcane cultivar, planted at a spacing of 1.0 m. distance in row x 0.3 m distance in stalk. Each treatment was designated as T1 control, T2 $CaCO_3$, T3 liquid lime, T4 15-15-15+ $CaCO_3$, T6 HO+ $CaCO_3$, T7 HO+ liquid lime. The lime was applied according to the lime requirement analysis and each type of fertilizer was use at a rate of 100 kg/rai. The test plot was located in sugarcane farmer field at thung Salium district, Suthithai province, Thailand during Jane 2015 to June 2016.

The result showed that liquid lime was faster than power lime in improving soil pH. Both the powder lime and liquid lime when applied with chemical and granular organic fertilizer with hormone mixed formula (HO) also affected to some soil properties such as salinity, cation exchange capacity (CEC), porosity and water content. The results indicates that treatment T7, a combination of liquid lime with chemical and granular. The results indicates that treatment T7 a HO recorded the highest plant growth yield and granular organic fertilizer with hormone mixed formula (HO) recorded the highest plant growth yield and sweetness statistically. In terms of cost and income performance, the treatment T7gave the highest net benefit which was statistically different than other treatment.

Intanon P. (2013) conducted a research on the Influence of Different Types of Fertilizers on Productivity and Quality of Maize in the Area of Kwaew Noi Bamrungdan Dam, Phitsanulok Province, Thailand. According to the study results on yield components in terms of the length and a diameter of corn ear, total weight per corn ear, weight of kernels per ear and weight of 100 kernels, the maximum outputs were ranked from T4 (chemical fertilizer from the soil analysis programs), T5 (chemical and granular organic fertilizer with hormone mixed formula), T3 (chemical and granular organic fertilizer), T2 (granular organic bio-fertilizer), T1(pellet organic fertilizer from farm manure) and T0 (no fertilizer: control group) models. The highest number of withered kernels and the heaviest corn husk were T0, T1, and T2, respectively. The models having greatest weight productivity per Rai were T4, T5, T3, T2, T1 and T0 models (1,319 kg, 1,305 kg, 970 kg, 857 kg, 775 kg, and 428 kg respectively). The results indicated that there was no statistically significant difference between T5 and T4 models in relation to the weight productivity per Rai. In the study of total production costs, it was found that the minimum production costs per Rai were T0, T5, T2, T1, T3 and T4 models (8,288, 8,538, 9,080, 9,238, 9,438, 10,108 Baht per Rai, respectively). When compared with the yields, the least cost of corn production per one kilogram were T5 and T4 models with no statistically significant difference between the two. Therefore, the model that should be encouraged and promoted to the farmers for sustainable production was T5 model; this type of fertilizer contained a balance of nutrients, soil amendments and effective microorganisms. In addition, it provided high productivity with the highest financial return.

# บทที่ 3

# วิธีดำเนินงานวิจัย

## วัสดุอุปกรณ์

1. เมล็ดพันธุ์ดาวเรือง โกลเด้นคิง F1
2. ถาดหลุมเพาะกล้าดาวเรือง
3. วัสดุเพาะกล้าดาวเรือง พีทมอส (Peat Moss)
4. ปุ๋ยเคมี
   - 4.1 ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15
   - 4.2 ปุ๋ยเคมีสูตร 8-24-24
5. ปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสมสูตรดาวเรือง
   - 5.1 ปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสมสูตรดาวเรือง-1 (HO-A)
   - 5.2 ปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสมสูตรดาวเรือง-2 (HO-B)
   - 5.3 ปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสมสูตรดาวเรือง-3 (HO-C)
6. ตลับเมตร
7. เวอร์เนีย คาลิปเปอร์
8. ไม้บรรทัด
9. เครื่องวัดคลอโรฟิลล์ในใบพืช (Chlorophyll Meter SPAD-502 Plus)
10. เครื่องชั่งน้ำหนักดิจิตอล

## วิธีดำเนินการวิจัย

### วางแผนการทดลอง

ทำการทดลองในแปลงของเกษตรกร บ้านสระยายชี ตำบลเนินปอ อำเภอสามง่าม จังหวัดพิจิตร เป็นการทดลองดาวเรืองในสภาพแปลงปลูก โดยวางแผนทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) ประกอบด้วย 15 กรรมวิธี จำนวน 3 ซ้ำ รวม 45 แปลงย่อย ขนาดแปลงย่อย 4 X 2.5 เมตร (10 ตรม.) ระยะปลูกดาวเรือง 0.5 x 0.5 เมตร ในหนึ่งแปลงปลูก 5 แถวจึงได้ดาวเรือง 8 ต้นต่อแถว 400 ต้น/แปลงย่อย โดยทำการเพาะต้นกล้าดาวเรืองแล้วจึงย้ายกล้าปลูกลงในแปลงทดลองของเกษตรกร กรรมวิธีต่าง ๆ ประกอบด้วย

กรรมวิธี 1 ไม่ใส่ปุ๋ย (Control)

กรรมวิธี 2 ปุ๋ยเคมี15-15-15(50 กก.)+8-24-24 (50กก.) อัตรา 100 กก./ไร่

กรรมวิธี 3 ปุ๋ยเคมี15-15-15(75 กก.)+8-24-24 (75กก.) อัตรา 150 กก./ไร่

กรรมวิธี 4 ปุ๋ยเคมี15-15-15(25 กก.)+8-24-24 (25กก.)+ปุ๋ยHO-A(50 กก.) อัตรา 100 กก./ไร่

กรรมวิธี 5 ปุ๋ยเคมี15-15-15(50 กก.)+8-24-24 (50กก.)+ปุ๋ยHO-A(50 กก.) อัตรา 150 กก./ไร่

กรรมวิธี 6 ปุ๋ยเคมี15-15-15(25 กก.)+8-24-24 (25กก.)+ปุ๋ยHO-B(50 กก.) อัตรา 100 กก./ไร่

กรรมวิธี 7 ปุ๋ยเคมี15-15-15(50 กก.)+8-24-24 (50กก.)+ปุ๋ยHO-B(50 กก.) อัตรา 150 กก./ไร่

กรรมวิธี 8 ปุ๋ยเคมี15-15-15(25 กก.)+8-24-24 (25กก.)+ปุ๋ยHO-C(50 กก.) อัตรา 100 กก./ไร่

กรรมวิธี 9 ปุ๋ยเคมี15-15-15(50 กก.)+8-24-24 (50กก.)+ปุ๋ยHO-C(50 กก.) อัตรา 150 กก./ไร่

กรรมวิธี 10 ปุ๋ย HO-A อัตรา 100 กก./ไร่

กรรมวิธี 11 ปุ๋ย HO-A อัตรา 150 กก./ไร่

กรรมวิธี 12 ปุ๋ย HO-B อัตรา 100 กก./ไร่

กรรมวิธี 13 ปุ๋ย HO-B อัตรา 150 กก./ไร่

กรรมวิธี 14 ปุ๋ย HO-C อัตรา 100 กก./ไร่

กรรมวิธี 15 ปุ๋ย HO-C อัตรา 150 กก./ไร่

**หมายเหตุ:** ปุ๋ยเคมีหมายถึง การผสมระหว่างสูตร 15-15-15 และ สูตร 8-24-24 ในสัดส่วน 1:1 ซึ่งเป็นสูตรปุ๋ยเคมีที่เป็นที่นิยมและมีการส่งเสริมใช้ในการปลูกดาวเรือง

HO หมายถึงปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสมที่พัฒนาขึ้นเพื่อการปลูกดาวเรือง 3 สูตร ได้แก่ HO-A, HO-B และ HO-C การใส่ปุ๋ยทุกชนิดใส่ในอัตรา 100 กก. / ไร่ และ 150 กก./ไร่ โดยใช้ดาวเรืองพันธุ์ Golden King F1 เป็นพืชทดสอบ โดยใช้ต้นกล้าอายุ 25 วัน ทำการปลูก 1 ต้น/หลุม กรรมวิธีเขียนย่อเป็น T1, T2,..T15 ทั้งนี้เพื่อความสะดวกในการเขียนกราฟ

**วิธีการปลูกดาวเรือง**

**การเตรียมแปลง**

1. การปลูกในแปลงปลูก ไถผานสามหรือเจ็ดตากดินไว้ก่อนย้ายปลูกขึ้นแปลงเตรียมย้ายปลูก ขนาดแปลงย่อย กxย 2.5 x 4 เมตรหรือ 10 ตารางเมตร จำนวนทั้งหมด 45 แปลงย่อย ระยะปลูกดาวเรือง 50 x 50 เซนติเมตร (ระหว่างต้น x ระหว่างแถว) รวมต้นดาวเรือง 40 ต้น/แปลงย่อย

2. เมื่อยกแปลงเสร็จแล้วใส่ปุ๋ยรองพื้น ปุ๋ยคอกอัตรา 800 กก./ไร่ ใส่ในแปลงคลุกเคล้ากับหน้าดินแล้วตีดินให้ร่วน คลุมฟางข้าวแล้วรดน้ำเพื่อให้ดินชุ่มชื้น หมักไว้เป็นเวลา 1 เดือน

3. เพาะกล้าในถาดหลุม เมื่อกล้าอายุได้ประมาณ 18-25 วัน ทำการย้ายกล้าดาวเรืองมาปลูกในแปลงย่อยจำนวน 1 ต้น/หลุม รวม 40 ต้น/แปลงย่อย

**การเพาะกล้า**

ทำการเพาะเมล็ดในถาดเพาะขนาด 200 หลุม/ถาด โดยใช้วัสดุเพาะปลูกคือพีทมอส ใส่ถาดหลุมให้เต็มหลุมถาดเพาะไม่ให้วัสดุเพาะแน่นเกินไป และทำร่องหลุมลึกประมาณ 0.5-1 เซนติเมตร และกลบด้วยวัสดุเพาะ รดน้ำด้วยฝักบัวให้ชุ่ม แล้วคลุมกระบะด้วยกระดาษหนังสือพิมพ์ควรรดน้ำวันละ 2 ครั้ง เช้า-เย็น เพื่อรักษาความชื้น เมล็ดดาวเรืองจะงอกภายใน 3-5 วัน เป็นต้นกล้ารดน้ำจนต้นกล้าแข็งแรง อายุประมาณ 18-25 วัน แล้วนำไปปลูกลงแปลง

**การรดน้ำ หลังการย้ายปลูก**

ในช่วงที่ต้นกล้ายังตั้งตัวไม่ได้หรือในช่วงสัปดาห์แรกของการปลูก ให้น้ำวันละ 2 ครั้ง เช้า เย็น หลังจากนั้นให้รดน้ำวันละครั้งในช่วงเช้า ซึ่งจะทำให้ดาวเรืองนำน้ำไปใช้ประโยชน์ได้มากกว่าในช่วงเย็น เมื่อดาวเรืองอายุประมาณ 30 วันหลังปลูก หรือในช่วงที่เริ่มสร้างตาดอก การรดน้ำให้ระวังอย่าให้โดนดอก เพราะจะทำให้คุณภาพดอกไม่ดี และเกิดโรคระบาดได้ง่าย

**การใส่ปุ๋ยดาวเรือง**

1. หลังจากย้ายปลูก 7- 15 วัน ทำการเด็ดยอดดาวเรือง ถอนกำจัดวัชพืช

2. ใส่ปุ๋ยตามกรรมวิธี 15 กรรมวิธี โดยแบ่งออกเป็น 4 ระยะ เมื่อดาวเรืองอายุ 14, 34, 54 และ 74 วัน โดยวิธีฝังลงในดินตื้น ๆ ประมาณ 2 นิ้ว ห่างโคนต้น 6 นิ้วรอบต้นพืช แล้วรดน้ำให้ชุ่มทุกครั้งที่ใส่ปุ๋ย

**การเก็บเกี่ยว**

ทำการเก็บเกี่ยวหลังจากย้ายปลูก 60-65 วัน โดยเลือกดอกที่บานเต็มที่ มีสีเหลืองทองอร่ามทั้งดอก วิธีการเก็บเกี่ยวโดยตัดเอาเฉพาะดอกและฐานติดดอกแต่ไม่ตัดก้านดอกมาด้วย เพราะจะทำให้ดาวเรืองเน่าเสียได้ง่าย

**การเพิ่มยอดและเพิ่มดอกดาวเรือง**

1. ช่วงดาวเรืองอายุ 21-25 วันหลังปลูก ซึ่งเป็นระยะที่ต้นมีใบจริงขนาดใหญ่ ประมาณ 4 คู่ และส่วนยอดมีใบเล็ก ๆ 1-2 คู่ จะต้องปลิดยอดทิ้งเพื่อให้แตกกิ่งข้าง โดยใช้มือซ้ายจับคู่ใบบนสุดที่จะเหลือไว้ แล้วใช้มือขวาดึงส่วนยอดลงทางด้านข้างจนหลุดออกมา หลังจากนั้น 5-7 วันตาข้างจะเริ่มแตกและเจริญเป็นกิ่งใหม่ ซึ่งจะติดตุ่มดอกทั้งที่ตายอดปลายกิ่งและตาข้าง

2. หลังจากปลูก 40-45 วัน ในแต่ละกิ่ง เมื่อดอกยอดมีขนาดเท่าเมล็ดข้าวโพดดอกข้างมีขนาดเท่าเมล็ดถั่วเขียว ต้องรีบปลิดดอกข้างออกให้หมดภายใน 2-3 วัน คงเหลือดอกยอดไว้ดอกเดียวเพื่อให้ดอกมีขนาดใหญ่

**การผลิตปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม (HO) เพื่อใช้ในการทดลอง**

ปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม (HO) หมายถึง เป็นนวัตกรรมใหม่ด้านปุ๋ยที่นำวัสดุแบบผสมผสานที่ให้ธาตุอาหารพืชทั้ง 16 ชนิดที่พืชจำเป็นและต้องการในปริมาณที่เหมาะสมมาผสมกับอินทรียวัตถุ, สารปรับปรุงดิน, จุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ (EM), ฮอร์โมนอินทรีย์น้ำ, สารสกัดสมุนไพร สารเสริมภูมิต้านทานโรคและแมลงหลายชนิดเข้าไว้ภายในเม็ดเดียวกันแล้วควบคุมการปลดปล่อยธาตุอาหารให้เป็นปุ๋ยละลายช้า ใช้ได้กับพืชทุกชนิด (ภูมิศักดิ์ อินทนนท์, 2552; สุรีรัตน์ จับแก้ว, และภูมิศักดิ์ อินทนนท์, 2555)

**วิธีการผลิตปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม (HO) เพื่อใช้ในการทดลอง**

1. ชั่งวัสดุผสมสูตรรวมทั้งปุ๋ยเคมีตามสัดส่วนของแต่ละสูตรเพื่อเพิ่มธาตุอาหารหลักให้กับสูตรปุ๋ย และพอเพียงตามชนิดพืช สำหรับปลูกดาวเรือง (HO-A, HO-B, HO-C) ใช้ปุ๋ยเคมี ตามสัดส่วนในดังตาราง 4

2. ทำการกรองและชั่งตวงน้ำสกัดสมุนไพร ฮอร์โมนน้ำและปุ๋ยน้ำชีวภาพ ที่เตรียมไว้ 1 เดือนล่วงหน้าแล้ว นำมาผสมกันตามปริมาตรในดังตาราง 4 หรือผสมกันในสัดส่วน 3: 2: 1 โดยปริมาตร ตามลำดับ เรียกว่า น้ำประสาน

3. นำเม็ดปุ๋ยเคมีและวัสดุผสมสูตรตามสัดส่วนในข้อ 2 ขึ้นบนจานปั้นแล้วฉีดพ่นด้วยน้ำประสาน เพื่อให้วัสดุได้ความชื้นและปั้นขึ้นเป็นเม็ดบนจานปั้นทำการโรยด้วยผงวัสดุที่ให้ธาตุอาหารรองและธาตุอาหารเสริมและปล่อยให้หมุนกลิ้งไปจนขึ้นเม็ดมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 มิลลิเมตร จึงหยุดจานปั้นแล้วนำเม็ดปุ๋ยไปตากลมให้แห้ง เรียกว่า เม็ดปุ๋ยฮอร์โมน

4. นำเม็ดปุ๋ยฮอร์โมนจากข้อ 3 มาขึ้นบนจานปั้นแล้วฉีดพ่นด้วยน้ำประสานให้ชุ่มแล้วโรยด้วยผงวัสดุปรับปรุงความเป็นกรดเป็นด่างของดินบนจานปั้นปล่อยให้หมุนกลิ้งไปจนเม็ดปุ๋ยขนาดใหญ่เส้นผ่าศูนย์กลาง 2-3 มิลลิเมตรแล้วจึงหยุดจานปั้นและนำเม็ดปุ๋ยไปตากลมให้แห้ง

5. นำเม็ดปุ๋ยฮอร์โมนในข้อ 4 มาขึ้นบนจานปั้นแล้วฉีดพ่นด้วยสารควบคุมการปลดปล่อยธาตุอาหารเพื่อเคลือบผิวเม็ดปุ๋ยแล้วปล่อยให้กลิ้งบนจานปั้นประมาณ 10 นาทีจนกระทั่งเม็ดปุ๋ยอัดแน่นและมีรูปร่างกลมดีแล้วจึงหยุดจานปั้นนำเม็ดปุ๋ยไปตากแดดเป็นเวลา 5-6 ชั่วโมงความชื้นเม็ดปุ๋ยจะอยู่ประมาณ 15-17 % เรียกว่า ปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม (HO)

6. นำปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม (HO) จากข้อ 5 ที่แห้งสนิทดีแล้วมาเข้าเครื่องคัดแยกขนาดเม็ดปุ๋ยแล้วบรรจุกระสอบ ๆ ละ 50 กิโลกรัม สามารถเก็บไว้ได้อย่างน้อย 1 ปี

**ตาราง 4 วัตถุดิบและส่วนประกอบของฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม**

| สูตรปุ๋ย | ส่วนประกอบของฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม (%โดยน้ำหนัก) | | | | | | Total % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | A | B | C | D | E | F | |
| ปุ๋ย HO-A | 30 | 20 | 30 | 5 | 5 | 10 | 100 |
| ปุ๋ย HO-B | 35 | 15 | 25 | 5 | 10 | 10 | 100 |
| ปุ๋ย HO-C | 40 | 10 | 20 | 5 | 10 | 15 | 100 |

**หมายเหตุ**: A = chemical fertilizer (major nutrients 80 %; secondary nutrients 15 %; micro nutrients 5 %) สุรีรัตน์ จับแก้วและภูมิศักดิ์ อินทนนท์ (2555)

B = effective microorganism (EM) ภูมิศักดิ์ อินทนนท์ (2552)

C = soil conditioners ทัศนีย์ อัตตะนันท์ (2537)

D = extracted bio-stimulant ปรัชญา รัศมีธรรมวงศ์ (2537)

E = organic plant growth regulator (PGR) ภูมิศักดิ์ อินทนนท์ (2552)

F = liquid bio-fertilizer ภูมิศักดิ์ อินทนนท์ (2552)

**ที่มา:** ดัดแปลงมาจาก ภูมิศักดิ์ อินทนนท์, 2555

**การบันทึกข้อมูลการทดลอง**

**1. บันทึกรวบรวมข้อมูลสภาพแวดล้อม** บริเวณพื้นที่ทำการทดลองทำบันทึกรวบรวมข้อมูลสภาพแวดล้อมบริเวณพื้นที่ทำการทดลองโดยการรวบรวมข้อมูลจากสถานีตรวจอากาศของจังหวัดพิจิตร ดังนี้

1.1 ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย (mm)

1.2 อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย (°C)

1.3 อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ย (°C)

1.4 ความชื้นสัมพันธ์เฉลี่ย (%)

1.5 ปริมาณแสงแดดเฉลี่ย (hr.)

1.6 การระเหยของน้ำ (mm)

1.7 ความเร็วลมเฉลี่ย (Knots)

**2. การวิเคราะห์ข้อมูลดินก่อนและหลังการทดลอง**

**2.1 การวิเคราะห์สมบัติด้านกายภาพของดินก่อนและหลังการทดลอง**

ปริมาณน้ำในดิน (Soil Water Content) ความชื้นของดินหาได้จากการนำตัวอย่างดินบนที่บรรจุอยู่ใน Soil Core ขนาด 100 $cm^3$ มาอบที่อุณหภูมิ 105 $^{\circ}C$ เป็นเวลา 24 ชั่วโมงขึ้นไปแล้วนำมาชั่งและคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ (%) ความชื้นในดิน โดยสูตรดังนี้

$$\text{Water content (WC\%)} = \frac{\text{Ww } (g)}{\text{Ws (g)}} \times 100$$

เมื่อ Ww น้ำหนักน้ำในดิน (กรัม) = W2- W3

เมื่อ Ws น้ำหนักดินแห้ง (กรัม) = W3- W1

เมื่อ Ww = น้ำหนักน้ำในดิน (กรัม)

Ws = น้ำหนักดินแห้ง (กรัม)

W1 = น้ำหนักCore (กรัม)

W2 = น้ำหนักตัวอย่างดินเปียก+Core (กรัม)

W3 = น้ำหนักตัวอย่างดินแห้ง+Core (กรัม)

**2.2 การวิเคราะห์สมบัติด้านเคมีดินก่อนและหลังการทดลอง**

ทำการเก็บตัวอย่างดินในแปลงทดลองประมาณ 10 จุดที่ระดับความลึก 0-15 ซม. แล้วนำดินทั้ง 10 จุดมารวมกัน (Composite Sample) ตากลมให้แห้งใช้เป็นตัวอย่างในการวิเคราะห์ต่าง ๆ ทำการเก็บสองช่วงคือ ก่อนและหลังทำการทดลอง นำดินตัวอย่างมาวิเคราะห์หาคุณสมบัติบางประการ ที่ห้องปฏิบัติการคณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่นดังนี้ ได้แก่

2.2.1 การวัดค่าความเป็นกรด – ด่าง (pH) ของดิน นำตัวอย่างดินชั่งน้ำหนักในอัตราส่วนดินต่อน้ำ (1:5) นำไปเขย่า 30 นาที แล้ววัดด้วยเครื่องวัด pH (pH Meter)

2.2.2 ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดิน (Total Nitrogen) นำตัวอย่างมาวิเคราะห์หาไนโตรเจนทั้งหมดในดิน แบบ Wet Oxidation ตามวิธี Kjeldahl Method (Lu, 1999)

2.2.3 ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน (Available Phosphorus) โดยทำการสกัดดินด้วย Bray II แล้วทำให้เกิดสีโดย Colorimetric Method (Lu, 1999)

2.2.4 ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable K) วิเคราะห์โดยการสกัดด้วย 1 N $NH_4OAc$ pH 7.0 แล้วนำสิ่งสกัดที่ได้ (Leachate) ที่ได้ไปวัดวิเคราะห์หา K ที่แลกเปลี่ยนได้ในดินโดยวิธี Atomic absorption spectroscopy (AAS) (Zasoski, & Burau, 1977)

2.2.5 ธาตุอาหารรอง (Ca, Mg) ซึ่งทำการวิเคราะห์ธาตุแคลเซียมและแมกนีเซียม โดยวิธีการ $NH_4$ OAc วิเคราะห์ด้วย Atomic absorption spectroscopy (AAS) (Zasoski, & Burau, 1977)

2.2.6 ธาตุอาหารเสริมบางชนิด (Fe, Cu, Zn, Mn) ทำการวิเคราะห์ธาตุเหล็ก ทองแดง สังกะสี และแมงกานีสโดยวิธีการ Diethylene Triamine Penta Acetic Acid (DTPA) (Zasoski, & Burau, 1977)

2.2.7 ปริมาณอินทรียวัตถุในดิน (Organic Matter) นำตัวอย่างดินที่ทำให้แห้ง (Air Dry) บดและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 0.5 มิลลิเมตร แล้วนำดิน แล้วนำดินไปหาปริมาณอินทรียวัตถุในดินทั้งหมดโดยวิธี Wet Oxidation ของ Walkley and Black (Walkley, & Black, 1934)

2.2.8 ความจุในการแลกเปลี่ยนแคทไอออน (Cation Exchange Capacity : CEC) นำตัวอย่างดินมาชั่งน้ำหนักที่แน่นอนแล้วทำการวิเคราะห์หาค่า CEC โดย Peech โดยการทำให้ดินอิ่มตัวด้วย 1N $NH_4$ OAc pH 7.0 แล้วล้างดินด้วยแอลกอฮอล์ 95 % แทนที่ด้วย 10 % Acidified NaCI Solution และนำสารละลายที่ได้จากการกรองไปทำการกลั่นต่อไป

2.2.9 การวัดค่าการนำไฟฟ้าของดิน (Electrical Conductivity, EC) โดยใช้เครื่อง High Accuracy 3-in-1 Digital Conductivity, TDS รุ่น AZ-3in1 มาทำการวัดตัวอย่างดิน

**2.3 การวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสมและปุ๋ยเคมี**

2.3.1 การวัดค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดิน (pH) ใช้อัตราส่วนดินต่อน้ำอัตรา 1:5 วัดค่าด้วยเครื่อง pH Meter โดยทำการคาริบเบทอุปกรณ์ที่ pH 7 จึงสามารถทำการวัดตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองได้

2.3.2 ธาตุอาหารหลัก (N, P, K) ซึ่งทำการวิเคราะห์หาค่าไนโตรเจนทั้งหมด (Total N) โดยวิธีการ Micro Kjedahl Method ฟอสฟอรัสโดยวิธีการ Barton method และโพแทสเซียมโดยวิธีการ Flame photometer

2.3.3 ธาตุอาหารรอง (Ca, Mg, S) ซึ่งทำการวิเคราะห์ธาตุแคลเซียมและแมกนีเซียม โดยวิธีการ Atomic absorption spectrophotometry (AAS) และธาตุกำมะถันโดยวิธีการ Turbidimetric method

2.3.4 ธาตุอาหารเสริมบางชนิด (Fe, Cu, Zn, Mn) ทำการวิเคราะห์ธาตุเหล็ก ทองแดง สังกะสี และแมงกานีสโดยวิธีการ Atomic absorption spectrophotometry (AAS)

2.3.5 ธาตุอาหารเสริมบางชนิด (Cl) ทำการวิเคราะห์ธาตุคลอรีน โดยวิธีการ Titration Silver nitrate

2.3.6 อินทรียวัตถุ (OM) ปริมาณอินทรียวัตถุทั้งหมดโดยวิธี Wet Oxidation ของ Walkley, & Black (1934)

2.3.7 การวัดค่าการนำไฟฟ้าของดิน (Electrical Conductivity, EC) ทำการวัดค่า EC ในอัตรา 1: 2 โดยใช้เครื่อง High Accuracy 3-in-1 Digital Conductivity, TDS รุ่น AZ-3 in 1

2.3.8 ซีเอ็นเรโช (C/N ratio) ปริมาณสัดส่วนรวมของคาร์บอนต่อไนโตรเจน โดยวิธี Wet Oxidation ของ Walkley and Black (1934)

**3. วิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในต้นพืช**

3.1 ปริมาณไนโตรเจน (Total N) วิเคราะห์โดยวิธีการ Kjeldahl Method

3.2 ปริมาณฟอสฟอรัส (Total P) วิเคราะห์โดยวิธีการ Vanadomolybdate Method

3.3 ปริมาณโพแทสเซียม (Total K) วิเคราะห์โดยวิธีการ Flame Photometer

3.4 ปริมาณแคลเซียม (Ca) วิเคราะห์โดยวิธีการ Atomic absorption spectrophotometry (AAS)

3.5 ปริมาณแมกนีเซียม (Mg) วิเคราะห์โดยวิธีการ Atomic absorption spectrophotometry (AAS)

**4. การบันทึกการเจริญเติบโตด้านลำต้น ใบ (Vegetative Phase)**

4.1 ความสูงของต้น (เซนติเมตร) วัดการเจริญเติบโตทุก ๆ 10 วัน ทำการสุ่มเลือก 5 ต้น/กรรมวิธี ทำการวัดโดยการใช้ตลับเมตรวัดจากผิวดินถึงปลายยอดที่สูงสุดของลำต้น แล้วนำข้อมูลที่ได้มาหาค่าเฉลี่ยในแต่ละกรรมวิธี

4.2 ขนาดของลำต้น (มิลลิเมตร) ทำการวัดขนาดของลำต้นทุก ๆ 10 วัน ทำการสุ่มเลือก 5ต้น/กรรมวิธี ทำการวัดโดยวัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของลำต้นด้วยเวอร์เนียคาร์ลิปเปอร์ วัดที่ระดับความสูงจากผิวดิน 1 เซนติเมตร ในส่วนที่ลำต้นขยายใหญ่สุด จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาทำการวัดแต่ละครั้งมาหาค่าเฉลี่ยในแต่ละกรรมวิธี

4.3 จำนวนใบต่อต้น (ใบ) ทำการนับจำนวนใบต่อต้นทุก ๆ 10 วัน ทำการสุ่มเลือก 5 ต้น/กรรมวิธี ทำการวัดโดยการนับจำนวนใบที่ขยายเต็มที่ แล้วใน 1 ต้นรวมกันแล้วนำข้อมูลที่ได้แต่ละครั้งมาหาค่าเฉลี่ยในแต่ละกรรมวิธี

4.4 ขนาดทรงพุ่ม (เซนติเมตร) ทำการวัดขนาดทรงพุ่มทุก ๆ 10 วัน ทำการสุ่มเลือก 5 ต้น/กรรมวิธี โดยใช้ตลับเมตรวัดด้านบนเรือนยอดทรงพุ่มจากซ้ายไปขวาบริเวณกลางทรงพุ่มในส่วนที่กว้างที่สุด

4.5 ระยะเวลาเริ่มออกดอก ทำการสำรวจจำนวนต้นที่ออกดอกแล้ว 50%ในแต่ละแปลงย่อย

4.6 ปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบ (SPAD units) ใช้เครื่อง Chlorophyll Meter SPAD-502 Plus โดยการใช้หัววัดหนีบไปที่ใบพืชตัวอย่าง หลังการเก็บเกี่ยวที่อายุ 40, 50 และ 60 วัน

**5. บันทึกข้อมูลผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิต**

ทำการรวบรวมดาวเรืองจากแปลงย่อยเมื่ออายุ 65 วันหลังปลูก จำนวนแปลงย่อยละ 5 ต้น/กรรมวิธีและทำการบันทึกผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตในแต่ละกรรมวิธี ดังนี้

5.1 ความสูงของดอก (เซนติเมตร) วัดความสูงของดอกโดยใช้ไม้บรรทัดวัดจากฐานรองดอกจนถึงช่อดอกแล้วทำการบันทึกหาค่าเฉลี่ยของแต่ละแปลงย่อยแล้วนำมาหาค่าเฉลี่ยต่อกรรมวิธี

5.2 ขนาดหน้าดอก (เซนติเมตร) วัดขนาดหน้าดอกโดยใช้ไม้บรรทัดวัดเส้นผ่าศูนย์กลางดอก บริเวณด้านบนในส่วนที่กว้างที่สุดแล้วทำการบันทึกหาค่าเฉลี่ยของแต่ละแปลงย่อยแล้วนำมาหาค่าเฉลี่ยต่อกรรมวิธี

5.3 จำนวนเมล็ดต่อดอก (เมล็ด) ทำการนับจำนวนเมล็ดต่อดอกแล้วนำมารวมกันเพื่อหาค่าเฉลี่ย

5.4 จำนวนดอกเฉลี่ยต่อต้น (ดอก) ทำการนับจำนวนดอกที่มีใน 1 ต้นในแต่ละแปลงย่อยแล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย

5.5 จำนวนดอกรวมต่อแปลงย่อย (ดอก) ทำการรวบรวมจำนวนดอกที่เก็บเกี่ยวได้ในแต่ละครั้งในแต่ละแปลงย่อย แล้วนำมารวมกัน

5.6 จำนวนดอกรวมต่อไร่ โดยการใช้ข้อมูลจำนวนดอกรวมต่อแปลงย่อยใช้เป็นตัวเลขในการคำนวณหาจำนวนดอกรวมต่อไร่

5.7 น้ำหนักเมล็ดต่อแปลงย่อย (กรัม) ทำการชั่งนำเมล็ดของแต่ละดอกในแต่ละแปลงย่อย แล้วมารวมกันเพื่อหาค่าเฉลี่ยต่อแปลงย่อย

5.8 น้ำหนักดอกรวมต่อแปลงย่อย โดยการนำดอกที่เก็บเกี่ยวได้ในแต่ละครั้งมาชั่งน้ำหนักแล้วนำมารวมกันในแต่ละแปลงย่อยแล้วหาค่าเฉลี่ย (กรัม)

5.9 น้ำหนักดอกรวมต่อไร่ (กิโลกรัม) โดยการใช้ข้อมูลน้ำหนักดอกรวมต่อแปลงย่อยใช้เป็นตัวเลขในการคำนวณหาน้ำหนักดอกรวมต่อไร่

**6. บันทึกข้อมูลเชิงคุณภาพของผลผลิต**

นำดอกดาวเรืองที่เก็บเกี่ยวเมื่ออายุ 65 วัน มาบันทึกข้อมูลเชิงคุณภาพของผลผลิต ดังนี้

**6.**1 ปริมาณแคโรทีนอยด์ ด้วยเครื่อง spectrophotometer ยี่ห้อ Shimazu รุ่น UV-1800

6.2 สีของดอก โดยใช้ค่าองศา Hue angle ด้วยเครื่อง Chroma Meter CR-400 ยี่ห้อ Konica Minolta

6.3 ความสว่างของดอกโดยใช้ ค่า B value ด้วยเครื่อง Chroma Meter CR-400 ยี่ห้อ Konica Minolta

6.4 คุณภาพการเก็บรักษาของดอกหลังการเก็บเกี่ยว โดยทำการสุ่มดอกดาวเรืองจำนวน 10 ดอกต่อกรรมวิธีแล้วเก็บรักษาไว้ในอุณหภูมิห้องปกติ (26-28 องศาเซลเซียส) แล้วทำการชั่งน้ำหนักเมื่อเวลาผ่านไปทุก 24, 48 และ 72 ชั่วโมง ดอกที่มีน้ำหนักมากหมายถึงดอกมีขนาดใหญ่เมื่อเวลาผ่านไปยังคงรักษาน้ำหนักได้ดีบ่งบอกว่าดอกมีความแน่นเนื้อและมีโครงสร้างของดอกที่ดี เป็นต้น

**7. บันทึกการสะสมวัตถุแห้ง**

ทำการสุ่มตัวอย่างดาวเรืองจำนวน 3 ต้น/แปลงย่อย ในช่วงกลางของการให้ผลผลิตคือเมื่ออายุ 110 วัน (หลังเริ่มเก็บผลผลิตมาแล้ว 50 วัน) ทำการขุดทั้งต้นแล้วนำมาล้างระบบรากด้วยน้ำสะอาดอย่างระมัดระวัง (ใช้น้ำฉีดดินที่ติดรากออกในขณะที่ระบบรากแช่อยู่ในถังน้ำ) หลังจากนั้นตัดเป็นส่วน ๆ ก่อนที่จะนำไปอบด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 75 °C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วจึงชั่งหาน้ำหนักแห้งของแต่ละส่วนเพื่อใช้เป็นข้อมูลหาค่าการสะสมวัตถุแห้งของพืช ดังนี้

7.1 น้ำหนักดอกแห้ง (กรัม)

7.2 น้ำหนักใบแห้ง (กรัม)

7.3 น้ำหนักกิ่งแห้ง (กรัม)

7.4 น้ำหนักรากแห้ง (กรัม)

7.5 น้ำหนักแห้งรวมต่อต้น (กรัม)

**8. การบันทึกต้นทุนและผลกำไรแบบสังเขป**

บันทึกข้อมูลต้นทุนและผลกำไรแบบสังเขป โดยการเก็บข้อมูลค่าใช้จ่ายที่สำคัญตั้งแต่เริ่มทำการทดลองแล้วนำมาเปรียบเทียบกับรายรับ (รายได้) อันเกิดจากการขายผลผลิตของดาวเรืองแบบสังเขปเท่านั้น

8.1 ต้นทุนพื้นฐาน

8.1.1 ค่าเมล็ดพันธุ์ (1,000 เมล็ด/ถุง)

8.1.2 ค่าสารเคมีกำจัดวัชพืช (ไกลโฟเสต)

8.1.3 ค่าปุ๋ยคอก (25 กิโลกรัม/กระสอบ)

8.1.4 ค่าปุ๋ย (50 กิโลกรัม/กระสอบ)15-15-15, 8-24-24, HO-A, HO-B, HO-C

8.2 ค่าแรง

8.2.1 ค่าไถ

8.2.2 ค่าแรงพ่นสารกำจัดวัชพืช

8.2.3 ค่าแรงในการเพาะและปลูก

8.2.4 ค่าแรงในการรดน้ำ

8.2.5 ค่าแรงการตัดแต่งกิ่ง

8.2.6 ค่าแรงในการเก็บเกี่ยวผลผลิต

8.2.7 ค่าแรงในการใส่ปุ๋ย

8.3 อื่น ๆ

8.3.1 ค่าปั๊มน้ำ

8.3.2 ค่าน้ำ

8.3.3 ค่าไฟฟ้าในการสูบน้ำ

8.3.4 ค่าวัสดุอื่น ๆ

**การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงสถิติ**

วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดย Analysis of Variance (ANOVA) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's new multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยแสดงผลในรูปค่าเฉลี่ย (Mean) ความแปรปรวนของข้อมูล (Coefficient of Variation)

**สถานที่ทำการทดลอง**

ทำการทดลองในแปลงของเกษตรกร บ้านสระยายชี ตำบลเนินปอ อำเภอสามง่าม จังหวัดพิจิตร ทำการวิเคราะห์ดินที่ห้องปฏิบัติการของคณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น

**ระยะเวลาทำการวิจัย**

พฤศจิกายน 2560 ถึงเดือนมีนาคม 2561

**แผนผังการดำเนินงาน**

| การศึกษาและพัฒนาสูตรปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสมและอัตราที่เหมาะสมเพื่อเพิ่มผลผลิตและคุณภาพดาวเรือง | ปี 2560 | | | ปี 2561 | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ต.ค | พ.ย. | ธ.ค | ม.ค. | ก.พ. | มี.ค | เม.ย | พ.ค. | มิ.ย. | ก.ค. |
| 1. เตรียมวัสดุผลิตปุ๋ย HO ตามกรรมวิธี | → | | | | | | | | | |
| 2. ไถเตรียมแปลงและวางแผนการทดลอง | → | | | | | | | | | |
| 3. เพาะกล้าดาวเรือง | | → | | | | | | | | |
| 4. วิเคราะห์ดินด้านกายภาพ | | → | → | | | | | | | |
| 5. วิเคราะห์ดินด้านเคมี | | → | → | | | | | | | |
| 6. ปลูกดาวเรืองและจัดระบบน้ำ | | → | → | → | → | → | | | | |
| 7. บันทึกการเจริญเติบโต | | | → | → | | | | | | |
| 8. บันทึกข้อมูลผลผลิต/องค์ประกอบผลผลิต/คุณภาพผลผลิต | | | | → | → | → | | | | |
| 9. วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติและข้อมูลเชิงต้นทุนการผลิต | | | | | → | → | → | | | |
| 10. สรุปผลและตีพิมพ์ | | | | | | | | → | → | → |

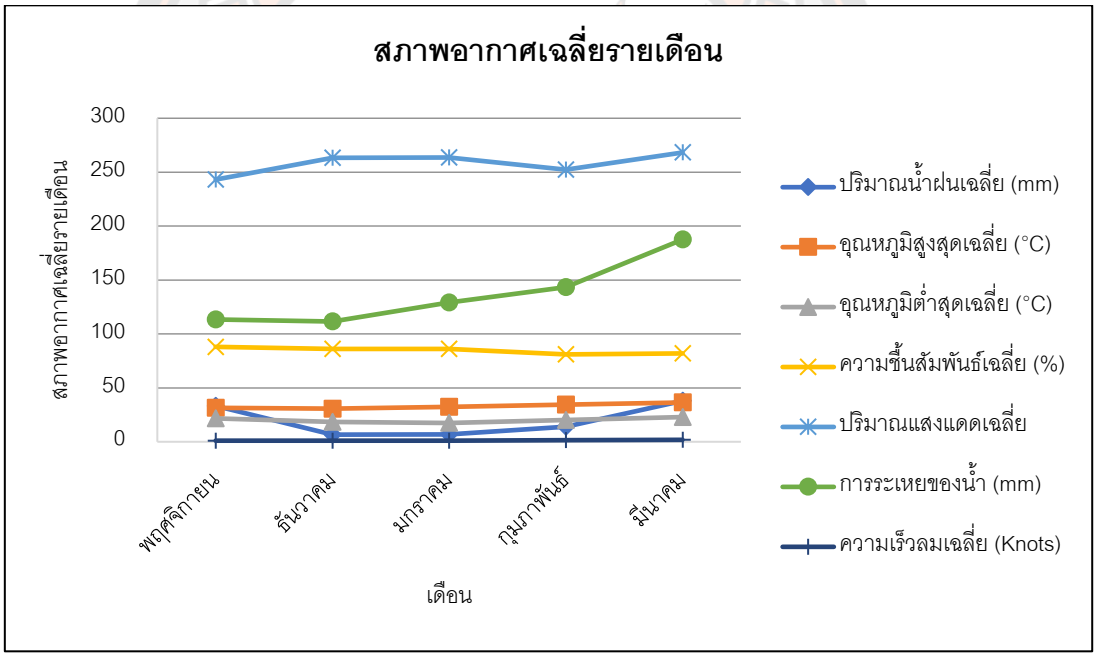
**ภาพ 8 แผนผังการดำเนินงาน**

# บทที่ 4

## ผลการทดลอง

**สภาพภูมิอากาศและสิ่งแวดล้อมบริเวณพื้นที่ทำการทดลอง**

สภาพภูมิอากาศในระหว่างเดือน พฤศจิกายน 2560- มีนาคม 2561 ในช่วงทำการทดลองมีอุณหภูมิเฉลี่ย 20.12- 33.06$^{O}$C ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 19.72 มม. ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 86.4 % ปริมาณแสงแดดสองสว่างเฉลี่ย 258.1 แคนเดลา (แรงเทียน). ความเร็วลมเฉลี่ย 1.24 kt. การระเหยของน้ำ 136.92 มม. ซึ่งเป็นสภาวะที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของต้นดาวเรืองยกเว้นปริมาณน้ำฝนซึ่งต้องทำการชดเชยโดยการรดน้ำ ดังภาพ 9




**ภาพ 9 สภาพอากาศเฉลี่ยรายเดือน**

**ที่มา:** สถานีตรวจอากาศกรมอุตุนิยมวิทยา จังหวัดพิจิตร, พฤศจิกายน 2560- มีนาคม 2561

**ผลการวิเคราะห์สมบัติของดินก่อนและหลังการทดลอง**

ดินที่ใช้ในการทดลองเป็นดินในแปลงของเกษตรกร บ้านสระยายชี ตำบลเนินปอ อำเภอสามง่าม จังหวัดพิจิตร ชุดดินพาน (Ph) ลักษณะดิน เป็นดินลึกมาก ดินบนเป็นดินร่วนปนดินเหนียวหรือดินร่วนเหนียวปนทรายแป้ง สีน้ำตาลปนเทาถึงสีเทาปนน้ำตาลอ่อน มีจุดประสีน้ำตาลแก่หรือสีน้ำตาลปนเหลือง ปฏิกิริยาดินเป็นกรดจัดถึงเป็นกรดเล็กน้อยดินล่างเป็น ดินเหนียว สีเทาหรือสีเทาอ่อน มีจุดประสีน้ำตาลแก่หรือสีน้ำตาลปนเหลืองหรือสีแดงปนเหลือง และมีศิลาแลงอ่อนสีแดง 5-50 %

ผลการวิเคราะห์ดินทางเคมีและทางฟิสิกส์ทั้งก่อนและหลังการทดลองพบว่าสภาพดินก่อนการทดลองมีธาตุอาหารหลักและธาตุอาหารรองบางตัวอยู่ในระดับต่ำ N (0.04 %), P (9.431 ppm), K (144.23 ppm), Ca (912.64 ppm), Mg (236.75 ppm), Cu (2.17 ppm) และ Zn (2.19 ppm) ดินก่อนการทดลองยังพบว่าระดับของ Fe และ Mn อยู่ในระดับปานกลางโดยมีค่า 103.75 ppm และ 86.53 ppm สำหรับค่า OM, CEC, EC and water content (WC) ก็อยู่ในระดับต่ำเช่นกันโดยมีค่า 0.62 %, 12.65 mg 100 $g^{-1}$, 83.79 dS $cm^{-1}$ และ 6.31 % ตามลำดับ สภาพดินหลังการทดลองมีคุณสมบัติดินดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีปริมาณธาตุอาหารหลักเพิ่มขึ้นอย่างเด่นชัดในกรรมวิธีที่ T7 โดยมีระดับ N (0.09%), P(32.85) และ K(298.60 ppm) และพบว่าดินหลังการทดลองมีปริมาณธาตุอาหารรองและธาตุอาหารเสริมเพิ่มสูงขึ้นในกลุ่มของฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม (HO) แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในกรรมวิธีที่ T15 (HO-C) ที่อัตรา 150 กิโลกรัม โดยมีระดับ Ca (1652.01 ppm), Mg (380.91), Fe (156.13 ppm), Mn (136.67 ppm), Cu (3.96 ppm) และ Zn (3.83 ppm)ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่าในกรรมวิธีที่ T15 มีค่า OM, CEC, EC และ WC สูงที่สุดอีกด้วยโดยมีค่า 1.33 %, 20.90 mg $100g^{-1}$, 195 dS $cm^{-1}$ และ 8.09 % ตามลำดับ สำหรับค่าความเป็นกรด-ด่างนั้นดินก่อนการทดลองมีค่าpH 5.90 และหลังการทดลองพบว่าในกลุ่มของฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม(HO) ความเป็นกรด-ด่าง ได้รับการปรับปรุงให้ดีขึ้นมีค่าpH 5.10-6.10 แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติระหว่างกรรมวิธีหรืออาจกล่าวได้ว่าpHไม่มีการเปลี่ยนแปลงมากนัก หลังการใส่ปุ๋ยโดยพบว่า T14 มีค่าสูงสุดคือ pH 6.10 (ตาราง 5)

**ตาราง 5 ผลการวิเคราะห์สมบัติของดินก่อนและหลังการทดลอง**

| กรรมวิธี | N (%) | P (ppm) | K (ppm) | Ca (ppm) | Mg (ppm) | Fe (ppm) | Mn (ppm) | Cu (ppm) | Zn (ppm) | OM (%) | pH (1:1) | CEC (mg 100g$^{-1}$) | EC (dS cm$^{-1}$) | WC (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **สมบัติของดินก่อน** | | | | | | | | | | | | | | |
| | 0.04 | 9.431 | 144.23 | 912.64 | 236.75 | 103.75 | 86.53 | 2.17 | 2.19 | 0.62 | 5.60 | 12.65 | 83.79 | 6.31 |
| **สมบัติของดินหลังการทดลอง** | | | | | | | | | | | | | | |
| T1 | 0.04$^{e*}$ | 7.11$^{g}$ | 118.22$^{f}$ | 1007.14$^{c}$ | 248.55$^{d}$ | 98.80$^{g}$ | 79.53$^{i}$ | 2.03$^{f}$ | 2.17$^{f}$ | 0.69$^{e}$ | 5.80$^{c}$ | 13.43$^{e}$ | 82.85$^{f}$ | 6.58$^{d}$ |
| T2 | 0.06$^{cd}$ | 23.20$^{bc}$ | 197.07$^{d}$ | 1425.38$^{b}$ | 335.05$^{c}$ | 108.53$^{fg}$ | 101.67$^{h}$ | 2.71$^{e}$ | 2.87$^{cd}$ | 1.14$^{bc}$ | 5.50$^{e}$ | 16.55$^{d}$ | 133.20$^{d}$ | 7.93$^{a}$ |
| T3 | 0.07$^{bc}$ | 31.74$^{a}$ | 270.68$^{b}$ | 1544.57$^{ab}$ | 332.45$^{c}$ | 116.13$^{ef}$ | 107.33$^{gh}$ | 2.74$^{de}$ | 2.93$^{cd}$ | 1.02$^{bcd}$ | 5.20$^{h}$ | 20.28$^{a}$ | 174.95$^{b}$ | 7.73$^{a}$ |
| T4 | 0.08$^{ab}$ | 21.50$^{c}$ | 215.41$^{d}$ | 1557.88$^{ab}$ | 357.37$^{bc}$ | 120.73$^{def}$ | 119.67$^{bcdef}$ | 2.73$^{de}$ | 3.07$^{c}$ | 1.09$^{bc}$ | 5.80$^{c}$ | 17.03$^{cd}$ | 122.60$^{de}$ | 7.16$^{bcd}$ |
| T5 | 0.07$^{bc}$ | 27.85$^{b}$ | 244.86$^{c}$ | 1508.27$^{ab}$ | 323.37$^{c}$ | 121.80$^{de}$ | 112.33$^{fg}$ | 2.52$^{e}$ | 2.50$^{e}$ | 1.02$^{bcd}$ | 5.30$^{g}$ | 18.30$^{bc}$ | 179.50$^{ab}$ | 7.53$^{abc}$ |
| T6 | 0.07$^{bc}$ | 18.29$^{de}$ | 208.45$^{d}$ | 1443.53$^{b}$ | 352.29$^{bc}$ | 122.67$^{de}$ | 113.33$^{efg}$ | 2.68$^{e}$ | 2.70$^{de}$ | 1.13$^{ac}$ | 5.80$^{c}$ | 16.30$^{d}$ | 114.85$^{e}$ | 7.76$^{ab}$ |
| T7 | 0.09$^{a}$ | 32.85$^{a}$ | 298.60$^{a}$ | 1599.62$^{ab}$ | 340.62$^{bc}$ | 125.93$^{de}$ | 115.00$^{defg}$ | 2.66$^{e}$ | 2.87$^{cd}$ | 0.99$^{cd}$ | 5.10$^{i}$ | 19.90$^{ab}$ | 181.60$^{ab}$ | 7.27$^{bc}$ |
| T8 | 0.06$^{d}$ | 13.94$^{f}$ | 125.29$^{ef}$ | 1592.36$^{ab}$ | 349.87$^{bc}$ | 129.93$^{cd}$ | 105.67$^{gh}$ | 2.67$^{e}$ | 2.70$^{de}$ | 0.89$^{d}$ | 6.00$^{b}$ | 17.33$^{cd}$ | 133.40$^{d}$ | 7.29$^{bc}$ |
| T9 | 0.07$^{ab}$ | 19.14$^{d}$ | 198.45$^{d}$ | 1516.74$^{ab}$ | 329.18$^{cc}$ | 140.87$^{bc}$ | 116.33$^{cdefg}$ | 3.04$^{bc}$ | 3.43$^{b}$ | 1.14$^{bc}$ | 5.20$^{h}$ | 20.25$^{a}$ | 188.80$^{ab}$ | 7.79$^{a}$ |
| T10 | 0.06$^{cd}$ | 16.81$^{ef}$ | 144.05$^{e}$ | 1577.84$^{ab}$ | 350.54$^{bc}$ | 148.47$^{ab}$ | 128.34$^{ab}$ | 3.06$^{bc}$ | 3.77$^{a}$ | 0.89$^{d}$ | 5.60$^{d}$ | 17.28$^{cd}$ | 113.05$^{e}$ | 7.05$^{cd}$ |
| T11 | 0.06$^{cd}$ | 21.61$^{cd}$ | 195.14$^{d}$ | 1641.58$^{a}$ | 346.48$^{bc}$ | 149.47$^{ab}$ | 126.00$^{abc}$ | 2.93$^{c}$ | 3.67$^{ab}$ | 0.99$^{cd}$ | 5.80$^{c}$ | 18.48$^{bc}$ | 126.45$^{de}$ | 7.26$^{bc}$ |
| T12 | 0.07$^{bc}$ | 19.38$^{d}$ | 200.70$^{d}$ | 1557.88$^{ab}$ | 352.35$^{bc}$ | 151.93$^{ab}$ | 124.00$^{bcde}$ | 3.01$^{bcd}$ | 3.44$^{b}$ | 1.13$^{bc}$ | 5.90$^{b}$ | 17.83$^{c}$ | 102.95$^{e}$ | 7.99$^{a}$ |
| T13 | 0.07$^{bc}$ | 22.11$^{c}$ | 251.63$^{bc}$ | 1588.73$^{ab}$ | 352.53$^{bc}$ | 153.53$^{a}$ | 125.00$^{bcd}$ | 3.79$^{a}$ | 3.73$^{ab}$ | 1.18$^{ab}$ | 5.40$^{f}$ | 18.73$^{bc}$ | 154.10$^{c}$ | 7.86$^{a}$ |
| T14 | 0.07$^{bc}$ | 17.06$^{ef}$ | 194.10$^{d}$ | 1632.90$^{a}$ | 358.46$^{ab}$ | 152.00$^{ab}$ | 127.33$^{ab}$ | 3.21$^{b}$ | 3.73$^{ab}$ | 1.04$^{bcd}$ | 6.10$^{a}$ | 17.23$^{cd}$ | 134.95$^{d}$ | 7.93$^{a}$ |
| T15 | 0.08$^{ab}$ | 26.28$^{b}$ | 254.43$^{bc}$ | 1652.01$^{a}$ | 380.91$^{a}$ | 156.13$^{a}$ | 136.67$^{a}$ | 3.96$^{a}$ | 3.83$^{a}$ | 1.33$^{a}$ | 5.80$^{c}$ | 20.90$^{a}$ | 195.00$^{a}$ | 8.09$^{a}$ |
| CD (5%) | 0.01 | 3.71 | 23.10 | 186.94 | 23.46 | 12.29 | 10.81 | 0.25 | 0.30 | 0.17 | NS | 1.49 | 16.80 | 0.58 |
| CV (5%) | 7.38 | 10.43 | 6.64 | 7.34 | 4.12 | 5.52 | 5.58 | 5.13 | 5.62 | 9.55 | 7.86 | 4.96 | 7.05 | 4.62 |

**ผลการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสมสูตร HO-A, HO-B และ HO-C**

ผลการวิเคราะห์ปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสมสูตร (HO-A, HO-B และ HO-C) สำหรับการปลูกดาวเรืองพบว่าค่า pH ของกลุ่มปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสมสูตร HO-A, HO-B และ HO-C มีค่าระหว่างเป็นกรดเล็กน้อยถึงค่าpH เป็นกลางซึ่งเหมาะสมต่อการดูดธาตุอาหารของพืช (pH 6.69-6.39) โดยพบว่าปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสมสูตร HO-C มีปริมาณธาตุอาหารหลักสูงสุดมีระดับไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) และ โพแทสเซียม (K) เป็นองค์ประกอบ 10.66%, 10.71% และ 9.83 % ตามลำดับ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับ HO-B และ HO-A ฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม HO-B มีระดับไนโตรเจน (N), ฟอสฟอรัส (P) และโพแทสเซียม (K) เป็นองค์ประกอบ 9.47%, 9.82% และ 9.58% ตามลำดับ และปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสมสูตร HO-A มีระดับไนโตรเจน (N), ฟอสฟอรัส (P) และโพแทสเซียม (K) เป็นองค์ประกอบ 9.15%, 9.57% และ 9.43% ตามลำดับ ระดับธาตุอาหารรองพบว่าปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสมสูตร HO-C มีปริมาณธาตุอาหารรองสูงสุดได้แก่ แคลเซียม (Ca) และกำมะถัน (S) เป็นองค์ประกอบ 7.70% และ 1.03% ตามลำดับแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับ HO-B และ HO-A และพบว่าระดับแมกนีเซียม (Mg) สูงสุดใน HO-C เช่นกันที่ระดับ 1.93% แต่ไม่แตกต่างทางสถิติกับ HO-B และ HO-A ส่วนปริมาณธาตุอาหารเสริมปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสมสูตร HO-C มีปริมาณธาตุอาหารเสริมสูงสุดมีระดับ เหล็ก (Fe) แมงกานีส (Mn) สังกะสี (Zn) ทองแดง (Cu) และคลอรีน (Cl) เป็นองค์ประกอบ 2.15 mg $kg^{-1}$, 222.00 mg $kg^{-1}$, 181.00 mg $kg^{-1}$, 27.00 mg $kg^{-1}$,และ 3.00 mg $kg^{-1}$ตามลำดับและพบว่า HO-C และ HO-B มีระดับแมงกานีส (Mn) เท่ากัน ค่าการนำไฟฟ้า (EC) ของดินและปริมาณอินทรียวัตถุ (OM) พบว่ามีค่าสูงสุดในปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสมสูตร HO-C ที่ระดับค่า 38.15 dS $cm^{-1}$และ 1.32 % ตามลำดับ สูงกว่า HO-B และ HO-A อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในขณะที่ค่า C/N ratio พบว่าทั้ง HO-A, HO-B และ HO-C ไม่มีความแตกต่างกัน (ตาราง 6)

**ตาราง 6 ผลการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสมสูตร HO-A, HO-B และ HO-C**

| คุณสมบัติปุ๋ย | | HO-A | HO-B | HO-C |
|---|---|---|---|---|
| ธาตุอาหารหลัก | Total N (%) | 9.15$^{c*}$ | 9.47$^{b}$ | 10.66$^{a}$ |
| | Total P (%) | 9.57$^{b}$ | 9.82$^{b}$ | 10.71$^{a}$ |
| | Total K (%) | 9.43$^{b}$ | 9.58$^{b}$ | 9.83$^{a}$ |
| ธาตุอาหารรอง | Ca (%) | 4.17$^{c}$ | 6.02$^{b}$ | 7.70$^{a}$ |
| | Mg (%) | 1.89$^{b}$ | 1.86$^{c}$ | 1.93$^{a}$ |
| | S (%) | 0.13$^{c}$ | 0.71$^{b}$ | 1.03$^{a}$ |
| ธาตุอาหารเสริม | Fe (mg kg$^{-1}$) | 2.12$^{b}$ | 2.47$^{a}$ | 2.51$^{a}$ |
| | Mn (mg kg$^{-1}$) | 219.00$^{b}$ | 222.00$^{a}$ | 222.00$^{a}$ |
| | Zn (mg kg$^{-1}$) | 95.00$^{b}$ | 175.00$^{a}$ | 181.00$^{a}$ |
| | Cu (mg kg$^{-1}$) | 21.00$^{c}$ | 23.00$^{b}$ | 27.00$^{a}$ |
| | Cl (mg kg$^{-1}$) | 2.30$^{b}$ | 2.37$^{b}$ | 3.00$^{a}$ |
| OM (%) | | 0.91$^{c}$ | 1.10$^{b}$ | 1.32$^{a}$ |
| pH (1:1) | | 6.53$^{ab}$ | 6.69$^{a}$ | 6.39$^{b}$ |
| EC (1:10; dS cm$^{-1}$) | | 33.75$^{b}$ | 35.10$^{b}$ | 38.15$^{a}$ |
| C/N ratio | | 0.23 | 0.22 | 0.22 |

**ผลการวิเคราะห์การเจริญเติบโตของดาวเรือง (Vegetative Growth)**

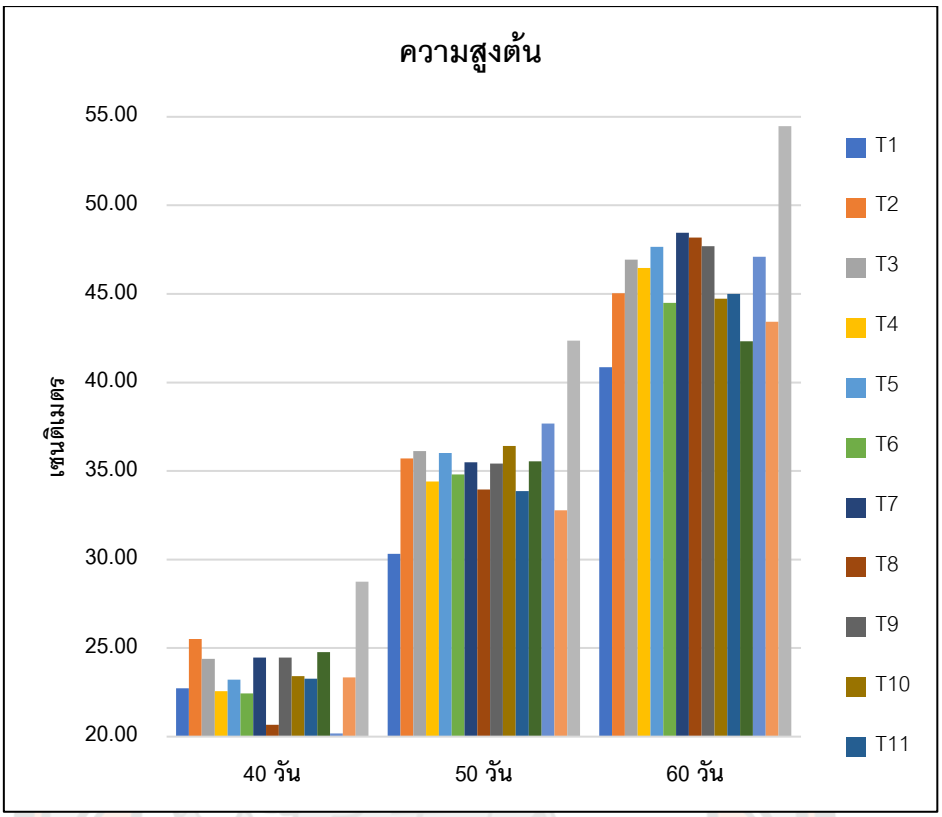
**ความสูงต้น**

จากผลการทดลองวัดความสูงต้นในช่วงอายุ 60 วัน ก่อนที่พืชจะออกดอกพบว่ากรรมวิธีที่ความสูงต้นสูงสุด ได้แก่ T15, T7, T8, T5, T13, T9, T3, T4, T2, T11, T10, T6, T14, T12 และ T1 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 54.47, 48.46, 48.18, 47.66, 47.10, 47.70, 46.93, 46.47, 45.03, 45.00, 44.73, 44.49, 43.43, 42.33 และ 40.87 เซนติเมตร ตามลำดับแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังตาราง 7 และภาพ 10

**ตาราง 7 ผลของปุ๋ยเคมี ปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสมต่อความสูงต้น**

| กรรมวิธี | ความสูงต้น (เซนติเมตร) | | |
|---|---|---|---|
| | 40 วัน | 50 วัน | 60 วัน |
| T1 | 20.18$^{c}$ | 30.31$^{c}$ | 40.87$^{d}$ |
| T2 | 25.52$^{ab}$ | 35.71$^{b}$ | 45.03$^{bcd}$ |
| T3 | 24.4$^{b}$ | 36.12$^{b}$ | 46.93$^{bc}$ |
| T4 | 22.58$^{b}$ | 34.41$^{bc}$ | 46.47$^{bc}$ |
| T5 | 23.21$^{bc}$ | 36.01$^{b}$ | 47.66$^{b}$ |
| T6 | 22.45$^{bc}$ | 34.81$^{bc}$ | 44.49$^{bcd}$ |
| T7 | 24.47$^{b}$ | 35.49$^{b}$ | 48.46$^{b}$ |
| T8 | 20.67$^{c}$ | 33.95$^{bc}$ | 48.18$^{b}$ |
| T9 | 24.47$^{b}$ | 35.43$^{b}$ | 47.7$^{b}$ |
| T10 | 23.41$^{bc}$ | 36.41$^{b}$ | 44.73$^{bcd}$ |
| T11 | 23.27$^{bc}$ | 33.87$^{bc}$ | 45.00$^{bcd}$ |
| T12 | 24.78$^{ab}$ | 35.55$^{b}$ | 42.33$^{bcd}$ |
| T13 | 22.73$^{bc}$ | 37.68$^{ab}$ | 47.10$^{b}$ |
| T14 | 23.34$^{bc}$ | 32.78$^{bc}$ | 43.43$^{bcd}$ |
| T15 | 28.74$^{a}$ | 42.36$^{a}$ | 54.47$^{a}$ |
| CV (5%) | 10.29 | 8.34 | 6.81 |
| F-test | * | * | * |

* Significant at 95% confident interval in each column of the same period, the different in small letter indicated significant at 95% ($p < 0.05$) by DMRT between different groups (n = 15). CD = critical difference between means; CV = coefficient of variation.




ภาพ 10 ความสูงต้น

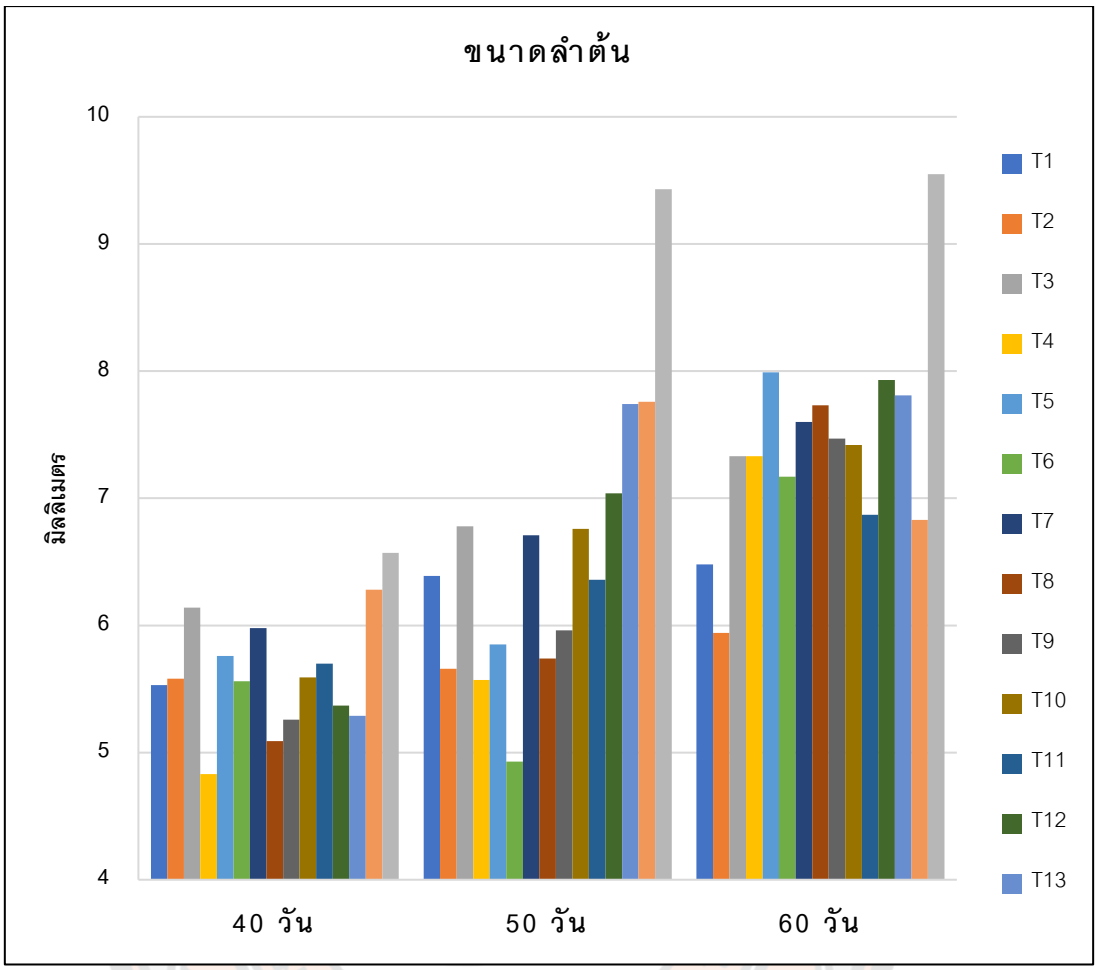
**ขนาดของลำต้น**

จากผลการทดลองวัดขนาดลำต้นในช่วงที่พืชเจริญเติบโตสูงสุดอายุ 60 วัน ก่อนออกดอก พบว่ากรรมวิธีที่ขนาดลำต้นใหญ่สุด ได้แก่ T15, T5, T12, T13, T8, T7, T9, T10, T3และT4, T6, T11, T14, T1 และ T12 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 9.55, 7.99, 7.93, 7.81, 7.73, 7.60, 7.47, 7.42, 7.33, 7.17, 6.87, 6.83, 6.48 และ 5.94 มิลลิเมตร ตามลำดับแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังตาราง 8 และภาพ 11

**ตาราง 8 ผลของปุ๋ยเคมี ปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสมต่อขนาดลำต้น**

| กรรมวิธี | ขนาดลำต้น (มิลลิเมตร) | | |
|---|---|---|---|
| | 40 วัน | 50 วัน | 60 วัน |
| T1 | 5.53 | 6.39 | 6.48$^{c}$ |
| T2 | 5.58 | 5.66 | 5.94$^{d}$ |
| T3 | 6.14 | 6.78 | 7.33$^{bc}$ |
| T4 | 4.83 | 5.57 | 7.33$^{bc}$ |
| T5 | 5.76 | 5.85 | 7.99$^{b}$ |
| T6 | 5.56 | 4.93 | 7.17$^{bcd}$ |
| T7 | 5.98 | 6.71 | 7.60$^{bc}$ |
| T8 | 5.09 | 5.74 | 7.73$^{bc}$ |
| T9 | 5.26 | 5.96 | 7.47$^{bc}$ |
| T10 | 5.59 | 6.76 | 7.42$^{bc}$ |
| T11 | 5.70 | 6.36 | 6.87$^{bcd}$ |
| T12 | 5.37 | 7.04 | 7.93$^{b}$ |
| T13 | 5.29 | 7.74 | 7.81$^{b}$ |
| T14 | 6.28 | 7.76 | 6.83$^{bcd}$ |
| T15 | 6.57 | 9.43 | 9.55$^{a}$ |
| CV (5%) | 9.30 | 6.40 | 10.57 |
| F-test | ns | ns | * |

* Significant at 95% confident interval in each column of the same period, the different in small letter indicated significant at 95% ($p < 0.05$) by DMRT between different groups (n = 15). CD = critical difference between means; CV = coefficient of variation.




ภาพ 11 ขนาดลำต้น

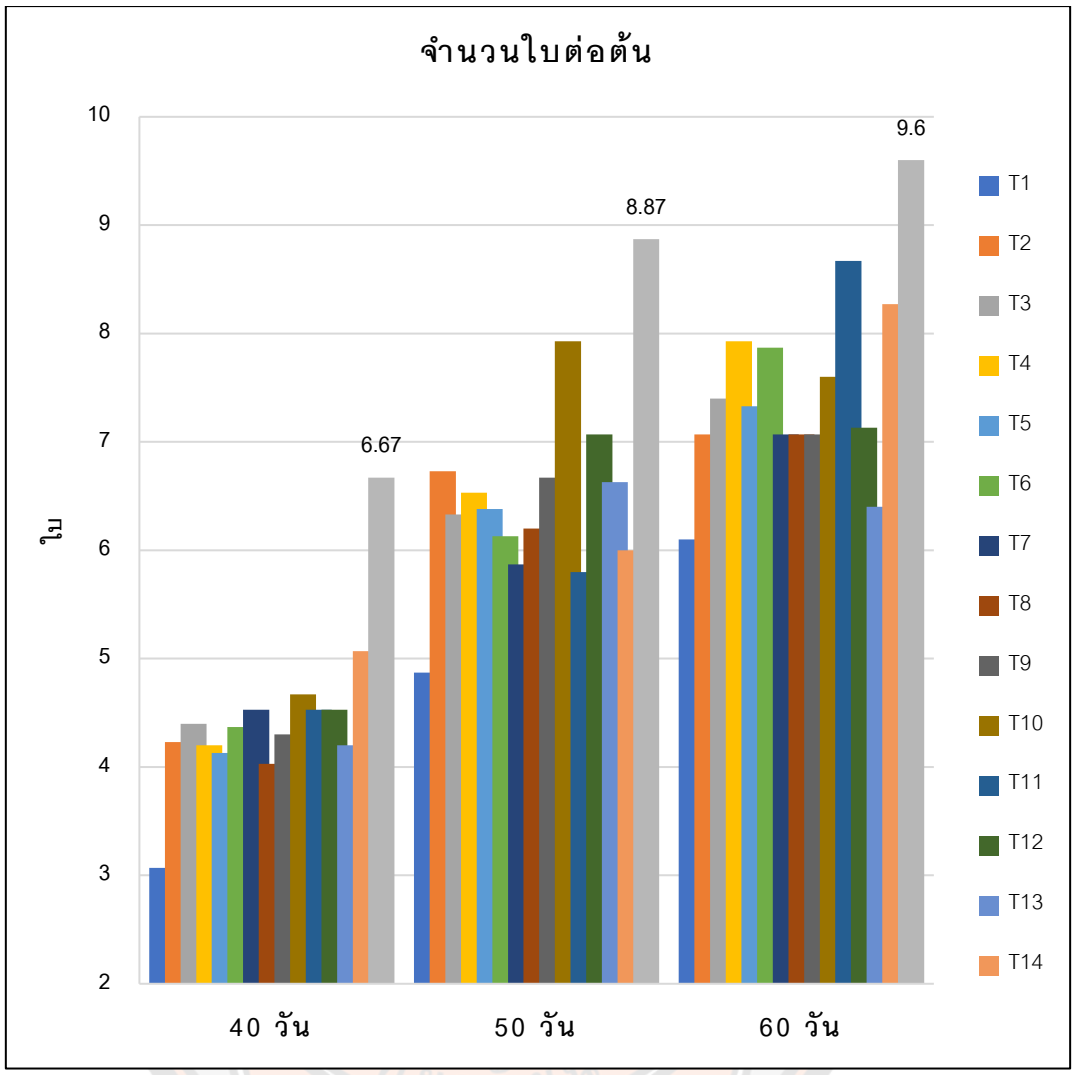
**จำนวนใบต่อต้น**

จากผลการทดลองนับจำนวนใบต่อต้นในช่วงที่พืชเจริญเติบโตสูงสุดอายุ 60 วัน ก่อนออกดอกพบว่ากรรมวิธีที่จำนวนใบต่อต้นสูงที่สุด ได้แก่ T15, T11, T14, T4, T6, T10, T3, T5, T12, T7 T8 และ T9, T13 และ T1 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 9.60, 8.67, 8.27, 7.93, 7.87, 7.60, 7.40, 7.33, 7.13, 7.07, 6.40 และ 6.10 ใบ ตามลำดับแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังตาราง 9 และภาพ 12

**ตาราง 9 ผลของปุ๋ยเคมี ปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสมต่อจำนวนใบต่อต้น**

| กรรมวิธี | จำนวนใบต่อต้น (ใบ) | | |
|---|---|---|---|
| | 40 วัน | 50 วัน | 60 วัน |
| T1 | 3.07 | 4.87 | 6.10$^{e}$ |
| T2 | 4.23 | 6.73 | 7.07$^{d}$ |
| T3 | 4.40 | 6.33 | 7.40$^{cd}$ |
| T4 | 4.20 | 6.53 | 7.93$^{bcd}$ |
| T5 | 4.13 | 6.38 | 7.33$^{cd}$ |
| T6 | 4.37 | 6.13 | 7.87$^{bcd}$ |
| T7 | 4.53 | 5.87 | 7.07$^{d}$ |
| T8 | 4.03 | 6.20 | 7.07$^{d}$ |
| T9 | 4.30 | 6.67 | 7.07$^{d}$ |
| T10 | 4.67 | 7.93 | 7.60$^{bcd}$ |
| T11 | 4.53 | 5.80 | 8.67$^{ab}$ |
| T12 | 4.53 | 7.07 | 7.13$^{cde}$ |
| T13 | 4.20 | 6.63 | 6.40$^{e}$ |
| T14 | 5.07 | 6.00 | 8.27$^{bc}$ |
| T15 | 6.67 | 8.87 | 9.60$^{a}$ |
| CV (5%) | 10.86 | 10.51 | 9.53 |
| F-test | ns | ns | * |

* Significant at 95% confident interval in each column of the same period, the different in small letter indicated significant at 95% ($p < 0.05$) by DMRT between different groups (n = 15). CD = critical difference between means; CV = coefficient of variation.




ภาพ 12 จำนวนใบต่อต้น

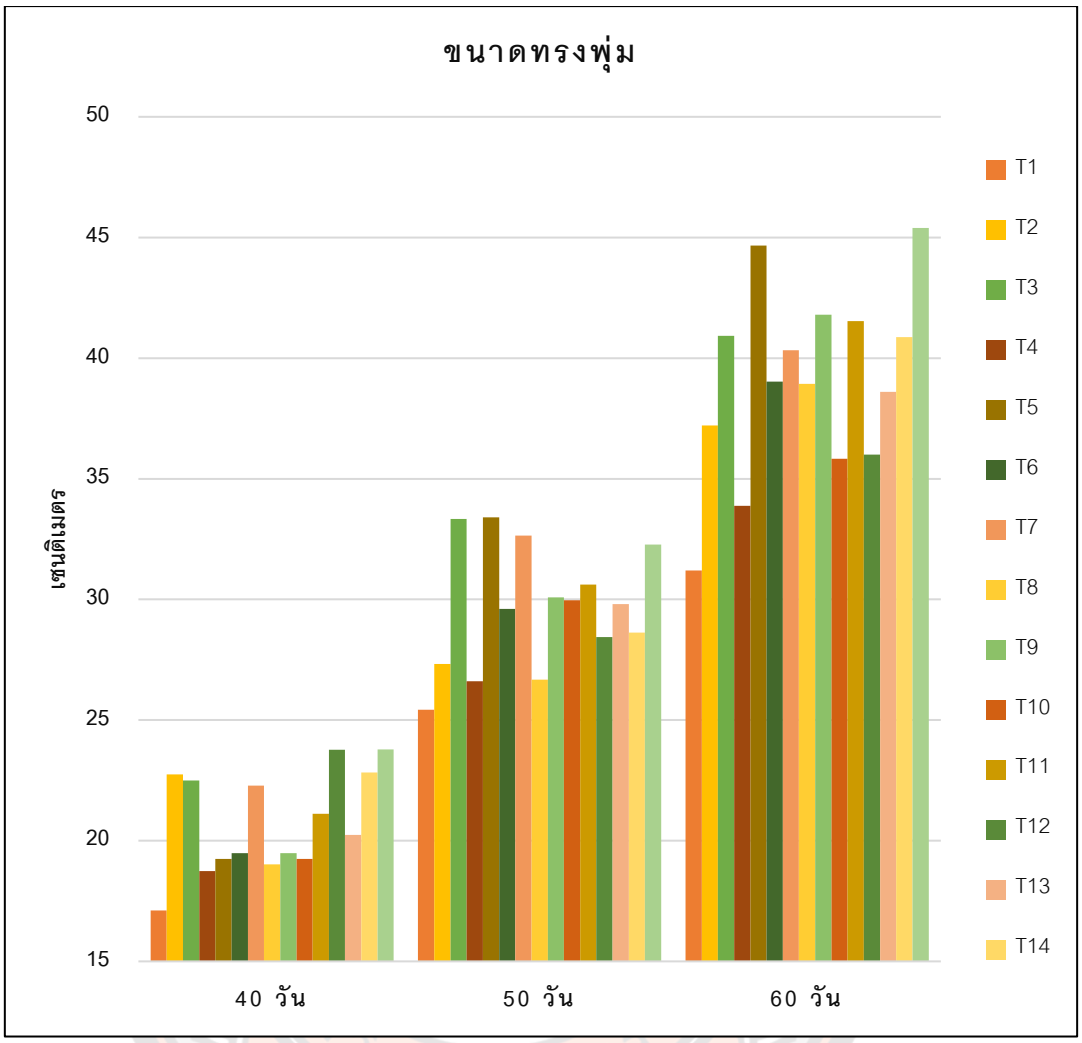
**ขนาดทรงพุ่ม**

จากผลการทดลองวัดขนาดทรงพุ่มในช่วงที่พืชเจริญเติบโตสูงสุดอายุ 60 วัน ก่อนออกดอก พบว่ากรรมวิธีที่ขนาดทรงพุ่มสูงที่สุด ได้แก่ T15, T5, T9, T11, T3, T14, T7, T6, T8, T13 T2, T12, T10, T14 และ T1 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 45.40, 44.67, 41.80, 41.53, 40.93, 40.87, 40.33, 39.03, 38.93, 38.60, 37.21, 36.00, 35.83, 33.88 และ31.20 เซนติเมตรตามลำดับแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังตาราง 10 และภาพ 13

**ตาราง 10 ผลของปุ๋ยเคมี ปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสมต่อขนาดทรงพุ่ม**

| กรรมวิธี | ขนาดทรงพุ่ม (เซนติเมตร) | | |
|---|---|---|---|
| | 40 วัน | 50 วัน | 60 วัน |
| T1 | $17.11^{e}$ | $25.43^{c}$ | $31.20^{e}$ |
| T2 | $22.75^{ab}$ | $27.33^{bc}$ | $37.21^{bc}$ |
| T3 | $22.49^{ab}$ | $33.33^{a}$ | $40.93^{abc}$ |
| T4 | $18.74^{de}$ | $26.61^{bc}$ | $33.88^{de}$ |
| T5 | $19.25^{cde}$ | $33.40^{a}$ | $44.67^{a}$ |
| T6 | $19.49^{bcde}$ | $29.61^{abc}$ | $39.03^{bc}$ |
| T7 | $22.29^{abc}$ | $32.65^{a}$ | $40.33^{abc}$ |
| T8 | $19.02^{cde}$ | $26.68^{bc}$ | $38.93^{bcd}$ |
| T9 | $19.49^{bcde}$ | $30.09^{ab}$ | $41.80^{ab}$ |
| T10 | $19.24^{cde}$ | $29.97^{abc}$ | $35.83^{cde}$ |
| T11 | $21.11^{abcd}$ | $30.62^{a}$ | $41.53^{ab}$ |
| T12 | $23.77^{a}$ | $28.44^{abc}$ | $36.00^{cd}$ |
| T13 | $20.24^{bcde}$ | $29.81^{abc}$ | $38.60^{bcd}$ |
| T14 | $22.83^{a}$ | $28.62^{abc}$ | $40.87^{abc}$ |
| T15 | $23.78^{a}$ | $32.27^{a}$ | $45.40^{a}$ |
| CV (5%) | 9.65 | 9.96 | 7.79 |
| F-test | * | * | * |

* Significant at 95% confident interval in each column of the same period, the different in small letter indicated significant at 95% ($p < 0.05$) by DMRT between different groups (n = 15). CD = critical difference between means; CV = coefficient of variation.




ภาพ 13 ขนาดทรงพุ่ม

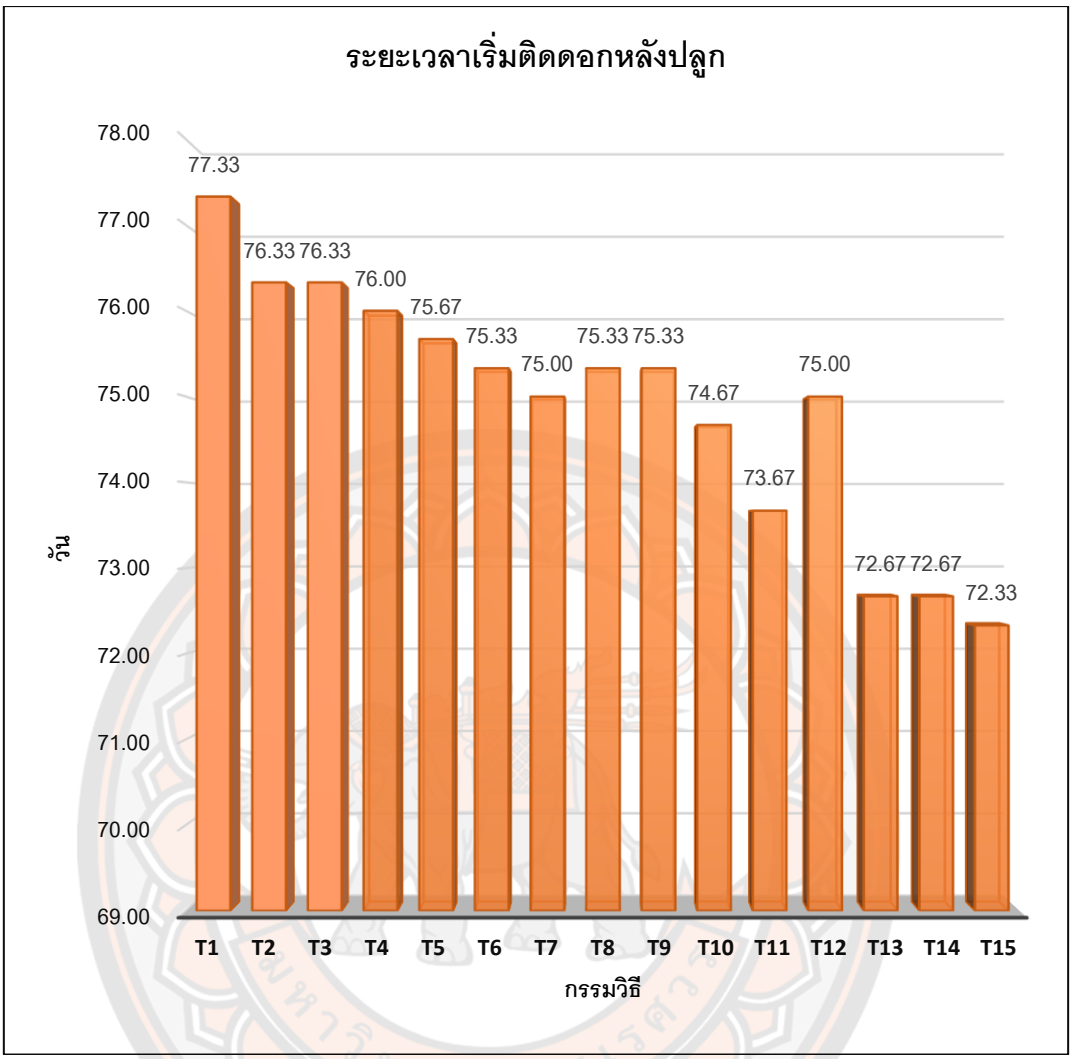
**ระยะเวลาเริ่มติดดอกหลังปลูก**

จากผลการทดลองนับจำนวนวันที่เริ่มติดดอกหลังปลูก พบว่ากรรมวิธีที่ใช้เวลาน้อยที่สุด ได้แก่ T15, T14 และ T13, T11, T12, T10, และ T7, T6 T8 และ T9, T5, T4, T3 และ T2 และ T1 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 72.33, 72.67, 73.67, 74.67, 75.00, 75.33, 75.67, 76.00, 76.33 และ 77.33 วัน ตามลำดับแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังตาราง 11 และภาพ 14

**ตาราง 11 ผลของปุ๋ยเคมี ปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสมต่อระยะเวลาเริ่มติดดอกหลังปลูก**

| กรรมวิธี | ระยะเวลาเริ่มติดดอก (วัน) |
|---|---|
| T1 | 77.33$^{a}$ |
| T2 | 76.33$^{ab}$ |
| T3 | 76.33$^{ab}$ |
| T4 | 76.00$^{abc}$ |
| T5 | 75.67$^{bc}$ |
| T6 | 75.33$^{bcd}$ |
| T7 | 75.00$^{bcd}$ |
| T8 | 75.33$^{bcd}$ |
| T9 | 75.33$^{bcd}$ |
| T10 | 74.67$^{cd}$ |
| T11 | 73.67$^{de}$ |
| T12 | 75.00$^{bc}$ |
| T13 | 72.67$^{e}$ |
| T14 | 72.67$^{e}$ |
| T15 | 72.33$^{e}$ |
| CV (5%) | 1.11 |
| F-test | * |

* Significant at 95% confident interval in each column of the same period, the different in small letter indicated significant at 95% ($p < 0.05$) by DMRT between different groups (n = 15). CD = critical difference between means; CV = coefficient of variation.




ภาพ 14 ระยะเวลาเริ่มติดดอกหลังปลูก

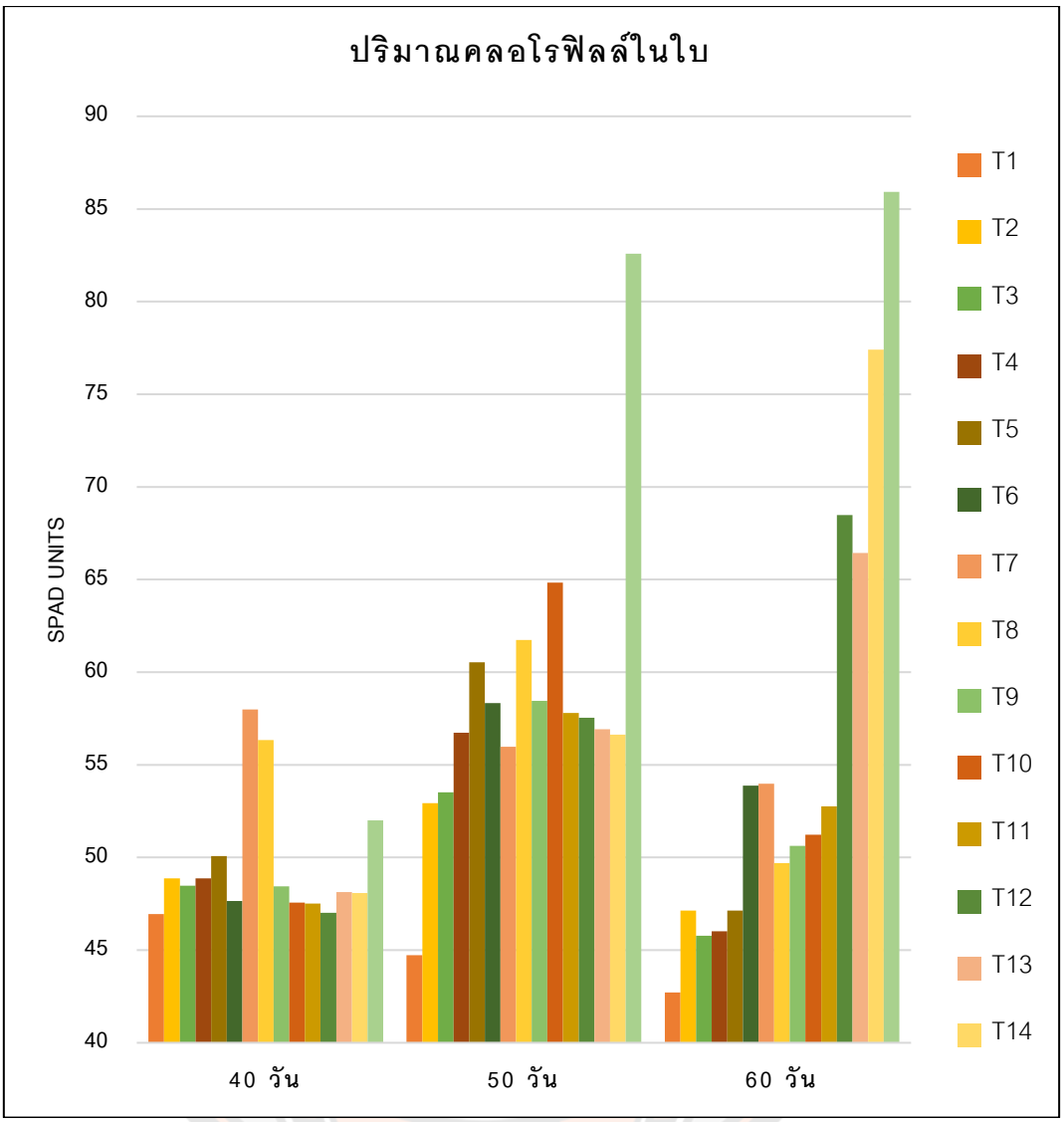
**ปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบ**

จากผลการทดลองพบว่าในช่วงอายุ 60 วัน ที่พืชมีการเจริญเติบโตเต็มที่แล้วพบว่ากรรมวิธีที่มีปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบสูงที่สุด ได้แก่ T15, T14, T12, T13, T7, T6, T11, T10, T9, T8 T5, T2, T4, T3 และ T1 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 85.92, 77.41, 68.48, 66.44, 53.98, 53.88, 52.76, 51.22, 50.63, 49.70, 47.14, 47.13, 46.02, 45.78 และ 42.72 SPAD units ตามลำดับแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังตาราง 12 และภาพ 15

**ตาราง 12 ผลของปุ๋ยเคมี ปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสมต่อปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบ**

| กรรมวิธี | ปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบ (SPAD units) | | |
|---|---|---|---|
| | 40 วัน | 50 วัน | 60 วัน |
| T1 | 46.95$^{b}$ | 44.73$^{d}$ | 42.72$^{e}$ |
| T2 | 48.88$^{b}$ | 52.93$^{cd}$ | 47.13$^{de}$ |
| T3 | 48.48$^{b}$ | 53.51$^{cd}$ | 45.78$^{de}$ |
| T4 | 48.88$^{b}$ | 56.74$^{bc}$ | 46.02$^{de}$ |
| T5 | 50.08$^{a}$ | 60.54$^{bc}$ | 47.14$^{de}$ |
| T6 | 47.65$^{b}$ | 58.33$^{bc}$ | 53.88$^{d}$ |
| T7 | 57.98$^{b}$ | 55.98$^{bc}$ | 53.98$^{d}$ |
| T8 | 56.34$^{b}$ | 61.74$^{bc}$ | 49.70$^{de}$ |
| T9 | 48.45$^{ab}$ | 58.45$^{bc}$ | 50.63$^{de}$ |
| T10 | 47.57$^{b}$ | 64.84$^{b}$ | 51.22$^{de}$ |
| T11 | 47.51$^{b}$ | 57.8$^{bc}$ | 52.76$^{d}$ |
| T12 | 47.01$^{b}$ | 57.54$^{bc}$ | 68.48$^{bc}$ |
| T13 | 48.14$^{b}$ | 56.93$^{bc}$ | 66.44$^{c}$ |
| T14 | 48.08$^{b}$ | 56.63$^{bc}$ | 77.41$^{ab}$ |
| T15 | 52.00$^{a}$ | 82.58$^{a}$ | 85.92$^{a}$ |
| CV (5%) | 4.6 | 10.77 | 9.67 |
| F-test | * | * | * |

* Significant at 95% confident interval in each column of the same period, the different in small letter indicated significant at 95% ($p < 0.05$) by DMRT between different groups (n = 15). CD = critical difference between means; CV = coefficient of variation.




**ภาพ 15 ปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบ**

**ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิต**

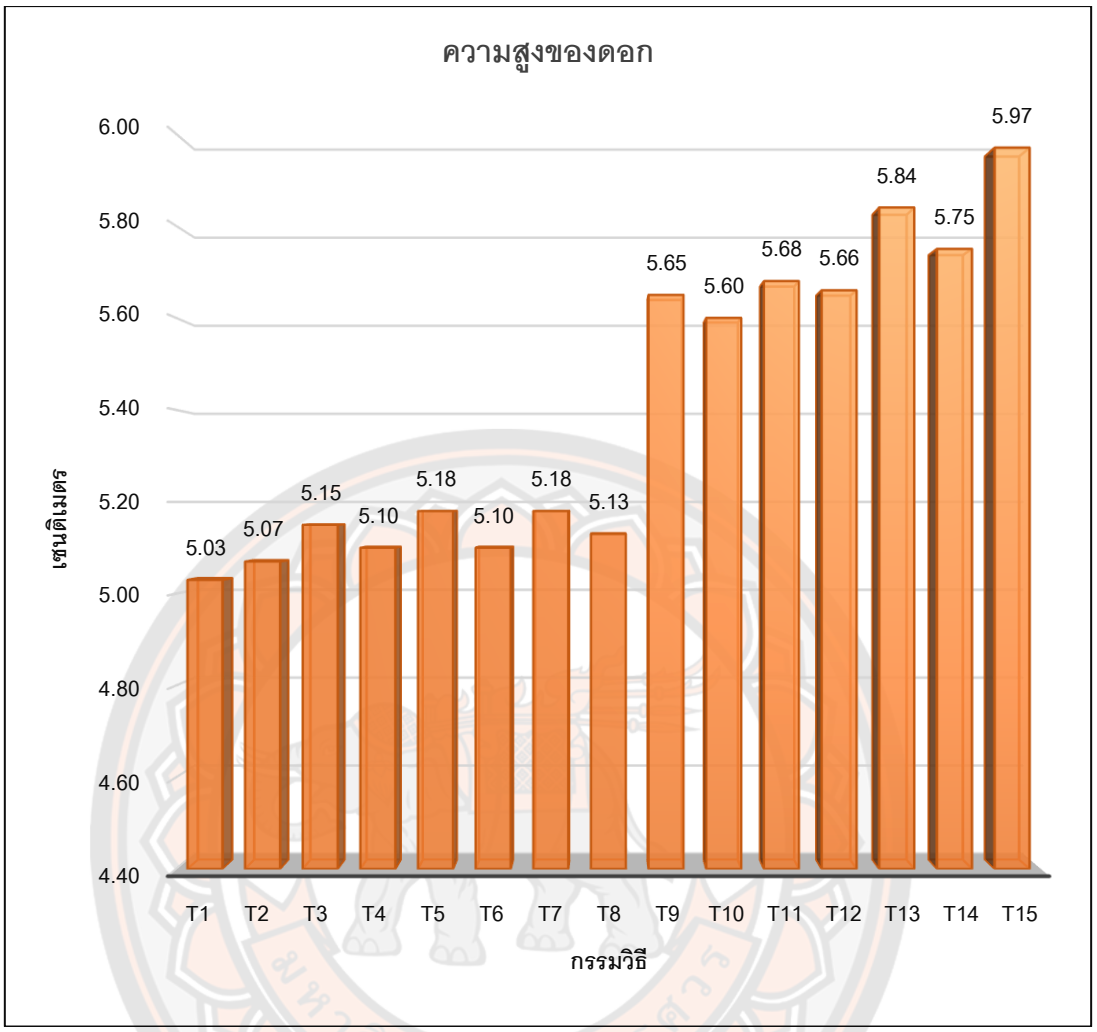
**ความสูงของดอก**

จากผลการทดลองพบว่ากรรมวิธีที่มีความสูงของดอกสูงที่สุด ได้แก่ T15, T13, T14, T11, T12, T9, T10, T7 และ T5, T3, T8, T6 และ T4, T2 และ T1 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.97, 5.84, 5.73, 5.68, 5.66, 5.65, 5.60, 5.18, 5.15, 5.13, 5.10, 5.07 และ 5.03 เซนติเมตร ตามลำดับแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังตาราง 13 และภาพ 16

**ตาราง 13 ผลของปุ๋ยเคมี ปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสมต่อความสูงของดอก**

| กรรมวิธี | ความสูงของดอก (เซนติเมตร) |
|---|---|
| T1 | 5.03$^{c}$ |
| T2 | 5.07$^{c}$ |
| T3 | 5.15$^{c}$ |
| T4 | 5.10$^{c}$ |
| T5 | 5.18$^{c}$ |
| T6 | 5.10$^{c}$ |
| T7 | 5.18$^{c}$ |
| T8 | 5.13$^{c}$ |
| T9 | 5.65$^{b}$ |
| T10 | 5.60$^{b}$ |
| T11 | 5.68$^{b}$ |
| T12 | 5.66$^{b}$ |
| T13 | 5.84$^{ab}$ |
| T14 | 5.75$^{ab}$ |
| T15 | 5.97$^{a}$ |
| CV (5%) | 2.72 |
| F-test | * |

* Significant at 95% confident interval in each column of the same period, the different in small letter indicated significant at 95% ($p < 0.05$) by DMRT between different groups (n = 15). CD = critical difference between means; CV = coefficient of variation.




**ภาพ 16 ความสูงของดอก**

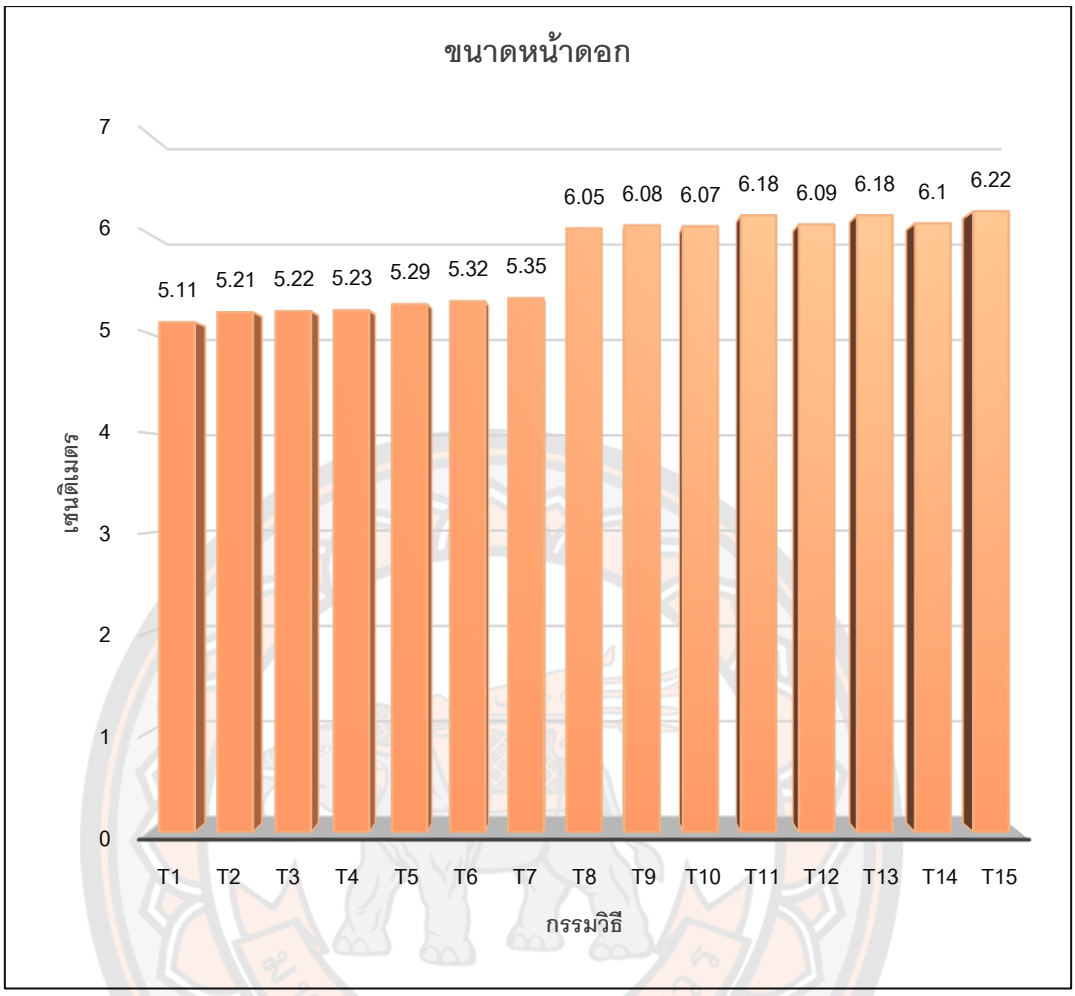
**ขนาดหน้าดอก**

จากผลการทดลองพบว่ากรรมวิธีที่มีขนาดหน้าดอกใหญ่ที่สุด ได้แก่ T15, T13 และ T11, T14, T12, T10, T9, T8, T7, T6, T5, T4, T3, T2 และ T1 มีค่าเฉลี่ย 6.22, 6.18, 6.10, 6.09, 6.08, 6.07, 6.05, 5.35, 5.32, 5.29, 5.23, 5.22, 5.21 และ 5.11 เซนติเมตร ตามลำดับแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังตาราง 14 และภาพ 17

**ตาราง 14 ผลของปุ๋ยเคมี ปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสมต่อขนาดหน้าดอก**

| กรรมวิธี | ขนาดหน้าดอก (เซนติเมตร) |
|---|---|
| T1 | 5.11$^{c}$ |
| T2 | 5.21$^{bc}$ |
| T3 | 5.22$^{bc}$ |
| T4 | 5.23$^{bc}$ |
| T5 | 5.29$^{bc}$ |
| T6 | 5.32$^{bc}$ |
| T7 | 5.35$^{b}$ |
| T8 | 6.05$^{a}$ |
| T9 | 6.08$^{a}$ |
| T10 | 6.07$^{a}$ |
| T11 | 6.18$^{a}$ |
| T12 | 6.09$^{a}$ |
| T13 | 6.18$^{a}$ |
| T14 | 6.10$^{a}$ |
| T15 | 6.22$^{a}$ |
| CV (5%) | 2.29 |
| F-test | * |

* Significant at 95% confident interval in each column of the same period, the different in small letter indicated significant at 95% ($p < 0.05$) by DMRT between different groups (n = 15). CD = critical difference between means; CV = coefficient of variation.




**ภาพ 17 ขนาดหน้าดอก**

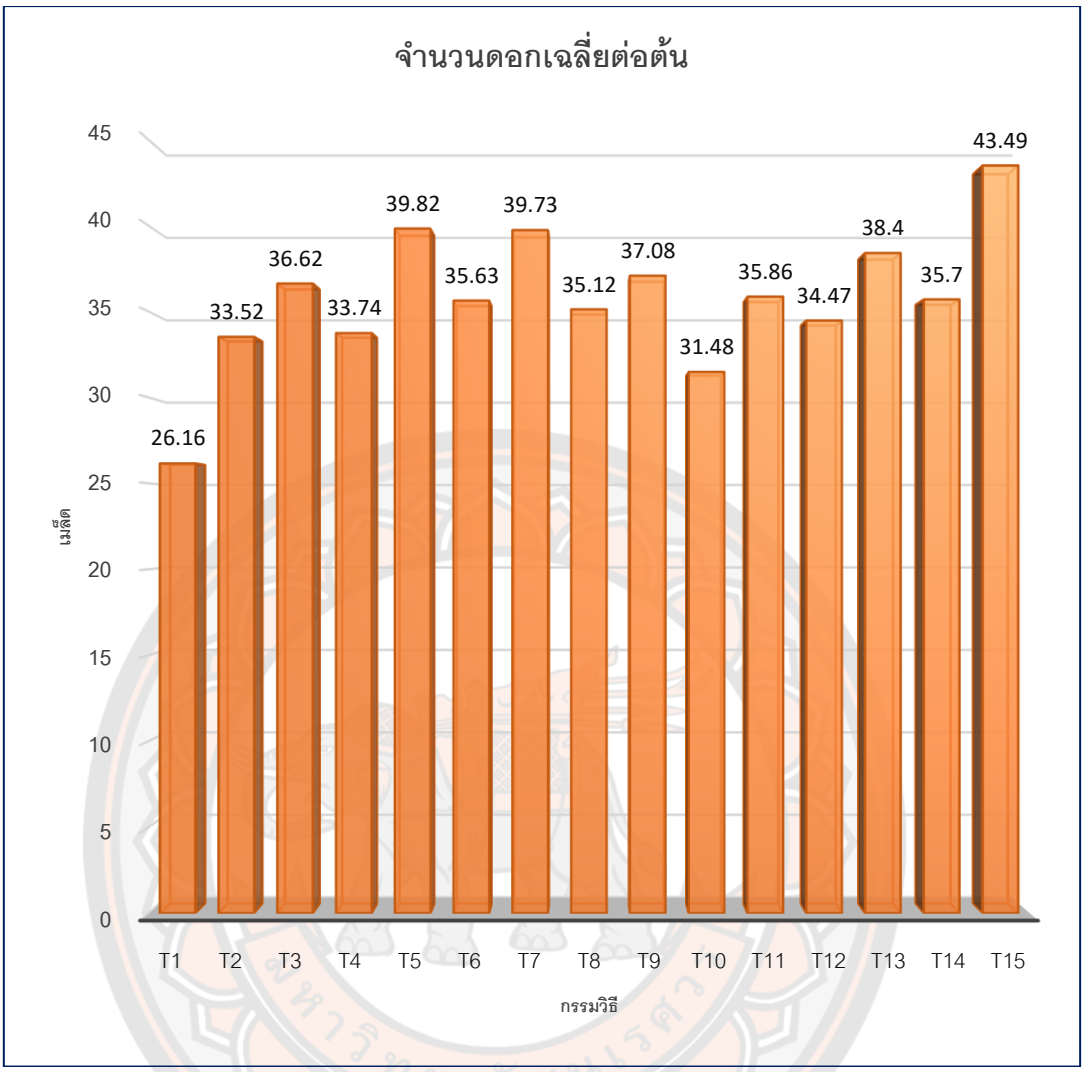
**จำนวนดอกเฉลี่ยต่อต้น**

จากผลการทดลองพบว่ากรรมวิธีที่มีจำนวนดอกเฉลี่ยต่อต้นสูงที่สุด ได้แก่ T15, T5, T7, T13, T9, T3, T11, T14, T6, T8, T12, T4, T2, T10 และ T1 มีค่าเฉลี่ย 43.49, 39.82, 39.73, 38.40, 37.08, 36.62, 35.86, 35.70, 35.63, 35.12, 34.47, 33.74, 33.52, 31.48 และ26.16 ดอก ตามลำดับแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังตาราง 15 และภาพ 18

**ตาราง 15 ผลของปุ๋ยเคมี ปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสมต่อจำนวนดอกเฉลี่ยต่อต้น**

| กรรมวิธี | จำนวนดอกเฉลี่ยต่อต้น |
|---|---|
| T1 | $26.16^{g}$ |
| T2 | $33.52^{ef}$ |
| T3 | $36.62^{d}$ |
| T4 | $33.74^{ef}$ |
| T5 | $39.82^{bc}$ |
| T6 | $35.63^{de}$ |
| T7 | $39.73^{bc}$ |
| T8 | $35.12^{e}$ |
| T9 | $37.08^{cd}$ |
| T10 | $31.48^{f}$ |
| T11 | $35.86^{d}$ |
| T12 | $34.47^{e}$ |
| T13 | $38.40^{bcd}$ |
| T14 | $35.70^{de}$ |
| T15 | $43.49^{a}$ |
| CV (5%) | 4.94 |
| F-test | * |

* Significant at 95% confident interval in each column of the same period, the different in small letter indicated significant at 95% ($p < 0.05$) by DMRT between different groups (n = 15). CD = critical difference between means; CV = coefficient of variation.




**ภาพ 18 จำนวนดอกเฉลี่ยต่อต้น**

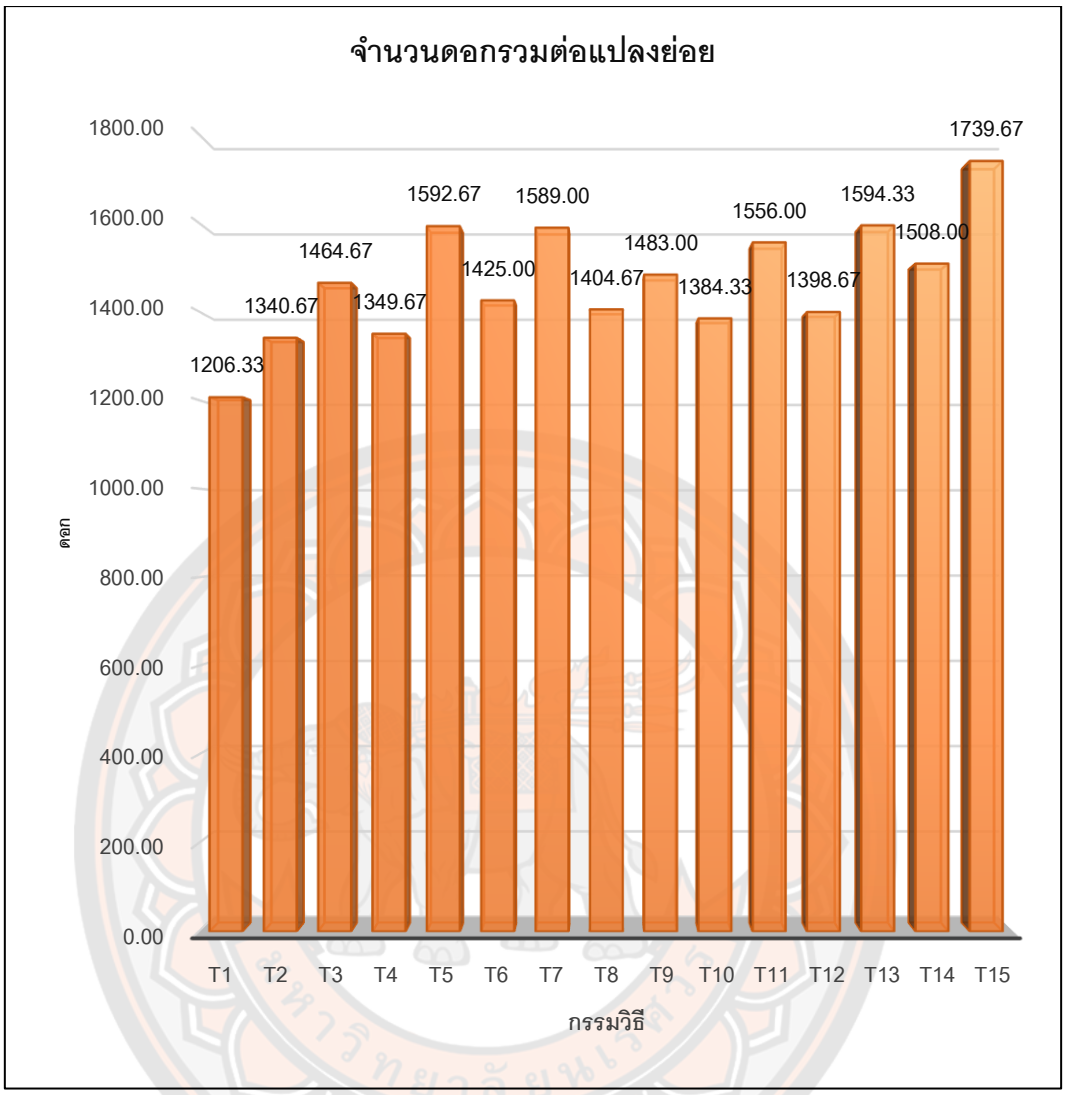
**จำนวนดอกรวมต่อแปลงย่อย**

จากผลการทดลองพบว่ากรรมวิธีที่มีจำนวนดอกรวมต่อแปลงย่อยสูงที่สุด ได้แก่ T15, T13, T5, T7, T11, T14, T9, T3, T6, T8, T12, T10, T4, T2, และ T1 มีค่าเฉลี่ย 1739.67, 1594.33, 1592.67, 1589.00, 1556.00, 1508.00, 1483.00, 1464.67, 1425.00, 1404.67, 1398.67, 1384.33, 1349.67, 1340.67 และ 1206.33 ดอก ตามลำดับแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังตาราง 16 และภาพ 19

**ตาราง 16 ผลของปุ๋ยเคมี ปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสมต่อจำนวนดอกรวมต่อแปลงย่อย**

| กรรมวิธี | จำนวนดอกรวมต่อแปลงย่อย(ดอก) |
|---|---|
| T1 | 1206.33$^{e}$ |
| T2 | 1340.67$^{de}$ |
| T3 | 1464.67$^{bcd}$ |
| T4 | 1349.67$^{cde}$ |
| T5 | 1592.67$^{ab}$ |
| T6 | 1425.00$^{bcde}$ |
| T7 | 1589.00$^{abc}$ |
| T8 | 1404.67$^{bcde}$ |
| T9 | 1483.00$^{bcd}$ |
| T10 | 1384.33$^{bcde}$ |
| T11 | 1556.00$^{abcd}$ |
| T12 | 1398.67$^{bcde}$ |
| T13 | 1594.33$^{ab}$ |
| T14 | 1508.00$^{abcd}$ |
| T15 | 1739.67$^{a}$ |
| CV (5%) | 10.12 |
| F-test | * |

* Significant at 95% confident interval in each column of the same period, the different in small letter indicated significant at 95% ($p < 0.05$) by DMRT between different groups (n = 15). CD = critical difference between means; CV = coefficient of variation.




**ภาพ 19 จำนวนดอกรวมต่อแปลงย่อย**

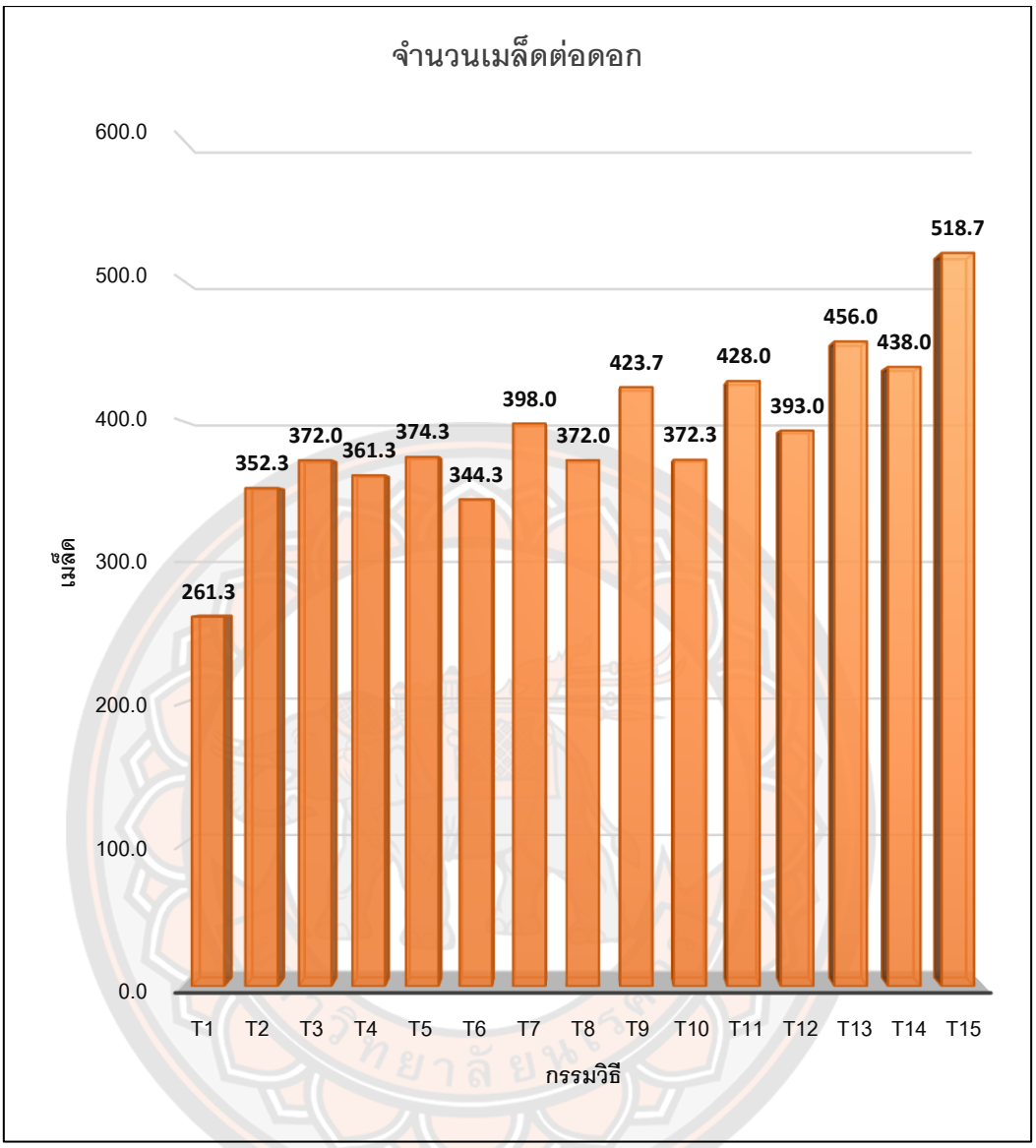
**จำนวนเมล็ดต่อดอก**

จากผลการทดลองพบว่ากรรมวิธีที่มีจำนวนเมล็ดต่อดอกสูงที่สุด ได้แก่ T15, T13 และ T8, T14, T11, T9, T7, T12, T5, T10, T8, T4, T6, T2 และ T1 มีค่าเฉลี่ย 518.67, 456.00, 438.00, 428.00, 423.67, 398.00, 393.00, 374.33, 372.33, 372.00, 361.33, 344.33, 352.33 และ 261.33 เมล็ด ตามลำดับแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังตาราง 17 และภาพ 20

**ตาราง 17 ผลของปุ๋ยเคมี ปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสมต่อจำนวนเมล็ดต่อดอกดาวเรือง**

| กรรมวิธี | จำนวนเมล็ดต่อดอก |
|---|---|
| T1 | 261.33$^{g}$ |
| T2 | 352.33$^{ef}$ |
| T3 | 372.00$^{cdef}$ |
| T4 | 361.33$^{def}$ |
| T5 | 374.33$^{cdef}$ |
| T6 | 344.33$^{f}$ |
| T7 | 398.00$^{bcdef}$ |
| T8 | 372.00$^{cdef}$ |
| T9 | 423.67$^{bce}$ |
| T10 | 372.33$^{cdef}$ |
| T11 | 428.00$^{bcd}$ |
| T12 | 393.00$^{bcdef}$ |
| T13 | 456.00$^{bc}$ |
| T14 | 438.00$^{bc}$ |
| T15 | 518.67$^{a}$ |
| CV (5%) | 11.13 |
| F-test | * |

* Significant at 95% confident interval in each column of the same period, the different in small letter indicated significant at 95% ($p < 0.05$) by DMRT between different groups (n = 15). CD = critical difference between means; CV = coefficient of variation.




ภาพ 20 จำนวนเมล็ดต่อดอก

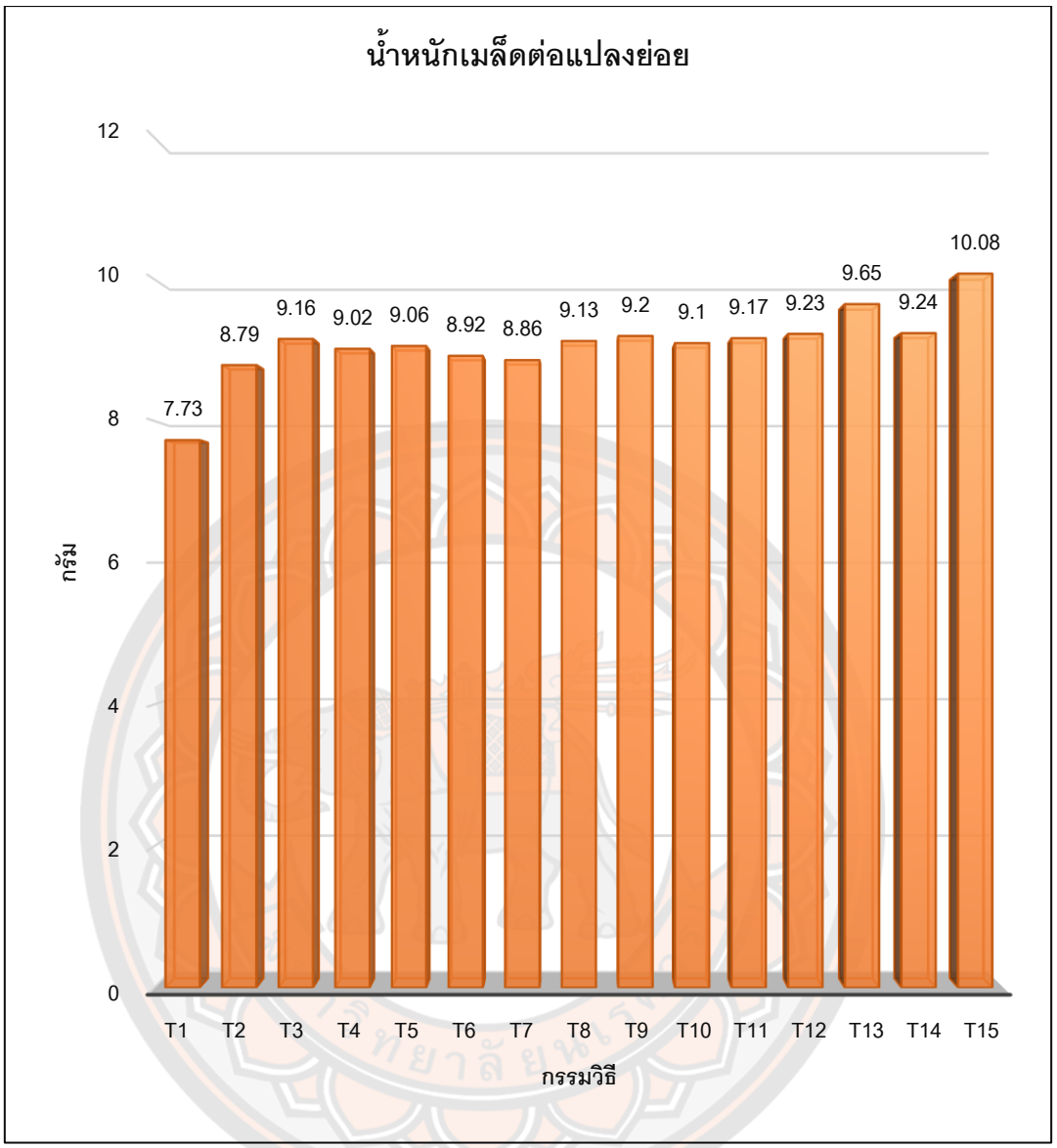
**น้ำหนักเมล็ดต่อแปลงย่อย**

จากผลการทดลองพบว่ากรรมวิธีที่มีน้ำหนักเมล็ดต่อแปลงย่อยสูงที่สุด ได้แก่ T15, T13, T14, T12, T9, T11, T3, T8 และ T10, T5, T4, T6, T7, T2 และ T1 มีค่าเฉลี่ย 10.08, 9.65, 9.24, 9.23, 9.20, 9.17, 9.16, 9.10, 9.06, 9.02, 8.92, 8.86, 8.79 และ 7.73 กรัม ตามลำดับแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังตาราง 18 และภาพ 21

**ตาราง 18 ผลของปุ๋ยเคมี ปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสมต่อน้ำหนักเมล็ดต่อแปลงย่อย**

| กรรมวิธี | น้ำหนักเมล็ดต่อแปลงย่อย (กรัม) |
|---|---|
| T1 | 7.73$^{d}$ |
| T2 | 8.79$^{c}$ |
| T3 | 9.16b$^{c}$ |
| T4 | 9.02b$^{c}$ |
| T5 | 9.06b$^{c}$ |
| T6 | 8.92$^{c}$ |
| T7 | 8.86$^{c}$ |
| T8 | 9.13$^{bc}$ |
| T9 | 9.20$^{bc}$ |
| T10 | 9.10$^{bc}$ |
| T11 | 9.17$^{bc}$ |
| T12 | 9.23$^{bc}$ |
| T13 | 9.65$^{ab}$ |
| T14 | 9.24$^{bc}$ |
| T15 | 10.08$^{a}$ |
| CV (5%) | 5.44 |
| F-test | * |

* Significant at 95% confident interval in each column of the same period, the different in small letter indicated significant at 95% ($p < 0.05$) by DMRT between different groups (n = 15). CD = critical difference between means; CV = coefficient of variation.




**ภาพ 21 น้ำหนักเมล็ดต่อแปลงย่อย**

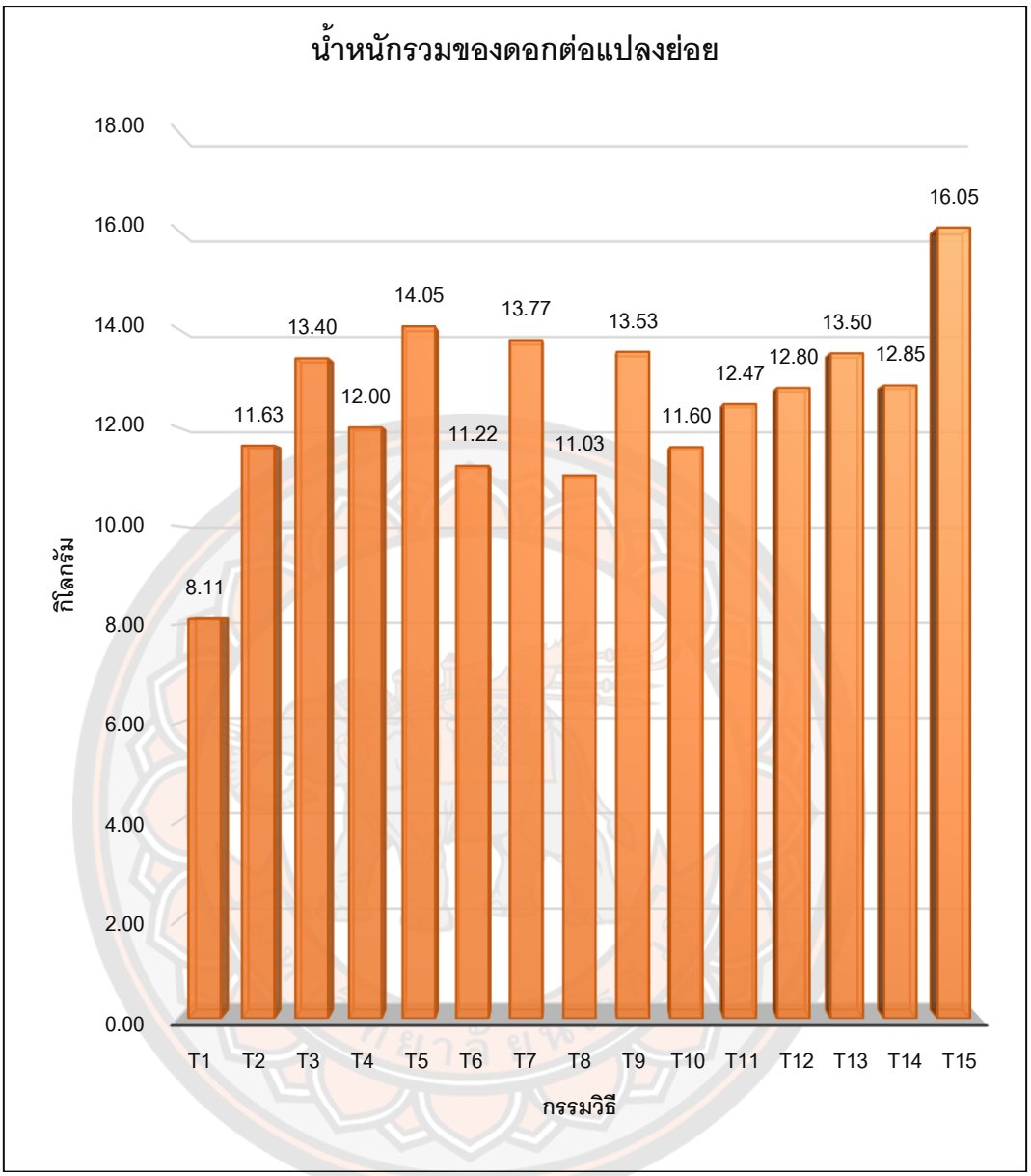
**น้ำหนักรวมของดอกต่อแปลงย่อย**

จากผลการทดลองพบว่ากรรมวิธีที่มีน้ำหนักของดอกต่อแปลงย่อยสูงที่สุด ได้แก่ T15, T5, T7, T9, T13, T3, T14, T12, T11, T4, T2, T10, T6, T8, และ T1 มีค่าเฉลี่ย 16.05, 14.05, 13.77, 13.53, 13.50, 13.40, 12.85, 12.80, 12.47, 12.00, 11.63, 11.60, 11.22, 11.03 และ 8.11 กิโลกรัม ตามลำดับแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังตาราง 19 และภาพ 22

**ตาราง 19 ผลของปุ๋ยเคมี ปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสมต่อน้ำหนักรวมของดอกต่อแปลงย่อย**

| กรรมวิธี | น้ำหนักรวมของดอกต่อแปลงย่อย (กิโลกรัม) |
|---|---|
| T1 | $8.11^{e}$ |
| T2 | $11.63^{cd}$ |
| T3 | $13.40^{bc}$ |
| T4 | $12.00^{cd}$ |
| T5 | $14.05^{ab}$ |
| T6 | $11.22^{d}$ |
| T7 | $13.77^{b}$ |
| T8 | $11.03^{d}$ |
| T9 | $13.53^{bc}$ |
| T10 | $11.60^{cd}$ |
| T11 | $12.47^{bcd}$ |
| T12 | $12.80^{bcd}$ |
| T13 | $13.50^{bc}$ |
| T14 | $12.85^{bcd}$ |
| T15 | $16.05^{a}$ |
| CV (5%) | 9.96 |
| F-test | * |

* Significant at 95% confident interval in each column of the same period, the different in small letter indicated significant at 95% ($p < 0.05$) by DMRT between different groups (n = 15). CD = critical difference between means; CV = coefficient of variation.




**ภาพ 22 น้ำหนักรวมของดอกต่อแปลงย่อย**

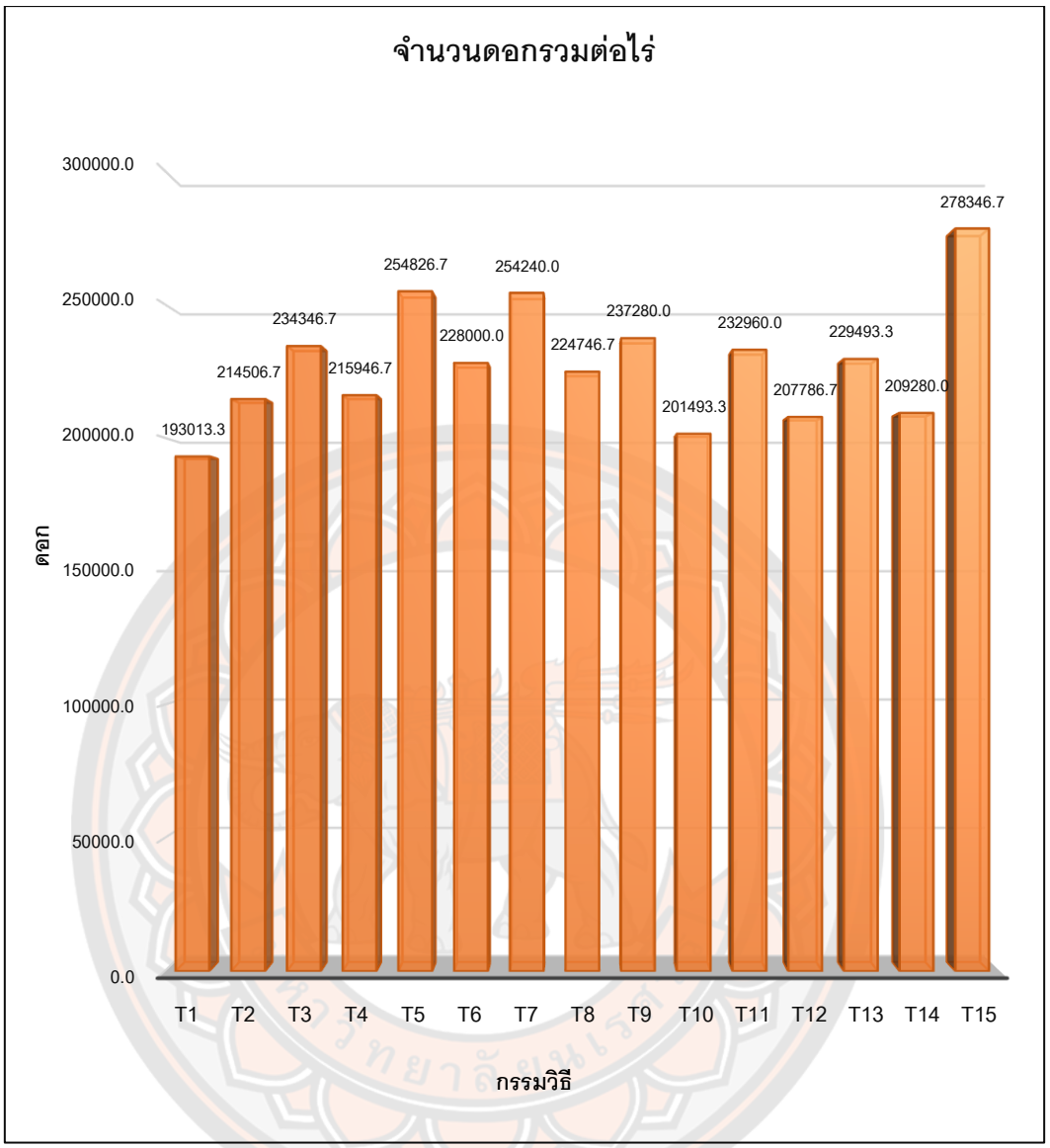
**จำนวนดอกรวมต่อไร่**

จากผลการทดลองพบว่ากรรมวิธีที่มีจำนวนดอกรวมต่อไร่สูงที่สุด ได้แก่ T15, T5, T7, T9, T3, T11, T13, T6, T8, T4, T2, T14, T11 และ T1 มีค่าเฉลี่ย 278,346.7, 254,826.7, 254,240.0, 237,280.0, 234,346.7, 232,960.0, 229,493.3, 228,000.0, 224,746.7, 215,946.7, 214,506.7, 209,280.0, 207,786.7, 209,280.0, และ 193,013.3 ดอก ตามลำดับแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังตาราง 20 และภาพ 22

**ตาราง 20 ผลของปุ๋ยเคมี ปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสมต่อจำนวนดอกรวมต่อไร่**

| กรรมวิธี | จำนวนดอกรวมต่อไร่ (ดอก) |
|---|---|
| T1 | 193,013.3$^{e}$ |
| T2 | 214,506.7$^{de}$ |
| T3 | 234,346.7$^{bcd}$ |
| T4 | 215,946.7$^{cde}$ |
| T5 | 254,826.7$^{ab}$ |
| T6 | 228,000.0$^{bcde}$ |
| T7 | 254,240.0$^{abc}$ |
| T8 | 224,746.7$^{bcde}$ |
| T9 | 237,280.0$^{bcd}$ |
| T10 | 201,493.3$^{bcde}$ |
| T11 | 232,960.0$^{abcd}$ |
| T12 | 207,786.7$^{bcde}$ |
| T13 | 229,493.3$^{ab}$ |
| T14 | 209,280.0$^{abcd}$ |
| T15 | 278,346.7$^{a}$ |
| CV (5%) | 8.15 |
| F-test | * |

* Significant at 95% confident interval in each column of the same period, the different in small letter indicated significant at 95% ($p < 0.05$) by DMRT between different groups (n = 15). CD = critical difference between means; CV = coefficient of variation.




**ภาพ 23 จำนวนดอกรวมต่อไร่**

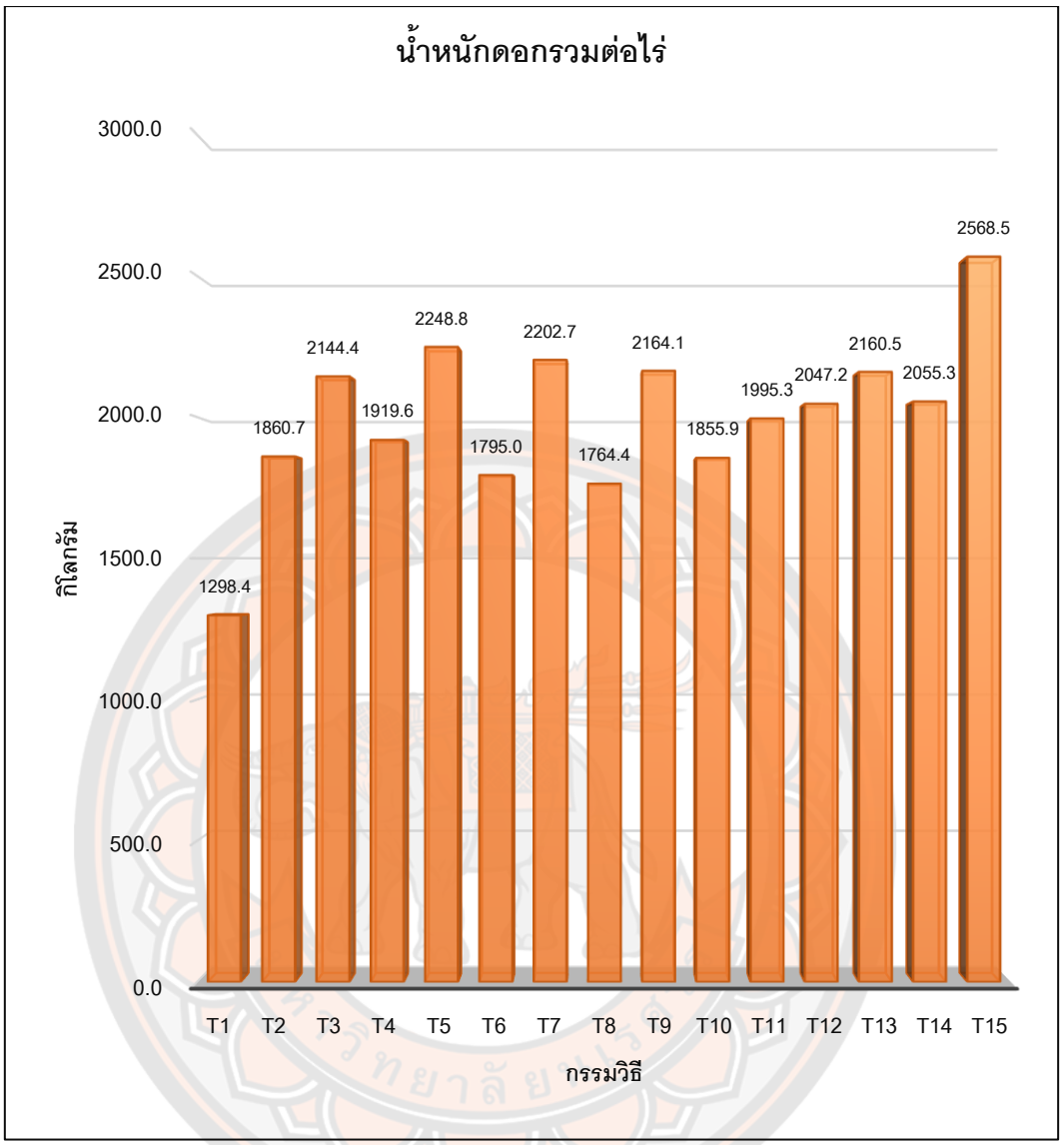
**น้ำหนักดอกรวมต่อไร่**

จากผลการทดลองพบว่ากรรมวิธีที่มีน้ำหนักดอกรวมต่อไร่สูงที่สุด ได้แก่ T15, T5, T7, T9, T13, T3, T14, T12, T11, T4, T2, T10, T6, T8, และ T1 มีค่าเฉลี่ย 2568.15, 2248.77, 2202.72, 2164.11, 2160.45, 2144.43, 2055.33, 2047.33, 1995.33, 1919.63, 1860.69, 1855.88, 1795.04, 1764.37 และ 1298.36 กิโลกรัม ตามลำดับแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังตาราง 21 และภาพ 23

**ตาราง 21 ผลของปุ๋ยเคมี ปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสมต่อน้ำหนักดอกรวมต่อไร่**

| กรรมวิธี | น้ำหนักดอกรวมต่อไร่ (กิโลกรัม) |
|---|---|
| T1 | 1298.36$^{e}$ |
| T2 | 1860.69$^{c}$ |
| T3 | 2144.43$^{bc}$ |
| T4 | 1919.63$^{bc}$ |
| T5 | 2248.77$^{ab}$ |
| T6 | 1795.04$^{d}$ |
| T7 | 2202.72$^{b}$ |
| T8 | 1764.37$^{d}$ |
| T9 | 2164.11$^{bc}$ |
| T10 | 1855.88$^{cd}$ |
| T11 | 1995.33$^{bcd}$ |
| T12 | 2047.23$^{bcd}$ |
| T13 | 2160.45$^{bc}$ |
| T14 | 2055.33$^{bcd}$ |
| T15 | 2568.51$^{a}$ |
| CV (5%) | 9.90 |
| F-test | * |

* Significant at 95% confident interval in each column of the same period, the different in small letter indicated significant at 95% ($p < 0.05$) by DMRT between different groups (n = 15). CD = critical difference between means; CV = coefficient of variation.




**ภาพ 24 น้ำหนักดอกรวมต่อไร่**

**ตาราง 22 ผลผลิตและองค์ประกอบของผลผลิต**

| กรรมวิธี | ความสูงของดอก | ขนาดหน้าดอก | จำนวนเมล็ดต่อดอก | จำนวนดอกเฉลี่ยต่อต้น | จำนวนดอกรวมต่อแปลงย่อย | จำนวนดอกรวมต่อไร่ | น้ำหนักเมล็ดต่อแปลงย่อย | น้ำหนักดอกรวมต่อแปลงย่อย | น้ำหนักดอกรวมต่อไร่ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| T1 | 5.03$^{c}$ | 5.11$^{c}$ | 261.33$^{g}$ | 26.16$^{g}$ | 1206.33$^{e}$ | 193,013.3$^{e}$ | 7.73$^{d}$ | 8.11$^{e}$ | 1298.36$^{e}$ |
| T2 | 5.07$^{c}$ | 5.21$^{bc}$ | 352.33$^{ef}$ | 33.52$^{ef}$ | 1340.67$^{de}$ | 214,506.7$^{de}$ | 8.79$^{c}$ | 11.63$^{cd}$ | 1860.69$^{c}$ |
| T3 | 5.15$^{c}$ | 5.22$^{bc}$ | 372.00$^{cdef}$ | 36.62$^{d}$ | 1464.67$^{bcd}$ | 234,346.7$^{bcd}$ | 9.16$^{bc}$ | 13.40$^{bc}$ | 2144.43$^{bc}$ |
| T4 | 5.10$^{c}$ | 5.23$^{bc}$ | 361.33$^{def}$ | 33.74$^{ef}$ | 1349.67$^{cde}$ | 215,946.7$^{cde}$ | 9.02$^{bc}$ | 12.00$^{cd}$ | 1919.63$^{bc}$ |
| T5 | 5.18$^{c}$ | 5.29$^{bc}$ | 374.33$^{cdef}$ | 39.82$^{bc}$ | 1592.67$^{ab}$ | 254,826.7$^{ab}$ | 9.06$^{bc}$ | 14.05$^{ab}$ | 2248.77$^{ab}$ |
| T6 | 5.10$^{c}$ | 5.32$^{bc}$ | 344.33$^{f}$ | 35.63$^{de}$ | 1425.00$^{bcde}$ | 228,000.0$^{bcde}$ | 8.92$^{c}$ | 11.22$^{d}$ | 1795.04$^{d}$ |
| T7 | 5.18$^{c}$ | 5.35$^{b}$ | 398.00$^{bcdef}$ | 39.73$^{bc}$ | 1589.00$^{abc}$ | 254,240.0$^{abc}$ | 8.86$^{c}$ | 13.77$^{b}$ | 2202.72$^{b}$ |
| T8 | 5.13$^{c}$ | 6.05$^{a}$ | 372.00$^{cdef}$ | 35.12$^{e}$ | 1404.67$^{bcde}$ | 224,746.7$^{bcde}$ | 9.13$^{bc}$ | 11.03$^{d}$ | 1764.37$^{d}$ |
| T9 | 5.65$^{b}$ | 6.08$^{a}$ | 423.67$^{bce}$ | 37.08$^{cd}$ | 1483.00$^{bcd}$ | 237,280.0$^{bcd}$ | 9.20$^{bc}$ | 13.53$^{bc}$ | 2164.11$^{bc}$ |
| T10 | 5.60$^{b}$ | 6.07$^{a}$ | 372.33$^{cdef}$ | 31.48$^{f}$ | 1384.33$^{bcde}$ | 201,493.3$^{bcde}$ | 9.10$^{bc}$ | 11.60$^{cd}$ | 1855.88$^{cd}$ |
| T11 | 5.68$^{b}$ | 6.18$^{a}$ | 428.00$^{bcd}$ | 35.86$^{d}$ | 1556.00$^{abcd}$ | 232,960.0$^{abcd}$ | 9.17$^{bc}$ | 12.47$^{bcd}$ | 1995.33$^{bcd}$ |
| T12 | 5.66$^{b}$ | 6.09$^{a}$ | 393.00$^{bcdef}$ | 34.47$^{e}$ | 1398.67$^{bcde}$ | 207,786.7$^{bcde}$ | 9.23$^{bc}$ | 12.80$^{bcd}$ | 2047.23$^{bcd}$ |
| T13 | 5.84$^{ab}$ | 6.18$^{a}$ | 456.00$^{bc}$ | 38.40$^{bcd}$ | 1594.33$^{ab}$ | 229,493.3$^{ab}$ | 9.65$^{ab}$ | 13.50$^{bc}$ | 2160.45$^{bc}$ |
| T14 | 5.75$^{ab}$ | 6.10$^{a}$ | 438.00$^{bc}$ | 35.70$^{de}$ | 1508.00$^{abcd}$ | 209,280.0a$^{bcd}$ | 9.24$^{bc}$ | 12.85$^{bcd}$ | 2055.33$^{bcd}$ |
| T15 | 5.97$^{a}$ | 6.22$^{a}$ | 518.67$^{a}$ | 43.49$^{a}$ | 1739.67$^{a}$ | 278,346.7$^{a}$ | 10.08$^{a}$ | 16.05$^{a}$ | 2568.51$^{a}$ |
| CV (5%) | 2.72 | 2.29 | 11.13 | 10.71 | 10.12 | 8.15 | 5.44 | 9.96 | 9.90 |
| F-test | * | * | * | * | * | * | * | * | * |

* Significant at 95% confident interval in each column of the same period, the different in small letter indicated significant at 95% ($p < 0.05$) by DMRT between different groups (n = 15). CD = critical difference between means; CV = coefficient of variation.

**ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพของผลผลิต**

จากผลการทดลองพบว่ากรรมวิธีที่มีปริมาณสารปริมาณแคโรทีนอยด์ (Carotenoid) สูงที่สุด ได้แก่ T15, T11, T14, T13, T10, T9, T12, T6, T8, T7, T5, T4, T3, T2, และ T1 มีค่าเฉลี่ย 114.32, 111.47, 110.01, 106.61, 106.37, 105.29, 104.26, 101.09, 96.04, 94.73, 92.41, 91.28, 89.97, 88.26 และ 87.48 mg/100g FW ตามลำดับ กรรมวิธีที่มีสีของดอก (Hue value) เข้มสูงสุด ได้แก่ T15, T14, T10, T6, T13, T11, T8, T9, T2, T3, T12, T7, T4, T5, และ T1 มีค่าเฉลี่ย 86.80, 86.26, 86.20, 86.03, 86.01, 85.73, 85.64, 85.39, 85.38, 85.28, 85.13, 85.06, 84.44, 84.66 และ 83.89 องศา ตามลำดับ กรรมวิธีที่มีความสว่าง (B value) สูงสุด ได้แก่ T15, T14, T11, T13, T12, T10, T9, T8, T7, T6, T5, T4, T3, T2, และ T1 มีค่าเฉลี่ย 121.44, 117.50, 114.10, 113.44, 112.95, 112.65, 107.92, 107.87, 107.84, 107.75, 106.51, 105.36, 105.14, 103.13 และ 100.41 ตามลำดับแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังตาราง 23

**ตาราง 23 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพของผลผลิต**

| กรรมวิธี | Carotenoid (mg/100g FW) | Hue value | B value |
|---|---|---|---|
| T1 | $87.48^{e}$ | $83.89^{d}$ | $100.41^{d}$ |
| T2 | $88.26^{de}$ | $85.38^{bc}$ | $103.13^{cd}$ |
| T3 | $89.97^{de}$ | $85.28^{bc}$ | $105.14^{cd}$ |
| T4 | $91.28^{cde}$ | $84.44^{cd}$ | $105.36^{cd}$ |
| T5 | $92.41^{cde}$ | $84.66^{cd}$ | $106.51^{cd}$ |
| T6 | $101.09^{abcd}$ | $86.03^{b}$ | $107.75^{bcd}$ |
| T7 | $94.73^{bcde}$ | $85.06^{bc}$ | $107.84^{bcd}$ |
| T8 | $96.04^{bcde}$ | $85.64^{abc}$ | $107.87^{bcd}$ |
| T9 | $105.29^{ab}$ | $85.39^{bc}$ | $107.92^{bcd}$ |
| T10 | $106.37^{ab}$ | $86.20^{ab}$ | $112.65^{abc}$ |
| T11 | $111.47^{a}$ | $85.73^{abc}$ | $114.10^{ab}$ |
| T12 | $104.26^{abc}$ | $85.13^{bcd}$ | $112.95^{abc}$ |
| T13 | $106.61^{ab}$ | $86.01^{ab}$ | $113.44^{abc}$ |
| T14 | $110.01^{a}$ | $86.26^{ab}$ | $117.50^{ab}$ |
| T15 | $114.32^{a}$ | $86.80^{a}$ | $121.44^{a}$ |
| CV (5%) | 8.05 | 0.91 | 5.64 |
| F-test | * | * | * |

* Significant at 95% confident interval in each column of the same period, the different in small letter indicated significant at 95% ($p < 0.05$) by DMRT between different groups (n = 15). CD = critical difference between means; CV = coefficient of variation.

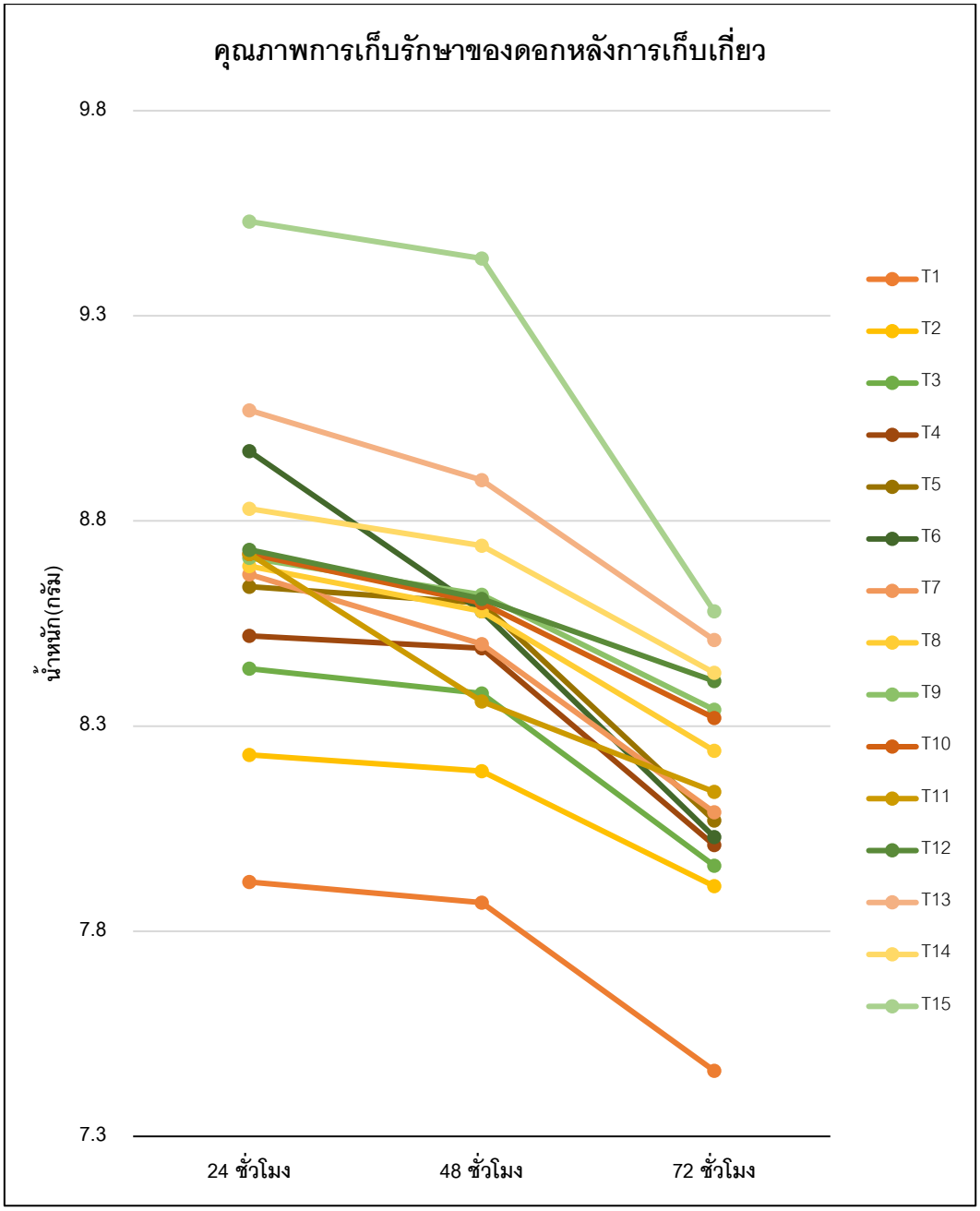
**คุณภาพการเก็บรักษาของดอกหลังการเก็บเกี่ยว**

คุณภาพการเก็บรักษาของดอกหลังการเก็บเกี่ยวโดยการชั่งน้ำหนักที่เปลี่ยนไปหลังตัดดอก 24, 48 และ 72 ชั่วโมง ตามลำดับ ผลการทดลองพบว่าเมื่อครบ 72 ชั่วโมง กรรมวิธีที่น้ำหนักดอกมาก (ดอกใหญ่) และยังคงรักษาน้ำหนักได้ดี ได้แก่ T15, T13, T14, T12, T9, T10, T8, T11, T7, T5 T6, T4, T3, T2 และ T1 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 8.58, 8.51, 8.43, 8.41, 8.34, 8.32, 8.24, 8.14, 8.09, 8.07, 8.03, 8.01, 7.96, 7.91 และ 7.46 กรัม ตามลำดับแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังตาราง 24 และภาพ 25

**ตาราง 24 ผลของปุ๋ยเคมี ปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสมต่อคุณภาพการเก็บรักษาของดอกหลังการเก็บเกี่ยว**

| กรรมวิธี | การเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักดอกหลังการเก็บเกี่ยว (กรัม) | | |
|---|---|---|---|
| | 24 (ชั่วโมง) | 48 (ชั่วโมง) | 72 (ชั่วโมง) |
| T1 | $7.92^{h}$ | $7.87^{f}$ | $7.46^{d}$ |
| T2 | $8.23^{g}$ | $8.19^{e}$ | $7.91^{cd}$ |
| T3 | $8.44^{fg}$ | $8.38^{de}$ | $7.96^{bcd}$ |
| T4 | $8.52^{ef}$ | $8.49^{cd}$ | $8.01^{bcd}$ |
| T5 | $8.64^{def}$ | $8.60^{cd}$ | $8.07^{abc}$ |
| T6 | $8.97^{bc}$ | $8.58^{cd}$ | $8.03^{abc}$ |
| T7 | $8.67^{de}$ | $8.50^{cd}$ | $8.09^{abc}$ |
| T8 | $8.69^{de}$ | $8.58^{cd}$ | $8.24^{abc}$ |
| T9 | $8.71^{de}$ | $8.62^{bcd}$ | $8.34^{abc}$ |
| T10 | $8.72^{de}$ | $8.60^{cd}$ | $8.32^{abc}$ |
| T11 | $8.72^{de}$ | $8.36^{de}$ | $8.14^{abc}$ |
| T12 | $8.73^{de}$ | $8.61^{bcd}$ | $8.41^{abc}$ |
| T13 | $9.07^{b}$ | $8.90^{b}$ | $8.51^{ab}$ |
| T14 | $8.83^{cd}$ | $8.74^{bc}$ | $8.43^{abc}$ |
| T15 | $9.53^{a}$ | $9.44^{a}$ | $8.58^{a}$ |
| CV (5%) | 1.49 | 2.06 | 4.12 |
| F-test | ns | * | * |

* Significant at 9 5 % confident interval in each column of the same period, the different in small letter indicated significant at 95% ($p < 0.05$) by DMRT between different groups (n = 15). CD = critical difference between means; CV = coefficient of variation.




**ภาพ 25 คุณภาพการเก็บรักษาของดอกหลังการเก็บเกี่ยว**

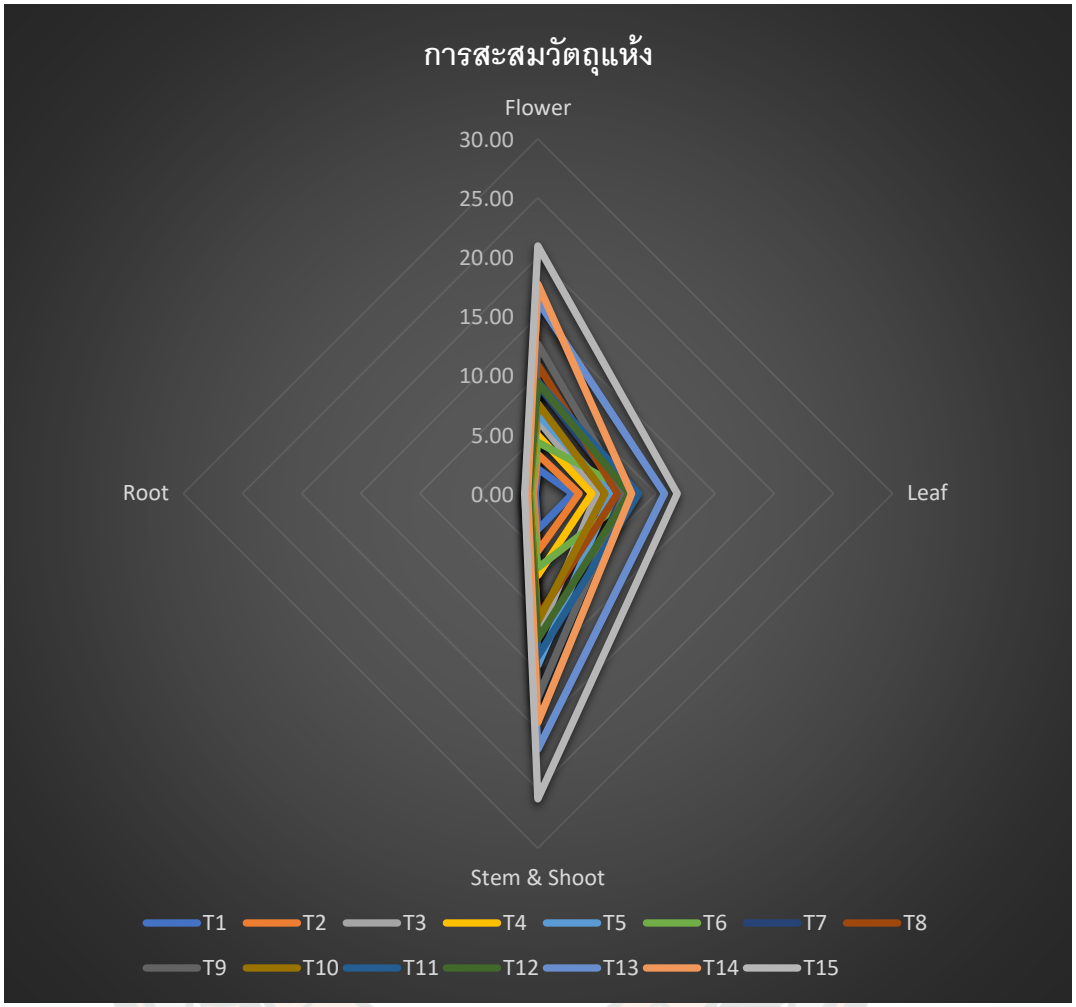
**การสะสมวัตถุแห้ง**

จากผลการทดลองพบว่าน้ำหนักดอกแห้งกรรมวิธีที่แสดงผลสูงสุด ได้แก่ T15, T14, T13, T9, T8, T11, T12, T7, T10, T5, T3, T2, T4, T6 และ T1 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 20.94, 17.72, 16.28, 12.63, 10.89, 9.45, 9.36, 9.20, 7.60, 6.72, 6.23, 5.62, 4.94, 4.33 และ 2.08 กรัม ตามลำดับแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตาราง 25 ) น้ำหนักใบแห้งกรรมวิธีที่แสดงผลสูงสุด ได้แก่ T15, T13, T11, T5, T14, T12, T9, T7, T8, T5, T10, T3, T4, T2 และ T1 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 11.78, 10.70, 8.51, 8.12, 7.92, 7.73, 7.37, 7.16, 6.73, 6.18, 5.67, 4.98, 4.55, 3.48 และ 2.94 กรัม ตามลำดับแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตาราง 25) น้ำหนักต้นแห้งกรรมวิธีที่แสดงผลสูงสุด ได้แก่ T15, T13, T14, T7, T9, T5, T11, T12, T3, T10, T8, T4, T6, T2 และ T1 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 25.33, 21.64, 19.38, 17.35, 17.21, 14.54, 13.78, 12.31, 12.20, 10.85, 10.45, 6.92, 6.28, 5.98 และ 3.04 กรัมตามลำดับแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตาราง 25) น้ำหนักรากแห้งกรรมวิธีที่แสดงผลสูงสุด ได้แก่ T15, T13, T14และT7, T11, T12, T9, T8, T10, T5, T4, T6, T3, T2 และ T1 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.12, 1.11, 0.87, 0.85, 0.81, 0.76, 0.75, 0.72, 0.68, 0.66, 0.59, 0.57, 0.38 และ 0.23 กรัมตามลำดับแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตาราง 25) การสะสมวัตถุแห้งรวมต่อต้นพบว่ากรรมวิธีที่แสดงผลสูงสุด ได้แก่ T15, T13, T14, T9, T7, T11, T12, T8, T5, T10, T3, T6, T4, T2 และ T1 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 59.67, 49.73, 45.89, 37.97, 34.58, 32.59, 30.21, 28.82, 28.12, 24.84, 23.98, 19.32, 17.07, 14.46 และ 8.29 กรัมตามลำดับแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ตาราง 25 และภาพ 26

**ตาราง 25 ผลของปุ๋ยเคมี ปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสมต่อการสะสมวัตถุแห้งของดาวเรือง**

| กรรมวิธี | น้ำหนักดอกแห้ง (g) | น้ำหนักใบแห้ง (g) | น้ำหนักกิ่งแห้ง (g) | น้ำหนักรากแห้ง (g) | ผลรวมการสะสมวัตถุแห้ง (g) |
|---|---|---|---|---|---|
| T1 | $2.08^{h}$ | $2.94^{j}$ | $3.04^{k}$ | $0.23^{i}$ | $8.29^{k}$ |
| T2 | $5.62^{g}$ | $3.48^{j}$ | $5.98^{i}$ | $0.38^{h}$ | $14.46^{j}$ |
| T3 | $6.23^{fg}$ | $4.98^{hi}$ | $12.20^{g}$ | $0.57^{g}$ | $23.98^{h}$ |
| T4 | $4.94^{g}$ | $4.55^{i}$ | $6.92^{i}$ | $0.66^{ef}$ | $17.07^{ij}$ |
| T5 | $6.72^{fg}$ | $6.18^{gh}$ | $14.54^{e}$ | $0.68^{e}$ | $28.12^{fg}$ |
| T6 | $4.33^{g}$ | $8.12^{cd}$ | $6.28^{ij}$ | $0.59^{fg}$ | $19.32^{i}$ |
| T7 | $9.20^{e}$ | $7.16^{ef}$ | $17.35^{d}$ | $0.87^{b}$ | $34.58^{cd}$ |
| T8 | $10.89^{d}$ | $6.73^{fg}$ | $10.45^{h}$ | $0.75^{cd}$ | $28.82^{ef}$ |
| T9 | $12.63^{c}$ | $7.37^{def}$ | $17.21^{d}$ | $0.76^{cd}$ | $37.97^{c}$ |
| T10 | $7.60^{f}$ | $5.67^{h}$ | $10.85^{gh}$ | $0.72^{de}$ | $24.84^{gh}$ |
| T11 | $9.45^{de}$ | $8.51^{c}$ | $13.78^{ef}$ | $0.85^{b}$ | $32.59^{de}$ |
| T12 | $9.36^{e}$ | $7.73^{cde}$ | $12.31^{fg}$ | $0.81^{bc}$ | $30.21^{ef}$ |
| T13 | $16.28^{b}$ | $10.70^{b}$ | $21.64^{b}$ | $1.11^{a}$ | $49.73^{b}$ |
| T14 | $17.72^{b}$ | $7.92^{cde}$ | $19.38^{c}$ | $0.87^{b}$ | $45.89^{b}$ |
| T15 | $20.94^{a}$ | $11.78^{a}$ | $25.83^{a}$ | $1.12^{a}$ | $59.67^{a}$ |
| CV (5%) | 9.24 | 7.93 | 6.98 | 6.11 | 8.21 |
| F-test | * | * | * | * | * |

* Significant at 95% confident interval in each column of the same period, the different in small letter indicated significant at 95% ($p < 0.05$) by DMRT between different groups (n = 15). CD = critical difference between means; CV = coefficient of variation.




**ภาพ 26 การสะสมวัตถุแห้งของดาวเรือง**

**ผลการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในต้นพืช**

การวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในต้นพืช จากผลการทดลองพบว่ากรรมวิธีที่มีปริมาณธาตุไนโตรเจน ในต้นพืชสูงสุด ได้แก่ T15, T14 T13 T11 T8 T3 และT 2, T9 และ T10, T4 T5 T6, T7 และ T12, และ T1 มีค่าเฉลี่ย 0.15, 0.14, 0.13, 0.12 และ 0.11 ตามลำดับแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังตาราง 26 กรรมวิธีที่มีปริมาณธาตุฟอสฟอรัสในต้นพืชสูงสุด ได้แก่ T15, T12, T2, T8, T4, T11, T7, T9, T13 และ T6, T10 และ T3, T14, T5, T1 มีค่าเฉลี่ย 0.48, 0.42, 0.39, 0.37, 0.36, 0.34, 0.33, 0.32, 0.30, 0.29, 0.26, 0.24, 0.23 และ 0.21 ตามลำดับแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตาราง 26) กรรมวิธีที่มีปริมาณธาตุโพแทสเซียมในต้นพืชสูงสุด ได้แก่ T7, T6, T13, T15, T14, T4, T8, T11, T2, T10, T9 และ T12, T5, T3 และ T1 มีค่าเฉลี่ย 2.48, 2.45, 2.43, 2.38, 2.36, 2.26, 2.09, 1.94, 1.83, 1.81, 1.76, 1.71, 1.63 และ 1.54 ตามลำดับแตกต่าง

อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตาราง 26) กรรมวิธีที่มีปริมาณธาตุแคลเซียมในต้นพืชสูงสุด ได้แก่ T15, T13 และ T4, T7, T2, T8, T11, T14, T9, T12, T5, T3, T10, T6 และ T1 มีค่าเฉลี่ย 1.77, 1.42, 1.31, 1.08, 1.05, 1.04, 0.93, 0.89, 0.82, 0.81, 0.76, 0.69, 0.578 และ 0.46 ตามลำดับแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตาราง 26) กรรมวิธีที่มีปริมาณธาตุแมกนีเซียมในต้นพืชสูงสุด ได้แก่ T15, T13 และ T5, T14 และ T4, T11, T9, T7, T6, T2 และ T3, T8, T10 และ T12 และ T1 มีค่าเฉลี่ย 0.43, 0.39, 0.38, 0.37, 0.36, 0.35, 0.33, 0.32, 0.31, 0.30 และ 0.27 ตามลำดับแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตาราง 26)

**ตาราง 26 ผลการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในต้นพืช**

| กรรมวิธี | N (%) | P (%) | K (%) | Ca (%) | Mg (%) |
|---|---|---|---|---|---|
| T1 | $0.11^{d}$ | $0.21^{j}$ | $1.54^{g}$ | $0.46^{h}$ | $0.27^{f}$ |
| T2 | $0.14^{ab}$ | $0.39^{bc}$ | $1.83^{de}$ | $1.08^{d}$ | $0.32^{cdef}$ |
| T3 | $0.14^{ab}$ | $0.26^{h}$ | $1.63^{fg}$ | $0.76^{g}$ | $0.32^{cdef}$ |
| T4 | $0.12^{d}$ | $0.36^{cde}$ | $2.26^{b}$ | $1.42^{b}$ | $0.38^{ab}$ |
| T5 | $0.12^{d}$ | $0.23^{ij}$ | $1.71^{ef}$ | $0.81^{g}$ | $0.39^{ab}$ |
| T6 | $0.12^{cd}$ | $0.30^{fgh}$ | $2.45^{a}$ | $0.57^{i}$ | $0.33^{bcde}$ |
| T7 | $0.12^{d}$ | $0.33^{defg}$ | $2.48^{a}$ | $1.31^{c}$ | $0.35^{bcde}$ |
| T8 | $0.14^{ab}$ | $0.37^{cd}$ | $2.09^{bc}$ | $1.05^{d}$ | $0.31^{def}$ |
| T9 | $0.13^{bc}$ | $0.32^{efg}$ | $1.76^{ef}$ | $0.89^{f}$ | $0.36^{bcd}$ |
| T10 | $0.13^{bc}$ | $0.26^{hi}$ | $1.81^{d}$ | $0.69^{h}$ | $0.30^{ef}$ |
| T11 | $0.14^{ab}$ | $0.34^{def}$ | $1.94^{cd}$ | $1.04^{d}$ | $0.37^{bc}$ |
| T12 | $0.12^{cd}$ | $0.42^{b}$ | $1.76^{ef}$ | $0.82^{g}$ | $0.30^{ef}$ |
| T13 | $0.14^{ab}$ | $0.29^{gh}$ | $2.43^{ab}$ | $1.42^{b}$ | $0.39^{ab}$ |
| T14 | $0.14^{ab}$ | $0.24^{ij}$ | $2.36^{ab}$ | $0.93^{ef}$ | $0.39^{a}$ |
| T15 | $0.15^{a}$ | $0.48^{a}$ | $2.38^{ab}$ | $1.77^{a}$ | $0.43^{a}$ |
| CV (5%) | 5.64 | 7.88 | 5.04 | 3.16 | 7.97 |
| F-test | * | * | * | * | * |

* Significant at 95% confident interval in each column of the same period, the different in small letter indicated significant at 95% ($p < 0.05$) by DMRT between different groups (n = 15). CD = critical difference between means; CV = coefficient of variation.

**ต้นทุนและกำไรโดยสังเขป**

ต้นทุนและกำไรโดยสังเขปซึ่งประกอบด้วย ค่าแรง ค่าวัสดุและค่าใช้สอยอื่น ๆ ซึ่งพบว่ากรรมวิธีที่มีต้นทุน (บาท/ไร่) สูงสุดไปจนถึงต่ำสุดเรียงลำดับได้ดังนี้ T15, T9, T3, T7, T13, T5, T11, T12, T14, T8, T2, T6, T4, T10 และ T1 ตามลำดับโดยพบว่ามีต้นทุนเฉลี่ย 39,691, 39,561, 39,496, 39,481, 39,451, 39,431, 39,301, 39,051, 38,911, 38,846, 38,781, 38,766, 38,716, 38,651 และ 34,151 บาท/ไร่ ตามลำดับ แต่เมื่อนำมาคำนวณกำไรอันเกิดปริมาณผลผลิตต่อไร่คูณกับราคาขายหรือจำนวนดอกต่อไร่ซึ่งขายได้ในราคา 0.45 บาท/ดอก พบว่ากรรมวิธีที่ทำกำไรสูงสุดไปจนถึงต่ำสุด เรียงลำดับได้ดังนี้ T15, T13, T5, T7, T11, T14, T9, T3, T6, T8, T12, T10, T4, T2 และT1 ตามลำดับโดยพบว่ามีกำไรเฉลี่ย 85,565.24, 75,340.76, 75, 241.24, 74,927.00, 72,731.00, 69,665.00, 67,215.00, 65,960.24, 63,834.00, 62,290.24, 61,653.24, 61,020.76, 58,460.24, 57,747.24 และ 52,704.76 บาท/ไร่ ตามลำดับ ตาราง 27, ตาราง 28 และภาพ 27

**ตาราง 27 ต้นทุนโดยสังเขป**

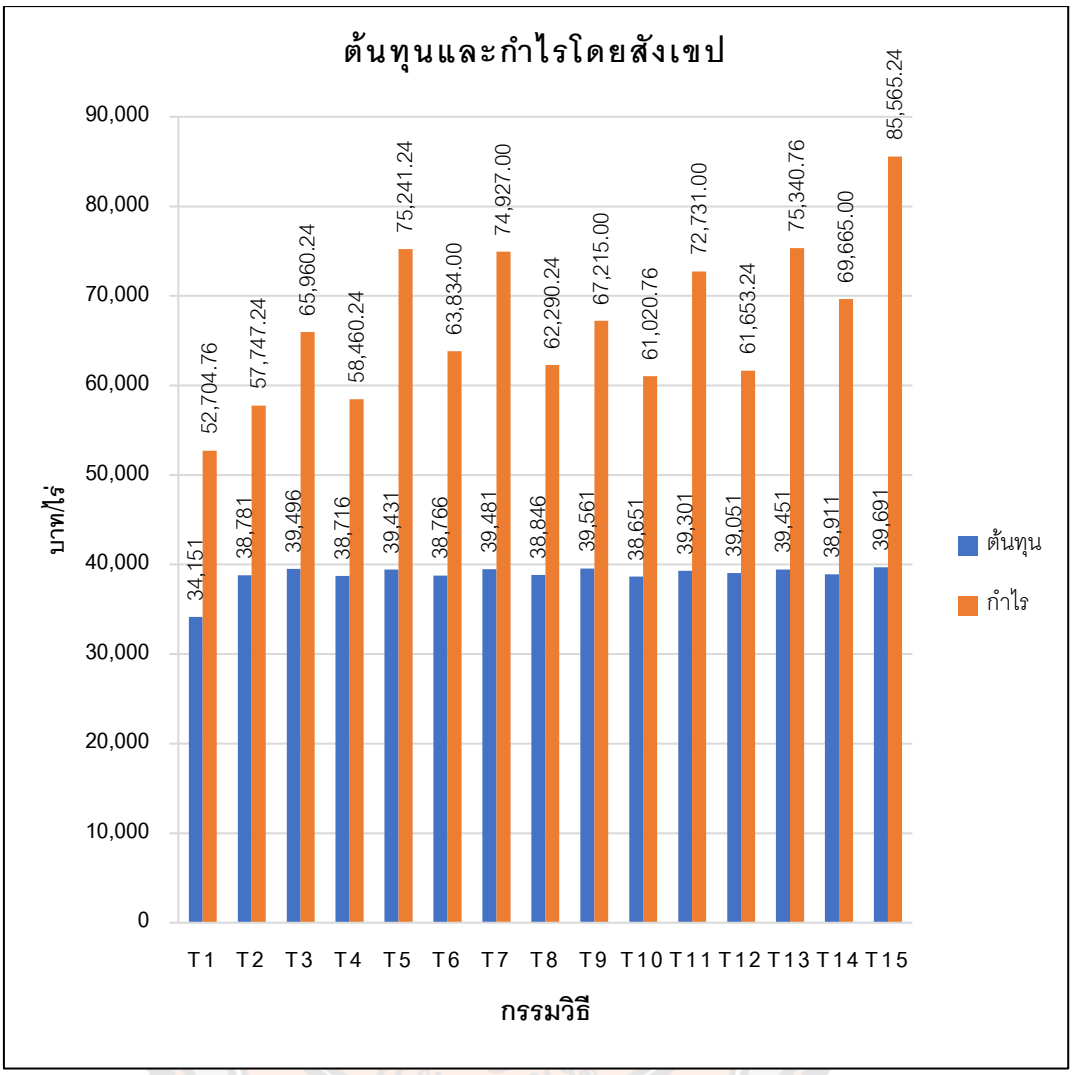
| ต้นทุน | รายจ่าย | | | |
|---|---|---|---|---|
| | ราคา (บาท) | อัตรา (ไร่) | | บาท/ไร่ |
| ค่าวัสดุ | | | | |
| เมล็ดพันธุ์ (1,000 เมล็ด/ถุง) | 1,000 | 6.5 ถุง | 6,500 | |
| ไกลโพเสต | 680 | 0.4 ลิตร | 272 | |
| ปุ๋ยคอก (25 กก./กระสอบ; 500 กก./ไร่) | 80 | 20 กระสอบ | 1,600 | 8,372 |
| ปุ๋ย (50 กก./กระสอบ) | | | | |
| - NPK 15-15-15 | 13.0 | 50 | | 650 |
| - NPK 8-24-24 | 15.6 | 50 | | 780 |
| - HO-A | 13.0 | 50 | | 650 |
| - HO-B | 14.0 | 50 | | 700 |
| - HO-C | 15.6 | 50 | | 780 |
| ต้นทุนค่าแรง | | | | |
| ค่าไถ 2 รอบ | | | 2,800 | |
| ค่าแรงงานฉีดพ่นสารกำจัดวัชพืช | | | 900 | |
| ค่าแรงในการปลูก | | | 3,660 | |
| ค่าแรงสูบน้ำ | | | 4,000 | |
| ค่าแรงตัดแต่งกิ่ง | | | 3,690 | |
| ค่าแรงเก็บเกี่ยวผลผลิต (คัดเกรด) | | | 7,000 | 22,050 |
| ค่าแรงใส่ปุ๋ย | 800 | x4 | | 3,200 |
| ค่าใช้จ่ายอื่น ๆ | | | | |
| ราคาปั๊มน้ำ (5,500 บาท/ 10 ปี) | | | 229 | |
| ค่าเสื่อมราคา / 2.4 (5months / 12 เดือน) | | | | |
| ค่าน้ำ | | | 1,000 | |
| ค่าไฟฟ้าในการสูบน้ำ | | | 600 | |
| วัสดุปลูก (ถาด, เชือก, เทป, หมุด ฯลฯ) | | | 1,900 | 3,729 |

**ตาราง 28 ต้นทุนการผลิตรายได้และผลกำไร**

| รายการ | กรรมวิธี | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | T6 | T7 | T8 |
| ต้นทุนวัสดุ | | | | | | | | |
| ต้นทุนพื้นฐานทั้งหมด (บาท/ไร่) | 8,372 | 8,372 | 8,372 | 8,372 | 8,372 | 8,372 | 8,372 | 8,372 |
| ต้นทุนปุ๋ย (บาท/ไร่) | 0.0 | 1,430.0 | 2,145.0 | 1,365.0 | 2,080.0 | 1,415.0 | 2,130.0 | 1,495.0 |
| ต้นทุนค่าแรง | | | | | | | | |
| ต้นทุนค่าแรงงาน (บาท/ไร่) | 22,050.0 | 22,050.0 | 22,050.0 | 22,050.0 | 22,050.0 | 22,050.0 | 22,050.0 | 22,050.0 |
| ต้นทุนแรงงานใส่ปุ๋ย (บาท/ไร่) | 0 | 3,200.0 | 3,200.0 | 3,200.0 | 3,200.0 | 3,200.0 | 3,200.0 | 3,200.0 |
| ต้นทุนอื่น ๆ | | | | | | | | |
| ต้นทุนรวมค่าใช้จ่ายพื้นฐานอื่น ๆ (บาท/ไร่) | 3,729.0 | 3,729.0 | 3,729.0 | 3,729.0 | 3,729.0 | 3,729.0 | 3,729.0 | 3,729.0 |
| ต้นทุนการผลิตรวม | 34,151.0 | 38,781.0 | 39,496.0 | 38,716.0 | 39,431.0 | 38,766.0 | 39,481.0 | 38,846.0 |
| ผลผลิต | | | | | | | | |
| จำนวนดอก/ไร่ | 193,012.80$^{f}$ | 214,507.20$^{e}$ | 234,347.20$^{cde}$ | 215,947.20$^{e}$ | 254,827.20$^{bc}$ | 228,000.00$^{de}$ | 254,240.00$^{bc}$ | 224,747.20$^{de}$ |
| ราคา/ดอก (0.45 บาท[1]) | 86,855.76$^{e}$ | 96,528.24$^{de}$ | 105,456.24$^{bcd}$ | 97,176.24$^{de}$ | 114,672.24$^{ab}$ | 102,600.00$^{bcd}$ | 114,408.00$^{ab}$ | 101,136.24$^{cd}$ |
| กำไร (บาท/ไร่) | 52,704.76$^{i}$ | 57,747.24$^{hi}$ | 65,960.24$^{def}$ | 58,460.24$^{gh}$ | 75,241.24$^{b}$ | 63,834.00$^{egf}$ | 74,927.00$^{bc}$ | 62,290.24$^{efgh}$ |
| กำไร/ต้นทุน(เท่า) | 2.54$^{ef}$ | 2.49$^{f}$ | 2.67$^{cde}$ | 2.51$^{f}$ | 2.91$^{b}$ | 2.65$^{de}$ | 2.90$^{b}$ | 2.60$^{def}$ |
| ลำดับ | 15 | 14 | 8 | 13 | 3 | 9 | 4 | 10 |

**ตาราง 28 (ต่อ)**

| รายการ | กรรมวิธี | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | T9 | T10 | T11 | T12 | T13 | T14 | T15 |
| ต้นทุนวัสดุ | | | | | | | |
| ต้นทุนพื้นฐานทั้งหมด (บาท/ไร่) | 8,372 | 8,372 | 8,372 | 8,372 | 8,372 | 8,372 | 8,372 |
| ต้นทุนปุ๋ย (บาท/ไร่) | 2,210.0 | 1,300.0 | 1,950.0 | 1,400.0 | 2,100.0 | 1,560.0 | 2,340.0 |
| ต้นทุนค่าแรง | | | | | | | |
| ต้นทุนค่าแรงงาน (บาท/ไร่) | 22,050.0 | 22,050.0 | 22,050.0 | 22,050.0 | 22,050.0 | 22,050.0 | 22,050.0 |
| ต้นทุนแรงงานใส่ปุ๋ย (บาท/ไร่) | 3,200.0 | 3,200.0 | 3,200.0 | 3,500.0 | 3,200.0 | 3,200.0 | 3,200.0 |
| ต้นทุนอื่น ๆ | | | | | | | |
| ต้นทุนรวมค่าใช้จ่ายพื้นฐานอื่น ๆ (บาท/ไร่) | 3,729.0 | 3,729.0 | 3,729.0 | 3,729.0 | 3,729.0 | 3,729.0 | 3,729.0 |
| ต้นทุนการผลิตรวม | 39,561.0 | 38,651.0 | 39,301.0 | 39,051.0 | 39,451.0 | 38,911.0 | 39,691.0 |
| ผลผลิต | | | | | | | |
| จำนวนดอก/ไร่ | 237,280.00$^{bcd}$ | 221,492.80$^{de}$ | 248,960.00$^{bc}$ | 223,787.20$^{de}$ | 255,092.80$^{b}$ | 241,280.00$^{bcd}$ | 278,347.20$^{a}$ |
| ราคา/ดอก (0.45 บาท[1]) | 106,776.00$^{bcd}$ | 99,671.76$^{cde}$ | 112,032.00$^{bc}$ | 100,704.24$^{cd}$ | 114,791.76$^{ab}$ | 108,576.00$^{bcd}$ | 125,256.24$^{a}$ |
| กำไร (บาท/ไร่) | 67,215.00$^{de}$ | 61,020.76$^{fgh}$ | 72,731.00$^{bc}$ | 61,653.24$^{fgh}$ | 75,340.76$^{b}$ | 69,665.00$^{cd}$ | 85,565.24$^{a}$ |
| กำไร/ต้นทุน(เท่า) | 2.70$^{cd}$ | 2.58$^{def}$ | 2.85$^{b}$ | 2.58$^{def}$ | 2.91$^{b}$ | 2.79$^{bc}$ | 3.16$^{a}$ |
| ลำดับ | 7 | 12 | 5 | 11 | 2 | 6 | 1 |




**ภาพ 27 ต้นทุนและกำไรโดยสังเขป**

**สรุปผลการทดลองในภาพรวม**

ในการประเมินประสิทธิภาพของปุ๋ยชนิดต่าง ๆ และการพัฒนาปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม (HO) ขึ้นมา 3 สูตรที่มีผลต่ออัตราการเจริญเติบโตของดาวเรืองโดยทำการวัดความสูงต้น ขนาดลำต้น จำนวนใบต่อต้น ขนาดทรงพุ่ม ปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบ น้ำหนักต้นแห้งและระยะเวลาเริ่มติดดอก ตาราง 3 โดยพบว่าT15 (HO-C, 150 กิโลกรัมต่อไร่) แสดงผลสูงสุดด้านการเจริญเติบโตในทุกรายการ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธีอื่น ๆ รองลงมาได้แก่กลุ่มHO-B และ HO-A, กลุ่มผสมระหว่างปุ๋ยเคมีและปุ๋ยHO, กลุ่มปุ๋ยเคมีและกรรมวิธีควบคุมตามลำดับ ระยะเวลาเริ่มติดดอกพบว่า T15(HO-C,150 กก./ไร่), T14(HO-C,100 กก/ไร่), และ T13 (HO-B,150 กก./ไร่), ใช้เวลาน้อยที่สุด 72 วัน เท่ากันแตกต่างทางสถิติกับกรรมวิธีอื่น ๆ รองลงมาได้แก่กลุ่ม HO-A (75.0 วัน) กลุ่มผสม

ระหว่างปุ๋ยเคมีและปุ๋ยHO (75.3-76.0 วัน) กลุ่มปุ๋ยเคมี (76.3 วัน)และกรรมวิธีควบคุม (77.3 วัน) ตามลำดับ ปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบพบว่า T15 (HO-C,150 กิโลกรัมต่อไร่) แสดงค่าสูงสุดเมื่อพืชมีอายุ 60 วัน มีปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบ 85.92 SPAD units สูงสุดแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธีอื่น ๆ รองลงมาได้แก่ T14 (HO-C, 100 กิโลกรัมต่อไร่) มีค่า 77.41 SPAD units รองลงมาได้แก่กลุ่มHO-B (66-68 SPAD units), HO-A (51-52 SPAD units) กลุ่มผสมระหว่างปุ๋ยเคมีและปุ๋ยHO (46-50 SPAD units), กลุ่มปุ๋ยเคมี (45-47 SPAD units)และกรรมวิธีควบคุม (42 SPAD units) ตามลำดับ

ในด้านผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตพบว่าปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสมทั้งสามสูตร HO-C, HO-B และ HO-A สามารถ เพิ่มผลผลิตให้ดาวเรืองได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อเทียบกับกรรมวิธีอื่น ๆ โดยกรรมวิธี T15 (HO-C ,150 กิโลกรัมต่อไร่) ให้ผลผลิตดีที่สุดโดยแสดงผลสูงสุดในทุกรายการที่ทำการบันทึกทั้งผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิต ได้แก่ ความสูงของดอก (5.97 เซนติเมตร) ขนาดหน้าดอก (6.22 เซนติเมตร), จำนวนดอกต่อต้น (43.49), จำนวนดอกรวมต่อแปลงย่อย (1,739.67), จำนวนดอกรวมต่อไร่ (278,347.20) จำนวนเมล็ดต่อดอก(518.6 ดอก) และน้ำหนักเมล็ดต่อแปลงย่อย (10.08 กรัม ), น้ำหนักดอกรวมต่อแปลงย่อย (16.05 กก./ไร่), น้ำหนักดอกรวมต่อไร่ 2,568.51 กก./ไร่

ในด้านการสะสมวัตถุแห้งภายในต้นพืชพบว่าปุ๋ย T15 (HO-C, 150 กก./ไร่) น้ำหนักดอกแห้ง, น้ำหนักใบแห้ง, น้ำหนักต้นแห้ง, น้ำหนักรากแห้งและน้ำหนักแห้งรวมต่อต้น แสดงผลสูงสุดแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญกับกรรมวิธีอื่น ๆ รองลงมาได้แก่ T13 (HO-B ) และ T14 (HO-A) ตามลำดับ ในด้านคุณภาพของดอกพบว่า T15 (HO-C, 150 กก./ไร่)แสดงผลสูงสุดในปริมาณแคโรทีนอยด์ (Carotenoid), ความเข้มของสีดอก(Hue value), ความสว่างของสีดอก (B value) แตกต่างทางสถิติกับกรรมวิธีอื่น ๆ ด้วยเหตุนี้ T15 จึงสามารถเก็บรักษาดอกไว้ในสภาพห้องปกติหลังการเก็บเกี่ยวได้นานถึง 72 ชั่วโมง (3วัน) ซึ่งยังคงรักษาคุณภาพของดอกไว้ได้

ในด้านต้นทุนการผลิตพบว่ากรรมวิธีที่มีต้นทุนในการผลิตสูงสุดได้แก่ T15, T9, T3 เรียงตามลำดับโดยมีต้นทุน 39,691.0, 39,561.0 และ 39,496.0 บาทต่อไร่ ส่วนกลุ่มควบคุมมีต้นทุนการผลิตต่ำสุดอย่างไรก็ตาม กรรมวิธี T15 มีจำนวนดอก/ไร่สูงสุด 278,347.20 ดอก/ไร่ ดังนั้นจึงทำให้มีรายได้สูงที่สุด 125,256.24 บาท/ไร่ จึงได้ผลกำไรสุทธิสูงสุดคือ 85,565.24 บาท/ไร่ ผลการวิเคราะห์พบว่ากรรมวิธี T15 มีค่าอัตราส่วนกำไร/ต้นทุนสูงสุด 3.16 เท่า และมีผลกำไรเหนือแปลงควบคุม 1.62 เท่า และเหนือแปลงปุ๋ยเคมี 1.48 เท่า (T2, อัตรา150 กิโลกรัม/ไร่) เป็นต้น

# บทที่ 5

# บทสรุป

## สรุปผลและอภิปรายผล

### สภาพภูมิอากาศและสิ่งแวดล้อมบริเวณพื้นที่ทำการทดลอง

การทดลองทำในช่วงเดือนพฤศจิกายน 2561 ถึงเดือนมีนาคม 2562 ที่จังหวัดพิจิตร ประเทศไทย จังหวัดพิจิตรตั้งอยู่ที่ละติจูด 16.44$^{O}$ ลองจิจูด 100.35$^{O}$ สูงจากระดับน้ำทะเล 46 เมตร ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยต่อปี 1264.8 มิลลิเมตร ในช่วงทำการทดลองเดือนพฤศจิกายน 2561 ถึงเดือนมีนาคม 2562 มีอุณหภูมิเปลี่ยนแปลงอยู่ระหว่าง 20.12-33.06$^{O}$ ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 19.72 มม. ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 86.4 % ปริมาณแสงแดดสองสว่างเฉลี่ย 258.1 แคนเดลา (แรงเทียน)ความเร็วลมเฉลี่ย 1.24 kt. Evaporation 136.92 มม. ซึ่งเป็นสภาวะที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของต้นดาวเรืองยกเว้นปริมาณน้ำฝนซึ่งชดเชยโดยการรดน้ำ ลักษณะดินเป็นดินทรายมีธาตุอาหารต่ำ

### ผลการวิเคราะห์ดินก่อนและหลังการทดลอง

ดินที่ใช้ในการทดลอง เป็นชุดดินพาน (Ph) ผลการวิเคราะห์ดินทางเคมีและทางฟิสิกส์พบว่าสภาพดินก่อนการทดลองมีธาตุอาหารหลักและธาตุอาหารรองบางตัวอยู่ในระดับต่ำ N (0.04 %), P (9.431 ppm), K (144.23 ppm), Ca (912.64 ppm), Mg (236.75 ppm), Cu (2.17 ppm) และ Zn (2.19 ppm) ส่วนระดับของ Fe (103.75 ppm), และ Mn (86.53 ppm) พบว่าอยู่ในระดับปานกลาง สำหรับค่า OM(0.62 %), CEC (12.65 mg 100 $g^{-1}$), EC (83.79 dS $cm^{-1}$) และ water content (WC) (6.31 %) พบว่าอยู่ในระดับต่ำตามลำดับ ผลการวิเคราะห์ดินหลังการทดลองพบว่าในด้านธาตุอาหารหลัก (N P K) ดินมีระดับธาตุอาหารสูงขึ้นในทุกกรรมวิธียกเว้นแปลงควบคุมโดยมีปริมาณธาตุอาหารหลักเพิ่มขึ้นอย่างเด่นชัดในกรรมวิธีที่ T7 (กลุ่มผสมระหว่างปุ๋ยเคมีกับปุ๋ยHO อัตรา 150 กิโลกรัมต่อไร่) โดยพบว่าธาตุอาหารหลักของทุกกรรมวิธียกเว้นแปลงควบคุมได้เพิ่มขึ้นและพบว่าปริมาณธาตุอาหารรองและธาตุอาหารเสริมได้เพิ่มขึ้นสูงสุดในกลุ่มของปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม T13-T15 (HO-Cและ HO-B) แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติรองลงมาได้แก่ กลุ่มของปุ๋ยเคมีผสมกับปุ๋ยHO (T4-T9), กลุ่มปุ๋ยเคมี (T2-T3) และกรรมวิธีควบคุม (T1) ตามลำดับ โดยพบว่ากรรมวิธีที่ระดับธาตุอาหารรองและเสริมเพิ่มสูงสุดได้แก่ กรรมวิธีที่ T15 (HO-C) โดยมีระดับ Ca (1,652.01 ppm), Mg (380.91), Fe (156.13 ppm), Mn (136.67 ppm), Cu (3.96 ppm) และ Zn (3.83 ppm)ตามลำดับ นอกจากนี้คุณสมบัติด้านเคมีอื่น ๆ ก็พบว่าในกรรมวิธีที่ T15 (HO-C) แสดงค่าสูงสุดดังนี้ OM(1.33 %), CEC (20.90 mg100$g^{-1}$), EC (195 dS $cm^{-1}$) และ WC (8.09 %)

ตามลำดับ โดยเฉพาะค่า %WC ความสามารถในการอุ้มน้ำนั้นเพิ่มจาก 6.31% เป็น 8.09% แสดงให้เห็นว่าดินหลังการทดลองมีความพรุนมากขึ้นการระบายน้ำและอากาศดีขึ้น ส่วนค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) นั้นดินก่อนการทดลองมีค่าpH 5.90 และหลังการทดลองในทุกกรรมวิธี ความเป็นกรด-ด่างมีแนวโน้มได้รับการปรับปรุงให้ดีขึ้น (pH 5.10-6.10) แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ยกเว้นกลุ่มปุ๋ยเคมี (T2 และ T3) ที่แสดงความเป็นกรดมากขึ้น โดยพบว่า T14 (HO-C) มีค่าสูงสุดคือ pH 6.10 ธาตุอาหารในดินจะมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชหรือการให้ปุ๋ยมีบทบาทสำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืชโดยเพิ่มสารอาหารในดิน (Ahmad, I.I et al., 2011; Verme, S. K.. et al., 2011) (ตาราง 5)

จากผลการทดลองสามารถกล่าวได้ว่าปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม T15 และ T14 (HO-C) ช่วยเพิ่มธาตุอาหารหลัก ธาตุอาหารรองและธาตุอาหารเสริมและสามารถปรับความเป็นกรด-ด่างของดิน ปรับปรุงคุณสมบัติทางเคมีอื่น ๆ ของดินให้สูงขึ้นเหนือกรรมวิธีอื่น ๆ ได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเฉพาะที่ T15 (HO-C, 150 กก./ไร่) ในขณะที่กรรมวิธีควบคุม (T1) แสดงค่าต่ำสุดในทุกรายการของผลการวิเคราะห์ดิน ดินหลังการทดลองในกรรมวิธีที่ T7 (กลุ่มผสมระหว่างปุ๋ยเคมีกับปุ๋ย HO อัตรา 150 กิโลกรัมต่อไร่) พบว่ามีธาตุ N-P-K ในระดับสูงนั้น เนื่องจากกรรมวิธีดังกล่าวเป็นการผสมระหว่าง ปุ๋ยHO-B กับปุ๋ยเคมี (8-24-24+ 15-15-15) ซึ่งมี N-P-K ในระดับสูง จึงมีปริมาณธาตุ N-P-K หลงเหลืออยู่ในดินเป็นจำนวนมาก อย่างไรก็ตามจะพบว่าระดับ ธาตุอาหารรองและธาตุอาหารเสริมเพิ่มขึ้นสูงสุดในกลุ่มของปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม T13-T15 (HO-C และ HO-B) แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทั้งนี้คงเป็นผลมาจากฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสมนั้นเป็นปุ๋ยละลายช้า และมีธาตุอาหารแบบสมดุลอยู่ภายในเม็ดปุ๋ย โดยเฉพาะมีกลุ่มธาตุอาหารรองและธาตุอาหารเสริมในปริมาณมาก ธาตุอาหารเหล่านี้จึงหลงเหลืออยู่ในดิน ปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดเป็นปุ๋ยที่ประกอบด้วยธาตุอาหาร 13 ชนิดที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช (วิภาวรรณ สายคำยศ และคณะ, 2561; วิชาญ ชุ่มมั่น, และภูมิศักดิ์ อินทนนท์, 2559) การมีสารอาหารที่สมดุลและเพียงพอมีความจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของดาวเรือง (Sharma, A. et al., 2017) ผลการวิเคราะห์จึงแสดงผลออกมาเช่นนั้น. ส่วนความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) พบว่าดินหลังการทดลองค่าความเป็นกรดเป็นด่างมีค่าเพิ่มขึ้นโดยเฉพาะในโดยพบว่า T14 (HO-C ,100 กิโลกรัมต่อไร่ ) ผลที่แสดงออกมาสรุปว่าปฏิกิริยาดินในแปลงปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม T14 ( HO-C,100 กิโลกรัมต่อไร่) ได้รับการปรับปรุงดีขึ้นทั้งนี้เนื่องจากองค์ประกอบของฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสมนั้น มีพวกปูนและวัสดุปรับปรุงดินอยู่จำนวนมาก จึงมีส่วนช่วยในการปรับสภาพกรดของดินให้ดีขึ้น สอดคล้องกับ Zhang et al. (2012) ที่ระบุว่าการใช้ปุ๋ยที่เป็นสูตรผสมระหว่างสารเคมีและสารอินทรีย์สามารถช่วยปรับปรุงสารอาหารในดินสำหรับการเจริญเติบโตของพืชได้เป็นอย่างดี ส่วนปุ๋ยเคมี T2-T3 ที่ใช้ในการทดลองนั้นทำให้ดินมีสภาพเป็นกรดอยู่แล้วจึงแสดงความเป็นกรดออกมา สอดคล้องกับรายงานการใช้ปุ๋ยเคมีไม่ช่วยในการปรับปรุงคุณภาพของดิน (He et al., 2015; Liu et al., 2010) การใช้ปุ๋ยเคมีทำให้ดินมีสารอินทรีย์ต่ำส่งผลให้

ขบวนการทางชีววิทยาในดินลดน้อยลงมีผลต่อคุณสมบัติทางฟิสิกส์ของดิน (He at al., 2015) ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองในครั้งนี้ซึ่งพบว่ากลุ่มปุ๋ยเคมี T2-T3 ภายหลังการปลูกพืชแล้ว ทำให้ดินมีคุณสมบัติทางฟิสิกส์ลดลงการปลูกดาวเรืองควรใช้ดินที่มี pH ระหว่าง 5.50-6.50 (Robbins, & Evans, 2010) ดินที่มี pH สูงเกินไปทำให้การดูดธาตุอาหารบางชนิดได้ต่ำ ลงโดยเฉพาะ Fe (Fisher et al., 2003) ซึ่งค่า pH ในงานทดลองนี้อยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของดาวเรือง ส่วนคุณสมบัติด้านเคมีอื่น ๆ ก็พบว่าในกรรมวิธีที่ T15 (HO-C150 กิโลกรัมต่อไร่) แสดงค่าสูงสุดเหนือกรรมวิธีอื่น ๆ OM(1.33 %), CEC (20.90 mg100g$^{-1}$), EC (195 dS cm$^{-1}$) และ WC (8.09 %) ตามลำดับ โดยเฉพาะใน T15 (HO-C, 150 กิโลกรัมต่อไร่) การที่อินทรีย์วัตถุมีปริมาณเพิ่มขึ้นเนื่องจากอินทรีย์วัตถุก็เป็นองค์ประกอบของปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสมด้วยนอกจากนั้น OM และ อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนในปุ๋ยHO ก็เป็นสิ่งที่ต้องคำนึงในการพัฒนาสูตรปุ๋ย Intanon, P. (2013) รายงานว่าค่า OM และอัตราส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N) ของปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดที่จัดอยู่ในอุดมคติคือ ปุ๋ย HO-C เพราะมีค่า OM1.32% และค่า C/N ratio 0.22 อันจัดเป็นปุ๋ยที่ดี

ภายหลังการทดลองพบว่าค่าการนำไฟฟ้า (EC) และค่าCEC สูงขึ้นมากโดยเฉพาะในฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม T15 (HO-C, 150 กิโลกรัมต่อไร่) ผลที่แสดงออกมานั้นเป็นผลมาจาก T15 (HO-C, 150 กิโลกรัมต่อไร่) เป็นปุ๋ยละลายช้า มีธาตุอาหารจำนวนมาก มีองค์ประกอบมาจากน้ำหมักชีวภาพ ปุ๋ยคอก ปุ๋ยหมัก และกลุ่มแร่ธาตุต่าง ๆ เมื่อละลายออกมาจึงมีผลทำให้ค่า EC สูงขึ้น สอดคล้องกับค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกในดิน (CEC)ที่บ่งบอกว่าในกลุ่มฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม T15 (HO-C, 150 กิโลกรัมต่อไร่) (Robbins & Evans, 2010) ภายหลังการทดลองค่า CEC ในดินมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น (กรมพัฒนาที่ดิน, 2553) แสดงให้เห็นว่ามีธาตุอาหารหลงเหลือในดินมากขึ้น เนื่องจากในฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสมมีธาตุอาหารรองและธาตุอาหารเสริมอยู่อย่างครบถ้วนซึ่งส่วนใหญ่เป็นประเภทประจุบวกเมื่อใส่ลงไปในดินจึงมีธาตุอาหารที่เป็นประจุบวกหลงเหลือในดินมากขึ้นนอกจากนั้นการที่มีวัสดุกลุ่มแร่ดินเหนียวในสารปรับปรุงดิน และมีอินทรีย์วัตถุเป็นส่วนผสมในฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสมเมื่อใส่ลงไปในดินวัสดุเหล่านี้จะช่วยเพิ่มประจุลบขึ้นมาในดินมีผลทำให้ค่า CEC สูงขึ้นตามไปด้วย ส่วนความสามารถในการอุ้มน้ำของดินค่า %WCภายหลังการทดลองพบว่าเพิ่มจาก 6.31% เป็น 8.09% แสดงให้เห็นว่าดินหลังการทดลองมีความพรุนมากขึ้นการระบายน้ำและอากาศดีขึ้น แสดงให้เห็นว่าโครงสร้างดินได้รับการปรับปรุงมากขึ้นดินมีความพรุนมากขึ้น ทั้งนี้เป็นผลมาจากองค์ประกอบของฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสมที่มีทั้งอินทรีย์วัตถุ น้ำหมักชีวภาพที่ให้จุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์สารปรับปรุงบำรุงดินเป็นส่วนผสม วัสดุเหล่านี้เมื่อใส่ลงไปในดินแล้วจะทำให้โครงสร้างดินได้รับการปรับปรุงดีขึ้นเม็ดดินจับกันมากขึ้น (aggregation) ความพรุนจึงมากขึ้นความสามารถในการอุ้มน้ำก็สูงขึ้นตามไปด้วยทำให้ดินเหมาะต่อการเจริญเติบโตของดาวเรืองมากยิ่งขึ้นนั่นเอง

**ผลการวิเคราะห์ธาตุอาหารในปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม (HO)**

ผลการวิเคราะห์ระดับธาตุอาหารในกลุ่มปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสมที่ใช้ในการทดลองจำนวน 3 สูตรประกอบด้วยปุ๋ยHO-A, HO-B และ HO-C ผลการวิเคราะห์ธาตุอาหารหลักพบว่าปุ๋ย HO-C มีค่าสูงที่สุดมี N (10.66 %), P (10.71 %) และ K (9.83 %) ตามลำดับแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ผลการวิเคราะห์ธาตุอาหารพบว่า HO-C มี ธาตุอาหารรองสูงสุด Ca (7.70 %), Mg (1.93 % ) และ S (1.03 %) ตามลำดับแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ผลการวิเคราะห์ธาตุอาหารธาตุอาหาร พบว่าปุ๋ย HO-C มีค่าสูงสุดได้แก่ Fe, Mn, Zn, Cu และ Cl แต่ไม่แตกต่างทางสถิติกับปุ๋ย HO-B นอกจากนั้นผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีอื่น ๆ พบว่าปุ๋ย HO-C แสดงค่าในระดับสูงสุด ได้แก่ OM (1.32 %) และ EC (38.15 dS $cm^{-1}$ ) ตามลำดับ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธีอื่น ๆ ในขณะที่ปุ๋ย HO-B มี OM (1.10 %), EC (35.10 dS $cm^{-1}$) ปุ๋ย HO-A มี OM (0.91 %), EC (33.75 dS $cm^{-1}$) ตามลำดับ

ปริมาณธาตุอาหารหลักของ ปุ๋ยHO-C มีค่าสูงที่สุดมี N (10.66 %), P (10.71 %) และ K (9.83 %) ตามลำดับนั้น เป็นผลมาจากการพัฒนาสูตรปุ๋ยให้มีระดับธาตุอาหารที่แตกต่างกัน ระดับธาตุอาหารหลัก N-P-K เหล่านี้เกิดจากองค์ประกอบของสูตรปุ๋ยที่มีวัสดุให้ธาตุอาหารที่มีความหลากหลาย จึงทำให้ธาตุอาหารหลัก รอง เสริม สูงขึ้นตามไปด้วย โดยเฉพาะวัสดุที่เป็นพวกปุ๋ยหมัก ปุ๋ยคอก น้ำหมักชีวภาพ ฮอร์โมนอินทรีย์น้ำ และน้ำสกัดสมุนไพรและ กลุ่มแร่ดินเหนียวในสารปรับปรุงดินจึงทำให้ได้ธาตุแคลเซียม แมกนีเซียม และกำมะถัน เพิ่มมากขึ้นตามไปด้วย สอดคล้องกับค่า OM (1.32 %) และ EC (38.15 dS $cm^{-1}$) CEC(20.90 mg 100g-1) ของปุ๋ย HO-C ที่เพิ่มขึ้นภายหลังการทดลอง (ตาราง 6) อ้างอิงตามวิธีการผลิตฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม(HO) ภูมิศักดิ์ อินทนนท์ (2552**)** จากผลการวิเคราะห์พบว่าปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสมหรือปุ๋ย HO ทั้ง 3 สูตร HO-A, HO-B และ HO-C นั้นเป็นปุ๋ยที่มีประสิทธิภาพโดยรวมต่อดินและพืชทั้งนี้เพราะปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสมมี EM และ bio-fertilizers ในกรณีที่ดินขาดธาตุอาหารหรือมีสภาพไม่เหมาะสมทำให้พืชไม่ติดดอกออกผลและได้ผลผลิตต่ำ EM มีคุณสมบัติในการเปลี่ยนสาร N และ P ในดินผ่านกระบวนการไนโตรเจนฟิกเซชั่นและการละลายฟอสเฟตจากหิน (Dikr, & Belete, 2017; Intanon P., et al. 2011) ปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดมีธาตุอาหารเสริม Ca, Mg, Fe, Mn, Cu และ Zn ในระดับสูง EM หรือจุลินทรีย์เหล่านี้จะช่วยปลดปล่อยธาตุอาหารเสริมออกมาอย่างช้า ๆ ผ่านการดำรงชีวิตของจุลินทรีย์ดินจึงทำให้พืชได้รับธาตุอาหารอย่างครบถ้วนตลอดช่วงการเจริญเติบโตนอกจากนั้น อินทรีย์วัตถุหรือ OM (humus) ในสูตรปุ๋ยก็เป็นปัจจัยหลักที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชโดยทำให้ดินมีความอุดมสมบูรณ์เพิ่มขึ้น (Dikr, & Belete 2017) ส่วนผลการวิเคราะห์ระดับความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของปุ๋ยพบว่า HO-A, HO-B และ HO-C มีค่า pH 6.53, 6.69 และ 6.39 ตามลำดับ ความเป็นกรด-ด่างของปุ๋ยHO เกิดจากองค์ประกอบของสูตรปุ๋ยประเภทปูนกลุ่มใช้เป็นสารปรับปรุงบำรุงดินจะมีผลต่อความเป็นกรด-ด่าง

ของปุ๋ย HO ทั้ง 3 ชนิด ซึ่งพบว่ามีสัดส่วนของปูนหรือสารปรับปรุงดินระหว่าง 25-30% โดยน้ำหนัก (Intanon, P. et al., 2017; Intanon, 2013; Jubkaew, S., & Intanon P., 2012)

**ผลการวิเคราะห์การเจริญเติบโตของพืช**

ในการวิเคราะห์ผลของปุ๋ยต่าง ๆ ที่มีต่ออัตราการเจริญเติบโตของดาวเรือง โดยทำการวัดความสูงต้น ขนาดลำต้น จำนวนใบต่อต้น ขนาดทรงพุ่ม ปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบ น้ำหนักต้นแห้ง และระยะเวลาเริ่มติดดอก โดยพบว่าT15 (HO-C, 150 กิโลกรัมต่อไร่) แสดงผลสูงสุดในทุกรายการแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธีอื่น ๆ ได้แก่ ความสูงต้น (54.47 เซนติเมตร) ขนาดลำต้น (9.55 มิลลิเมตร) จำนวนใบต่อต้น (9.60 ใบ) ขนาดทรงพุ่ม (45.40 เซนติเมตร) ตามลำดับ รองลงมาได้แก่กลุ่ม HO-B และ HO-A, กลุ่มผสมระหว่างปุ๋ยเคมีและปุ๋ย HO, กลุ่มปุ๋ยเคมีและกรรมวิธีควบคุมตามลำดับ จากผลการวิเคราะห์พบว่า T15 (HO-C, 150 กิโลกรัมต่อไร่) แสดงผลสูงสุดในทุกรายการ

จากผลการวิเคราะห์สามารถอธิบายได้ว่า เป็นผลสืบเนื่องมาจาก T15 มีระดับธาตุอาหารหลัก รอง เสริม แบบสมดุลในระดับสูงและเป็นปุ๋ยละลายช้า มีค่า CEC สูง การใช้ธาตุอาหารของพืชจึงมีประสิทธิภาพสูง (Sharma, A. et al., 2017) โดยธาตุไนโตรเจนเกี่ยวข้องกับการยืดเซลล์และแบ่งเซลล์ดังนั้นการเจริญเติบโตทางด้านความสูง สอดคล้องกับ P. Sanjeeva Rao et. al. (1998) ที่พบว่าธาตุไนโตรเจนมีส่วนสัมพันธ์โดยตรงกับการแบ่งเซลล์ การยืดและขยายเซลล์ของพืช ส่วนขนาดลำต้นเป็นผลมาจากการที่มีธาตุอาหาร N-P-K ครบทั้ง 3 ธาตุในระดับสูงจึงมีผลต่อการแบ่งเซลล์ตามยาวและการขยายขนาดของเซลล์ โดยเฉพาะโพแทสเซียมซึ่งสอดคล้องกับ Salisbury, F.B., & Ross, C.W. (1992) ที่พบว่าธาตุโพแทสเซียมจะเกี่ยวข้องกับการสร้างเนื้อไม้ และส่วนของลำต้น และช่วยเพิ่มขนาดของลำต้นได้เป็นอย่างดี สอดคล้องกับ Sanjeeva Rao, P. et al. (1998) ที่พบว่านอกจากธาตุอาหารหลัก N-P-K แล้วยังมีธาตุอาหารรองและเสริม เช่น Fe, Cu และ Zn ที่จำเป็นสำหรับการสังเคราะห์แสงของพืชซึ่งธาตุอาหารเหล่านี้มีอยู่มากในปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม (HO) (Intanon, P., 2013) โดยพบว่ากลุ่มธาตุอาหารเสริมพวก Fe, Cu และ Zn มีหน้าที่ช่วยสร้างคลอโรฟิลส์ และเพิ่มการสังเคราะห์แสงของพืช จึงทำให้การเจริญเติบโตสูงสุดในทุกรายการเหนือกว่ากรรมวิธีอื่น ๆจึงทำให้ความสูงต้น ขนาดลำต้น จำนวนใบต่อต้น ขนาดทรงพุ่ม ปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบของT15 (HO-C, 150 กิโลกรัมต่อไร่) แสดงผลสูงสุดในทุกรายการจึงทำให้ความสูงต้นและขนาดทรงพุ่มจึงขยายเพิ่มขึ้นไปตามลำดับ (Hussein, M. M. et al., 2011; Kumar, A., & Singh, A.K., 2011) ขนาดทรงพุ่มมีส่วนสำคัญในการเพิ่มพื้นที่ปกคลุมและจำนวนใบของพืช ขนาดของทรงพุ่มจึงสัมพันธ์กับจำนวนกิ่งและจำนวนใบของพืชโดยตรง

ไนโตรเจนเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของกรดนิวคลิอิคซึ่งช่วยในการเพิ่มความสูงของพืช ฟอสฟอรัสเป็นส่วนประกอบของคลอโรฟิลล์และมีความสำคัญในกระบวนการแบ่งเซลล์ การสร้างเนื้อเยื่อ การสร้างคาร์โบไฮเดรต โปรตีนและไขมัน โปแตสเซียมช่วยเพิ่มการสร้างคาร์โบไฮเดรต สารฮอร์โมนในปุ๋ย HO ช่วยเพิ่มการสร้างสาร indo-acetic acid (IAA) ที่ช่วยกระตุ้นการยืดยาวตัวออกของเซลล์ ทำให้พืชสูงขึ้น T15 มีเปอร์เซ็นต์ plant growth regulator (PGR) การนำสารอาหารเข้าสู่เซลล์. (Zhang et al., 2012; Chuinon, C., & Intanon, P., 2011) ผลที่ได้สอดคล้องกันกับงานวิจัยของ Hassan et al., 2014 ที่ใช้ปุ๋ยสูตร $N_{120}$ $P_{80}$ $K_{40}$ ทำให้ต้นดาวเรืองสูงถึง 66.02 cm เช่นเดียวกันกับงานของ (Divya, N. G. K. et al., 2017) ที่ใช้ปุ๋ยในหลายความเข้มข้น Jubkaew, S., & Intanon P. (2012) รายงานการปลูกข้าวที่ให้ต้นสูงเมื่อใช้ปุ๋ยผสมฮอร์โมน สารอาหารที่หลากหลาย มีผลต่อความสูงของต้น ขนาดลำต้น จำนวนใบต่อต้น ขนาดทรงพุ่ม ปริมาณคลอโรฟิลล์ ระยะเริ่มออกดอกซึ่งสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ปุ๋ยในกรรมวิธี T15 (HO-C)

ระยะเวลาเริ่มติดดอกพบว่า T15, T14(HO-C) และ T13 ( HO-B) ใช้เวลาน้อยที่สุด 72 วัน แตกต่างทางสถิติกับกรรมวิธีอื่น ๆ รองลงมาได้แก่กลุ่ม HO-A (73.6-75.0 วัน) ,กลุ่มผสมระหว่างปุ๋ยเคมีและปุ๋ย HO (75.3-76.0 วัน), กลุ่มปุ๋ยเคมี (76.3 วัน)และกรรมวิธีควบคุม (77.3 วัน) ตามลำดับ ผลที่เกิดขึ้นเป็นผลมาจากการที่พืชสามารถสะสมอินทรีย์สารภายในต้นได้เร็วขึ้นอันเกิดจากการที่ได้รับธาตุอาหารอย่างครบถ้วนจึงมีการพัฒนาการจากช่วงการเจริญทางด้านลำต้นใบ (Vegetative phase) ไปเป็นช่วงการเจริญพันธุ์ (Reproductive) เร็วขึ้นนั้นเองสอดคล้องกับรายงานของ He et al. (2015) ยืนยันว่าสารอินทรีย์มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตและพัฒนาการของพืชอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบทำการบันทึกเมื่อพืชมีอายุ 40,50 และ 60 วัน ตามลำดับซึ่งพบว่า T15 (HO-C,150 กิโลกรัมต่อไร่) แสดงค่าสูงสุดเมื่อพืชมีอายุ 60 วัน มีปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบ 85.92 SPAD units สูงสุดแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธีอื่น ๆ รองลงมาได้แก่ T14 (HO-C, 100 กิโลกรัมต่อไร่) มีค่า 77.41 SPAD units รองลงมาได้แก่กลุ่มHO-B (66-68 SPAD units) HO-A (51-52 SPAD units) กลุ่มผสมระหว่างปุ๋ยเคมีและปุ๋ยHO (46-50 SPAD units) กลุ่มปุ๋ยเคมี (45-47 SPAD units)และกรรมวิธีควบคุม (42 SPAD units) ตามลำดับ

จากผลการวิเคราะห์พบว่าปริมาณคลอโรฟิลล์พบสูงสุดใน T15, T14(HO-C) และ T13 (HO-B) ซึ่งเป็นกลุ่มของปุ๋ยHO เป็นส่วนใหญ่ เพราะมีธาตุอาหารที่ครบถ้วนโดยคลอโรฟิลล์เกี่ยวข้องโดยตรงกับธาตุแมกนีเซียมและสังกะสีโดยกระบวนการทำงานของกรดอินทรีย์และคาร์บอนไดออกไซด์มีบทบาทสำคัญในการเพิ่มประสิทธิภาพของแมกนีเซียมซึ่งมีบทบาทที่สำคัญในการสร้างโมเลกุลของคลอโรฟิลล์ ดังนั้น ปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบพืชที่เพิ่มขึ้นเมื่อใช้ปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ด T15 (HO-C,150 กิโลกรัมต่อไร่) เพราะมีระดับแมกนีเซียมสูงสุด ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลอง

ของ Hassan, A. E. et al. (2014; Rivas-San, V. M., & Plasencia, J., 2011) จากผลที่แสดงออกมาสรุปได้ว่า ปริมาณคลอโรฟิลล์เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์แสงและค่าชักนำปากใบซึ่งจะเกิดขึ้นในระหว่างเกิดกระบวนการสังเคราะห์แสงของพืช การเปิดปิดปากใบของพืชซึ่งเป็นกลไกทางสรีระวิทยาที่ปกป้องรักษาระดับน้ำภายในต้นพืชไม่ให้สูญเสียมากเกินไปเมื่อสภาวะแวดล้อมเปลี่ยนแปลงฉับพลัน ค่าชักนำการเปิดปิดปากใบถ้ามีค่าสูงแสดงว่าการเปิดปากใบเกิดขึ้นได้ยากการสูญเสียน้ำในต้นพืชจะลดลง การเปิดปิดปากใบจะเกี่ยวข้องกับธาตุโพแทสเซียมเพราะในสภาวะฝนทิ้งช่วงพืชที่ได้รับโพแทสเซียมสูงจะทนต่อสภาพแห้งแล้งและมีภูมิต้านทานต่อภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลงฉับพลันได้ดี อย่างไรก็ตามการเปิดปิดปากใบพืชเป็นการตอบสนองของพืชกับสิ่งแวดล้อมเป็นส่วนใหญ่ไม่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์แสงโดยตรงแต่ขึ้นอยู่กับสิ่งแวดล้อมเป็นสำคัญโดยเฉพาะ ความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิภายนอกจึงมีการเปลี่ยนแปลงค่าชักนำการเปิดปิดปากใบอยู่ตลอดเวลาเป็นกลไกเหนี่ยวนำทำให้พืชดูดธาตุอาหารจากดินขึ้นมาได้ ดังนั้นจึงเกี่ยวข้องกับ ปริมาณน้ำในดิน และอุณหภูมิ ธาตุซิลิคอน แคลเซียม โพแทสเซียม เหล็ก ซึ่งธาตุอาหารเหล่านี้มีอยู่มากในกลุ่มฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม T15, T14(HO-C) ที่แสดงผลออกมาสูงสุดในทุกรายการ ส่วนปริมาณคลอโรฟิลล์ก็พบว่า มีค่าสูงสุดใน T15, T14(HO-C) เช่นกัน คลอโรฟิลล์เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์แสงโดยตรง กระบวนการสังเคราะห์แสงประกอบด้วยปัจจัยคลอโรฟิลล์ คาร์บอนไดออกไซด์ น้ำ แสงแดด และธาตุอาหารพืช เป็นต้น ดังนั้นคลอโรฟิลล์จึงมีบทบาทสำคัญมากต่อการสังเคราะห์แสงช่วยเพิ่มการเจริญเติบโตและการสะสมธาตุอาหารในต้นพืช คลอโรฟิลล์ จึงเป็นโรงงานในกระบวนการเปลี่ยนพลังงานแสงเป็นพลังงานเคมีหรือสร้าอินทรีย์สารขึ้นมานั่นเอง ดังนั้นฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม T15, T14(HO-C) และ T13 (HO-B) ซึ่งเป็นกลุ่มของปุ๋ย HO ซึ่งมีธาตุอาหารเหล่านี้อยู่เป็นจำนวนมากอย่างครบถ้วน ปัจจัยการสังเคราะห์แสงอื่น ๆ ก็มีอย่างเพียงพอและมีคลอโรฟิลล์ในระดับสูงจึงทำให้พืชมีสีเขียวและงอกงามดี การติดดอกออกผลจึงเร็วขึ้น

**ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบผลผลิตและผลผลิต**

**ความสูงของดอก** พบว่า T15(HO-C) 5.97 เซนติเมตร มีความสูงของดอกสูงสุดแต่ไม่แตกต่างทางสถิติกับT14 (HO-B) 5.7 เซนติเมตร และT13 (HO-B) 5.8 เซนติเมตรตามลำดับ รองลงมาได้แก่กลุ่ม และ HO-A (5.60-5.66 เซนติเมตร), กลุ่มผสมระหว่างปุ๋ยเคมีและปุ๋ย HO (5.1-5.6 เซนติเมตร), กลุ่มปุ๋ยเคมี (5.0-5.1 เซนติเมตร) และกรรมวิธีควบคุม (5.0 เซนติเมตร) ตามลำดับ (ตาราง 13)

**ขนาดหน้าดอก**พบว่า T15 (HO-C) 6.22 เซนติเมตร มีขนาดหน้าดอกใหญ่สุดแต่ไม่แตกต่างทางสถิติกับ T8 -T14 (6.05-6.18 เซนติเมตร) รองลงมาได้แก่กลุ่มผสมระหว่างปุ๋ยเคมีและปุ๋ยHO T4-T7 (5.2-5.3 เซนติเมตร), กลุ่มปุ๋ยเคมี T2 และ T3 (5.21-5.22 เซนติเมตร) และกรรมวิธีควบคุม (5.1 เซนติเมตร) ตามลำดับ (ตาราง 14)

**จำนวนดอกเฉลี่ยต่อต้น** พบว่า T15 (43.49 ดอก) แสดงจำนวนดอกต่อต้นสูงสุดแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญกับกรรมวิธีอื่น ๆ รองลงมาได้แก่ T7 (39.7 ดอก) และT13 (38.4 ดอก) ตามลำดับโดยพบว่ากรรมวิธีควบคุม (T1) มีจำนวนดอกต่ำสุด (26.16 ดอก) ตามลำดับ (ตาราง 15)

**จำนวนดอกรวมต่อแปลงย่อย** พบว่า T15 (1,739.67 ดอก) แสดงจำนวนดอกรวมต่อแปลงย่อยสูงสุดแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญกับกรรมวิธีอื่น ๆ รองลงมาได้แก่ T13 (1,594.33 ดอก) และT5 (1,592.67 ดอก) รองลงมาได้แก่กลุ่ม HO-B (1,508.0 ดอก) และ HO-A (1,384.3 ดอก) กลุ่มผสมระหว่างปุ๋ยเคมีและปุ๋ย HO (1,349.6-1,483.0 ดอก) กลุ่มปุ๋ยเคมี (1,340.6-1,464.6 ดอก) และกรรมวิธีควบคุม (1,206.3 ดอก) ตามลำดับ (ตาราง 16)

**จำนวนเมล็ดต่อดอก**พบว่า T15 (HO-C, 518.6 เมล็ด) มีจำนวนเมล็ดต่อดอกสูงสุดแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญกับกรรมวิธีอื่น ๆ รองลงมาได้แก่ T13 (HO-B, 438 เมล็ด) และ T14 (HO-C, 456 เมล็ด) กลุ่มผสมระหว่างปุ๋ยเคมีและปุ๋ย HO, กลุ่มปุ๋ยเคมี และกรรมวิธีควบคุม ตามลำดับ (ตาราง 17)

**น้ำหนักเมล็ดต่อแปลงย่อย**พบว่า T15 (10.08 กรัม) มีน้ำหนักเมล็ดต่อแปลงย่อยสูงสุดแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญกับกรรมวิธีอื่น ๆ รองลงมาได้แก่ T13(9.65 กรัม) และ T14 (9.24 กรัม) ตามลำดับ โดยพบว่ากรรมวิธีควบคุม T1 มีน้ำหนักต่ำสุด (7.73 กรัม) ตามลำดับ (ตาราง 18)

**น้ำหนักดอกรวมต่อแปลงย่อย**พบว่า T15 (16.05 กิโลกรัม) มีน้ำหนักดอกรวมต่อแปลงย่อยสูงสุดแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญกับกรรมวิธีอื่น ๆ รองลงมาได้แก่ กลุ่มผสมระหว่างปุ๋ยเคมีกับปุ๋ยHO ได้แก่ T5 (14.05 กิโลกรัม) และ T7 (13.7 กิโลกรัม) ตามลำดับ ส่วนกลุ่มปุ๋ยเคมี (T2 และ T3) นั้นพบว่ามีน้ำหนักดอกรวมต่อแปลงย่อยอยู่ระหว่าง 11.62-13.4 กิโลกรัมต่อแปลงย่อย และพบว่ากรรมวิธีควบคุมมีน้ำหนักดอกรวมต่อแปลงย่อยต่ำสุด (8.11 กิโลกรัม) ตามลำดับ (ตาราง 19)

**จำนวนดอกรวมต่อไร่หรือผลผลิตต่อไร่** พบว่า T15 (278,346.7ดอก) แสดงจำนวนดอกต่อไร่สูงสุดแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญกับกรรมวิธีอื่น ๆ รองลงมาได้แก่ T5 (254,826.7ดอก) และT7 (254,240 ดอก) ตามลำดับส่วนกลุ่มปุ๋ยเคมี (T2 และ T3) นั้นพบว่ามีจำนวนดอกต่อไร่อยู่ระหว่าง 214,506.7-234,346.7 ดอก และพบว่ากรรมวิธีควบคุมมีจำนวนดอกต่ำสุด (193,013.3 ดอก) ตามลำดับ จากผลผลิตที่แสดงออกมาดังกล่าวพบว่าT15 (HO-C, 150 กิโลกรัมต่อไร่) ให้ผลผลิตสูงกว่าแปลงควบคุม 1.44 เท่า และสูงกว่าแปลงปุ๋ยเคมี (T3, 150 กิโลกรัมต่อไร่) 1.18 เท่า (ตาราง 20)

**น้ำหนักดอกรวมต่อไร่หรือน้ำหนักผลผลิตต่อไร่** พบว่า T15 (2,568.51 กิโลกรัม) มีน้ำหนักดอกรวมต่อไร่สูงสุดแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญกับกรรมวิธีอื่น ๆ รองลงมาได้แก่กลุ่มผสมระหว่างปุ๋ยเคมีกับปุ๋ยHO ได้แก่ T5 (2,248.77 กิโลกรัม) และ T7 (2,202.72 กิโลกรัม)

ตามลำดับ ส่วนกลุ่มปุ๋ยเคมี (T2 และ T3) นั้นพบว่ามีน้ำหนักดอกรวมต่อไร่อยู่ระหว่าง 1,860.69-2,144.43 กิโลกรัมต่อไร่ และพบว่ากรรมวิธีควบคุมมีน้ำหนักดอกรวมต่อไร่ต่ำสุด (1,298.3 กิโลกรัม) ตามลำดับ จากผลผลิตที่แสดงออกมาดังกล่าวพบว่าT15 (HO-C, 150 กิโลกรัมต่อไร่) ให้น้ำหนักผลผลิตต่อไร่สูงกว่าแปลงควบคุม 1.97 เท่า และสูงกว่าแปลงปุ๋ยเคมี (T3, 150 กิโลกรัมต่อไร่) 1.19 เท่า(ตาราง 21)

**ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพของผลผลิต**

จากผลการทดลองพบว่ากรรมวิธีที่มีปริมาณสารปริมาณแคโรทีนอยด์ (Carotenoid) แสดงค่าสูงสุดสามอันดับแรก ได้แก่ T15, T11, T14 มีค่าเฉลี่ย 114.32, 111.47, 110.01 mg/100g FW ตามลำดับ โดยพบว่าทั้งสามกรรมวิธีไม่แตกต่างทางสถิติ กรรมวิธีที่มีสีของดอก (Hue value) เข้มสูงสุดได้แก่ T15 แตกต่างทางสถิติกับกรรมวิธีอื่น ๆ รองลงมาได้แก่ T14 และ T11 ตามลำดับ มีค่าเฉลี่ย 86.80, 86.26, 86.20 องศา ตามลำดับ กรรมวิธีที่มีความสว่าง (B value) สูงสุด ได้แก่ T15 แตกต่างทางสถิติกับกรรมวิธีอื่น ๆ รองลงมาได้แก่ T14 และ T11ตามลำดับ มีค่าเฉลี่ย 121.44, 117.50, 114.10 ตามลำดับ (ตาราง 23)

**คุณภาพการเก็บรักษาของดอกหลังการเก็บเกี่ยว**

ผลการทดลองพบว่า กรรมวิธีที่มีน้ำหนักดอกมาก (ดอกใหญ่) และยังคงรักษาน้ำหนักดีเมื่อผ่านไปแล้ว 72 ชั่วโมงพบว่า T15 (8.58 กรัมต่อดอก) แสดงผลสูงสุดแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญกับกรรมวิธีอื่น ๆ รองลงมาได้แก่ T13 (8.51 กรัม) และ T14 (8.43 กรัม) ตามลำดับ (ตาราง 24)

**การสะสมวัตถุแห้งของต้นพืช**

จากการบันทึกน้ำหนักดอกแห้ง น้ำหนักใบแห้ง น้ำหนักต้นแห้ง น้ำหนักรากแห้งและน้ำหนักแห้งรวมต่อต้น พบว่าในทุกรายการดังกล่าว T15 (HO-C, 150 กิโลกรัมต่อไร่) แสดงผลสูงสุดแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญกับกรรมวิธีอื่น ๆ รองลงมาได้แก่ T13 (HO-B) และ T14 (HO-C), กลุ่มผสมระหว่างปุ๋ยเคมีและปุ๋ย HO, กลุ่มปุ๋ยเคมี และกรรมวิธีควบคุม ตามลำดับ ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ คุณภาพการเก็บรักษาหลังการเก็บเกี่ยว การสะสมวัตถุแห้งของต้นพืช พบว่าพบว่า T15 (HO-C, 150 กิโลกรัมต่อไร่) แสดงผลออกมาสูงสุดในแทบทุกรายการแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธีอื่น ๆ โดยพบว่ามีน้ำหนักดอกแห้ง น้ำหนักใบแห้ง น้ำหนักต้นแห้ง น้ำหนักรากแห้งและน้ำหนักแห้งรวมต่อต้น สูงสุดทั้งนี้เป็นผลมาจากองค์ประกอบต่าง ๆ ของปุ๋ยHO ที่มีอยู่อย่างครบถ้วนจะส่งผลต่อการสะสมธาตุอาหารและวัตถุแห้งภายในต้นพืช สอดคล้องกับรายงานของ Ahmad, I. I. et al., 2011 ที่ให้ผลเช่นเดียวกันคือน้ำหนักดอกแห้ง,จำนวนดอกต่อต้น, ระยะออกดอกดีขึ้น สารอาหารในสารสกัดอินทรีย์ช่วยกระตุ้น PGR อย่างมีนัยสำคัญโดยถ่ายทอดสารอาหารไปยังดอกส่งผลให้มีการสร้างดอกได้ดีขึ้นซึ่งปริมาณ CEC, EC และ C/N ratios ที่มีในปุ๋ยช่วยเพิ่มเมตา

โบลิซึมในการดูดธาตุอาหารและการสังเคราะห์แสงของพืชอีกด้วย (Shadanpour, F. et al., 2011; Chuinon, C., & Intanon, P., 2011) T15 พบว่ามีขนาดระบบรากใหญ่สุดวัดน้ำหนักสดได้ 2.43 g. และน้ำหนักแห้งได้ 1.12g. ซึ่งช่วยให้พืชดูดสารอาหารได้รวดเร็วซึ่งสอดคล้องกับงานทดลอง ของ Kumar, R. et al., 2010 ที่มีการให้สารอาหารพืชดังอัตรา 75 % N + 60 kg $P_2O_5$ $ha^{-1}$ + 60 kg $K_2O$ $ha^{-1}$ + Azotobacter 5L $ha^{-1}$ + enriched banana pseudo stem Sap 1% ทำให้ดาวเรืองมีผลผลิตดีขึ้น งานวิจัยของ Canellas, L .P. et al. (2002) แสดงถึงผลของการใช้สารสกัด humic acids จาก OM ช่วยกระตุ้น $H^+$-ATPase ในพลาสมาเมมเบรน กระตุ้นออกซินในรากทำให้รากข้าวโพดยาวขึ้น กรรมวิธี T15 ให้ผลจำนวนดอกและจำนวนเมล็ดต่อแปลงเพิ่มขึ้น 49.3% และ 23.3% เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม (ตาราง 25)

**การวิเคราะห์ธาตุอาหารในต้นพืช**

การวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในต้นพืช ระดับธาตุไนโตรเจน (N) ในต้นพืชจากผลการทดลองพบว่า T15 (HO-C, 0.15%) แสดงผลมีระดับธาตุไนโตรเจนสูงสุด แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญกับกรรมวิธีอื่น ๆ รองลงมาได้แก่ T13 (HO-B, 0.14%) และ T14 (HO-C, 0.14%) ตามลำดับ ระดับธาตุฟอสฟอรัส (P) ในต้นพืชพบว่า T15 (HO-C, 0.48%) แสดงผลสูงสุดแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญกับกรรมวิธีอื่น ๆ รองลงมาได้แก่ T12 (HO-A, 0.42%) และ T2 (เคมี, 0.39%) ตามลำดับ ระดับธาตุโพแทสเซียม (K) ในต้นพืชพบว่า T15 (HO-C, 2.38%) แสดงผลสูงสุดแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญกับกรรมวิธีอื่น ๆ รองลงมาได้แก่ T13 (HO-B, 2.43%) และ T14 (HO-C, 2.36%) ตามลำดับ ระดับธาตุแคลเซียม (Ca) ในต้นพืชพบว่า T15 (HO-C, 1.77%) แสดงผลสูงสุดแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญกับกรรมวิธีอื่น ๆ รองลงมาได้แก่ T13 (HO-A, 1.42%) และ T4 กับ T7 ปุ๋ยผสมมีค่าเท่ากันคือ 1.31% ตามลำดับ ระดับธาตุแมกนีเซียม(Mg) ในต้นพืช พบว่า T15 (HO-C, 0.43%) แสดงผลมีระดับแมกนีเซียมสูงสุด แต่ไม่แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญกับกรรมวิธีT14(HO-C, 0.39 %) รองลงมาได้แก่ T13(HO-B, 0.39%) ตามลำดับส่วนกลุ่มปุ๋ยเคมี T2 และ T3 มีค่าเท่ากัน(0.32%) โดยกรรมวิธีควบคุม T1 (0.27%) แสดงค่าต่ำสุดตามลำดับ (ตาราง 26)

จากผลการวิเคราะห์องค์ประกอบผลผลิตและผลผลิต ความสูงของดอก, ขนาดหน้าดอก, จำนวนเมล็ดต่อดอก, จำนวนดอกต่อต้น, จำนวนดอกรวมต่อแปลงย่อย, จำนวนดอกรวมต่อไร่, น้ำหนักเมล็ดต่อแปลงย่อย, น้ำหนักดอกรวมต่อแปลงย่อย,น้ำหนักดอกรวมต่อไร่ ดังกล่าวข้องต้น พบว่าT15 (HO-C, 150 กิโลกรัมต่อไร่) แสดงผลสูงสุดในทุกรายการสำคัญที่มีผลต่อผลผลิต ทั้งนี้สามารถอธิบายรวมได้ว่า กรรมวิธี T15 (HO-C, 150 กิโลกรัมต่อไร่) นั้น มีส่วนผสมของสารอินทรีย์ EM, PGR, soil stimulants สารอนินทรีย์ 40% ทำให้ดาวเรืองมีอัตราการเจริญเติบโตดีเมื่อเทียบกับปุ๋ยสูตรอื่น อันเกิดจากความสมดุลของธาตุอาหาร EM และฮอร์โมน การที่ดาวเรืองมีขนาดลำต้นใหญ่ขึ้น จำนวนใบมากขึ้นมีผลมาจากการสร้าง PGR และความสามารถในการดูดซึมสารอาหารจาก

rhizosphere โดย EM (Kumar, R. et al., 2010) ไนโตรเจนช่วยเพิ่มจำนวนเซลล์ใบพืช ขนาดเซลล์ และ ทำให้จำนวนใบมากขึ้น (Singh, Y. P et al., 2008) ไนโตรเจนที่ถูกดูดซึมจากรากทำให้เกิดการลำเลียง cytokinin ไปยังเป้าหมาย ระดับของ cytokinin กระตุ้นการแตกหน่อ ทำให้มีกิ่งก้านสาขาเพิ่มขึ้น (Divya, N. G. K. et al., 2017) PGR ช่วยกระตุ้นให้ระดับคลอโรพลาสมีการเปลี่ยนแปลง มีผลในกระบวนการสังเคราะห์แสงแบบ photosystem II ช่วยการทำงานของเอนไซม์ Rubisco เป็นแหล่งของสาร ATP และ NADPH ในขบวนการลดคาร์บอน (Rivas-San, V. M., & Plasencia, J. 2011) จากข้อมูลจำนวนกิ่งต่อต้นที่เพิ่มขึ้นใน T15 ช่วยให้มีการสังเคราะห์แสงเพิ่มมากขึ้นสะสมอาหารได้เพิ่มขึ้นทำให้มีระยะเริ่มออกดอกที่เร็วขึ้น 72.33 DAP เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม T1 77.33 วันซึ่งเกิดขึ้นจาก late emergence of flower buds รายงานของ He et al., 2015 ยืนยันว่าสารอินทรีย์ในต้นพืชมีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืชอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังนั้นกรรมวิธี T15 (HO-C, 150 กิโลกรัมต่อไร่) พืชจึงได้รับธาตุอาหารหลัก ธาตุอาหารรอง และธาตุอาหารเสริมครบถ้วนในระดับสูงตามความต้องการของดาวเรืองและเป็นปุ๋ยละลายช้าจึงทำให้พืชได้รับธาตุอาหารอย่างต่อเนื่อง ธาตุอาหารไนโตรเจน แคลเซียม แมกนีเซียม กัมมะถัน สังกะสี เหล็ก ทองแดง **เกี่ยวข้องกับการความสูงต้น ขนาดทรงพุ่ม จำนวนใบ ความเขียวหรือปริมาณคลอโรฟิลล์ ที่มีผลต่อการสังเคราะห์แสงของพืช ซึ่งปริมาณธาตุเหล่านี้จากผลการวิเคราะห์พบว่ามีระดับสูงสุดใน** T15 (HO-C, 150 กิโลกรัมต่อไร่) **จึงทำให้การเจริญเติบโตทางด้านลำต้นใบ (Vegetative phase)ของ** T15 (HO-C, 150 กิโลกรัมต่อไร่) **แสดงผลสูงสุดดังกล่าวมาแล้วข้างต้น เมื่อมีการเจริญเติบโตด้าน ลำต้นใบ (Vegetative phase) มากขึ้นแสดงให้เห็นว่ามีพื้นที่สังเคราะห์แสงมากขึ้น ในขณะเดียวกันภายในปุ๋ย** T15 (HO-C, 150 กิโลกรัมต่อไร่) หรือปุ๋ย HO-B หรือ ปุ๋ยHO-A ก็ตามซึ่งส่วนใหญ่แสดงผลในระดับรองจาก T15 (HO-C) นั้นมีธาตุอาหารอย่างครบถ้วนต่อการสังเคราะห์แสงและการสร้างคลอโรฟิลล์ ด้วยเหตุนี้ภายในต้นพืช**จึงมีการสร้างอินทรีย์สารและวัตถุแห้ง (dry matter) จำนวนมาก และมีฮอร์โมนพืชที่ไม่มีในปุ๋ยชนิดอื่น ๆ อีกด้วย ดังนั้นเมื่อถึงระยะการเจริญพันธุ์ช่วงติดดอกออกผล (Reproductive phase) จึงทำให้ กรรมวิธี** T15 (HO-C, 150 กิโลกรัมต่อไร่) หรือกลุ่มปุ๋ยHO (T10-T15) **ติดดอกออกผลเร็วและได้ผลผลิตสูง ซึ่งช่วงเจริญพันธุ์นี้ธาตุฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม โบรอน มีส่วนสำคัญในการติดดอกออกผลและการสร้างเนื้อไม้ การพัฒนาเชิงคุณภาพ การสะสมแป้งและน้ำตาล เป็นต้น ซึ่งธาตุเหล่านี้มีอยู่อย่างครบถ้วนและสมดุลใน** T15 (HO-C, 150 กิโลกรัมต่อไร่) **ความสมดุลของธาตุอาหารนั้นมีผลต่อการสะสมธาตุอาหารในต้นพืช** ในด้านความสูงของต้นพืชนั้นการมีธาตุไนโตรเจนในระดับสูงจะช่วยในการแบ่งเซลล์เพิ่มยอด เพิ่มความสูงและแตกกิ่งก้านสาขาได้ดี แต่ถ้ามีธาตุไนโตรเจนในสัดส่วนที่สูงเกินไปจะไปยังยั้งการทำงานของโพแทสเซียมและการสะสมแป้งและน้ำตาลในต้นพืช สอดคล้องกับ พิชิต สพโชค และคณะ (2549) ที่พบว่าธาตุไนโตรเจนมีหน้าที่สำคัญใน

กระบวนการเมตาโบลิซึมของพืชเนื่องจากเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของกรดอะมิโน โปรตีน คลอโรฟิลส์ และเอ็นไซม์บางชนิด ทำให้พืชมีสีเขียวและแข็งแรง ไนโตรเจนเป็นธาตุอาหารที่สำคัญต่อการเจริญเติบโตของดาวเรือง ส่วนธาตุโพแทสเซียม แคลเซียม โบรอน กำมะถัน และแมงกานีส มีหน้าที่สร้างแป้งและน้ำตาลและมีบทบาทสำคัญในกระบวนการสร้างคาร์โบไฮเดรต และการเคลื่อนย้ายแป้งและน้ำตาลไปยังผลผลิต เป็นต้น จึงทำให้กรรมวิธี T15 (HO-C, 150 กิโลกรัมต่อไร่) ดาวเรืองมีความสูงของดอก, ขนาดหน้าดอก, จำนวนเมล็ดต่อดอก, จำนวนดอกต่อต้น, จำนวนดอกรวมต่อแปลงย่อย, จำนวนดอกรวมต่อไร่, น้ำหนักเมล็ดต่อแปลงย่อย, น้ำหนักดอกรวมต่อแปลงย่อย,น้ำหนักดอกรวมต่อไร่รวมถึงการสะสมวัตถุแห้งของต้นพืช, การวิเคราะห์ธาตุอาหารในต้นพืชแสดงผลสูงสุดดังกล่าว

งานวิจัยของ Pacheco, A. C. et al., 2013 ที่ใช้ปุ๋ยไนโตรเจนกับแมกนีเซียมให้จำนวนดอกที่เก็บเกี่ยวได้ 21.5 ดอกต่อต้น ซึ่งน้อยกว่างานวิจัยนี้ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Król, B. 2011 ที่ได้ผลจำนวนดอกต่อต้นเป็น 60 และ 45.6 ในเวลาสองปี งานวิจัยของ Biesiada, A. et al., 2006 รายงานว่าปริมาณสารไนโตรเจนที่สูงขึ้นในปุ๋ยเคมีไม่ช่วยทำให้ผลผลิตของพืชสูงสุด ปริมาณไนโตรเจนสำหรับดาวเรืองไม่ควรให้สูงเกินไปและควรมีปริมาณไนโตรเจนที่เหมาะสมในช่วง 30-50 kg $ha^{-1}$ อย่างไรก็ตาม Acharya, M. M., & Dashora, K. (2004) แสดงผลของปริมาณฟอสฟอรัสในช่วงเริ่มออกดอกจะช่วยเพิ่มจำนวนและขนาดดอกในดาวเรืองแอฟริกัน น้ำหนักดอกที่สูงกว่ากลุ่มควบคุมเป็นผลมาจากอัตราการเจริญเติบโตที่ดีซึ่งวัดได้จาก ความสูงของดอก เส้นผ่านศูนย์กลางของดอก จำนวนเมล็ดและน้ำหนักเมล็ด ส่วนการเจริญเติบโตที่ดีของดาวเรืองวัดได้จากขนาดทรงพุ่ม และปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบ เป็นต้น

ส่วนปริมาณสารสีเหลืองหรือสารแคโรทีนอยด์ (Carotenoid) แสดงค่าสูงสุดใน T15 (HO-C, 150 กิโลกรัมต่อไร่), T11 (HO-A, 150 กิโลกรัมต่อไร่), T14 (HO-C, 100 กิโลกรัมต่อไร่) ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ส่วนสีของดอก(Hue value) หรือความเข้มของสีแสดงผลสูงสุดใน T15 แตกต่างทางสถิติกับกรรมวิธีอื่น ๆ รองลงมาคือ T14 และ T11ตามลำดับ ส่วนความสว่างของดอก (B value) พบว่ามีความสว่างสูงสุดใน T15 แตกต่างทางสถิติกับกรรมวิธีอื่น ๆ รองลงมาได้แก่ T14 และ T11ตามลำดับ จากผลการวิเคราะห์สามารถอธิบายได้ว่า การสร้างสารสีเหลืองและการสะสมสารแคโรทีนอยด์ (Carotenoid) สีของดอก (Hue value) ความสว่างของดอก (Bvalue) มีความโดดเด่นในกลุ่มปุ๋ยHO เป็นส่วนใหญ่ ซึ่งเป็นกระบวนการสร้างอินทรีย์สารและกระบวนการเคลื่อนย้ายสารที่เกิดขึ้นในต้นพืชช่วง **Reproductive phase** กระบวนการเหล่านี้เกี่ยวข้องกับธาตุโพแทสเซียม แคลเซียม โบรอน กำมะถัน และแมงกานีส ในกลุ่มปุ๋ย HO ดังนั้นใน T15 (HO-C, 150 กิโลกรัมต่อไร่) ซึ่งมีระดับธาตุอาหารดังกล่าวสูงสุดจึงทำให้การสะสมสารเกิดขึ้นสูงสุดรวมถึงการสะสมอินทรีย์วัตถุ (dry matter) ในต้นพืชเกิดขึ้นสูงสุดอีกด้วย

ในงานทดลองนี้กรรมวิธี T15 มีปริมาณแคโรทีนอยด์สูงที่สุด (114.32 mg 100 $g^{-1}$ FW) ค่า N, P, K, Ca, Mg มีค่า 0.15 %, 0.48 %, 2.38 %, 1.77 % และ 0.43 % ตามลำดับ ดังแสดงใน (ตาราง 23) จะเห็นได้ว่ากรรมวิธี T15 มีธาตุอาหารต่าง ๆ ในปริมาณที่เหมาะสมมีความสมดุลซึ่งอาจเกิดขึ้นจากปฏิสัมพันธ์ระหว่างสารอาหารและฮอร์โมนพืช งานทดลองของ Zaredost et al., 2014 วัดปริมาณแคโรทีนอยด์ได้ 3.903 mg $g^{-1}$ dry weight ในดาวเรืองโดยการใช้ปุ๋ยชีวภาพร่วมกับปุ๋ยเคมี Kim, Y.H., Hamayun, M., Khan, A.L., Na, C.I., Kang, S.M., Han, H.H., & Lee, I.J. 2009 แสดงผลของ PGR ที่มีต่อระดับแคโรทีนอยด์ที่มีในพืช สาร auxins, cytokinin และ gibberellic acid ($GA_3$) สามารถกระตุ้นเอนไซม์ในกระบวนการสร้างสารแคโรทีนอยด์ได้ ปริมาณสารอาหารในพืชควรมีความเข้มข้นที่เหมาะสม (Mills, H. A., & Jones, J. B., 1996) รายงานของ Jadhav, P. B. et al. (2014) แสดงให้เห็นผลของ EM ต่อการดึงสารอาหารในดินมาใช้ได้ดีขึ้น

ค่า Hue angle เพิ่มขึ้นจาก 0° to +a axis (red) ไปจนถึง 90° for the +b axis (yellow) ดาวเรืองคุณภาพดีควรมีสีเหลืองสดใส ในงานทดลองนี้แสดงค่า Hue angle (ตาราง 23) ซึ่งใกล้กับ +b zone (bright yellow) หากค่า Hue angle ต่ำแสดงว่าดอกดาวเรืองมีสีอมแดงมาก ในกรรมวิธี T 15 มีค่า Hue angle ดีที่สุด 86.80° และมี +b value 121.44 ซึ่งสูงกว่ากลุ่มควบคุม T1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเพราะมีผล Hue angle 83.89° และ +b value 100.41 นอกจากนี้ยังพบว่าค่า Hue angleและ +b value ในกรรมวิธี T10, T11, T12, T13 และ T14 ซึ่งเป็นกลุ่มปุ๋ยHO อยู่ในเกณฑ์ที่ดีอีกด้วยปริมาณแคโรทีนอยด์ช่วยทำให้สีดอกดาวเรืองสวย ด้วยเหตุนี้ในกรรมวิธี T15 (HO-C, 150 กิโลกรัมต่อไร่) จึงมีอายุการเก็บรักษาหลังการเก็บเกี่ยว ความสดความสว่างของสีดอกสูงสุดสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ปริมาณการสะสมวัตถุแห้งของต้นพืช, การวิเคราะห์ระดับธาตุอาหารในต้นพืช จากผลการสะสมวัตถุแห้ง ระดับธาตุอาหารในต้นพืช และการสร้างสารแคโรทีนอยด์ในระดับสูงสุด ดังกล่าวจึงทำให้ T15 สามารถเก็บรักษาดอกดาวเรืองสดไว้ในอุณหภูมิห้องปกติได้ถึง 72 ชั่วโมงหรือ 3 วัน โดยที่น้ำหนักดอกยังสูงสุดและคุณภาพยังอยู่ในระดับดีเมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีอื่น ๆ เป็นต้น

**ต้นทุนและกำไรโดยสังเขป**

จากการศึกษาต้นทุนการผลิตแบบสังเขปต่อรอบการผลิต ประกอบด้วย ต้นทุนค่าวัสดุ (เมล็ดพันธุ์ 1,000 เมล็ด/ถุง) ค่ายาปราบวัชพืชไกลโพเสต ปุ๋ยคอก (25 กก./กระสอบ; 500 กก./ไร่) ปุ๋ย (50 กก./กระสอบ) NPK 15-15-15, NPK 8-24-24, HO-A, HO-B, HO-C) เป็นต้น ต้นทุนค่าแรง ( ค่าไถ 2 รอบ ค่าแรงงานฉีดพ่นสารกำจัดวัชพืช ค่าแรงในการปลูก ค่าแรงสูบน้ำ ค่าแรงตัดแต่งกิ่ง ค่าแรงเก็บเกี่ยวผลผลิต (คัดเกรด) ค่าแรงใส่ปุ๋ย เป็นต้น ต้นทุนค่าใช้จ่ายอื่น ๆ (ราคาปั๊มน้ำ 5,500 บาท/ 10 ปี) ค่าเสื่อมราคา / 2.4 (5 months / 12 เดือน) ค่าน้ำ ค่าไฟฟ้าในการสูบน้ำ ค่าวัสดุปลูก (ถาด, เชือก, เทป, หมุด ฯลฯ) เป็นต้น ผลการศึกษาพบว่ากรรมวิธีที่มีต้นทุน สูงสุดไปจนถึงต่ำสุด

ได้แก่ T15, T9, T3, T7, T13, T5, T11, T12, T14, T8, T2, T6, T4, T10 และ T1 ตามลำดับโดยพบว่ามีต้นทุนเฉลี่ย 39,691, 39,561, 39,496, 39,481, 39,451, 39,431, 39,301, 39,051, 38,911, 38,846, 38,781, 38,766, 38,716, 38,651 และ 34,151 บาท/ไร่ ตามลำดับแต่เมื่อนำมาคำนวณกำไรอันเกิดปริมาณผลผลิตต่อไร่คูณกับราคาขายหรือจำนวนดอกต่อไร่ซึ่งขายได้ในราคา 0.45 บาท/ดอก พบว่ากรรมวิธีที่ทำกำไรสูงสุดสามอันดับแรก ได้แก่ T15, T13, T5 ตามลำดับโดยพบว่ามีกำไรเฉลี่ย 85,565.24, 75,340.76, 75,241.24 บาท/ไร่ ตามลำดับ

จากผลที่แสดงออกมาดังกล่าวพบว่าT15 (HO-C, 150 กิโลกรัมต่อไร่) ให้กำไรสูงสุดต่อไร่ซึ่งสูงกว่าแปลงควบคุม 1.62 เท่า และสูงกว่าแปลงปุ๋ยเคมี (T2, 150 กิโลกรัมต่อไร่) 1.48 เท่า (ตาราง 27 ตาราง 28, ตาราง 29 และภาพ 27)

**บทสรุป**

1. ผลการวิเคราะห์สมบัติของดินก่อนและหลังการทดลองสรุปได้ว่ากลุ่มฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสมสูตร (HO-A, HO-B และ HO-C) ทำให้ปริมาณธาตุอาหารหลัก ธาตุอาหารรองและธาตุอาหารเสริมเพิ่มขึ้นอย่างเด่นชัดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

2. อิทธิพลของฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสมสูตร (HO-A, HO-B และ HO-C) ช่วยปรับสมบัติด้านเคมีอื่น ๆ ของดินให้ดีขึ้นด้วยช่วยเพิ่มอินทรียวัตถุ (OM) ค่าการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดิน (CEC) ค่าการนำไฟฟ้า (EC) สามารถปรับความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของดินให้ดีขึ้น และส่งผลทางอ้อมในการปรับปรุงสมบัติทางกายภาพของดินทำให้ดินมีความสามารถในการอุ้มน้ำเพิ่มขึ้นทำให้ดินมีความอุดมสมบูรณ์มากขึ้น

3. อิทธิพลของฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสมสูตร HO-C ที่อัตรา 150 กิโลกรัม/ไร่ ส่งผลต่อการเจริญเติบโต ผลผลิตและองค์ประกอบของผลผลิต คุณภาพผลผลิตของดาวเรืองสูงสุดเหนือกรรมวิธีอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยพบว่าT15 (HO-C, 150 กิโลกรัมต่อไร่) ให้น้ำหนักผลผลิตต่อไร่สูงกว่าแปลงควบคุม 1.97 เท่า และสูงกว่าแปลงใช้ปุ๋ยเคมี (T3, 150 กิโลกรัมต่อไร่) 1.19 เท่า

4. ในกลุ่มที่มีการผสมผสานการให้ปุ๋ยเคมีร่วมกับฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม (HO) ส่งผลทำให้ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตและคุณภาพของดาวเรืองเพิ่มมากขึ้นเมื่อมีการเพิ่มอัตราการใส่ปุ๋ยจาก 100 กิโลกรัม/ไร่เป็น 150 กิโลกรัม/ไร่ ซึ่งอัตราการเพิ่มขึ้นของปุ๋ยยังส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของจำนวนดอก/ไร่อีกด้วย

5. อิทธิพลของฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสมสูตร HO-C ที่อัตรา 150 กิโลกรัม/ไร่ ส่งผลต่อองค์ประกอบทางด้านคุณภาพของดอกดาวเรืองอาทิ Carotenoid, Hue valuec และ B value เพิ่มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติและปริมาณธาตุอาหารในต้นพืชโดยเฉพาะไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) โฟแทสเซียม (K) แคลเซียม (Ca) และ แมกนีเซียม (Mg) มีความโดดเด่นกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ

6. ในด้านต้นทุนและกำไร ฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสมสูตร (T15) HO-C ที่อัตรา 150 กิโลกรัม/ไร่ ได้กำไรสูงสุด 85,565.24 บาท/ไร่ ซึ่งสูงกว่าแปลงควบคุม 1.62 เท่า และสูงกว่าแปลงใส่ปุ๋ยเคมี (T2, 150 กิโลกรัมต่อไร่) 1.48 เท่า แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

**ข้อเสนอแนะ**

1. ควรศึกษาอัตราการสังเคราะห์แสงของพืชประกอบด้วยเพื่อพัฒนาสูตรปุ๋ย HO ให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

2. ปุ๋ย HO-C มีผลต่อจำนวนเมล็ดต่อดอกและน้ำหนักเมล็ดของดาวเรืองดังนั้นจึงควรศึกษาองค์ประกอบของปุ๋ยHO ที่เหมาะสมต่อการเพิ่มจำนวนเมล็ดและน้ำหนักเมล็ดของดาวเรืองเพื่อใช้ประโยชน์ในการผลิตเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองซึ่งเป็นที่ต้องการของตลาดเป็นอย่างมาก

# บรรณานุกรม

# บรรณานุกรม


กัมพล ปาละอุด, ไพบูลย์ หมุ่ยมาศ, สร้อยฟ้า บัวเหล็ก, และศศิประภา แก้วลาว. (2562). ผลของไคติน ปุ๋ยมูลวัวและปุ๋ยเคมี (15-15-15) ต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพของดาวเรือง. *วารสารแก่นเกษตร, 47*(ฉบับพิเศษ 1), 1673-1680.

กรมพัฒนาที่ดิน. (2553). *คู่มือการปฏิบัติงาน กระบวนการวิเคราะห์ตรวจสอบดินทางเคมี.* สืบค้น 18 พฤษภาคม 2562, จาก https://www.ldd.go.th/PMQA/2553/Manual/OSD-03.pdf

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. (2544). *ปฐพีวิทยาเบื้องต้น* (พิมพ์ครั้งที่ 9). กรุงทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เฉลิมพล แซมเพชร. (2535). *สรีรวิทยาการผลิตพืชไร่.* กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.

ชวลิต รักษาริกรณ์. (2556). *อิทธิพลของปุ๋ยเคมี และฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสมที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตน้ำยางพารา* (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). พิษณุโล: มหาวิทยาลัยนเรศวร.

ชวลิต รักษาริกรณ์, พรทิพย์ ภาษี, และภูมิศักดิ์ อินทนนท์. (2555). อิทธิพลของปุ๋ยอินทรีย์ปั้นเม็ดฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสมที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของยางพารา. *วารสารมหาวิทยาลัยนเรศวร, 20*(3), 18-28.

ชฎาพร ช่วยนนท์, และภูมิศักดิ์ อินทนนท์. (2554). *การพัฒนาปุ๋ยน้ำชีวภาพคุณภาพสูงเพื่อการปลูกข้าว* (รายงานผลการวิจัย). พิษณุโลก: มหาวิทยาลัยนเรศวร

ทัศนีย์ อัตตะนันท์. (2537). บทบาทของสารปรับปรุงดิน. ใน *เอกสารประกอบการสัมมนาทางวิชาการเรื่อง สารปรับปรุงบำรุงดินทางการเกษตร* (น. 10). กรุงเทพฯ: สมาคมดินและปุ๋ยแห่งประเทศไทย.

ไทยนอร์ทเทิร์นซีดส์, (2554). *ดาวเรือง.* สืบค้น 20 สิงหาคม 2554, จาก http://www.thainorthernseeds.com.

ธยานี แน่นอน, ฐิติรัตน์ เพ็งสม, และนิตยา ผกามาศ. (2560).อิทธิพลของปุ๋ยไนโตรเจนต่อความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณคลอโรฟิลล์ และผลผลิตของหญ้ากินนีมอมบาซา. *วารสารแก่นเกษตร, 45*(พิเศษ 1), 1009-2017.

นพรัตน์ อมรสิน. (2556). *อิทธิพลของการใช้ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยคอกต่อการให้ผลผลิตของดาวเรืองพันธุ์ทองเฉลิม 5011* (ปัญหาพิเศษระดับปริญญาตรี). อุบลราชธานี: มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี

บริษัท ชิตกร ควอลิตี้ ซีดส์ จำกัด. (2559). *คู่มือการปลูกดาวเรือง.* สืบค้น 17 กรกฎาคม 2560, จาก www.goldmarigold.com

ปิยะดา ธีระกุลพิศุทธิ์. (2540). *สรีรวิทยาของพืช.* ขอนแก่น: ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ปณิดา ฟีสันเทียะ, และอินทิรา ดาวไธสง. (2557). *การใช้ปุ๋ยอินทรีย์และฟอสเฟตจากธรรมชาติที่ผ่านกระบวนการหมักโดยกลุ่มจุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพ (อีเอ็ม) เพื่อทดแทนปุ๋ยเคมี (พืชศึกษา: ดาวเรือง).* นครราชสีมา: แผนกวิชาพืชศาสตร์ วิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยีนครราชสีมา.

ปรัชญา รัศมีธรรมวงศ์. (2537). *108 สูตรการผลิตปุ๋ยชีวภาพ.* กรุงเทพฯ: เพชรกะรัต.

พิชิต สพโชค, พิศมัย จันทุมา, และพนัส แพชนะ. (2549). *การกรีดยางและการใช้สารเคมีเร่งน้ำยาง. เอกสารประกอบการฝึกอบรมเจ้าหน้ากรมวิชาการเกษตร หลักสูตรวิชายางพารา.* กรุงเทพฯ: สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร.

พัชรี สิริตระกูลศักดิ์, กาญแก้ว แซ่จ้าว, สกุลกานต์ สิมลา, มงคล วงศ์สวัสดิ์, และสำเร็จ สีเครือดง. (2561). ผลของปุ๋ยหมักเติมอากาศต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของดาวเรือง. *วารสารแก่นเกษตร, 46*(ฉบับพิเศษ 1), 1211-1216.

พรทิพย์ ภาษี, วิทยา ตรีโลเกศ, เกษสุดา เดชภิมล, และภูมิศักดิ์ อินทนนท์. (2556, 25-27 เมษายน). อิทธิพลของปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสมที่มีผลต่อการเจริญเติบโตผลผลิตและเปอร์เซ็นต์แป้งของมันสำปะหลัง. ใน *การประชุมดินและปุ๋ยแห่งชาติครั้งที่ 3* (น. 175-184). ขอนแก่น: คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น .

ภูมิศักดิ์ อินทนนท์. (2552). *หนังสือเทคโนโลยีปุ๋ย.* พิษณุโลก: ภาควิชาวิทยาศาสตร์การเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร.

ภูมิศักดิ์ อินทนนท์, และชวลิต รักษาริกรณ์. (2555). อิทธิพลของปุ๋ยเคมีและปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสมที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของยางพาราช่วงเริ่มปลูก, *วารสารมหาวิทยาลัยนเรศวร 20*(3), 18-27.

รุ่งนภา แก้วทองราช. (2552). *ศักยภาพการสังเคราะห์แสงของใบผักโขม* (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). นครปฐม: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วิชาญ ชุ่มมั่น, และภูมิศักดิ์ อินทนนท์. (2559). อิทธิพลของปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสมที่มีต่อการเจริญเติบโตและผลผลิต และส่งผลต่อปริมาณการเข้าทำลายของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล. *วารสารแก่นเกษตร, 44*(2), 265-274.

วิภาวรรณ สายคำยศ, จันทร์เพ็ญ ชุมแสง, และภูมิศักดิ์ อินทนนท์. (2561). อิทธิพลของปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม (HO) และปุ๋ยเคมีที่ใช้ร่วมกับปูนขาวที่มีต่อสมบัติของดินและผลผลิตปาล์มน้ำมัน. *วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 49*(19 พิเศษ), 199-206.

ศิริพร กาทอง, และเฉลิม เรืองวิริยะชัย. (2557). การหาปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ในปุ๋ยอินทรีย์น้ำ. *วารสารวิจัย (ฉบับบัณฑิตศึกษา), 14*(4), 57-68.

ศิรินภา เจริญผลและเจนจิรา เหลี่ยมแฉ่ง. (2560). *ดาวเรืองเงินล้าน.* สืบค้น 20 สิงหาคม 2560, จาก https://sites.google.com/site/projuctnongdaww/prawati-khxng-dxk-daw-reuxng

สมเพียง เกษมทรัพย์. (2532). *การปลูกไม้ดอก.* กรุงเทพฯ: พันนี่พับบริสชิง.

สมบุญ เตชะภิญญาวัฒน์. (2548). *สรีรวิทยาพืช* (พิมพ์ครั้งที่ 4). กรุงเทพฯ: จามจุรีโปรดักท์.

สุนทรี ยิ่งชัชวาลย์, คัทลียา ฉัตร์เที่ยง, จิตรฤทัย ชูมาก, ธาดา ชัยสีหา, สุทิน หิรัญอ่อน, จินตณา บางจั่น,...,ภูริพงศ์ ดำรงวุฒิ. (2544). เส้นตอบสนองต่อแสงจุดชดเชยคาร์บอนไดออกไซด์ ค่าไหลของผิวใบสองด้านและปริมาณคลอโรฟิลล์ของใบส้มเขียวหวาน. ใน *รายงานโครงการพัฒนาวิชาการข้อมูลพื้นฐานทาง สรีรวิทยาของส้มเขียวหวาน* (น. 82-96). นครปฐม: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุรีรัตน์ จับแก้ว, และภูมิศักดิ์ อินทนนท์. (2555). อิทธิพลของฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสมที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตข้าว. *วารสารแก่นเกษตร, 40*(ฉบับพิเศษ 4), 105-109.

เสรี เลาเทาะ, ชิติ ศรีตนทิพย์, และปริญญาวดี ศรีตนทิพย์. (2557).ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณคลอโรฟิลล์ สารประกอบฟีนอลิก และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระกับค่าดัชนีความเขียวในผลผลิตของผักเชียงดา ภายใต้อัตราปุ๋ยไนโตรเจนที่ต่างกัน. *วารสารแก่นเกษตร, 42* (ฉบับพิเศษ 3), 795-801.

เสกสรร พินเขียว. (2555). *ผลของวัสดุเหลือใช้อินทรีย์และพันธุ์ไส้เดือนดินต่อสมบัติของปุ๋ยมูลไส้เดือนดิน ที่ใช้ปลูกดาวเรือง.* กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุนทรี ยิ่งชัชวาล, จินตณา บางจั่น, และจิตฤทัย ชูมาก. (2543). ปริมาณคลอโรฟิลล์ของใบมะม่วงภายใต้สภาพน้ำขัง. ใน *รายงานโครงการวิจัยวิธีการให้อากาศเพื่อกู้ชีวิตต้นมะม่วงที่ประสบอุทกภัย* (น. 69-84, 166-175). นครปฐม: สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน.

สุนทรี ยิ่งชัชวาล, และธาดา ชัยสีหา. (2543). Chlorophyll fluorescence ของใบมะม่วงภายใต้สภาพน้ำขัง. ใน *รายงานโครงการวิจัยวิธีการให้อากาศเพื่อกู้ชีวิตต้นมะม่วงที่ประสบอุทกภัย* (น. 85-94). นครปฐม: สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน.

สืบสกุล ศิริยุทธ์, และศักดิ์ดา จงแก้ววัฒนา. (2554). การประเมินระดับคลอโรฟิลล์ในใบข้าวโพดโดยการใช้ Chlorophyll meter และความสัมพันธ์กับน้ำหนักแห้งมวลชีวภาพและผลผลิต. *วารสารแก่นเกษตร, 39*(พิเศษ), 166-175.

อภิชาต ศรีสะอาด, และพัชรี สำโรงเย็น. (2560). *คู่มือการเพาะปลูกดาวเรืองเพื่อพ่อ.* กรุงเทพฯ: นาคา อินเตอร์มีเดีย.

อภิพรรณ พุกภักดี, ไสว พงษ์เก่า, และวิจารณ์ วิชชุ. (2529). *สรีรวิทยาของการผลิตพืช.* กรุงเทพฯ: ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Acharya, M. M., & Dashora, K. (2004). Response of graded levels of nitrogen and phosphorus on vegetative growth and flowering in African marigold. *Journal of Ornamental Horticulture, 7*(2), 179-183.

Agrios, G. N. (1997). *Plant Pathology* (4th ed.). London: Academic Press.

Ahmad, I. I., ASIF, M., AMJAD, A., & Ahmad, S. (2011). Fertilization enhances growth, yield and xanthophyll contents of marigold. *Turk. J. Agric. For, 35*, 641-648.

Jadhav P. B., Alka Singh, Mangave B. D., Patil N. B., Patel D. J., Dekhane S. S., & Kireeti A., (2013). Effect of organic and inorganic fertilizers on growth and yield of African Marigold (Tagetes erecta L.) Cv. Pusa Basanti Gainda. *Journal of Annals of Biological Research*, *5*(9), 10-14. Retrieved January 23, 2018, from https://www.scholarsresearchlibrary.com/articles/effect-of-organic-and-inorganic-fertilizers-on-growth-and-yield-of-african-marigold-tagetes-erecta-l-cv-pusa-basanti-gai.pdf

Biesiada, A., Sokot-letowska, A., Kucharska, A., & Wotoszczak, E. (2006). Effect of form and rate of nitrogen on yield and chemical composition of calendula flowers (*Calendula officinalis* L.). *Folia Horticult, 18*(1), 61–65.

Canellas, L. P., Olivares, F. L., Okorokova-Façanha, A. L., & Façanha, A. R. (2002). Humic acids isolated from earthworm compost enhance root elongation, lateral root emergence, and plasma membrane ATPase activity in maize roots. *Plant Physiology, 130*(4), 1951-1957. doi:10.1104/pp.007088

Chuinon, C., & Intanon, P. (2011). Development of high quality bio-fertilizer for rice production. *Naresuan University Journal, 19*(2), 8-18.

Dikr, W., & Belete, K. (2017). Review on the effect of organic fertilizers, bio-fertilizers and inorganic fertilizers (NPK) on growth and flower, yield of marigold (*Targets' erecta* L.). *Academic Research Journal of Agricultural Science and Research, 5*(3), 192-204.

Divya, N. G. K., Girwani, A., Vijaya, D., & Prashanth, P. (2017). Effect of levels of fertigation on growth and flowering of marigold (*Tagetes erecta* L.) CV. *Pusa Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci, 6*(12), 1146-1151

Fisher, P.R., Wik, R.M., Smith, R.R., Pasian, C.C., Kmetz-Gonzalez, M., & Argo. W.A. (2003). Correcting iron deficiency in calibrachoa grown in a container medium at high pH. Hort. *Technology, 13,* 308-313.

Ganjali, H. R., Ayeneh, B. A., Heidari, S. A. A., & Moussavi, N. M. (2010). Effects of sowing date, plant density and nitrogen fertilizer on yield, yield components and various traits of *Calendula officinalis L. Amer.* Euras. *J. Agric. Environ. Sci, 9*, 149-155.

Hassan, A. E., Bhiah, K. M., & Al-Zurfya, M. T. H. (2014). Effect of organic extracts on the growth and flowering of marigold plants (*Calendula officinalis* L.). *Journal of Organics (JO), 1*(1), 22-30.

He, Y. T., Zhang, W. J., Xu, M. G., Tong, X. G., Sun, F. X., Wang, J. Z., ..., & He, X.H. (2015). Long-term combined chemical and manure fertilizations increase soil organic carbon and total nitrogen in aggregate fractions at three typical cropland soils in China. *Science of The Total Environment, 532,* 635-644. doi:https://doi.org/10. 1016/j. scitotenv. 2015.06.011.

Heaton, S. (2001*). Organic Farming, Food Quality and Human Health: A Review of the Evidence.* U.K.: Soil Association of the United Kingdom.

Heinz Walz GmbH. (1996). *Photosynthesis Yield Analyzer Mini-Pam, Portable Chlorophyll Fluorometer, Handbook of Operation.* Germany: Eichenring.

Hussein, M. M., Sakr, R. A., Badr, L. A., & Mashat, K. M. A. L. (2011). Effect of some fertilizers on botanical and chemical characteristics of pot marigold plant (*Calendula officinalis* L.). *J. Hortic Sci. Ornament Plants, 3*, 220-231.

Intanon, P. (2013). The influence of different types of fertilizers on productivity and quality of maize in the area of Kwaew Noi Bamrungdan Dam, Phitsanulok Province, Thailand. *IJERD, 4,* 15-20.

Intanon, P., Keteku. A., K.,& Intanon, R., (2017). Effect of soil pH improvement substance on soil properties, plant growth and yield of maize (Zea mays L.). In *Proceeding Soil Quality for Food Security and Healthy Life, 13th International Conference of the East and Southeast Asia Federation of Soil Sciences (13th ESAFS)* (pp. 39-40). Bangkok: Kasetsart University.

Intanon, P., Keteku, A. K., & Intanon, R. (2017). Effect of different materials on soil pH improvement, soil properties, growth, yield and quality of sugarcane. In *Proceeding Soil Quality for Food Security and Healthy Life, 13th International Conference of the East and Southeast Asia Federation of Soil Sciences (13th ESAFS)* (pp. 50-59). Bangkok: Kasetsart University.

Intanon, P., Sawamichai, R., & Kluay-Ngern, B. (2011). Development of compound granular organic fertilizer for lower cost of rice production. *Naresuan University Journal, 19*(3), 60-70.

Jadhav, P. B., Singh, A., Mangave, B. D., Patil, N. B., Patel, D. J., Dekhane, S. S., & Kireeti, A. (2014). Effect of organic and inorganic fertilizers on growth and yield of African Marigold (Tagetes erecta L.) Cv. Pusa Basanti Gainda. *Annals of Biological Research, 5*(9), 10-14

Japkaew, S., & Intanon, P. (2010). The effect of organic pellet fertilizer, organic and chemical fertilizer, chemical and granular organic fertilizer with hormone mixed formula to the growth and yield of rice. *Proceeding of the 7th Naresuan research conference* (pp. 250-255). Phitsanulok, Thailand: Naresuan University.

Jubkaew, S., & Intanon, P. (2012). Effect of hormones compound granular fertilizer on growth and yield of rice. *Khon kaen Agr. J., 40*(4), 105-109.

Jevdovic, R., Todorovic, G., Kostic, M., Protic, R., Lekic, S., Zivanovic, T., & Secanski, M. (2013). The effect of location and the application of different mineral fertilizers on seed yield and quality of pot marigold (Calendula officinalis L.). *Turkish Journal of Field Crops, 18*(1), 1-7.

Keteku. A., K., Intanon, P., Terapongtanakorn, S., & Intanon, R. (2018). Evaluation of fertilizer management on yield and yield component and production economics of "Pacific 999 Super" maize cultivar. *World Research Journal of Agricultural Sciences, .5*(2), 147-156.

Kim, Y. H., Hamayun, M., Khan, A. L., Na, C. I., Kang, S. M., Han, H. H., & Lee, I. J. (2009). Exogenous application of plant growth regulators increased the total flavonoid content in *Taraxacum officinale* (Wigg). *Afr. J. Biotechnol, 8*, 5727-5732.

Krause, G. H., & E. Weis. (1991). Chlorophyll fluorescence and photosynthesis: the basics. *Annals Review Plant Physiology Plant Molecular Biology, 42*, 313-349.

Król, B. (2011). Yield and the chemical composition of flower heads of pot marigold (*Calendula officinalis* L. cv. Orange King) depending on nitrogen fertilization. *Acta Sciarum Polonorum, Hortorum Cultus, 10*(2), 235-243.

Kumar, R., Ram, M., & Gaur, G. S. (2010). Effect of GA3 and ethrel on growth and flowering of African marigold cv. Pusa Narangi Gainda. *Indian J. Hort., 67, 362-366.*

Kumar, A., & Singh, A. K. (2011). Effect of spacing and nitrogen levels on vegetative growth, flowering behaviour and yield of calendula (*Calendula officinalis* L.). *Plant Archives, 11*, 941-944.

Liu, E., Yan, C., Mei, X., He, W., Bing, S. H., Ding, L., Liu, Q., Liu, S., & Fan, T. (2010). Long-term effect of chemical fertilizer, straw, and manure on soil chemical and biological properties in northwest China. *Geoderma, 158*(3), 173-180. doi: https://doi. org/10.1016/j. geoder ma.2010.04.029

Lu, R. K. (1999). *Analytical methods of soil and agricultural chemistry*. Beijing: China Agricultural Science and Technology Press.

Mills, H. A., & Jones, J. B. (1996). *Plant analysis handbook II.* GA.: Micro Macro Publ., Athens.

Pacheco, A. C., Cabral, C. S., Fermino, E. S. S., & Aleman, C. C. (2013). Salicylic acid-induced changes to growth, flowering and flavonoids production in marigold plants. *Global Science Research Journals, 1*(1), 95-100.

Rivas-San, V. M., & Plasencia, J. (2011). Salicylic acid beyond defense: its role in plant growth and development. *J. Exp. Bot, 62*, 3321-3338.

Robbins, J. A., & Evans, M. R. (2010). *Growing media for container production in a greenhouse or nursery, part II (physical and chemical properties).* Retrieved April 16, 2013, from http://www.uaex.edu/Other_Areas/publications/PDF/FSA-6098.pdf/>

Salisbury, F. B., & C.W. Ross. (1992). *Plant Physiology* (4th ed.). Belmont: Wadsworth Publishing.

Sanjeeva Rao, P., Saraswathyamma, C. K., & Sethuraj, M. R. (1998). Studies on the relationship between yield and meteorological parameters of para rubber tree (Hevea brasiliensis). *Agric. For. Meteorol, 90*, 235-245.

Shadanpour, F., Mohammadi, T. A., & Hashemi, M. K. (2011). The effect of cow manure vermicompost as the planting medium on the growth of Marigold. *Annals of Biological Research, 2*(6), 109-115.

Sharma, A., Saha, T. N., Arora, A., Shah, R., & Nain, L. (2017). Efficient microorganism compost benefits plant growth and improves soil health in calendula and marigold. *Horticultural Plant Journal, 3*(2), 67-72.

Sharma, G., Sahu, N. P., & Shukla, N. (2017). Effect of bio-organic and inorganic nutrient sources on growth and flower production of African marigold. *Horticulturae, 3*(11), 43-51. doi: 10.3390/horticulturae3010011

Singh, Y. P., Dwivedi, R., & Dwivedi. S. V. (2008). Effect of bio-fertilizers and graded dose of nitrogen on growth and flower yield of calendula (*Callendula officinalis*). *Journal of Plant Arch, 8* (2), 957-958.

Verme, S. K., Angadi, S. G., Patil, V. S., Mokashi, A. N., Mathad, J. C., & Mummigatti, U. V. (2011). Growth, yield and quality of chrysanthemum (*Chrysanthemum morifolium Ramat.*) cv. Raja as influenced by integrated nutrient management. *Karnataka J. Agric. Sci, 24*, 681-683.

Walkley, A., & Black, I. A. (1934). An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Sci, 37*, 29-38.

Zaredost, F., Hashemabadi, D., Ziyabari, M.B., Torkashvand, A.M., Kaviani, B., Solimandarabi, M.J., & Zarchini, M. (2014). The effect of phosphate bio-fertilizer (Barvar-2) on the growth of marigold. *Journal of Environmental Biology, 35*, 439-443.

Zasoski, R. J., & Burau. R. G. (1977). A rapid nitric-perchloric acid digestion method for multi-element tissue analysis. *Communications in Soil Science and Plant Analysis, 8*, 425-436.

Zhang, F., Cui, Z., Chen, X., Ju, X., Shen, J., Chen, Q., ..., & Jiang, R. (2012). Chapter one - Integrated nutrient management for food security and environmental quality in China. *Advances in Agronomy, 116*, 1-40.

# ภาคผนวก

**ภาคผนวก ก วิธีการวิเคราะห์หาธาตุอาหารในดิน**

## การวิเคราะห์ความเป็นกรด-ด่าง (pH)

**ดิน : น้ำ อัตรา 1:1**

**อุปกรณ์**

1. เครื่อง pH meter
2. เครื่องชั่ง
3. บีกเกอร์ขนาด 50 ml
4. แท่งแก้วคนสาร
5. กระบอกฉีดน้ำ
6. ช้อนตวง
7. กระบอกตวง 25 ml

**สารเคมี**

1. น้ำกลั่น
2. สารละลายบัฟเฟอร์มาตรฐาน pH 4 และ pH 7

**วิธีวิเคราะห์**

1. ชั่งดินตัวอย่าง 10g ใส่ลงในบีกเกอร์ ขนาด 50 ml
2. เติมน้ำกลั่นลงไป 10ml ใช้แท่งแก้วคนให้เข้าครั้งตั้งทิ้งไว้อย่างน้อย 30 นาที
3. นำสารละลายดินไปวัด pH ด้วยเครื่องวัด pH โดยใช้สารละลายบัฟเฟอร์มาตรฐาน pH 7 และ pH 4 ปรับ pH ก่อน

**ตาราง 29 ระดับความรุนแรงของความเป็นกรดด่างของดิน**

| ระดับ | ช่วง pH water, 1:1 |
|---|---|
| กรดที่มีความรุนแรงมากที่สุด (ultra acid) | <3.5 |
| กรดรุนแรงมาก (extremely acid) | 3.5-4.5 |
| กรดจัดมาก (very strongly acid) | 4.6-5.0 |
| กรดจัด (strongly acid) | 5.1-5.5 |
| กรดปานกลาง (moderately acid) | 5.6-6.0 |
| กรดเล็กน้อย (slightly alkaline) | 6.1-6.5 |
| กลาง (neutral) | 6.6-7.3 |
| ด่างเล็กน้อย (slightly alkaline) | 7.4-7.8 |
| ด่างปานกลาง (moderately alkaline) | 7.9-8.4 |
| ด่างจัด (strongly alkaline) | 8.5-9.0 |
| ด่างจัดมาก(very strongly alkaline) | >9.0 |

## การวิเคราะห์ไนโตรเจนทั้งหมดในดิน (Total N)

### อุปกรณ์

1. Balance
2. Graduate pipet 10 ml
3. volumetric pipet 10,20 ml
4. Beaker 50, 100, 500, 1,000, 5,000 ml
5. Erlenmeyer flask 125 ml
6. Volumetric flask 100, 1,000 ml
7. Funnel
8. Cylinder 20 ml
9. stirring rod
10. Burette 50 ml
11. wash bottle
12. Hot plate
13. Desiccator
14. Digestion apparatus
15. Distillation apparatus

### สารเคมี

1. Mixed indicator
2. 2% H3BO3-indicator solution
3. catalyst mixture
4. 40%NaOH
5. Std.0.005N $H_2SO_4$
6. Std. 100 ppm $NH_4^+$

### วิธีวิเคราะห์

1. ชั่งดิน 2g ใส่ Kjeldahl digestion flask
2. เติม catalyst mixture ประมาณ 1 g

3. เติม 10 ml conc. $H_2SO_4$ เข้าเตาอบย่อย 360 °C จนกระทั่งสารละลายไม่มีสีและส่วนดินมีสีขาว

4. ทำ back โดยใช้ catalyst mixture 1 g และเติม 10 ml conc. $H_2SO_4$ นำไปย่อย

5. ปิดเครื่องทิ้งให้เย็นแล้วนำออกจากเตา

6. เติมน้ำกลั่น 10 ml แล้วนำมาปรับปริมาตรโดยเทสารละลายตัวอย่างผ่านกรวยลงใน Volumetric flask 100 ml ใช้น้ำกลั่นฉีดล้าง digestion flask ทีละน้อยๆ3-4 รอบแล้วทำการปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น เก็บไว้ในขวดพลาสติก

7. ขั้นตอนในการกลั่นตัวอย่างทำได้โดย pipet สารละลายตัวอย่าง 20 ml ใส่ distillation flask เติมสารละลาย 40%NaOH 10 ml เข้าเครื่องกลั่น

8. นำ Erlenmeyer flask 125 ml มี 2% $H_3BO_3$-indicator 10 ml รอง condenser ของเครื่องกลั่นโดยใช้ปลายของ condenser จุ่มลงใน $H_3BO_3$-indicator

9. กลั่นจนปริมาตรของสารละลายใน Erlenmeyer flask ที่รองรับใต้ condenser มีปริมาตรประมาณ 75 ml

10. นำสารละลายที่กลั่นไป titrate กับ std. 0.005 N $H_2SO_4$ ที่จุดยุติได้สารละลายสีม่วง-แดงจดปริมาณของ std. 0.005N $H_2SO_4$ ที่ใช้ คำนวณ Total N

สูตรคำนวณ

$$\text{Total N(\%)} = \frac{0.014 \times (A - B) \times C \times D \times 100}{\text{Aliq(ml)} \times \text{wt. of soil(g)}}$$

A = ml std. $H_2SO_4$ sample

B = ml std. $H_2SO_4$ Black

C = N std $H_2SO_4$

D = Final volume (ml)

**การวิเคราะห์ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Available P) ต่อพืช โดยวิธี Bray II**

**อุปกรณ์**

1. Erlenmeyer flask 50 ml
2. Test tube
3. Filter paper No.5; 11 cm

4. Pipette
5. Auto dilutor
6. Volumetric flask 50, 1,000 ml
7. Beaker 1,000 ml
8. Spectrophotometer

**สารเคมี**

1. น้ำยาสกัด Bray II (0.03 *N* $NH_4F$, 0.1 *N* HCl) (Bray และ Kurtz, 1945) ละลายแอมโมเนียมฟลูออไรด์ (ammonium fluoride, $NH_4F$) 11.10 กรัม ในน้ำกลั่น 8ลิตร เติมกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น (conc. HCl) ลงไป 86 มิลลิลิตร แล้วปรับให้มีปริมาตร 10 ลิตร ปรับ pHให้อยู่ระหว่าง 1.5-1.6

2. Stock solution (Reagent A: Sulfuric-molybdate-tartrate solution) (Reid และ Copeland, 1969, Hue และ Evans, 1978) ละลายแอมโมเนียมโมลิบเดต (ammonium molybdate, $[(NH_4)6Mo_7O_{24}.4H_2O]$) 50 กรัมใส่ในบีกเกอร์ขนาด 2 ลิตร เติมน้ำกลั่น 200 มิลลิลิตร คนให้ละลาย ละลายแอนติโมนีโพแทสเซียมตาร์เตรท (antimony potassium tartrate, $KSbO.C_4H_4O_6$) 1.213 กรัม ในน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร (ถ้าไม่ละลายนำไปอุ่นแต่ต้องไม่เกิน 60 oซ) เมื่อละลายเข้ากันดีแล้ว เทใส่ในบีกเกอร์ที่ใส่แอมโมเนียมโมลิบเดต คนให้เข้ากันอีกครั้ง ค่อยๆเติมกรดซัลฟูริกเข้นข้น (conc. $H_2SO_4$) 700มิลลิลิตร ทิ้งไว้ให้เย็น เทลงในขวด Volumetric flask ขนาด 1 ลิตร แล้วทำให้มีปริมาตร 1 ลิตรด้วยน้ำกลั่น เทเก็บไว้ในขวด polyethylene หรือ ขวด pyrex สีน้ำตาลและเก็บไว้ในที่มืดและเย็น น้ำยานี้ทิ้งไว้ได้นาน 6 เดือน

3. น้ำยา develop สี (Working solution, Reagent B) (The Auburn University modified Murphy and Riley (1962) ; Watanabe and Olsen, (1965) และ Mehlich,(1978) ละลาย ascorbic acid 1.76 กรัม ในน้ำกลั่นประมาณ 1,600 มิลลิลิตร เติมสารละลาย ข้อ (2) ลงไป 40 มิลลิลิตร ทำให้มีปริมาตร 2 ลิตร ด้วยน้ำกลั่น ตั้งทิ้งไว้ให้เย็นประมาณ 2 ชั่วโมง จึงนำมาใช้ สารละลายนี้เก็บได้ไม่เกิน 24 ชั่วโมง ดังนั้นจึงต้องเตรียมใหม่ทุกครั้ง

4. สารละลายมาตรฐานฟอสฟอรัส 50 มก./กก. P ละลายโพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต (Potassium dihydrogen phosphate, $KH_2PO_4$ ที่อบให้แห้งที่ 40 °C นาน 2 ชั่วโมง) 0.2195 กรัม ในน้ำกลั่นพอสมควร ปรับสภาพให้เป็นกรดด้วยกรดซัลฟูริก 1-2 หยด แล้วทำให้มีปริมาตร 1 ลิตร

5. นำสารละลายมาตรฐาน ข้อ (4) มาทำ standard set ให้มีความเข้มข้น 0, 2, 4, 6, 8, 10 และ 15 มก./กก. P ด้วยน้ำยาสกัด

**วิธีทำ**

1. ชั่งตัวอย่างดิน1.0 กรัมใส่ในขวดแก้วก้นแบน (Erlenmeyer flask) ขนาด 50 มิลลิลิตร

2. เติมน้ำยา Bray II 10 มิลลิลิตร เขย่า 1 นาที กรองด้วยกระดาษกรอง No.5 ขนาด 11.0 cm.

3. ปิเปตสารละลายที่สกัดได้ในข้อ (2) อัตราส่วน 1 ส่วนต่อ working solution 16 ส่วน (เท่ากับ 17 เท่าโดยใช้ Auto-dilutor)ลงในหลอดแก้วทิ้งไว้ครึ่งชั่วโมง นำไปอ่านค่าความเข้มข้น (concentration) ด้วยเครื่อง Spectrophotometer ที่ช่วงคลื่น 882 นาโนเมตร

4. ทำ blank และชุดของสารละลายมาตรฐาน (standard set) เช่นเดียวกับข้อ (3)

**วิธีวิเคราะห์**

1. ชั่งดินตัวอย่างดิน 1.0 g ใส่ Erlenmeyer flask 50 ml

2. เติมสารสกัด Bray II 10 ml เขย่า 1 นาที กรองด้วย Filter paper No.5; 11 cm

3. ปิเปตสารสกัด สกัด Bray II อัตรา 1 ส่วน : working solution 16 ส่วน ลงใน Test tube ทิ้งไว้ครึ่งชั่วโมงนำไปอ่านค่าความเข้มข้น ด้วยเครื่อง Spectrophotometer ช่วงคลื่น 882 Nanometre

4. ทำ black และชุดของเครื่องละลายมาตรฐาน เช่นเดียวกับข้อ 3

สูตรคำนวณ

$$\text{Available P} = \frac{B \times DF(\text{sample}) \times X}{A \times DF(\text{sample})}$$

A = น้ำยาสกัดตัวอย่างดิน (g)

B = น้ำยาสกัด (ml)

X = ค่าที่อ่านได้เมื่อวัดกับ standard set

DF = อัตราส่วนที่เจือจาง

หากไม่มีการเจือจาง

$$\text{Available P} = \frac{B \times X}{A}$$

**การวิเคราะห์หา โพแทสเซียม แคลเซียมและแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน**

**(Exchangeable K Ca Mg)**

**อุปกรณ์**

1. Balance
2. Beaker 50, 100,600 ml
3. Cylinder 50, 100 ml
4. Erlenmeyer flask 250 ml, Rubber stopper
5. pipet 1 ml
6. Volumetric pipet 1, 2, 3, 4, 5, 10, 50 ml
7. Volumetric flask 100, 1,000 ml
8. Funnel ; dia. 75 mm & Support
9. Filter paper No.5; dia. 125 mm
10. Shaker
11. Desiccator
12. Flame photometer
13. Atomic absorption spectrophotometer

**สารเคมี**

1. 1N $NH_4$ OAc pH 7
2. Stock standard solution
   - 2.1 Std. 1000 ppm K
   - 2.2 Std. 1000 ppm Ca
   - 2.3 Std. 1000 ppm Mg
3. Lanthanum solution (1000 ppm)
4. Intermediate standard solution (100 ppm)
5. Working standard solutions
   - 5.1 K : 0-2-4-6-8-10 ppm
   - 5.2 Ca : 0-1-2-3-4-5 ppm
   - 5.3 Mg: 0-0.2-0.4-0.6-0.8-1.0 ppm

**วิธีวิเคราะห์**

1. ชั่งดิน 5 g ใส่ลงใน Erlenmeyer flask 250 ml
2. pipet น้ำยาสกัด 1N NH4 OAc pH 7 50 ml ใส่ลงในตัวอย่างดิน
3. เปิดจุกยางเขย่าด้วยเครื่อง 30 นาที นำไปกรองด้วยกระดาษกรอง No.5 เก็บสารละลายไว้ในขวดพลาสติก
4. นำสารที่กรองได้ไปทำการวัดความเข้มข้นของ K Ca และ Mg โดยเปรียบเทียบกับ working standards ด้วย Atomic absorption spectrophotometer

สูตรคำนวณ

$$\text{Exch. K/Ca/Mg} = \text{ppm}_{\text{form curve}} \times \frac{\text{Extract ant (ml)}}{\text{Wt. of soil (g)}} \times \frac{\text{Final volume (ml)}}{\text{Aliq (ml)}}$$

**การวิเคราะห์ เหล็ก แมงกานีส ทองแดงและสังกะสี ที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน**

**(Exchangeable Fe Mn Cu Zn)**

**อุปกรณ์**

1. Balance
2. Beaker 25, 50, 250 ml
3. Erlenmeyer flask 125 ml, Rubber stopper
4. Funnel; dia. 75 mm & Support
5. Automatic Pipet 1 ml
6. Volumetric pipet 1, 2, 3, 4, 5, 10, 50 ml
7. Volumetric flask 100 1,000 ml
8. Filter paper No.5; dia. 125 mm
9. Wash bottle
10. Desiccator
11. Shaker
12. Atomic absorption spectrophotometer

**สารเคมี**

1. น้ำยาสกัด 0.005 M DTPA pH 7.3
2. Stock standard solution
   - 2.1 Std. 1000 ppm Fe
   - 2.2 Std. 1000 ppm Mn
   - 2.3 Std. 1000 ppm Cu
   - 2.4 Std. 1000 ppm Zn
3. Intermidiate standard solution (100 ppm)
4. Working standard solutions
   - 4.1 Fe : 0-2-4-6-8-10 ppm
   - 4.2 Mn : 0-1-2-3-4-5 ppm
   - 4.3 Cu : 0-1-2-3-4-5 ppm
   - 4.4 Zn : 0-0.5-1-1.5-2-2.5 ppm

**วิธีวิเคราะห์**

1. ชั่งดิน 10 g ใส่ Erlenmeyer flask ขนาด 125 ml
2. Pipet น้ำยาสกัด (0.005 M DTPA pH 7.3) ใส่ตัวอย่างดิน
3. ปิดด้วยจุกยาง เขย่าด้วยเครื่อง 2 ชั่วโมง
4. กรองตัวอย่างโดยใช้กระดาษกรอง No.5 เก็บสารละลายไว้ในขวดพลาสติก
5. วัดความเข้มข้นของ Fe, Mn, Cu และ Zn ด้วย Atomic absorption spectrophotometer เปรียบเทียบกับ working standards โดยใช้ wave length

**สูตรคำนวณ**

$$\text{Exch. Fe/Mn/Cu/Zn} = \frac{\text{ppm}}{\text{form curve}} \times \frac{\text{Extract ant (ml)}}{\text{Wt. of soil (g)}} \times \frac{\text{Final volume (ml)}}{\text{Aliq. (ml)}}$$

## วิเคราะห์อินทรียวัตถุในดิน( Organic Matter : OM)

การวิเคราะห์ปริมาณของอินทรียวัตถุในดินนิยมใช้วิธีของ Walkley และ Black ซึ่งมีหลักการดังนี้คือ

1. ใช้ oxidizingagent ($K_2Cr_2O_7$) ที่มากเกินพอทำปฏิกิริยากับ reducing agent ที่มีอยู่ในดินจนหมดซึ่งในที่นี้หมายถึงอินทรีย์คาร์บอน

2. reducing agent ($FeSO_4.7H_2O$ or $Fe(NH_4)_2(SO4)_2.6H_2O$ ) ทำปฏิกิริยากับ $K_2Cr_2O_7$ ที่เหลือ

3. ทำ blank อีกครั้งโดยไม่รวมดินตัวอย่าง

4. ปริมาณของ $FeSO_4$ ที่ทำปฏิกิริยากับ $K_2Cr_2O_7$ ใน blank จะนำมาคำนวณความเข้มข้นที่แท้จริงของ $FeSO_4$

5. เนื่องจากปริมาณของ easily oxidizable material ที่วิเคราะห์ได้นั้นเป็นเพียงการวัด reducing power ของดิน

**สารเคมี**

1. สารละลายโพแทสเซียมไดโครเมท (Potassium dichromate) 1N โพแทสเซียมไดโครเมท ($K_2Cr_2O_7$ ) อบที่ 105°C98.0g ละลายในน้ำกลั่น ทำให้มีปริมาณ 2L

2. สารละลายเฟอร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟต (Ferrous Ammonium Sulphate) 0.5N เฟอร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟต [$Fe(NH_4)_2(SO4)_2.6H_2O$] 400 g ละลายในน้ำกลั่นพอสมควรเติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้นลงไป50 ml ทำให้มีปริมาตร 2L

3. สารละลายออร์โทฟีแนนโทรลีนอินดิเคเตอร์0.025Mเฟอร์รัสซัลเฟต[$FeSO_4.7H_2O$]0.7g และออร์โทฟีแนนโทรลีน1.48g ละลายในน้ำกลั่นทำให้มีปริมาณ 100mL

4. กรดซัลฟิวริกเข้มข้น

**วิธีวิเคราะห์**

1. ชั่งตัวอย่างดิน 1g ใส่ในขวดชมพู่ ขนาด 250ml

2. ปิเปตต์ สารละลายโพแทสเซียมไดโครเมท1 N 10ml

3. เติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 15mL เขย่าขวดแก้วเบาๆเป็นเวลา1-2 นาทีตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 30 นาที

4. เติมน้ำกลั่น ประมาณ 50ml ทิ้งไว้ให้เย็น

5. หยดอินดิเคเตอร์ออร์โทฟีแนนโทรลีน 5 หยด

6. ไทเทรตด้วยสารละลายเฟอร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟต0.5 N เพื่อหาปริมาณโพแทสเซียมไดโครเมทที่เหลือจากปฏิกิริยาจนกระทั่งสีของสารละลายเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีน้ำตาลแดงที่จุดยุติ

7. บันทึกปริมาณโพแทสเซียมไดโครเมท และเฟอร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟตที่ใช้

8. ทำ Blank เช่นเดียวกันกับการวิเคราะห์ดิน

**สูตรคำนวณ**

$$\% \text{ organic carbon (O.C.)} = \frac{10 \times (B-S) \times 100 \times 3 \times 100 \times N}{B \times 77 \times 1000 \times W}$$

$$\% \text{ organic matter (O.M.)} = \frac{10 \times (B-S) \times 100 \times 100 \times 3 \times 100 \times N}{B \times 77 \times 58 \times 1000 \times W}$$

$$\% \text{ (OM)} = \% \text{ O.C.} \times 1.724$$

N = ความเข้มข้นของโพแทสเซียมไดโครเมท

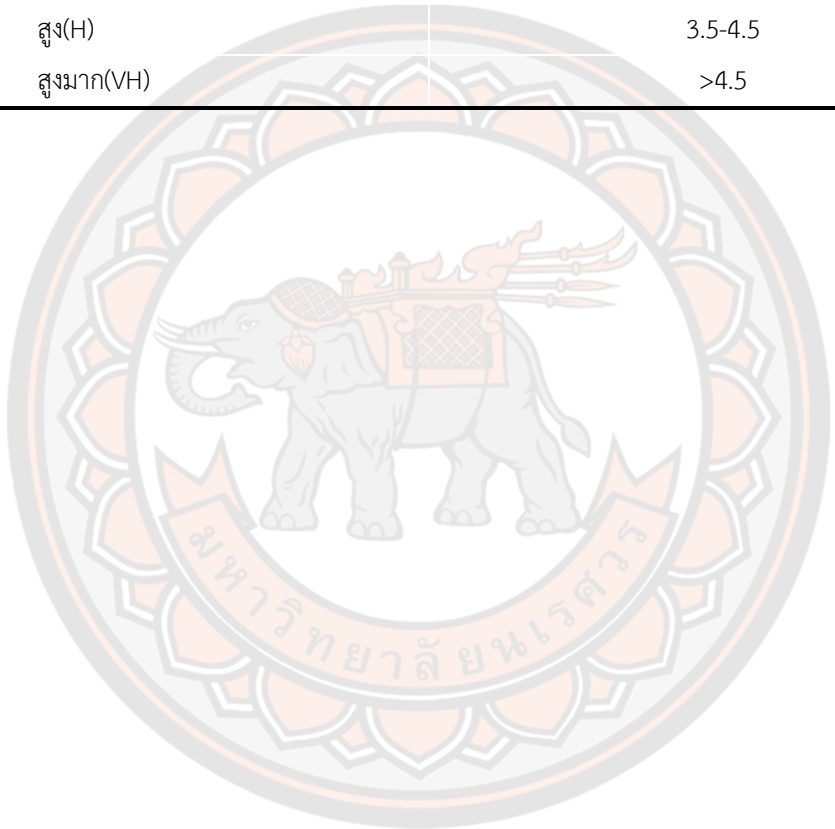
B = ปริมาตรของสารละลายเฟอร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟตที่ไทเทรตกับ Blank(ml)

T = ปริมาตรของสารละลายเฟอร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟตที่ไทเทรตกับตัวอย่างดิน

W = น้ำหนักดิน (g)

**ตาราง 30 ระดับอินทรียวัตถุ (organic matter) (%organic carbonx 1.724)**

| ระดับ (rating) | พิสัย (ร้อยละ) |
|---|---|
| ต่ำมาก(VL) | < 0.5 |
| ต่ำ(L) | 0.5-1.0 |
| ค่อนข้างต่ำ(ML) | 1.0-1.5 |
| ปานกลาง(M) | 1.5-2.5 |
| ค่อนข้างสูง(MH) | 2.5-3.5 |
| สูง(H) | 3.5-4.5 |
| สูงมาก(VH) | >4.5 |



**การวิเคราะห์ความสามารถในการแลกเปลี่ยนแคตไอออนของดิน**

**(Cation Exchange Capacity, C.E.C.) (Ammonium saturation method)**

**อุปกรณ์**

1. ขวดชมพู่ (Erlenmeyer flask) ขนาด 125 ml
2. ขวดกรอง (Filtering flask) ขนาด 500 ml
3. ขวดกลั่น (Kjeldahl flask) ขนาด 800 ml
4. ขวดพลาสติกทนกรดทนด่างขนาด 10 และ 20 ลิตร
5. กรวยบุชเนอร์ (Buchner funnel)
6. กระดาษกรอง Whatman เบอร์ 5
7. เครื่องปั๊มสุญญากาศ (Vacuum pump)
8. เครื่องกลั่น (Distillation apparatus)
9. บิวเรต (Burette) ขนาด 50 ml
10. เครื่องกวน (Magnetic stirrer)

**สารเคมี**

1. สารละลายแอมโมเนียมอะซิเตรท ($NH_4OAc$) 1M pH 7.0
2. สารละลายแอมโมเนียมคลอไรด์ ($NH_4Cl$) 1 M pH 7.0
3. สารละลายแอมโมเนียมคลอไรด์ 0.25 M
4. สารละลายโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) 10 % acidified
5. เอทิลแอลกอฮอล์ (Ethyl alcohol) 95 %
6. สารละลายกรดบอริก ($H_3BO_3$) 3 %
7. สารละลายอินดิเคเตอร์ผสม (Mixed indicator solution)
8. สารละลายฟีนอลฟทาลีน ( phenolphthalein) 1 %
9. สารละลายซิลเวอร์ไนเตรท ($AgNO_3$) 0.10 M
10. สารละลายกรดเกลือหรือกรดไฮโดรริก (HCl) 0.1 M
11. สารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) 0.1 M
12. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 40 %
13. โพแตสเซียมไฮโดรเจนพะทาเลท (Potassium hydrogen phthalate)

**วิธีเตรียมน้ำยาเคมี**

1. สารละลายแอมโมเนียมอะซิเตรท (Ammonium acetate, $NH_4OAc$) 1M pH 7.0 เตรียมโดยใส่น้ำกลั่นประมาณ 16 ลิตรในขวดพลาสติกทนกรดทนด่างขนาด 20 ลิตร เติมกรดกลาเชียลอะซิติก (glacial acetic acid, 99.5 %) 1,136 ml และสารละลายแอมโมเนีย ($NH_3$ solution, $NH_4OH$, 25 %) 1,500 ml แล้วเติมน้ำกลั่นลงไปให้มีปริมาตรประมาณ 19 ลิตร ผสมน้ำยาทั้งสองให้เข้ากัน ปรับ pH ของน้ำยาให้เป็น pH 7.0 โดยใช้สารละลายแอมโมเนียหรือกรดกลาเชียลกรดอะซิติก แล้วจึงปรับปริมาตรให้เป็น 20 ลิตร ด้วยน้ำกลั่น

2. สารละลายแอมโมเนียมคลอไรด์ (Ammonium chloride, $NH_4Cl$) 1 M pH 7.0 ละลาย $NH_4Cl$ 1 กิโลกรัม ในน้ำกลั่น 18 ลิตร ปรับ pH เป็น 7.0 ด้วย $NH_3$ solution หรือ กรด HCl แล้วจึงเติมน้ำกลั่นปรับปริมาตรเป็น 19 ลิตร

3. สารละลายแอมโมเนียมคลอไรด์ 0.25 M pH 7.0 ตวง 2.5 ลิตร. $NH_4Cl$ 1 M (สารละลายข้อ 2) ใส่ในน้ำกลั่น 7 ลิตร แล้วปรับ pH เป็น 7.0 แล้วจึงปรับปริมาตรเป็น 10 ลิตรด้วยน้ำกลั่น

4. สารละลายโซเดียมคลอไรด์ (Sodium chloride, NaCl) 10 % acidified เตรียมโดยละลาย NaCl 2กิโลกรัม ในน้ำกลั่น 18 ลิตร เติมกรดไฮโดรคลอริคเข้มข้น 8.35 ml คนให้ละลาย แล้วทำให้เป็น 20 ลิตร ด้วยน้ำกลั่น

5. สารละลายกรดบอริก ($H_3BO_3$) 3 % ค่อยๆ ละลายกรดบอลิก 600 กรัม ในน้ำกลั่นอุณหภูมิประมาณ 50 – 60 0C จนกรดบอริกละลายหมด จึงปรับปริมาตรทั้งหมดเป็น 20 ลิตร ด้วยน้ำกลั่น

6. สารละลายอินดิเคเตอร์ผสม (Mixed indicator solution) ละลายโบรโมครีซอลกรีน (bromocresol green) 0.22 กรัม และเมทธิลเรด (methyl red) 0.075 กรัม ใน 95 % เอทิลแอลกอฮอล์ (ethyl alcohol) 96 ml ที่ใส่ 3.5 ml ของ 0.1 M NaOH ไว้แล้ว

7. สารละลายฟีนอลฟทาลีน (phenolphthalein) 1 % ละลายฟีนอลฟทาลีน 1 กรัม ในเอทิลแอลกอฮอล์ 100 ml

8. สารละลายกรดเกลือหรือกรดไฮโดรริก (HCl) 0.1 M เจือจางกรดเกลือเข้มข้น 82.7 ml ในน้ำกลั่นแล้วปรับปริมาตรเป็น 10 ลิตร

9. สารละลาย $AgNO_3$ 0.1 M ละลายซิลเวอร์ไนเตรท 1.7 กรัม ในน้ำกลั่น 100 ml เก็บสารละลายนี้ในขวดสีชา

10. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) 0.1 M ละลาย NaOH 40 กรัม ด้วยน้ำกลั่นและปรับปริมาตรเป็น 10 ลิตรด้วยน้ำกลั่น

11. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 40 % ละลาย NaOH 4 กิโลกรัม ด้วยน้ำกลั่นและปรับปริมาตรเป็น 10 ลิตรด้วยน้ำกลั่น

12. การ Standardization NaOH ด้วยโพแตสเซียมไฮโดรเจนพะทาเลท (potassium hydrogen phthalate) ชั่งโพแตสเซียมไฮโดรเจนพะทาเลท (Potassium hydrogen phthalate, KHP, [$C_6H_4$ (COOK) COOH], น้ำหนักกรัมสมมูลย์ 204.23 กรัม) ที่อบแห้งที่อุณหภูมิ 105 0C ด้วยเครื่องชั่งละเอียด 4 ตำแหน่ง ประมาณ 0.4 กรัม บันทึกน้ำหนัก KHP ใส่ในขวดชมพู่ขนาด 125 ml เติมน้ำกลั่นประมาณ 20 ml เขย่าจนละลายหมดจึงไปไตเตรทกับสารละลาย 0.1 M NaOH ที่เตรียมไว้ในข้อ 8 โดยเติม 1 % phenolphthalein 2 - 3 หยด ไตเตรทจนสารละลายเปลี่ยนสีจากไม่มีสีเป็นสีชมพูซึ่งเป็นจุดยุติ (end point) คำนวณความเข้มข้นของสารละลาย NaOH จากสูตร

$$\text{Normality ของ NaOH} = \frac{\text{น้ำหนักเป็นกรัมของโพแตสเซียมไฮโดรเจนพะทาเลท} \times 1000}{\text{น้ำหนักกรัมสมมูลย์ของกรด KHP} \times \text{ปริมาตรของNaOH}}$$

**วิธีวิเคราะห์**

1. ชั่งดิน 5 กรัม ใส่ใน ขวดชมพู่ ขนาด 125 ml เติม 1 M pH 7.0 $NH_4OAc$ 50 ml เขย่าให้เข้ากันดี ทิ้งไว้ค้างคืน

2. นำมากรองโดยใช้กรวยบุชเนอร์ (Buchner funnel) ต่อเข้ากับขวดกรอง ใช้กระดาษกรอง Whatman No. 5 จำนวน 1 แผ่น (หรือใช้ No. 42 จำนวน 1 แผ่น หรือ No. 1 จำนวน 2 แผ่นแทนกันได้) ล้างตัวอย่างดินด้วย 1 M $NH_4OAc$ pH 7.0 ทีละน้อย หลาย ๆ ครั้ง จนได้ปริมาตรเกือบ 100 ml นำสารละลายที่กรองได้นี้ถ่ายใส่ Volumetric flask แล้วปรับปริมาตรเป็น 100 ml เก็บไว้สำหรับวิเคราะห์ปริมาณ exchangeable cations Ca++, Mg++, Na+ และ K+ ต่อไป

3. ล้างตัวอย่างดินในกรวยบุชเนอร์ ในข้อ.2 ต่อด้วย 1 M $NH_4OAc$ pH 7.0 อีก 5 ครั้ง ๆ ละ ประมาณ 20 ml

4. ล้างตัวอย่างดินต่อด้วย 1 M NH4Cl pH 7.0 5 ครั้ง ๆ ละ 20 ml

5. ล้างตัวอย่างดินต่อด้วย 0.25 M $NH_4Cl$ pH 7.0 ประมาณ 20 ml 1 ครั้ง

6. ล้างด้วย ethyl alcohol 95 % อีก 5 - 6 ครั้ง ๆ ประมาณ 20 ml ทุกครั้งที่ล้างใช้กระบอกฉีด ฉีดล้างตัวอย่างดินที่อาจติดค้างอยู่ที่ปาก buchner funnel ให้ลงไปรวมอยู่ในกรวยให้หมด สารละลายที่ได้จากข้อ 3 - ข้อ 6 เททิ้งไป (การล้างด้วย alcohol เพื่อล้างแอมโมเนียมส่วนเกินที่ดินไม่ได้แลกเปลี่ยนออกให้หมด ซึ่งทดสอบได้จากปริมาณคลอไรด์ไม่มีหลงเหลืออยู่ในดินโดยหยดสารละลาย $AgNO_3$ 0.1 M 1 - 2 หยด ลงในสารละลายที่รองรับมาจาก buchner funnel โดยตรงยังไม่ได้หยดลงสู่ขวดกรอง ถ้ามีตะกอนสีขาวเกิดขึ้นแสดงว่ายังล้างแอมโมเนียมไม่หมด ต้องล้างตัวอย่างดินด้วย ethyl alcohol 95 % ต่อไปอีก แล้วทดสอบคลอไรด์ใหม่ดังที่กล่าวมาแล้ว จนไม่มีตะกอนสีขาวนั่นแสดงว่าล้างแอมโมเนียมหมดแล้ว)

7. เปลี่ยนขวดกรองใหม่สำหรับรองรับสารละลายใหม่ ล้างตัวอย่างดินที่ยังอยู่ในกรวยบุชเนอร์ ในข้อ 6 ด้วย acidified NaCl 10 % แต่ละครั้งที่ล้างให้ใส่สารละลาย NaCl ให้ท่วมตัวอย่างดิน จนกระทั่งได้สารลายที่กรองได้ (leachate) ประมาณ 300-350 ml

8. ถ่ายได้สารลายที่กรองได้ใส่ในขวดกลั่น ล้างขวดกรองด้วยน้ำกลั่นและเทน้ำที่ล้างรวมลงไปในขวดกลั่น

9. นำขวดกลั่นไปกลั่น โดยเติมโซเดียมไฮดรอกไซด์ 40 % ลงไปในขวดกลั่นให้มากเกินพอ (ประมาณ 30 ml) โดยมีสารละลายกรดบอริก ($H_3BO_3$) 3% ประมาณ 30 ml ใส่ในขวดชมพู่ขนาด 500 mlคอยรองรับสารละลายที่กลั่นออกมาได้ และในสารละลายกรดบอริกนี้ใส่อินดิเคเตอร์ผสมประมาณ 5 หยด ใช้เวลากลั่น ประมาณ 40 - 45 นาที หรือจนกลั่นได้สารละลายประมาณ 250-275 ml

10. นำสารละลายที่กลั่นได้ในขวดชมพู่ที่รองรับไปไตเตรทกับสารละลายกรดเกลือ 0.1 N จุดยุติคือสีของอินดิเคเตอร์ในสารละลายเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีแดง บันทึกปริมาตรของกรดเกลือที่ใช้ไตเตรท แล้วนำมาคำนวณค่า CEC

11. นำสารละลายโซเดียมคลอไรด์ 10 % ที่ใช้ล้างดินมากลั่นเป็น Blank โดยทำเช่นเดียวกับตัวอย่างดิน

**วิธีคำนวณ**

$$\text{CEC (cmolc/kg)} = \frac{(T - B) \times N \times 100 \times AD / OD}{\text{Sample wt. (gm.)}}$$

T = ปริมาตรกรดเกลือที่ใช้ไตเตรทกับตัวอย่างดิน

B = ปริมาตรกรดเกลือที่ใช้ไตเตรทกับ Blank

N = ความเข้มข้นของกรดเกลือมีหน่วยเป็นนอร์มัลลิตี (normality)

AD / OD = อัตราส่วนน้ำหนักดินกับดินอบแห้ง (airdried / oven - dried ratio)

**ตาราง 31 ระดับการแลกเปลี่ยนแคตไอออนของดิน**

| CEC, cmol/kg | ระดับ |
|---|---|
| < 5 | ต่ำมาก |
| 5 – 15 | ต่ำ |
| 15 – 25 | ปานกลาง |
| 25 – 40 | สูง |
| > 40 | สูงมาก |

## การวัดค่าการนำไฟฟ้า (Electrical Conductivity: EC)

**อุปกรณ์**

1. Balance
2. Beaker 25, 50, 100 ml
3. Plastic beaker 500 ml
4. Volumetric flask 1,000 ml
5. Spatula
6. Stirring rod
7. Wash bottle
8. Cylinder 50 ml
9. Buchner funnel
10. Suction flask
11. Vacuum pump
12. Thermometer
13. Conductivity meter

**สารเคมี**

1. 0.01 N KCl

**วิธีวิเคราะห์**

1. ตักดิน 300-400 g ใส่ Beaker พลาสติกขนาด 500 ml
2. ค่อย ๆ ฉีดน้ำลงไปคนดินด้วย spatula จนดินอิ่มตัวด้วยน้ำ
3. ถ่ายดินที่อ่มตัวใส่ใน Buchner funnel ที่มี Suction flask รองรับ
4. เปิด Vacuum pump เพื่อดูดสารส่วนที่เป็นของเหลวดินออกมา
5. นำของเหลวไปวัดค่าด้วย Conductivity meter ก่อนวัดให้ calibrate เครื่องด้วย 0.01 N KCl

**ตาราง 32 ค่าคงที่ในการเปลี่ยนแปลงค่าการนำไฟฟ้าที่อุณหภูมิต่าง ๆ**

| อุณหภูมิ (°C) | ค่าคงที่ |
|---|---|
| 15 | 1.25 |
| 16 | 1.22 |
| 17 | 1.19 |
| 18 | 1.16 |
| 19 | 1.14 |
| 20 | 1.11 |
| 21 | 1.09 |
| 22 | 1.06 |
| 23 | 1.04 |
| 24 | 1.02 |
| 25 | 1.00 |
| 26 | 0.98 |
| 27 | 0.96 |
| 28 | 0.94 |
| 29 | 0.93 |
| 30 | 0.91 |
| 31 | 0.89 |
| 32 | 0.87 |
| 33 | 0.86 |
| 34 | 0.84 |
| 35 | 0.83 |

**ที่มา**: Dewis, & Freitas, 1970

**ภาคผนวก ข วิธีการวิเคราะห์หาธาตุอาหารในปุ๋ยและต้นพืช**

## วิเคราะห์ความเป็นกรด-ด่าง (pH)

**อุปกรณ์**

1. pH meter
2. เครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่ง
3. สารละลาย Buffer มาตรฐาน pH 4 และ 7

**วิธีวิเคราะห์**

1. ชั่งตัวอย่างปุ๋ย 5 g เติมน้ำกลั่น 10 ml ในกรณีที่ปุ๋ยดูดซับน้ำมากให้เพิ่มน้ำกลั่นเป็น 10 ml เขย่าให้เข้ากันตั้งทิ้งไว้ 30 นาที จนสารละลายแยกชั้น
2. เปิดเครื่อง pH meter ทำการ warm เครื่องประมาณ 15 นาที
3. ตัวอย่างปุ๋ยในสารละลาย Buffer มาตรฐาน pH 4 และ 7 ในการ calibrate เครื่อง
4. นำตัวอย่างปุ๋ยมาวัดค่า pH

## วิเคราะห์ค่าการนำไฟฟ้า (Electrical Conductivity ; EC)

**อุปกรณ์**

1. Electrical Conductivity meter
2. เครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่ง
3. เครื่องเขย่า
4. conductivity calibration solution 1413 µS/cm (25 °C) และ conductivity calibration solution 12880 µS/cm (25 °C)

**วิธีวิเคราะห์**

1. ชั่งตัวอย่างปุ๋ย 3 g เติมน้ำกลั่น 30 ml (อัตรา 1:10) เขย่าให้เข้ากันประมาณ 30 นาที ด้วยเครื่องแล้วตั้งทิ้งไว้ 30 นาที จนสารแยกชั้น
2. Conductivity calibration solution 1413 และ 12880 µS/cm (25 °C) ในการ calibrate เครื่อง
3. นำปุ๋ยไปวัดค่า EC ในหน่วย Decisiemen per meter: dS/m

## การวิเคราะห์ไนโตรเจน (Total N)

**อุปกรณ์**

1. เครื่องชั่งไฟฟ้า ทศนิยม 4 ตำแหน่ง
2. ตู้ดูดควัน (Hood)
3. เครื่องย่อยของเคลดาล (Kjeldahl digestion apparatus) หรือเตาย่อยชนิดพิเศษที่มีลักษณะเป็นแท่งโลหะสี่เหลี่ยมมีช่องบรรจุหลอด (Digestion block หรือ heat block)
4. เครื่องกลั่นของเคลดาล (Kjeldahl distillation apparatus)
5. หลอดแก้ว (Distilling unit)
6. หลอดแก้ว Kjeldahl flask ขนาด 800 ml หรือ หลอดแก้ว Digestion tube ขนาด 250 ml
7. ขวดแก้วรูปชมพู่ (Erlenmeyer flask) ขนาด 500 ml หรือ 250 ml
8. บิวเรต (Burette) ขนาด 50 ml
9. ปิเปต (Pipette) หรือ กระบอกตวง (Cylinder)

**สารเคมี**

1. กรดซัลฟิวริกเข้มข้น (conc. $H_2SO_4$)
2. เกล็ดโซเดียมไฮดรอกไซด์ (Commercial grade NaOH) อัตราส่วน 1:1 เตรียมจากเกล็ดโซเดียมไฮดรอกไซด์ 1 กก. ละลายในน้ำกลั่น 1 ลิตร หรือโซเดียมไฮดรอกไซด์ A.R.grade 40 % เตรียมจากโซเดียมไฮดรอกไซด์ 400 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 1 ลิตร
3. กรดบอริก (Boric acid) 3 % เตรียมจากกรดบอริก 300 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 10 ลิตร
4. สารสำเร็จรูปอัดเม็ด (Kjeltabs) ประกอบด้วย 3.5 กรัม ของ $K_2SO_4$ และ 3.5 มก. ของ Se หรือ Mixed catalyst ที่ประกอบด้วย $K_2SO_4$, $CuSO_4 \cdot 10H_2O$ และ Se ในอัตราส่วน 100:10:1 ผสมคลุกเคล้าให้เข้ากัน
5. อินดิเคเตอร์ผสม (Mixed indicator) เตรียมได้จากการละลาย 0.22 กรัม bromocresol green และ 0.075 กรัม methyl red ละลายใน 95% ethyl alcohol จำนวน 96 มล. เติม NaOH 0.1 M ปริมาตร 3.5 มล. ผสมเข้าด้วยกัน
6. สารละลายกรดเกลือมาตรฐาน 0.1 M เตรียมโดย ไทเทรตกับสารละลายด่างที่ทราบความเข้มข้นแน่นอนโดยสารละลายด่างได้ถูก standardize ด้วย potassium acid phthalate สูตรโมเลกุล $KHC_8H_4O_4$ มีความบริสุทธิ์สูงมาก เกือบไม่ดูดความชื้นเลยเป็น primary standard ควรอบ

ให้แห้งด้วยการอบที่ 120°C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ใช้ phenolphthalein เป็นindicator หรืออาจเตรียมโดย ไทเทรตกับ $Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$ ที่ทราบความเข้มข้นที่แน่นอน โดยใช้ methyl red เป็น indicator

**วิธีวิเคราะห์**

**การย่อยสลาย (digestion)**

1. ชั่งตัวอย่างที่อบและบดละเอียดแล้ว 0.5-1.00 กรัม (ผ่านการอบที่ 65- 70°C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง) บนกระดาษกรองและห่อใส่ใน Kjeldahl flask ขนาด 800 ml หรือหลอดย่อย digestion tube ขนาด 250 มล. เติมสารสำเร็จรูปอัดเม็ดจำนวน 2 เม็ด

2. เติม conc. $H_2SO_4$ 20 มล. ลงใน Kjeldahl flask หรือ 15 ml ลงในหลอดแก้ว

3. ทำ blank และตัวอย่างอ้างอิง (reference sample) โดยวิธีเดียวกัน

4. นำไปย่อยใน Kjeldahl digestion apparatus ใช้อุณหภูมิประมาณ 100°C– 250°C– 400°C หรือ digestion block ใช้อุณหภูมิประมาณ 400°C จนได้สารละลายใสใช้เวลาประมาณ 2 ชม. ทิ้งไว้ให้เย็นเติมน้ำกลั่น 400 มล. หรือถ้าอุปกรณ์ในการย่อยเป็นหลอดแก้วเติมน้ำกลั่น 75 มล. จนได้สารละลายใส

**การกลั่น (distillation)**

1. เครื่อง Kjeldahl: ใส่สารละลายกรดบอริก 50 มล. ลงใน Erlenmeyer flask ขนาด 500 มล. หยด Mixed indicator 4-5 หยด นำไปวางรองรับ distillate จากเครื่องกลั่นโดยให้ปลายหลอดแก้วจุ่มอยู่ในสารละลายบอริก แล้วเติมสารละลายเกล็ดโซเดียมไฮดรอกไซด์ (1:1) จำนวน 50 มล. ลงใน Kjeldahl flask ที่มีสารละลายตัวอย่าง ทำการกลั่น (ประมาณ 1 ชม.) จนได้ปริมาตร 250 มล. แล้วนำไปไทเทรต

2. เครื่องกลั่นสำหรับ block : ใส่สารละลายกรดบอริก 25 มล. ลงใน Erlenmeyer flask ขนาด 250 ml หยดMixed indicator 4-5 หยด ในทำนองเดียวกันเติมสารละลายด่าง (NaOH 40%) ลงในหลอดแก้ว ที่มีสารละลายตัวอย่างปริมาตร 50 มล. จากเครื่องทำการกลั่นจนได้ปริมาตร 150 มล. ใช้เวลาประมาณ 7-10 นาที แล้วนำไปไทเทรต

**การไทเทรต**

ไทเทรตของเหลวที่กลั่นได้ด้วย HCl มาตรฐานความเข้มข้น 0.1 Mจนกระทั่งสีของสารละลายจะเปลี่ยนจากเขียวเป็นสีม่วง (purple) คือจุดยุติ (end point) ไทเทรต blank ในทำนองเดียวกัน

**สูตรคำนวณ**

$$\% N = \frac{(a-b)c \times 1.401}{G}$$

a = มล. ของกรดที่ใช้ในการไทเทรตตัวอย่าง

b = มล. ของกรดที่ใช้ในการไทเทรต blank

c = ความเข้มข้นของกรดที่ใช้ (molar)

g = น้ำหนักแห้งของตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์ (กรัม)

ถ้าตัวอย่างเป็นน้ำหมักชีวภาพ วิเคราะห์ในทำนองเดียวกัน แต่จะต้องเขย่า แล้วใช้กระบอกตวงตวงสารตัวอย่างประมาณ 2-5 มล. (ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของน้ำหมักชีวภาพนั้น) เพื่อนำมาวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจนต่อไป

## การวิเคราะห์ฟอสฟอรัส (Total P)

**อุปกรณ์**

1. UV-Spectrophotometer
2. Hot plate
3. เครื่องชั่ง ทศนิยม 4 ตำแหน่ง

**สารเคมี**

1. น้ำยาที่ทำให้เกิดสี ammonium vanadomlybdate หรือ Barton is reagent น้ำยา A เตรียมจากสารละลายแอมโมเนียมโมลิบเดท 25 g ในน้ำกลั่น 400 ml น้ำยา B เตรียมจากแอมโมเนียมเมตาวานาเดท 1.25 g ในน้ำกลั่นนที่อุ่นให้ร้อน 300 ml ทิ้งให้เย็นเติมกรด HNO3 เข้มข้น ลงไป 250 ml นำ A และ B มาผสมกันปรับปริมาตรเป็น 1 l
2. สารละลายฟอสฟอรัสมาตรฐาน (Std. P) 50 mg/L

**วิธีวิเคราะห์**

1. เตรียม working standard โดยปิเปต 0 1 2 3 และ 4 ml จากสารละลายฟอสฟอรัสมาตรฐาน 50 mg/L ใส่ใน volumetric flask ขนาด 25 ml เติม Barton 5 ml ปรับให้เป็น 25 ml เพื่อเตรียมความเข้มข้นของ P เป็น 0 2 4 6 และ 8 mg/L
2. เตรียมสารละลายตัวอย่าง ดูดมา 5 ml ที่ย่อยลงใน volumetric flask ขนาด 25 ml เติม Barton 5 ml ปรับให้เป็น 25 ml ด้วยน้ำกลั่น เขย่าและตั้งทิ้งไว้ 30 นาที
3. อุ่นเครื่อง UV-Spectrophotometer 30 นาที ตั้ง wave length 420 nm. ทำ Standard curve จาก working standard 0 2 4 6 และ 8 mg/L ก่อนแล้วจึงวัด blank
4. วัดความเข้มข้นของสีในสารละลายตัวอย่างด้วยเครื่อง UV-Spectrophotometer

**สูตรคำนวณ**

$$\text{Total P(\%)} = \frac{r \times 100 \times d.f.}{10^6} \times 100$$

r = ค่าที่อ่านได้จากเครื่องหน่วย ppm

d.f. = dilution factor เช่น 25/5 หรือ 25/1

S = น้ำหนักตัวอย่างที่ชั่ง

## การวิเคราะห์โพแทสเซียม (Total K)

**อุปกรณ์**

1. Flame photometer
2. KCl AR. Grade
3. conc.HNO3
4. เครื่องชั่ง ทศนิยม 4 ตำแหน่ง

**วิธีวิเคราะห์**

1. เตรียม Stock standard solution (1000 ppm K) ชั่งโพแทสเซียมคลอไรด์ (KCl) ที่ผ่านการอบ 110 °C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง 1.9067 g ละลายในน้ำกลั่น 200 ml เติมกรดไนตริกเข้มข้น 12 ml ปรับด้วยน้ำกลั่นเป็น 1 ลิตร เก็บที่อุณหภูมิ 4 °C เพื่อเตรียม standard solution ที่มีความเข้มข้น 100 ppm K โดยการปิเปต 10 ml จาก stock solution 1000 ppm K ลงใน Volumetric flack 100 ml ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นเป็น 100 ml

2. เตรียม working standard solution ที่มีความเข้มข้นเป็น 0 2 4 6 และ 8 ppm ปรับปริมาตรของสารละลายในขวดวัดปริมาตรเป็น 100 ml ด้วยน้ำกลั่นเขย่าให้เข้ากันแล้วเตรียมเป็น Standard K ที่มีความเข้มข้นต่างๆ

3. ทำการวัดความเข้มข้นของโพแทสเซียมในสารละลายตัวอย่างด้วยเครื่อง Flame photometer

**สูตรคำนวณ**

$$\text{Total K (\%)} = \frac{r \times 100 \times d.f. \times 100}{10^6}$$

r = ค่าที่อ่านได้จากเครื่องหน่วย ppm

d.f. = dilution factor เช่น 10/1 หรือ 20/1

S = น้ำหนักตัวอย่างที่ชั่ง

## การวิเคราะห์แคลเซียมและแมกนีเซียม (Total Ca และ Total Mg)

**อุปกรณ์**

1. Atomic Absorption Spectrophotometer
2. เครื่องแก้วที่จำเป็นในห้องปฏิบัติการ
3. $SrCl_2.6H_2O$
4. สารละลายมาตรฐานแคลเซียมและแมกนีเซียม

**วิธีวิเคราะห์**

1. เตรียมสารละลายสทรอนเชียมคลอไรด์ ($SrCl_2.6H_2O$) ความเข้มข้น 1,500 ppm จำนวน 2 ลิตร

2. เตรียมสารละลายมาตรฐานแคลเซียม ความเข้มข้น 0, 2, 4, 6, 8,10 ppm ตามลำดับ และสารละลายมาตรฐานแมกนีเซียม ความเข้มข้น 0, 1, 2, 3, 4, 5 ppm ตามลำดับ เจือจางสารละลายมาตรฐานทั้งสองด้วย $SrCl_2.6H_2O$ 1,500 ppm ปรับปริมาตรเป็น 100 ลบ.ซม.

3. ปิเปตสารละลายตัวอย่าง (ที่ผ่านการย่อยสลาย) 1.00 ลบ.ซม. เจือจางด้วย $SrCl_2.6H_2O$ ความเข้มข้น 1,500 ppm จำนวน 10 - 30 ลบ.ซม.

4. สารละลายที่เตรียมได้ นำไปวัดปริมาณแคลเซียมทั้งหมด และวัดปริมาณแมกนีเซียมทั้งหมด ด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer ปฏิบัติตามวิธีการใช้ของเครื่อง

5. สารละลายที่วัดได้ควรมีค่าความเข้มข้นอยู่ในช่วงของสารละลายมาตรฐาน ถ้าสารละลายที่วัดได้มีค่าสูงกว่าสารละลายมาตรฐาน จะต้องเจือจางสารละลายให้มากขึ้น แต่ถ้าสารละลายที่วัดได้มีค่าต่ำกว่าสารละลายมาตรฐาน จะต้องลดการเจือจางลง

**สูตรคำนวณ**

**1. การคำนวณการคำนวณหาปริมาณแคลเซียม Ca ในสารละลายตัวอย่าง**

$$\%\ Ca = \frac{(r-b) \times 100 \times d.f. \times 100}{10^6 \times s}$$

$$\%CaO = \%\ Ca \times 1.4$$

r-b = ค่าที่อ่านได้ (หน่วยเป็น ppm) - blank

s = น้ำหนักตัวอย่าง (หน่วยเป็นกรัม)

d.f. = dilution factor ค่าการเจือจางสารละลาย เช่น 1 :10, 1 : 50 หรือ 1 : 100

**2. การคำนวณหาปริมาณแมกนีเซียม Mg ในสารละลายตัวอย่าง**

$$\% Mg = \frac{(r-b) \times 100 \times d.f. \times 100}{106 \times s}$$

$$\% MgO = \%Mg \times 1.66$$

r-b = ค่าที่อ่านได้ (หน่วยเป็น ppm) - blank

s = น้ำหนักตัวอย่าง (หน่วยเป็นกรัม)

d.f. = dilution factor ค่าการเจือจางสารละลาย เช่น 1 :10, 1 : 50 หรือ 1 : 100

## การวิเคราะห์กำมะถัน (Total S)

**อุปกรณ์**

1. UV-Spectrophotometer
2. เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง
3. เตาให้ความร้อน (Hot plate)
4. อุปกรณ์เครื่องแก้วที่จำเป็นในห้องปฏิบัติการ

**สารเคมี**

1. Ammonium acetate (2M) –ชั่ง $CH_3COONH_4$ 154.20 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 1 ลิตร
2. Barium chloride ($BaCl_2 \cdot 2H_2O$)
3. Gum acacia 0.25 % - ละลาย gum acacia 0.25 g ในน้ำกลั่นที่อุ่น 100 มล.
4. Standard solution (1000 มก./ลิตร) –ชั่ง K2SO4 ที่อบแห้งแล้วที่ 105°C เป็นเวลา 3 ชั่วโมง หนัก 5.4340 กรัม ละลายด้วยน้ำกลั่นประมาณ 200 มล. ปรับปริมาตรเป็น 1 ลิตร เก็บที่อุณหภูมิ 4°C
5. การเตรียม intermediate standard solution (100 มก./ลิตร) – ปิเปต 10 มล. Stock standard solution 1000 มก./ลิตร ใส่ขวดวัดปริมาตรขนาด 100 มล. ปรับปริมาตรเป็น 100 มล. ด้วยน้ำกลั่น

**วิธีวิเคราะห์**

1. การเตรียม working standard – ปิเปต 0, 1, 2, 3, 4 และ 5 มล. จากสารละลายกำมะถันมาตรฐาน 100 มก./ลิตร ใส่ในขวดวัดปริมาตรขนาด 50 มล. เติมสารละลาย$CH_3COONH_4$ 5 มล. และเติม $BaCl_2 \cdot 2H_2O$ 1 กรัม เขย่าให้เข้ากันประมาณ 1 นาทีและเติม gum acacia 1 มล. ลงในแต่ละขวด แล้วปรับปริมาตรเป็น 50 มล. ด้วยน้ำกลั่น เพื่อเตรียมความเข้มข้นของ S เป็น 0, 2, 4, 6, 8 และ 10 มก./ลิตร
2. ปิเปตสารละลาย blank พร้อมทั้งสารละลายตัวอย่าง 5-10 มล. ใส่ในขวดวัดปริมาตรขนาด 50 มล. เติมสารละลาย $CH_3COONH_4$ 5 มล. และเติม $BaCl_2 \cdot 2H_2O$ 1 กรัม เขย่าให้เข้ากันประมาณ 1 นาทีและเติม gum acacia 1 มล. ลงในแต่ละขวด แล้วปรับปริมาตรเป็น 50 มล. ด้วยน้ำกลั่น

3. นำไปวัดเปอร์เซ็นต์ความขุ่นด้วยเครื่อง UV-Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 420 nm. โดยอ่านจาก working standard ก่อนในช่วงเวลาไม่เกิน 30 นาที แล้วจึงวัด blank พร้อมทั้งสารละลายตัวอย่าง

**สูตรคำนวณ**

$$\% S = \frac{r \times 100 \times d.f. \times 100}{10^6 S}$$

r = ค่าที่อ่านได้จากเครื่อง หน่วยเป็น ppm

s = น้ำหนักตัวอย่าง (หน่วยเป็นกรัม)

d.f. = dilution factor ค่าการเจือจางสารละลาย เช่น 1:5, 1:10

**การวิเคราะห์เหล็ก แมลกานิส สังกะสีและทองแดง (Total Fe Mn Zn และ Cu)**

**อุปกรณ์**

1. Atomic Absorption Spectrophotometer
2. สารละลายมาตรฐาน Fe Mn Zn และ Cu

**วิธีวิเคราะห์**

1. เตรียมสารละลายมาตรฐาน (working standard solution)
   1.1 Fe = 0 2 4 6 8 10 ppm
   1.2 Mn= 0 1 2 3 4 5 ppm
   1.3 Zn= 0 0.5 1.0 1.5 2.0 2.5 ppm
   1.4 Cu= 0 0.5 1.0 1.5 2.0 2.5 ppm
   เจือจางสารละลายด้วยน้ำกลั่น ปรับปริมาตรเป็น 100 ml
2. ปิเปตสารละลายตัวอย่าง 1 ml เจือจางด้วยน้ำกลั่นจำนวน 10 ml
3. สารละลายที่เตรียมได้ นำมาวัดค่า Fe/Mn/Zn/Cu ด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer

**สูตรคำนวณ**

$$\% \text{ Fe/Mn/Zn/Cu} = \frac{(r\text{-}b) \times 100 \times d.f.}{s}$$

r-b = ค่าที่อ่านได้ (ppm) - blank

s = น้ำหนักตัวอย่างที่ชั่ง (g)

d.f. = dilution factor ค่าการเจือจางสารละลาย เช่น 1:10, 1:50

## การวิเคราะห์อินทรีย์คาร์บอน

**อุปกรณ์**

1. Oven
2. Grinder
3. Hood
4. Magnetic bar
5. Magnetic Stirrer
6. $K_2Cr_2O_7$ 1N
7. $H_2SO_4$
8. $Fe(NH_4)_2 (SO_4)_2.6H_2O$ 0.5N
9. O-phenanthroline ferrous sulfate indicator 0.025 M
10. $FeSO_4.7H_2O$ 6.95g

**วิธีวิเคราะห์**

1. ย่อยสลายชั่งตัวอย่างที่บดละเอียด ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 40 เมซ 100 mg ลงในเออร์เลนเมเยอร์ฟลาสขนาด 250 ml

2. เติม $K_2Cr_2O_7$ 25 ml เติม $H_2SO_4$ 20 ml เขย่าและตั้งที่ไว้ใน Hood ทั้งคืน

3. ทำการไตเตรทโดยการเติมน้ำกลั่น 100 ml ลงในข้อที่ 2 ทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง เติมอินดิเคเตอร์ 0.5 ml ไทเทรตกับ $Fe(NH_4)_2 (SO_4)_2.6H_2O$ จนถึงจุดยุติเปลี่ยนจากสีฟ้าเป็นสีน้ำตาลแดงแล้วอ่านค่าทำการวัดปริมาตรตัวไทเทรต ที่ได้นำไปคำนวณ

**สูตรคำนวณ**

$$\%OC = \frac{[meq\ K_2Cr_2O_7 - meq\ \ Fe(NH_4)_2 (SO_4)_2.6H_2O] \times 0.003 \times 100 \times f}{g\ dry\ sample}$$

$$\%OC = \frac{[N_1V_1K_1\ K_2Cr_2O_7 - N_2V_2\ Fe(NH_4)_2 (SO_4)_2.6H_2O] \times 0.003 \times 100 \times f}{g\ dry\ sample}$$

$N_1$ = นอร์มอลของสารละลายโพแทสเซียมไดโครเมท

$V_1$ = ml ของสารละลายโพแทสเซียมไดโครเมท

$K_1$ = นอร์มอลของสารละลายเฟอร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟต

V2 = ml ของสารละลายเฟอร์รัสแอมดมเนียมซัลเฟต

f = correction factor เท่ากับ 1.3

g dry sample = น้ำหนักแห้งของตัวอย่าง

## การวัดค่าการนำไฟฟ้า (Electrical conductivity)

**อุปกรณ์**

1. Conductivity meter
2. Conductivity calibration solution 1413 micro S $m^{-1}$
3. Conductivity calibration solution 12.88 mS $m^{-1}$

**วิธีวิเคราะห์**

1. หลังจากการวัด pH ทิ้งไว้ค้างคืน กรองด้วยกระดาษเบอร์ 1
2. นำสารละลายที่ได้ไปทำการวัดหา EC ด้วยเครื่อง Conductivity meter
3. ค่าที่อ่านได้จะออกมาเป็น millimho/centimeter หรือ deci Siemen/meter (dS $m^{-1}$) ซึ่งเป็น Sl unit (EC) ที่เปรียบเทียบได้กับค่า EC ของดิน

**การแปลผล**

**ตาราง 33 ค่าการนำไฟฟ้า**

| EC (millimho/centimeter หรือ dS m-1) | ระดับ |
|---|---|
| < 2 | ไม่เค็ม |
| 2 - 4 | เค็มเล็กน้อย |
| 4 – 8 | เค็มปานกลาง |
| 8 – 16 | เค็มมาก |
| > 20 | เค็มที่สุด |

**ภาคผนวก ค วิธีการวัดค่าสีและการวัดหาปริมาณแคโรทีนอยด์ในดอกดาวเรือง**

**การวัดค่าสีในระบบ Hunter Scale (L,a,b) และ Hue angle**

1. เฉดสี (hue) ซึ่งจะระบุเป็นสีที่รู้จักกัน เช่น แดง เขียว ม่วง น้ำเงิน ส้ม ฯลฯ

2. ความสว่าง (valueหรือ lightness หรือ brightness) ซึ่งจะเป็นสิ่งที่กำหนดว่าวัตถุหรือสีนั้นสว่าง หรือ มืด (dark) เมื่อเทียบกับสิ่งอื่น ๆ

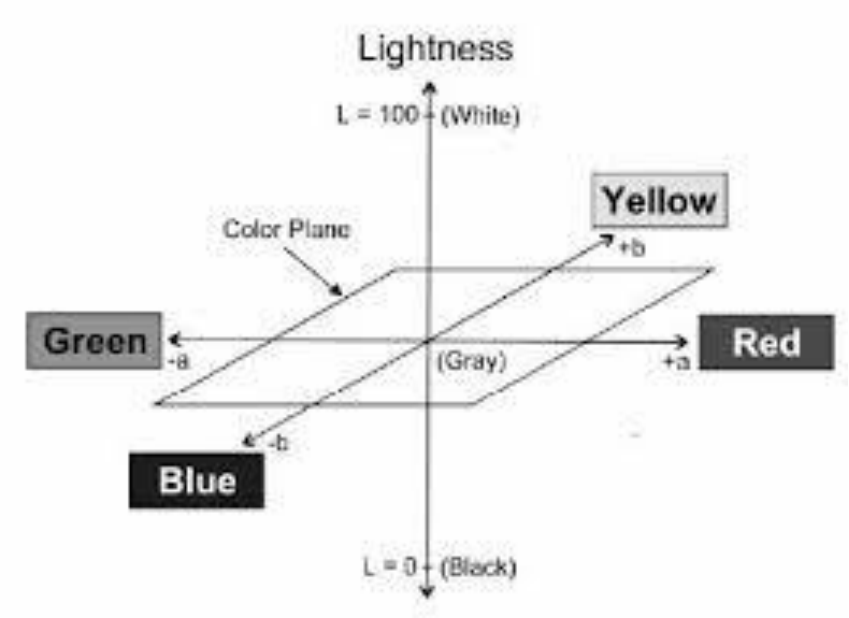
3. ความอิ่มตัว (chroma หรือ saturation) เป็นเทอมที่ระบุความสดของสีหรือความบริสุทธิ์ของสี (saturation หรือ vividness) หากสีอิ่มตัวน้อยหรือไม่สดใสจะเรียกว่า สีตุ่น (dull color) การระบุสีด้วย 3 เทอมนี้ พัฒนาขึ้นเป็นระบบสีหรือสเกลสี(color scale) ที่เรียกว่า Munsell System การระบุสีเป็นค่าตัวเลขนั้นได้มีการพัฒนาโดยองค์กรนานาชาติเกี่ยวกับแสงและสีคือ International Commission on Illumination (CIE) วิธีการที่รู้จักกันแพร่หลายได้แก่ ระบบ Yxy ในปี ค.ศ. 1931 ซึ่งอยู่บนฐานค่า 3 ค่า xyz ที่นิยามโดย CIE และระบบ L*a*b* color space ในปี ค.ศ. 1976 ที่มีฐานจากทฤษฎีสีตรงข้าม ซึ่งสมมติว่า ประสาทตามนุษย์รับรู้สีโดยมีคู่ตรงข้าม 3 คู่ ได้แก่ สว่าง (light) - มืด (dark), แดง (red) - เขียว (green), เหลือง (yellow) - น้ำเงิน (blue)

**ระบบสี CIE L*a*b* (CIELAB) และ CIELCH**

เป็นระบบการวัดสีที่คำนึงถึงองค์ประกอบ 3 ประการ คือ

1. Light source คือ แหล่งก าเนิดแสง เช่น แสงมาตรฐาน D 65
2. Color object คือ วัตถุมีสี
3. Observer คือ ผู้สังเกตการณ์

CIELAB เป็นระบบการวัดสีที่พัฒนาจากระบบ CIE Tristimulus Value (x, y และ z) และ CIE Chromaticity Coordinates (x, y และ Y) โดยปรับปรุงและเปลี่ยนแปลงจนสามารถบอกความแตกต่างของสีได้อย่างสม่ าเสมอและใกล้เคียงกับความแตกต่างของสีที่ตามองเห็นปัจจุบันสมการที่ใช้ในการระบุสีเป็นที่ยอมรับกว้างขวางคือ CIELAB 1976 ซึ่งมีลักษณะ Color space ภาพ 28




**ภาพ 28 CIELAB 1976 ซึ่งแสดง L, a, b color space**

โดย L* ใช้กำหนดค่าความสว่าง (Lightness)

L = 0 สีที่ได้จะมืดเป็นสีดำ

L = 100 สีที่ได้จะสว่างเป็นสีขาว

a* ใช้กำหนดสีแดง หรือสีเขียว

a เป็น + วัตถุมีสีออกแดง

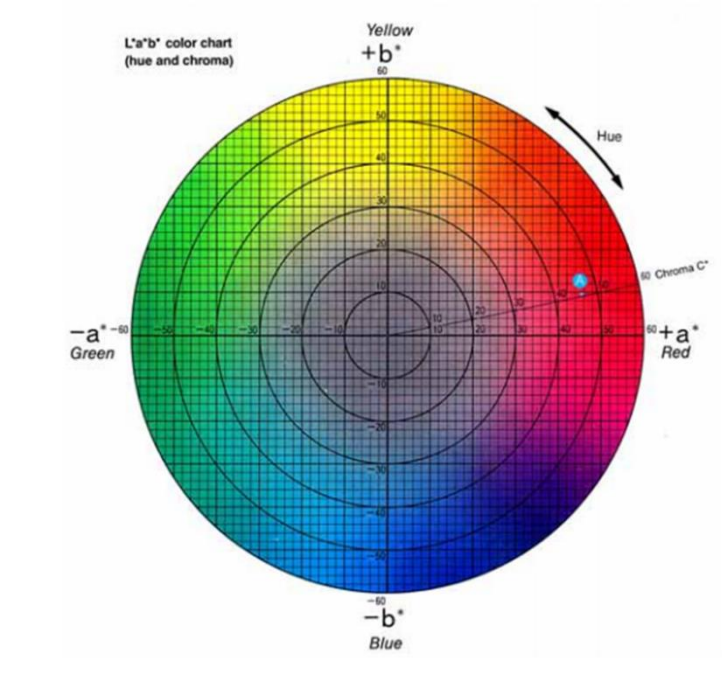
a เป็น - วัตถุมีสีออกเขียว

b* ใช้กำหนดสีเหลือง หรือสีน้ำเงิน

b เป็น + วัตถุมีสีออกเหลือง

b เป็น – วัตถุมีสีออกน้ำเงิน

นอกจากนี้ในระบบ CIELAB ยังมีการปรับปรุงต่อไป โดยการเชื่อมค่า a และ b เข้ากับ “hue” และ “chroma” โดยกำหนด color term อีก 2 ตัว คือ hue (h*) และ chroma (C*) ภาพ 29




**ภาพ 29 CIELAB COLOR CHART**

โดย

h* = tan -1 [b*/a*]

C* = (a*2 +b*2 ) 1/2

hue angle เป็นตัวเลขที่ระบุว่าสีมีตำแหน่งอยู่ที่ใดในกราฟ มีหน่วยเป็นองศา

ถ้า h* = 0 ° แสดงว่าเป็น สีแดง

h* = 90° แสดงว่าเป็น สีเหลือง

h* = 180° แสดงว่าเป็น สีเขียว

h* = 270° แสดงว่าเป็น สีน้ำเงิน

**ภาพ 30 เครื่อง Chroma Meter CR-400 ยี่ห้อ Konica Minolta**

**ภาพ 31 การวัดค่าสีดอกดาวเรืองด้วยเครื่อง Chroma Meter CR-400**

**การวัดหาปริมาณแคโรทีนอยด์**

1. บดตัวอย่างให้ละเอียดจำนวน 5 กรัม โดยใช้N-dimethylformamide 20 mL เขย่าและกรอง ตัวอย่างเบอร์ 1

2. บ่มที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสในข้ามคืน (ปล่อยให้ตัวทำละลายเพื่อกำจัดเม็ดสีสีเหลืองเขียวทั้งหมด) จนกว่าสีจะหายไป (ในที่มืด)

3. นำสารที่สกัดได้ไปวัดที่ความยาวคลื่น 664 nm, 647 nm และ 470 nm ด้วยเครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์จากนั้นบันทึกค่าที่วัดได้เป็นค่าดูดกลืนคลื่นแสงและนำมาคำนวณ (Kundu et al., 2016)

Chlorophyll a (μg/mL)= (12.64 x O.D. $_{664}$ )– (2.99 x O.D. 647)

Chlorophyll b (μg/mL)= (-5.6 x O.D. 664)+ (23.26 x O.D. 647)

$$\text{Carotenoid } (\mu g/mL) = \frac{((1000\ OD_{470}) - (3.27 \times \text{Chl a}) - (104 \times \text{Chl b}))}{229}$$

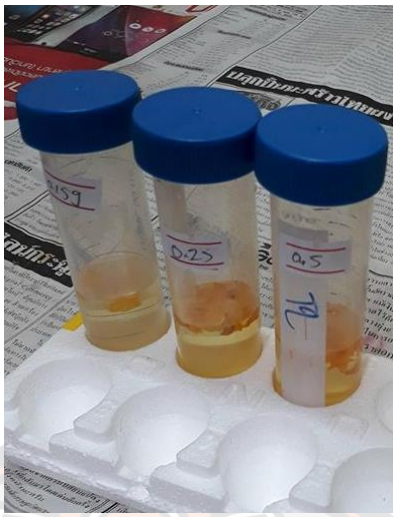
Calculate to mg/100g FW

Chlorophyll b (mg/100g FW)= (Chl b (μg/mL)x 20.5 x (100/0.5) x (1/1000)

Chlorophyll a (mg/100g FW)= (Chl a (μg/mL)x 20.5 x (100/0.5) x (1/1000)

Carotenoid (mg/100g FW) = (Carotenoid (μg/mL)x 20.5 x (100/0.5) x (1/1000)

**ภาพ 32 เครื่อง spectrophotometer ยี่ห้อ Shimazu รุ่น UV-1800**




**ภาพ 33 สกัดตัวอย่างจากกลีบดอก**

## ภาคผนวก ง การทดลองอิทธิพลของปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสมที่มีผลต่อผลผลิตและคุณภาพดาวเรือง

ภาพ 34 แปลงวิจัยดาวเรือง

ภาพ 35 แปลงวิจัยดาวเรือง (1)

**ภาพ 36 แปลงวิจัยดาวเรือง (2)**

**ภาพ 37 แปลงวิจัยดาวเรือง (3)**

**ภาพ 38 แปลงวิจัยดาวเรือง (4)**

**ภาพ 39 การวัดปริมาณคลอโรฟิลล์ที่ใบพืช**

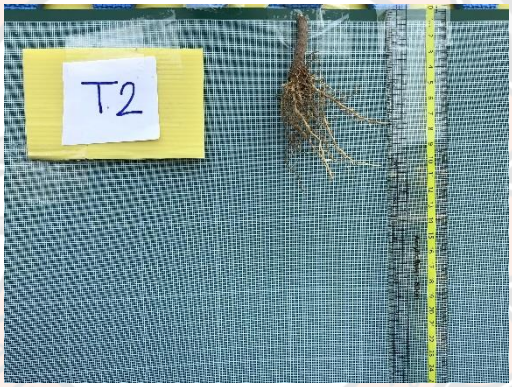
**ภาพ 40 การวัดคุณภาพดอกที่ 24 ชั่วโมงหลังเก็บเกี่ยวผลผลิต**

**ภาพ 41 การวัดคุณภาพดอกที่ 48 ชั่วโมงหลังเก็บเกี่ยวผลิต**

**ภาพ 42 การวัดคุณภาพดอกที่ 72 ชั่วโมงหลังเก็บเกี่ยวผลิต**

**ภาพ 43 การชั่งน้ำหนักดอก**

ภาพ 44 การวัดความยาวระบบราก T1




ภาพ 45 การวัดความยาวระบบราก T2

ภาพ 46 การวัดความยาวระบบราก T3

**ภาพ 47 การวัดความยาวระบบราก T4**

**ภาพ 48 การวัดความยาวระบบราก T5**

**ภาพ 49 การวัดความยาวระบบราก T6**

**ภาพ 50 การวัดความยาวระบบราก T7**

**ภาพ 51 การวัดความยาวระบบราก T8**

**ภาพ 52 การวัดความยาวระบบราก T9**

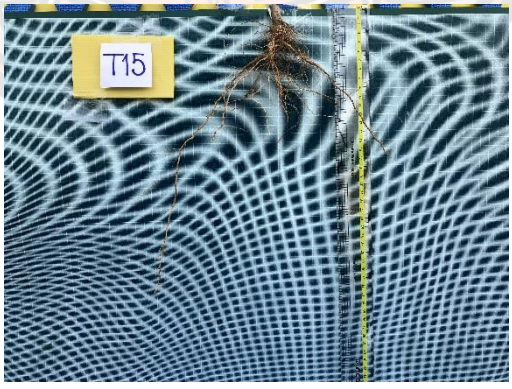
ภาพ 53 การวัดความยาวระบบราก T10

ภาพ 54 การวัดความยาวระบบราก T11

ภาพ 55 การวัดความยาวระบบราก T12

**ภาพ 56 การวัดความยาวระบบราก T13**

**ภาพ 57 การวัดความยาวระบบราก T14**




**ภาพ 58 การวัดความยาวระบบราก T15**

# ประวัติผู้วิจัย